



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**APLICACION Y MANEJO DE LOS DISOLVENTES  
ORGANICOS EN LA INDUSTRIA DE  
RECUBRIMIENTOS**

**T E S I S**

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

**ASESOR: I. O. I. ALFONSO D. GASCA FLORES**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEX.**

**1997.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA ACADÉMICA  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAI ME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Aplicación y manejo de los disolventes orgánicos en la  
Industria de Recubrimientos."

que presenta el pasante: Alberto García Pérez  
con número de cuenta: 8103702-1 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Químico

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 29 de Agosto de 1907

PRESIDENTE	<u>I.Q.M. Rafael Sampedro Morales</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	<u>M.en C. Eligio Pastor Rivero Martínez</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	<u>I.Q.I. Alfonso Daniel Gasca Flores</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.Q. Ma. Elena Quiroz Macías</u>	<u>[Firma]</u>

*quiso Dios sembrar en toda Alma gérmenes de inteligencia, gérmenes de sabiduría... mira sino es más viva la Centella del Pensamiento humano que el esplendor del sol que brilla.... Pues, ¿que es entender sino vivir de un modo más brillante y perfecto de la misma luz de la mente?*

*San Agustín.*

*¡Mientras no pierda la cabeza nada está acabado para un hombre!*

*Thomas Hardy*

*¡No importa lo bueno que seas sino lo excelente que quieras ser !*

*Erich Fromm*

*A Dios*

*Por darme la oportunidad de existir y ver cristalizado mi esfuerzo.*

*Con respeto y admiración a la memoria de mis abuelitos*

*Apolinar y Juana*

*Por el cariño, cuidado y comprensión que me brindaron.*

*A mi madre Porfiria Pérez Espinoza*

*Porque este logro también es suyo.*

*Este fruto es reflejo del amor y sabia*

*dirección que siempre me has brindado,*

*gracias por tu sacrificio y por darme la*

*mejor de las herencias.*

*A mis Hermanos Celia, Antonio, Margarito y Jose Luis*

*Quiero compartir con ustedes este momento especial en mi vida.*

*Gracias por su cariño, comprensión y apoyo incondicional*

*A mi Hijo Luis Alberto  
Por ser la luz que guía mi camino y me da  
la energía para seguir adelante.*

*Al Honorable Jurado  
Por su excelente Asesoría y tiempo depositado  
en este trabajo.*

*A mis compañeros de Carrera y Amigos "Pavos"  
Juan, Alberto, Angel, Jorge, Ariel, Baltazar  
Luis, Guillermo, Alejandro, Juan Carlos y demás.  
Gracias muchachos por brindarme lo más valioso, su  
amistad y compartir conmigo sus conocimientos y  
vivencias.  
Agradezco especialmente a Juan, Alberto y Angel  
su invaluable ayuda para la realización de este  
trabajo.*

*Al Lic. Ernesto Martínez, Lic. Jorge López,  
al M. en C. Antonio Martínez, Ing. Olivares,  
Ing. Alfaro e Ing. Manuel Enriquez.  
Por su apoyo y valiosa contribución en la  
realización del trabajo.*

*Al I. Q. I. Alfonso D. Gasca Flores  
Por su ayuda y dedicación en la asesoría  
para la realización del presente trabajo*

*A todas aquellas personas que de alguna forma  
contribuyeron en mi formación.*

*A todas las personas que ayudaron y  
colaboraron al desarrollo de este trabajo*

A decorative horizontal element consisting of two parallel black lines that extend across the width of the page, framing the central text box.

# INDICE



---

**INDICE****OBJETIVOS****INTRODUCCION**

Página

**CAPITULO 1****CLASIFICACION DE DISOLVENTES PARA LA INDUSTRIA DE  
RECUBRIMIENTOS**

1.1 Clasificación.	1
1.1.1 De acuerdo a su capacidad disolvente frente a las Resinas de Nitrocelulosa.	1
1.1.2 De acuerdo a su Velocidad o Índice de Evaporación.	3
1.1.3 De acuerdo a su Temperatura de Ebullición.	4
1.1.4 De acuerdo a su Polaridad.	4
1.1.5 De acuerdo a su Composición Química.	5
1.1.6 De acuerdo a sus Usos.	6

**CAPITULO 2**

**PROPIEDADES FISICOQUIMICAS MAS IMPORTANTES**

2.1 Teoría Estructural.	8
2.1.1 Enlaces Químicos.	10
2.1.2 Fuerzas Intermoleculares.	13
2.1.3 Electronegatividad y Polaridad.	17
2.2. Propiedades Físicas.	18
2.2.1 Punto de Ebullición.	18
2.2.2 Solubilidad.	22
2.2.3 Tensión Superficial.	26
2.2.4 Viscosidad.	29

**CAPITULO 3**

**GRUPOS O FAMILIAS DE DISOLVENTES**

3.1 Grupos de Disolventes.	33
3.1.1 Cetonas.	33
3.1.2 Esteres.	35
3.1.3 Glicóéteres.	37
3.1.4 Eteres.	38
3.1.5 Alcoholes.	40
3.1.6 Hidrocarburos.	42
3.1.7 Terpenos.	44
3.2. Elección de Disolventes.	47

3.2.1 Poder Disolvente.	48
3.2.2 Evaporación Relativa.	54
3.2.3 Intervalo de Destilación.	56
3.2.4 Costos de Disolventes.	57
3.3. Metodología de Elección.	58

**CAPITULO 4**

**MEZCLAS DE DISOLVENTES**

4.1 Bases para la formulación y Selección de Mezclas.	62
4.2 Metodología para la Elección de Mezclas.	69

**CAPITULO 5**

**MANEJO DE MATERIALES**

5.1. Seguridad.	70
5.1.1 Almacenamiento de materias primas y productos terminados.	71
5.1.2 Areas de Proceso.	72
5.1.3 Sistemas de identificación de Materiales.	73
5.1.4 Equipos de Seguridad y Protección Personal.	77
5.2 Toxicidad.	78
5.2.1 Clasificación de efectos tóxicos.	82
5.2.2 Factores que afectan la Toxicidad.	83
5.2.3 Medición de Toxicidad.	86

5.3 Inflamabilidad.	87
5.3.1 Características de Materiales Riesgosos.	90
5.3.2 Clases de fuego.	92
5.3.3 Componentes del Fuego.	94
5.4 Hojas de Datos de Seguridad y Manejo de Materiales.	100

**CAPITULO 6**

**APLICACIONES**

6.1. Etapas Generales de la Elección de Disolventes.	104
6.2 Ejemplos de Aplicación.	107
6.2.1 Adelgazador para Aplicar Barniz sobre Superficies de Madera.	107
6.2.2 Diluyente para Aplicar Tintas de Rotograbado sobre Películas de Polietileno Flexible.	120

**CAPITULO 7**

**RECICLAJE DE DISOLVENTES**

7.1 Reciclaje de Disolventes	134
7.2 Pasos en el Reciclaje.	135
7.3 Tipos de Destilación.	137
7.3.1 Destilación Simple.	137
7.3.2 Destilación al Vacío.	138
7.3.3 Destilación Azeotrópica.	138
7.3.4 Destilación por Arrastre de Vapor.	139

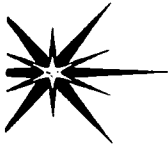
7.3.5 Destilación Fraccionada.	140
7.4 Costos del Reciclaje.	142
7.5 Beneficios del Reciclaje.	143
7.6 Perspectivas de los Disolventes Orgánicos.	144

**CONCLUSIONES**

**APENDICE**

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFIA**



# OBJETIVOS

**OBJETIVOS.**

- Proporcionar al estudiante y/o egresado de la carrera de Ingeniería Química un panorama introductorio respecto al manejo de disolventes orgánicos a nivel industrial y su relación con los recubrimientos superficiales para la satisfacción de una necesidad.
- Establecer los principales parámetros que caracterizan a un disolvente y su importancia al elegir el más adecuado para una aplicación técnica.
- Dar a conocer la importancia del adecuado manejo de los disolventes mediante las normas y sistemas de seguridad e higiene laboral.
- Establecer la importancia de la correcta formulación, de una mezcla de disolventes y su influencia durante la elaboración y aplicación de los recubrimientos industriales.
- Concientizar a los lectores del presente trabajo, respecto al uso racional de nuestros recursos naturales no renovables como el petróleo y la preservación de nuestro entorno ecológico.



# INTRODUCCION



## INTRODUCCIÓN

Desde la más remota antigüedad, el hombre ha empleado los recubrimientos como medios de expresión artística y de protección, las pinturas rupestres de las cuevas de Altamira España son una muestra de lo primero y los acabados de los antiguos sarcófagos egipcios ejemplifican lo segundo.

A través del contacto con la naturaleza, el hombre primitivo observó que se le facilitaba el manejo de ciertos materiales ó le eran más útiles, modificándoles su forma física ó estado de agregación, como en el caso de las arcillas, barros y otros materiales sólidos que dispersos en agua le fueron valiosos al construir sus hábitats, utensilios y herramientas. Las pinturas primitivas también requirieron de un material fluido como el agua para facilitar su elaboración y aplicación sobre las superficies.

En la antigua Asia y Europa las pinturas usadas principalmente en templos, palacios, barcos y utensilios eran a base de pigmentos como el blanco de España, yeso, cal ,carbón, óxido de hierro y aglutinantes como la goma arábiga, cola, huevos, cera de abejas, grasas animales y savias de árboles.

Por otra parte nuestras culturas indígenas precortesianas lograron grandes avances en sus expresiones murales, cerámicas y construcciones, caracterizadas por gran variedad de matices y colores vivos usando pigmentos vegetales y animales (amarillo, rojo indio, negro y azul) dispersos en vehículos acuosos a base de gomas, copal ó de naturaleza Proteínica, jugo de Pencas de agave y sal (Ligante del vehículo), Claras de huevo, Aceites Vegetales como el Achioté y Chicalote.

Al terminar la conquista española sobrevino la destrucción de las ciudades indígenas y en su lugar se levantaron construcciones españolas monocromas de paredes gruesas empleando

## Introducción

---

Argamasa y piedra, cuyos aplanados eran cal dispersa en agua y arenillas finas. Esta situación fue cambiando a medida que las influencias Europeas, especialmente francesas, traían a México alguna novedad técnica como el uso de Caseína en lugar de Proteínas o Colas Animales.

Con el desarrollo industrial que ocurrió en los siglos XVIII y XIX, surgió la Pintura como un producto comercial, sin embargo los componentes básicos seguían siendo los aceites y resinas naturales usados tradicionalmente por los artistas. Estos materiales tienen valor como pinturas protectoras, pero su eficacia es limitada. Al llegar el siglo XX los desarrollos industriales presentaron fuertes demandas de pinturas y los hombres de ciencia empezaron a investigar el arte tradicional de la preparación, con el fin de mejorarlas y fue a raíz de la Segunda Guerra Mundial que recibieron un extraordinario impulso.

Durante los últimos 30 años, crecientes y vigorosos esfuerzos científicos han revolucionado materialmente la manufactura de pinturas y recubrimientos, de tal manera que puede disponerse en la actualidad de tipos que resisten casi todas las sustancias químicas y ambientes corrosivos.

Con el desarrollo de los modernos recubrimientos, surgió la necesidad de usar materiales auxiliares o aditivos más específicos para disolver, dispersar y estabilizar los aglutinantes y pigmentos, además de facilitar su aplicación; aspectos en los que se encuentran inmersos los distintos disolventes industriales.

La habilidad que presentan los líquidos para disolver sólidos, otros líquidos o gases, fue reconocida desde hace mucho tiempo, como uno de los fenómenos fundamentales de la naturaleza observados en la vida diaria.

La importancia práctica de las soluciones y la necesidad de entender sus propiedades han sido un desafío desde el tiempo de Aristóteles.

## Introducción

---

Desde la Edad Media hasta el renacimiento, los alquimistas buscaron un disolvente universal. Hace ya más de un siglo, los inicios de la Físicoquímica fueron motivados por el atractivo de las mezclas líquidas.

Una solución es una mezcla de dos o más sustancias químicas diferentes, siendo homogénea a nivel molecular (la composición de la mezcla en cualquier punto es constante).

Aunque el término solución se aplica comúnmente al estado líquido de la materia, también existen soluciones de sólidos y gases (por ejemplo; Bronce y aire respectivamente).

Los disolventes industriales pueden definirse de manera general, como compuestos químicos orgánicos puros en estado líquido o mezclas de ellos, que son capaces de formar soluciones o dispersiones a nivel molecular con otras sustancias. El proceso de disolución se utiliza principalmente en las industrias de Recubrimientos, Adhesivos, Tintas, Textiles, Productos farmacéuticos y Películas fotográficas.

El presente trabajo tiene como finalidad, estudiar el funcionamiento de los disolventes orgánicos en la industria de los recubrimientos. En él se revisan las características y propiedades de los disolventes, que dan lugar a la amplia diversidad en su poder disolvente (fuerza) con respecto a un soluto (recubrimiento) y cual es su importancia.

Desde el punto de vista de su aplicación técnica se establecen las Características y Parámetros más importantes que sirven de base a un formulador para elegir el disolvente o mezcla más adecuada para satisfacer los requerimientos de una aplicación.

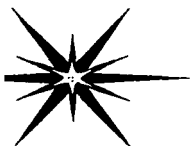
Por otro lado, se enmarcan las recomendaciones más importantes a seguir durante el manejo y almacenamiento de este tipo de productos, haciendo referencia a la información técnica básica que debe poseer cualquier industria de recubrimientos u otras, debido a los riesgos que implican las operaciones realizadas en las que intervienen los disolventes (Propiedades

## **Introducción**

**CRETIB:** Corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, biológico-infecciosas.), enfatizando la importancia de usar un adecuado sistema de seguridad industrial.

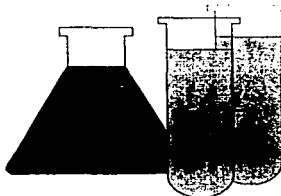
Durante el desarrollo se analizan algunos ejemplos de aplicación real de los disolventes a nivel industrial, iniciando desde la etapa de elección a través de una metodología establecida previamente, en la que se señalan las ventajas e inconvenientes de las opciones con respecto al uso, definiendo las más adecuadas después de considerar los parámetros y factores correspondientes a su funcionalidad.

Finalmente se toca someramente el punto referente a la "recuperación" o reciclaje de los disolventes, que constituye una parte de la solución al gran problema de los desechos generados en los procesos industriales, la mayoría de los cuales representan una forma de Contaminación ambiental y que frecuentemente son producto del uso desmesurado de nuestros recursos naturales, algunos de ellos no renovables como el Petróleo. A este respecto se describen de manera superficial las técnicas de destilación más importantes usadas industrialmente para el reciclaje de los disolventes orgánicos.



# CAPITULO 1

## CLASIFICACION DE LOS DISOLVENTES PARA LA INDUSTRIA DE RECUBRIMIENTOS



## Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos

### **1.1 CLASIFICACIÓN.**

Debido a la gran cantidad de disolventes existentes en la actualidad y a la infinidad de sus usos y aplicaciones ha sido necesario implementar una serie de clasificaciones basándose en sus propiedades y características, con el fin de agruparlos y manejar más adecuadamente la información técnica referente a ellos.

Entre las mas importantes clasificaciones se encuentran las siguientes:

#### **1.1.1 DE ACUERDO A SU CAPACIDAD DISOLVENTE FRENTE A LAS RESINAS DE NITROCELULOSA.**

Esta se ha establecido después de realizar varias experiencias en la Industria de Recubrimientos, utilizando Resinas de *Nitrocelulosa* y observando su comportamiento de solubilidad al estar en contacto con los diversos disolventes existentes, los cuales presentan varios grados de *Poder Disolvente* al actuar sobre el filmógeno, de ésta manera se les ha clasificado como: *Disolventes Activos (Verdaderos)*, *Disolventes Latentes (Cosolventes)* y *Diluyentes (No Disolventes)*.

A) SOLVENTE ACTIVO.- Con respecto al *Filmógeno* es todo aquel disolvente que por sí solo es capaz de disolver el mencionado filmógeno, dejándolo en una forma dispersa útil. Por lo general son *sustancias polares* que contienen grupos funcionales con *oxígeno* como *Cetonas*, *Esteres Alifáticos* y *Glicóéteres*. Funcionan rompiendo los enlaces de hidrógeno o las uniones *dipolo-dipolo* en los agregados.

En el caso específico de la Nitrocelulosa, el Metanol es el único alcohol capaz de comportarse como solvente activo frente a ella.

## Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos

B) SOLVENTE LATENTE.- Se denomina a todo aquel disolvente que por sí solo no es capaz de disolver al filmógeno pero que al combinarse con un activo también actúa como activo o aumenta la actividad de éste.

Puede actuar también como **Copulador** aumentando la compatibilidad de la solución con los diluyentes.

Los disolventes de éste tipo por lo general son Alcoholes (grupo funcional Hidroxilo OH), actúan uniéndose por medio de *enlaces de hidrógeno* a los aglomerados del Polímero reduciendo su *cohesión* y dan lugar a que el parámetro de solubilidad de la mezcla sea más semejante al del Filmógeno.

C) DILUYENTES.- Estos disolventes *no* tienen la capacidad de Disolver la resina de Nitrocelulosa, sin embargo son usados en la formulación de un adelgazador o un recubrimiento para reducir el costo, producir flujo y nivelación durante el secado y sobre todo reducir la viscosidad de la solución de Resina al óptimo punto deseado para obtener las propiedades necesarias en la aplicación.

Normalmente caen dentro de esta clasificación los Hidrocarburos Alifáticos y Aromáticos.

Es importante mencionar que aunque los hidrocarburos son solamente diluyentes para la Nitrocelulosa, pueden ser activos para otros materiales como las *resinas alquídicas*. Por ello, ésta clasificación es relativa y estará en función del filmógeno usado.

## Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos

### **1.1.2 DE ACUERDO A SU VELOCIDAD O ÍNDICE DE EVAPORACIÓN**

Para ello se ha tomado como estándar la rapidez de evaporación del Acetato de Butilo en Condiciones Controladas de *presión, temperatura y humedad*, asignándole un valor de 1.0 o 100 de tal manera que la Velocidad de Evaporación de los otros solventes es comparada contra ésta.

A) DE EVAPORACIÓN RÁPIDA ( >300).- Aquellos disolventes que poseen Velocidad de Evaporación 3 veces mayor(más rápido) que la del Acetato de Butilo en iguales condiciones.  
Ejemplos : Acetona (570), Acetato de Etilo (410), Metil Etilcetona (380).

B) DE EVAPORACIÓN MEDIA ( >150).- Líquidos con Velocidad de Evaporación mayor a 1.5 veces la del Acetato de Butilo.  
Ejemplo: En su mayoría son solventes de punto de ebullición medio como Alcohol Etilico (150), Metil Isobutilcetona (166), Tolueno (165).

C) DE EVAPORACIÓN LENTA ( >50).- Solventes con velocidad de evaporación mayor a la del Pentanol (30), pero menor a la del Acetato de Butilo (100).  
Ejemplos: Isobutanol (62), Propanol (89), Acetato de Metilamilo(57), Xileno (75).

D) DE EVAPORACIÓN EXTRA LENTA ( <50).- Líquidos con Velocidad de Evaporación menor que la del Pentanol (50).  
Ejemplos: Butanol (46), Ciclohexanona (31), Dimetilformamida (26), Alcohol Diacetona (12), Butil Cellosolve (6.8).



## Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos

### **1.1.3 DE ACUERDO A SU TEMPERATURA DE EBULLICIÓN A 1 ATM.**

A) DE BAJA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (Punto de Ebullición < 100 °C).

Ejemplos: Acetato de Etilo ( 77 °C ), Metanol ( 64 °C ), Acetona ( 56 °C ), Acetato de Metilo ( 54 °C), Cloruro de Metileno(38 °C).

B) DE MEDIANA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (100°C< Punto de Ebullición < 150 °C).

Ejemplos: n-Pentanol (137 °C), Xileno (139 °C), Acetato de Butilo (124 °C), n-Butanol (118 °C), Cellosolve (136 °C), Tolueno(109 °C), Isobutanol(106 °C).

C) DE ALTA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (150 °C <Punto de Ebullición<200 °C).

EJEMPLOS: 2-Etilhexanol (184 °C), Ciclohexanona (156 °C), Dimetilformamida (154°C), Butil Cellosolve (167 °C).

D) PLASTIFICANTES (Temperaturas de Ebullición >300 °C).

Ejemplos: Ftalato de Dibutilo ( 340 °C), Ftalato de Dioctilo ( 355 °C).

### **1.1.4 DE ACUERDO A SU POLARIDAD Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.**

A) POLARES.- Disolventes que poseen grupos asociados con una fuerte polaridad y una constante dieléctrica alta ( Conductividad eléctrica mayor de  $10^{-3}$  mho por cm).

Ejemplos: Alcoholes (Grupo Hidroxilo -OH) , Cetonas(Grupo Carbonilo C=O), Agua, etc.

## Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos

B) NO POLARES.- Disolventes con baja *constante dieléctrica* (conductividad eléctrica , menor de  $10^{-6}$  mho por cm.) y que carecen de grupos asociados con alguna polaridad.

Ejemplos: Hidrocarburos Alifáticos y algunos Hidrocarburos Halogenados, Askareles ( BCP'S), Aceites Silicones, etc. Se denominan Dieléctricos.

### **1.1.5 DE ACUERDO A SU COMPOSICIÓN QUÍMICA.**

#### **A) DISOLVENTES ORGANICOS.**

I) HIDROCARBUROS ALIFATICOS: Pentano, Hexano, Heptano, Gas Nafta, etc.

II) HIDROCARBUROS AROMATICOS: Benceno, Tolueno, Xileno, etc.

III) HIDROCARBUROS HALOGENADOS: Cloruro de Metileno, Dicloroetano, Tricloroetileno, Tricloroetano, etc.

IV) ALCOHOLES: Metanol, Etanol , Isopropanol, Propanol, Butanol, etc.

V) CETONAS: Acetona, Metilietilcetona ( MEK ), Metilisobutilcetona ( MIBK ), Ciclohexanona, Dimetilformamida, Isoforona, etc.

VI) ALDEHIDOS: Formaldehido, Furfuraldehido, etc.

VII) ESTERES: Acetatos de Metilo, Etilo, Butilo, Isopropilo, etc.

VIII) GLICOLES: Monoetilenglicol, Dietilenglicol, Monopropilenglicol, etc.

IX) ETERES: Metil éter, Etil éter, etc.

X) GLICOETERES: Alquileteres de Monoetilenglicol o Dietilenglicol denominados comercialmente como " Cellosolves " y " Carbitoles ". Metil Cellosolve, Cellosolve, Butil Cellosolve, Acetato de Cellosolve, Carbitol, Butil Carbitol, Etc.

XI) TERPENOS: Dipenteno, Terpeneol, Alfa-Beta-Pineno, Trementina, Turpentina, etc.

XII) ACIDOS ORGANICOS: Acético, Fórmico, Oleico, etc.

### Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos

XIII) COMPUESTOS AZUFRADOS: Disulfuro de Carbono ( $CS_2$ ), etc.

XIV) COMPUESTOS NITROGENADOS: Monoetanolamina, Dietanolamina, Trietanolamina, etc.

#### B) DISOLVENTES INORGANICOS.

I) AGUA ( $H_2O$ ).

II) GASES LICUADOS O DISUELTOS EN AGUA: Hidróxido de Amonio ( $NH_4OH$ ), Ácido Clorhídrico, etc.

#### 1.1.6 DE ACUERDO A SUS USOS.

##### A) MODIFICADORES DE VISCOSIDAD.

Disolventes usados en la formulación de adelgazadores y diluyentes de pinturas y lubricantes  
ejem: Hexano, Heptano, Gas Nafta, Xileno, Tolueno, Alcoholes, etc.

##### B) DE EXTRACCIÓN.

Heptano, Hexano, Cloruro de Metileno, Acetato de Etilo, Butilo, Dicloroetano, etc.

##### C) DESENGRASANTES.

Acetona, Acetato de Etilo, Cloruro de Metileno, Tricloroetano, Tetracloroetileno, Butilcellosolve, etc.

##### D) REMOVEDORES DE PINTURA.

Cloruro de Metileno, MEK, MIBK, Metanol, Acetona, Pirrolidona, Carbitol, Dimetilformamida y las mezclas entre ellos, etc.

---

### **Clasificación de Disolventes para la Industria de Recubrimientos**

---

#### **E) SOLUBILIZADORES DE TINTAS.**

Etanol, Isopropanol, Butanol, 2-Etil-Hexanol, Acetato de Etilo, Acetato de Butilo, Tolueno y mezclas de ellos, etc.

#### **F) PLASTIFICANTES.**

Disolventes de alta temperatura de ebullición como Estearato de Amilo, Dibutilftalato (DBP), Dioctilftalato (DOP), etc.

#### **G) FARMACEUTICOS.**

Disolventes usados como auxiliares o materia prima para fabricación de fármacos: Metanol, Acetona, Dicloroetano, Acetato de Butilo, Isopropanol, Etanol, etc.

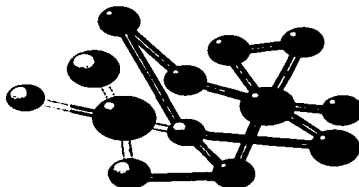
#### **H) MEZCLAS AZEOTROPICAS.**

Mezclas de Disolventes con un punto de ebullición y evaporación constantes como Etanol-Agua, Etanol-Tolueno, Isopropanol-Acetato de Etilo, etc.



# CAPITULO 2

## PROPIEDADES FISICOQUIMICAS MAS IMPORTANTES



## **2.1 TEORÍA ESTRUCTURAL**

Los disolventes orgánicos son aquellos materiales cuya estructura química está formada básicamente por Carbono, Hidrógeno y Oxígeno ; a diferencia de los inorgánicos, formados por varios elementos químicos con excepción del carbono.

A nivel estructural, los átomos de Carbono pueden unirse entre sí hasta un grado tal que es imposible para átomos de otro tipo. De éste modo se pueden formar cadenas de miles de átomos o anillos de todos tamaños, con uniones cruzadas y ramificaciones, a los Carbonos de estas cadenas pueden unirse otros átomos principalmente de Hidrógeno, Flúor, Cloro, Bromo, Iodo, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre, Fósforo.

Cada arreglo atómico diferente corresponde a un compuesto distinto, el cual posee su conjunto de características físicas y químicas que lo diferenciarán de los demás inclusive al tratarse de isómeros.

Mediante la teoría estructural se puede explicar las diferencias existentes entre dos compuestos que posean la misma fórmula molecular, esto se logra a través del planteamiento de una estructura química que justifica las razones por las que se presentan determinadas propiedades.

Caso típico es el de los isómeros Éter Dimetillico y Alcohol Etillico con fórmula molecular  $C_2H_6O$  que presentan diferencias en su arreglo estructural, (fig.2.1.)

## Propiedades Fisicoquímicas más Importantes

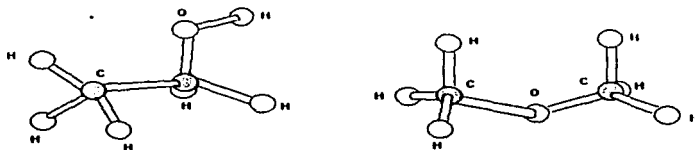


Fig.2.1.- Estructuras isoméricas del Eter Dimetilico y Alcohol etílico

### PROPIEDADES CITADAS

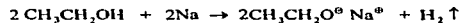
	ALCOHOL ETILICO	ETER DIMETILICO
PUNTO DE FUSION(°C)	-117.3	-138.0
PUNTO DE EBULLICION(°C)	78.5	- 24.5
REACCION CON SODIO		
(Acidez de Alcoholes)	Desplaza un H <sub>2</sub>	No hay reacción (no tiene H Ácidos)

El alcohol Etílico tiene un Hidrógeno unido covalentemente al Oxígeno, el cual se desplaza al reaccionar con Sodio, éste mismo Hidrógeno es el que permite que las moléculas de alcohol formen puentes entre sí con lo que se eleva el punto de ebullición muy por encima del éter dimetilico, justificando el hecho de que el Alcohol sea líquido, mientras el Éter es un gas a Temperatura Ambiente.

En el Éter Dimetilico, ningún átomo de Hidrógeno está unido al Oxígeno para que exista polaridad en el enlace y el Hidrógeno pueda ser ácido, impidiendo la formación de puentes

### Propiedades Físicoquímicas más Importantes

de hidrógeno intermoleculares. Por ello, de todos los átomos de Hidrógeno unidos covalentemente al Carbono ninguno reacciona con el Sodio. [45]



#### 2.1.1 ENLACES QUÍMICOS

Las primeras explicaciones de la Naturaleza de los Enlaces Químicos y su importancia, las plantearon W. Kössel (alemán) Enlace Iónico y G.N. Lewis (E.U.) Enlace Covalente en 1916 y a la postre, sirvieron de base al desarrollo de la química actual. [45, 46]

La idea central de su trabajo enfocó el hecho de que todos los átomos sin la configuración electrónica de los gases nobles reaccionan por lo general de tal manera que se produzcan esas configuraciones, es decir, los enlaces entre átomos surgen por la tendencia de estos de alcanzar la configuración Estable Análoga a la de un *gas noble*.

#### 1) ENLACE IÓNICO Ó ELECTROVALENTE

Se denomina a la unión que resulta de la transferencia de electrones entre átomos cuya configuración electrónica original la favorece.

Estos átomos por lo general poseen electronegatividades muy diferentes, como consecuencia se forman iones de carga opuesta cuya atracción electrostática da origen al enlace.



### Propiedades Fisicoquímicas más Importantes

Este enlace es típico en las sales formadas por combinación de elementos Metálicos (Electropositivos) del extremo izquierdo del sistema periódico con los No Metálicos (Electronegativos) del extremo derecho.

Un ejemplo claro es la reacción entre átomos de Litio y Flúor para formar al LiF, ambos alcanzan la configuración electrónica de un gas noble al ionizarse.

El ion Litio ( $\text{Li}^+$ ) es semejante al Helio, mientras que el Flúor ( $\text{F}^-$ ) se asemeja al Neón, durante el proceso, los iones  $\text{F}^-$  son rodeados por los  $\text{Li}^+$  y viceversa.

En el estado cristalino los iones poseen energías menores que los átomos de los que se formaron, debido a esto el Li y F se estabilizan al formar los cristales de LiF, fig.2.2.

Como resultado de las poderosas fuerzas electrostáticas internas, las sustancias iónicas suelen ser sólidos con puntos de *fusión* muy elevados (Frecuentemente mayores de  $1000^\circ\text{C}$ ). Estas sustancias iónicas son factibles de disolverse en solventes polares.

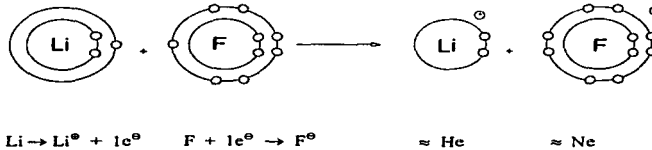


Fig.2.2.- Enlace iónico del Fluoruro de Litio

## 2) ENLACE COVALENTE

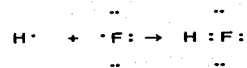
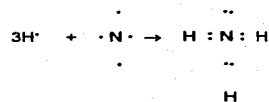
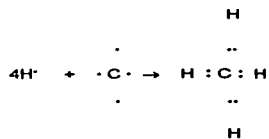
Se originan por la compartición de electrones cuando se unen dos o más átomos de electronegatividades ya sea similares o distintas, con el fin de que completen sus capas

### Propiedades Físicoquímicas más Importantes

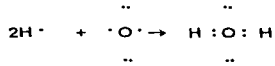
electrónicas de Valencia (externas) y alcancen la estabilidad (configuración electrónica) de un gas noble.

En el proceso de formación del enlace no hay transferencia de electrones en forma absoluta. Este enlace es típico de los compuestos del carbono.

Ejemplos expresados mediante estructuras de Lewis son las siguientes:



## Propiedades Físicoquímicas más Importantes



Cada átomo de Hidrógeno tienen un electrón en su capa externa, compartiendo un par de electrones ambos hidrógenos pueden completar sus capas.

Los dos átomos de Flúor, cada uno con siete electrones en su capa de valencia pueden completarla al compartir un par de electrones.

### **2.1.2 FUERZAS INTERMOLECULARES.**

El hecho de que las sustancias compuestas de moléculas independientes se hallen en la forma de líquidos y sólidos indica que existen fuerzas de atracción mutua que las mantienen próximas.

Sus propiedades Físicas y Químicas observadas están en función directa con su estructura molecular más probable y con la magnitud de estas fuerzas que actúan entre Moléculas e Iones.

Los compuestos iónicos en general forman cristales y su unidad estructural son los iones positivos y negativos, entre los cuales actúan fuerzas electrostáticas bastante considerables que necesitan mucha energía para ser superadas, reflejándose esto en sus altos *puntos de fusión*.

Por otra parte los compuestos *no iónicos* y que por lo tanto tienen sus átomos unidos covalentemente pueden formar cristales cuyas unidades estructurales son moléculas entre las cuales existen fuerzas de atracción menos intensas y que necesitan menos energía para superarse.

### Propiedades Físicoquímicas más Importantes

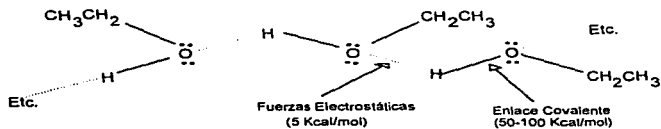
Las fuerzas intermoleculares más importantes son principalmente de dos tipos: Interacciones Dipolo-Dipolo presentes en las moléculas polares y las Fuerzas de Van der Waals en el caso de Moléculas no polares. [15, 45, 66]

#### 1) INTERACCION DIPOLO-DIPOLO.

Se denomina a la atracción que ejerce el extremo positivo de una Molécula Polar por el negativo de otra semejante, como resultado de ésta interacción dipolar, se origina una unión más firme que las *no polares* de peso Molecular comparable, estas diferencias se reflejan en sus propiedades *Físicas*.

Un tipo de atracción dipolar especialmente fuerte lo constituye el Puente de Hidrógeno, enlace en el cual, un átomo de Hidrógeno hace el papel de puente entre dos átomos electronegativos sujetando a uno con enlace Covalente y al otro con fuerzas puramente electrostáticas.

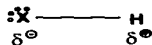
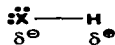
Se generan atracciones dipolo-dipolo muy fuertes entre los átomos de Hidrógeno fijos a elementos pequeños y muy electronegativos y los pares electrónicos no compartidos de otros de esos elementos electronegativos.



### Propiedades Fisicoquímicas más Importantes

El alcohol Etilico posee un Hidrógeno enlazado covalentemente al Oxígeno y por ello puede formar puentes de Hidrógeno muy fuertes entre sí, por lo que tendrá un punto de ebullición mas alto(78.3 °C) que el Éter Dimetilico(-25°C).

Las moléculas de éter por carecer de un Hidrógeno fijo a un elemento bastante electronegativo, no pueden formar puentes de Hidrógeno fuertes que las unan, en éste caso, las fuerzas Intermoleculares son atracciones dipolo-dipolo débiles.

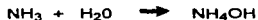
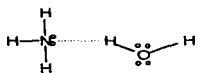
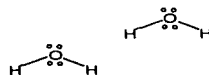
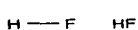


#### PUENTE DE HIDROGENO

X= Elemento muy electronegativo  
por lo general O, N, Halogeno

Cuando el Hidrógeno se encuentra unido a un átomo muy electronegativo, la nube electrónica se distorsiona considerablemente hacia éste, exponiendo al núcleo del Hidrógeno.

La carga positiva considerable de Hidrógeno, sólo débilmente aislada es atraída por la Negativa del Átomo Electronegativo de una segunda molécula.



## 2) FUERZAS DE VANDER WAALS O DE LONDON

Las fuerzas de Vander Waals son fuerzas resultantes de la polarización instantánea de las moléculas de un compuesto no polar debido a las oscilaciones de la nube electrónica alrededor del núcleo atómico. Esto se origina por un instante, cuando se distribuye la nube más de un lado de la molécula que del otro, estableciéndose un pequeño momento eléctrico, el que a su vez produce un momento similar en las moléculas adyacentes dando como resultado una pequeña fuerza de atracción.

La distribución promedio de carga en torno a una molécula *no polar* es simétrica durante cierto tiempo, de modo que no existe un momento dipolar neto, sin embargo los electrones se desplazan de manera que en un instante de tiempo, esa distribución posiblemente no puede estar uniforme (se distorsiona), los electrones pueden estar en un momento acumulados en un lado de la molécula y en consecuencia generan un pequeño Dipolo Temporal, el cual puede inducir la aparición de *dipolos opuestos* (Atrayentes) en las moléculas circundantes, debido a que la carga negativa o positiva de la molécula distorsiona la nube electrónica de una porción adyacente de otra, generando ahí una carga opuesta.

Estos dipolos temporales cambian constantemente pero el resultado neto de su existencia es la producción de fuerzas débiles, de muy corto alcance y que actúan entre sus superficies. (fig 2.3)



fig. 2.3 Fuerzas de Vander Waals. El extremo negativo del dipolo tiende a repeler electrones y el positivo a atraerlos, induciendo un dipolo de orientación opuesta en la molécula vecina.

### **2.1.3 ELECTRONEGATIVIDAD Y POLARIDAD**

El concepto de electronegatividad está fuertemente relacionado con la polaridad de una molécula y se define como la capacidad de un elemento para atraer los electrones que está compartiendo en un enlace, en éste caso el *covalente*, de esta manera se puede hablar de un elemento más o menos electronegativo.

Cuando dos elementos de electronegatividad distinta forman un enlace covalente, los electrones no se comparten en forma equitativa, el átomo de mayor electronegatividad atrae al par electrónico con más fuerza, con lo que se genera un enlace Polar Covalente.

Debido a las diferencias parciales de carga, se origina un extremo parcial negativo y otro positivo que forman un dipolo y en consecuencia la presencia de un Momento Dipolar.

Por necesidad cualquier molécula Diatómica en la que los átomos son diferentes (y por consiguiente con electronegatividades distintas) tienen un Momento Dipolar permanente pues los centros de gravedad de las cargas + y - no coinciden y en un campo eléctrico la molécula toma una determinada orientación, sin embargo algunas moléculas que constan de más de dos átomos tienen enlaces polares pero carecen de momento Dipolar debido a su arreglo estructural espacial en el que los centros de carga Positiva y Negativa coinciden y se anulan.

La estructura espacial del  $\text{CCl}_4$  es Tetraédrica y la del  $\text{CO}_2$  Lineal por lo que el momento Dipolar resultante es cero y finalmente las Moléculas son *no polares*.

Los pares de electrones no compartidos contribuyen en gran medida a generar los momentos dipolares del  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$ .

La molécula de  $\text{CO}_2$  no tiene momento Dipolar, sin embargo, hay una gran diferencia de electronegatividad entre el Carbono y el Oxígeno los enlaces C-O deben de ser polares y por lo tanto la molécula de  $\text{CO}_2$  deberá ser Lineal porque sólo entonces coincidirán los centros de

## Propiedades Físicoquímicas más Importantes

carga + y - dando como resultado un momento Dipolar Neto de Cero Por otro lado, el gran momento dipolar de las moléculas de agua Indica que tienen enlaces polares y que son moléculas no lineales.

En general los disolventes con grupos Hidroxilo y Carbonilo son Polares.

### **2.2 PROPIEDADES FÍSICAS**

#### **2.2.1 PUNTO DE EBULLICIÓN**

##### *A) PRESIÓN DE VAPOR Y EVAPORACIÓN.*

La Evaporación es un proceso por el que las moléculas de la superficie de un líquido escapan hacia la fase gaseosa. Para ello deben poseer una energía cinética mínima, y por lo consiguiente el número de moléculas que escapan dependerán en forma directa de la Temperatura aplicada (la Velocidad de evaporación aumenta con la temperatura).[25, 27, 37]

Después de un tiempo transcurrido en que continúe aumentándose la temperatura y estando el líquido dentro de un recipiente cerrado, gradualmente se incrementará la cantidad de moléculas que abandonen el líquido al aumentar la presión de vapor y habrá mas colisiones entre ellas y las paredes del recipiente, aumentando la condensación hasta que finalmente se alcance un equilibrio Dinámico (líquido-vapor) en el que se igualen las velocidades de evaporación y condensación. La presión parcial ejercida en este momento por las moléculas de vapor sobre el líquido se denomina *presión de vapor del líquido*, cuando esta iguala y supera a la presión atmosférica ejercida se inicia la ebullición.

La temperatura a la cual ocurre esto se le conoce como punto de Ebullición y se caracteriza por la formación de burbujas de vapor debajo de la superficie del líquido, que suben hacia esta y estallan lanzando vapor al aire.



### Propiedades Fisicoquímicas más Importantes

Si la presión de Vapor dentro de las burbujas es menor que la aplicada (Atmosférica u otra) sobre la superficie del líquido, las burbujas se rompen tan pronto como se forman, con lo que no se produce la ebullición.

A una temperatura dada, la presión de vapor de diferentes líquidos es distinta porque sus fuerzas cohesivas son distintas.

Por otra parte en un recipiente abierto no existirá equilibrio líquido-vapor pues las moléculas gaseosas difundirán hacia afuera y las ligeras corrientes de aire las arrastrarán lejos de la superficie del líquido favoreciendo así una mayor evaporación para reemplazar las moléculas de vapor perdidas, continuando éste proceso hasta agotar en su totalidad el líquido contenido en el recipiente de acuerdo al principio de Le Chatelier.

La ebullición implica la *separación* de Moléculas individuales o pares de iones con carga opuesta, del seno del líquido al alcanzar una temperatura suficiente para que la energía térmica de las partículas supere las fuerzas de cohesión que las mantienen en el líquido (fig 2.4).

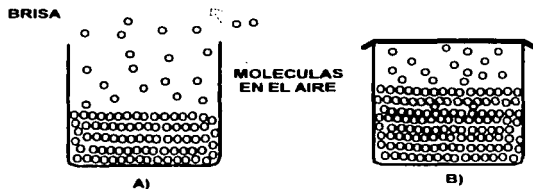


Fig.2.4 A) Evaporación de un líquido en un recipiente abierto. B) Equilibrio que se establece entre un vapor y un líquido en un recipiente cerrado. En él, las moléculas vuelven al líquido a la misma velocidad que lo abandonan.

## Propiedades Físicoquímicas más Importantes

### *B) PUNTO DE EBULLICIÓN DE COMPUESTOS IONICOS*

La unidad estructural de un compuesto iónico dentro del seno del líquido es el ION, cada uno de los cuales es retenido firmemente por otros de carga opuesta, necesiándose mucha energía térmica (Alta Temperatura) para la separación de un par de estos a partir del líquido y frecuentemente ocurren algunas reacciones químicas como las descomposiciones antes de la ebullición (fig.2.5)

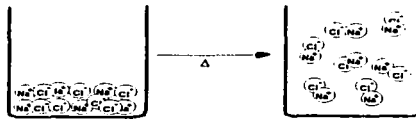


Fig.2.5 Ebullición de un Líquido Iónico. Las unidades estructurales son Iones y Pares Iónicos.

### *C) PUNTO DE EBULLICIÓN DE COMPUESTOS NO IONICOS*

Su unidad estructural es una molécula, en éste caso las débiles fuerzas de Vander Waals e Interacciones dipolo-dipolo (fuerzas intermoleculares) son mas fáciles de vencer que las Interiónicas produciéndose la ebullición a temperaturas mas bajas.

Existen algunas excepciones debidas a otros factores como el efecto del peso y del tamaño moleculares.

### Propiedades físicoquímicas más importantes

Las moléculas mas pesadas exigen energía térmica mayor y en vista de que su área superficial es considerablemente grande, las fuerzas de Vander Waals son mucho mayores. [45, 66]

Para los líquidos asociados (Polares) y que contienen puentes de Hidrógeno, su ruptura requiere una energía considerable, por lo que un líquido de éste tipo posee un punto de ebullición anormalmente alto para un compuesto de su peso molecular y momento dipolar.

El punto de ebullición del Fluoruro de Hidrógeno (HF) es 100°C mayor que el del Cloruro de Hidrógeno (HCl) que es más pesado, pero no está asociado o está ligeramente (Menor diferencia de Electronegatividad entre Hidrógeno y Cloro entonces menor polaridad y probabilidad de formar Puentes de Hidrógeno.)

En los compuestos No Iónicos rara vez se encuentran puntos de ebullición mayores de 350 °C ya que a temperaturas mas elevadas empiezan a romperse los enlaces covalentes dentro de las moléculas con lo que compiten descomposición con ebullición. Para disminuir la descomposición a menudo se realiza la destilación a presión reducida (fig. 2.6)



Fig.2.6 Ebullición de un Líquido no Iónico. Las unidades estructurales son moléculas.

Un hidrocarburo químicamente puro, igual que otro compuesto líquido puro, ebulle a cierta temperatura cuando la presión atmosférica se mantiene constante, sin embargo, casi todos

### **Propiedades Fisicoquímicas más Importantes**

los combustibles y disolventes comerciales contienen varios hidrocarburos individuales diferentes cada uno con diferente punto de ebullición, de éste modo para cualquier producto derivado del petróleo la ebullición se lleva acabo en un rango de temperaturas en lugar de una sola constante (Intervalo de destilación). El punto de ebullición inicial es una medida indirecta del punto de inflamación y por lo consiguiente de los riesgos de inflamabilidad, el punto del 50% muestra en términos generales una relación con la rapidez de evaporación, un valor bajo de temperatura para ciertos hidrocarburos aumenta la velocidad de evaporación; si el punto del 95% y el punto seco están muy cercanos existirá una pequeña o nula diferencia sobre la fracción de secado lento, también, un pequeño rango de destilación en el espacio entre el punto inicial y el 5% o entre el 95% y el punto seco final da una indicación de la pureza, entre menor sea esa diferencia mas puro será el disolvente.

#### **2.2.2 SOLUBILIDAD**

Es el proceso mediante el cual las unidades estructurales de un sólido o liquido (*soluta*) se separan una de la otra y el espacio entre ellas es ocupado por moléculas del solvente al entrar en contacto mutuo.

Durante la disolución, tal como en la *fusión y ebullición*, las moléculas o iones deben separarse unos de otros, por lo que debe suministrarse energía suficiente para vencer las fuerzas Interionicas o Intermoleculares, la energía requerida para romper los enlaces entre las partículas que mantienen la estructura del soluto es aportada por la formación de nuevas fuerzas de atracción (uniones) entre partículas de soluto y moléculas de solvente, las fuerzas atractivas antiguas son reemplazadas por nuevas. [17, 52]

**A) SOLUBILIDAD SOLIDO-LIQUIDO.**

La disolución de un sólido en un líquido es análoga a su fusión, debido a que su estructura cristalina queda destruida y el resultado es la formación de una disposición mas desordenada de sus moléculas o iones en solución.

en las sustancias iónicas las atracciones estructurales (electrostática e interiónicas) son grandes por lo que sólo el agua y algunos otros disolventes polares son capaces de disolverlas o romperlas.

El proceso de disolución es llevado a cabo por la *solvatación* (en el caso del agua es hidratación)

El agua debe sus relevantes propiedades como disolvente de sustancias iónicas a su polaridad, elevada constante Dieléctrica y que contiene el grupo Hidroxilo (-OH) y puede formar Puentes de Hidrógeno, es capaz de Solvatar tanto Cationes como Aniones, a los primeros en su polo negativo (esencialmente sus electrones no compartidos), a los segundos por medio de Puentes de Hidrógeno.

Las moléculas de agua en virtud de su Alta Polaridad y su forma pequeña y compacta, pueden rodear con eficiencia los iones individuales, conforme estos se liberan de la superficie del cristal al existir Atracción electrostática entre un Ion positivo y el extremo negativo de una Molécula de Solvente y viceversa (enfoces ion-dipolo).

Para que se cumpla la regla elemental de que **Lo semejante disuelve a lo semejante**, al realizar la mezcla de sustancias de polaridad semejantes, las nuevas fuerzas intermoleculares que se forman en solución deben de ser muy parecidas a las que existían en las sustancias superadas. (28, 66)

Al mismo tiempo para que un solvente pueda disolver compuestos iónicos, deben de tener también una constante dieléctrica grande, es decir poseer propiedades altamente *aislantes*

## Propiedades Físicoquímicas más Importantes

para disminuir la atracción entre iones de carga opuesta una vez que se encuentran solvatados, (fig.2.7)

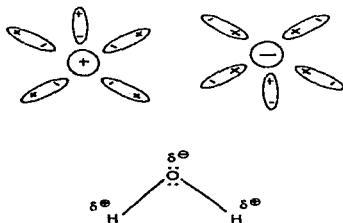


fig.2.7 Interacciones Ion- Dipolo. Cation y Anión Solvatados

### B) SOLUBILIDAD LIQUIDO-LIQUIDO

La distribución de las cargas eléctricas libres de Valencia de los grupos atómicos que comunica a las moléculas carácter Polar o no Polar sirve de base a la diversidad del poder disolvente.

Sustancia polar típica es el agua y una no polar es el Benceno.

Para que pueda ocurrir una disolución completa mutua entre líquidos estos deben de ser de naturaleza química semejante .

El agua y los alcanos no son miscibles debido a que para la disolución del alcano, sería necesario romper primero las poderosas fuerzas de atracción que existen entre las moléculas del agua.

El Etanol y el agua, por el contrario, son miscibles en todas proporciones pues ambas moléculas son polares y sus nuevas fuerzas de atracción son tan grandes como las que

### Propiedades Físicoquímicas más Importantes

sustituyen, por ello son capaces de formar puentes de hidrógeno resistentes similares a los que poseían al estar separados (entre moléculas iguales).

Para los compuestos *no iónicos*, sus características de Solubilidad están determinadas fundamentalmente por su polaridad. Compuestos No polares o débilmente Polares se disuelven en solventes no polares o débilmente Polares. El metano es soluble en Tetracloruro de Carbono por que las fuerzas que mantienen unidas las moléculas de Metano entre sí, como también a las del Tetracloruro de Carbono son reemplazadas por otras muy similares, las que unen las moléculas del Tetracloruro de Carbono al Metano y en ello se encuentran implícita la similitud química entre solutos y solventes (fig.2.8)

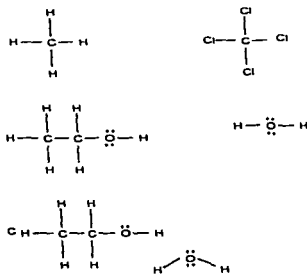


Fig.2.8.- Similitud química entre disolventes y solutos

Los disolventes polares tienen una Presión de vapor reducida (Calor de vaporización grande) comparados con los disolventes No polares, se puede diferenciar en el *Etanol*, el grupo *no polar* C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> y el Polar -OH, la relación entre los valores de ambos es decisiva para el poder

### **Propiedades Fisicoquímicas más Importantes**

disolvente o de solvatación de la molécula; por ello las sustancias no polares como las grasas son fácilmente solubles en Hidrocarburos debido a que poseen una gran proporción de grupos *Lipófilos* y muchas mezclas de disolventes con diferente grado de Polaridad pueden disolver materiales que son insolubles en cada uno de los disolventes por separado.<sup>[31]</sup> Las sustancias que contienen grupos Hidrófilo y Lipófilo se disuelven en solventes o mezclas en las cuales están presentes estos grupos.

En general, solamente los compuestos que contienen grupos ***oxhidrilos, carboxilos, aminas y amidas*** son los que pueden asociarse por enlaces de Hidrógeno.

#### **2.2.3 TENSIÓN SUPERFICIAL ( $\sigma$ )**

Es una medida de las fuerzas internas que deben vencerse para expansionar la superficie de un líquido y se define como el exceso de energía superficial o trabajo (energía por  $\text{cm}^2$ ) necesario para aumentar el área de superficie.

Una molécula en el seno de un líquido es mas o menos atraída igualmente en todas direcciones por las moléculas que la rodean, sin embargo las de la superficie únicamente están sujetas a las fuerzas de atracción hacia dentro y hacia los lados, como resultado de esta condición de desbalance hay una atracción neta en la dirección del interior y por lo tanto una tendencia de ésta para adquirir una superficie tan pequeña como sea posible (reducirla al mínimo), mientras que la tensión superficial deberá luchar contra esta fuerza para tratar de aumentar el área superficial.

La esfera tiene la superficie mas pequeña por unidad de volumen en comparación con cualquier figura geométrica, por lo tanto una forma de este tipo tendrá la energía superficial mas baja y será la mas estable.



### Propiedades Fisicoquímicas más Importantes

El ascenso de un líquido en un tubo capilar, es un fenómeno común que comprende Tensión Superficial, éste depende de la atracción relativa de las moléculas del líquido entre sí (Fuerzas de Cohesión Líquido-Líquido) comparada con su atracción por las paredes del capilar (Fuerzas de Adhesión Líquido-Vidrio).

Si las fuerzas de Adhesión son mayores que las de Cohesión el líquido mojará las superficies y ascenderá, al mojar las paredes el humedecimiento tenderá a aumentar el área superficial del líquido y una parte del volumen ascenderá hasta una altura en la que el peso de la columna líquida iguale la atracción ejercida por el vidrio sobre el anillo de las moléculas del líquido (fig.2.9)



Si el líquido moja las paredes del capilar de vidrio, asciende cierta altura que es inversamente proporcional al radio interno del tubo capilar.



Un líquido que no moja al vidrio, desciende en el capilar.

Fig.2.9.- Tensión superficial de un líquido

**EFFECTOS DE LA TENSION SUPERFICIAL**

En general la Tensión Superficial de los líquidos disminuye al aumentar la temperatura.

Las sustancias asociadas por puentes de hidrógeno poseen valores altos de tensión superficial y estos dependen de su peso molecular y de factores como el número de enlaces Hidroxilo (-OH).

El efecto de la mezcla de líquidos sobre la tensión superficial es variable, si las sustancias mezcladas son similares químicamente, sus Tensiones Superficiales No diferirán mucho y la solución resultante tendrá una cercana a la función lineal de las concentraciones.

La Tensión Superficial del disolvente es importante en el área de recubrimientos por la velocidad de evaporación, para la formación de la película superficial, así como la humectación de los substratos diluyentes y pigmentos, influye mucho en el brillo, textura de la superficie, flotación de pigmentos y la adherencia de la película en un recubrimiento antes y durante su aplicación.<sup>[15, 35, 72]</sup>

La mayoría de los Polímeros tienen Tensiones Superficiales mayores a las de los disolventes, de acuerdo con esto, el disolvente mojará la superficie del polímero y se extenderá sobre ésta, así mismo disminuirá la tensión superficial de la solución formada y ésta disminución facilitará la formación de la película; si esta es buena (adecuada) habrá mayor humectación de la superficie, lo que es esencial para una buena adherencia, ya que se mojarán las moléculas no pueden aproximarse lo suficiente a la superficie para que se formen los enlaces de adherencia.<sup>[12, 72]</sup>

Para que una pintura de Látex forme una buena Película, la Tensión Superficial del agua debe disminuir notablemente por la adición de tensoactivos aún en pequeñas concentraciones, esto hace posible que la película de agua se estire para formar la burbuja de jabón.

## Propiedades Físicoquímicas más Importantes

La acción de los humectantes depende bastante de su acción depresiva de la Tensión Superficial del agua, permitiendo así a las fuerzas de adhesión producir una película de agua sobre la superficie del objeto que se va a mojar, éste es el principio aplicado en el caso de las pastas dentales y de ciertos antisépticos.

### **2.2.4 VISCOSIDAD ( $\mu$ )**

Puede definirse como la resistencia que presenta un fluido para fluir, es decir la resistencia que experimenta una capa de líquido al moverse sobre otra. [16, 17, 37]

Considerando que una columna líquida dentro de un tubo circular está formada por capas concéntricas o cilindros de fluido, al moverse por el tubo, la capa más cercana a la pared permanece estacionaria si es que el líquido moja la pared, cada capa sucesiva se mueve con respecto a ésta capa exterior con una velocidad que aumenta a medida que se acerca al centro del tubo, esto que es un flujo lineal se caracteriza por la ausencia de remolinos y turbulencias en general.

En este tipo de flujo se considera que el líquido tiene una fricción interna que presenta resistencia al movimiento de los cilindros o capas denominada **viscosidad**.

La viscosidad es una manifestación de las fuertes atracciones Intermoleculares y está relacionada con el tamaño y forma de los constituyentes, por ello es mayor en los líquidos que en los gases, en éste sentido los líquidos que tienen moléculas grandes y/o de formas irregulares son generalmente más viscosos que los de moléculas pequeñas y simétricas.

Así mismo las atracciones intermoleculares y por consiguiente la viscosidad disminuye al aumentar la Temperatura mientras no ocurran cambios en la composición del líquido.

### Propiedades Fisicoquímicas más Importantes

$$\mu = \frac{F \cdot d}{V \cdot \Lambda}$$

F = Fuerza aplicada (1 Dina)

d = Distancia entre superficies (1 cm)

V = Velocidad (1 cm/seg)

$\Lambda$  = Area (1 cm<sup>2</sup>)

$\mu$  = 1 poise

### FACTORES QUE AFECTAN LA VISCOSIDAD

En general la Viscosidad de un líquido depende del tamaño, forma y naturaleza química de sus moléculas.

Los disolventes que contienen grupos Hidroxilo tienen mayor viscosidad debido al efecto de formación de enlaces de hidrógeno (líquidos que tienden a asociarse) como en el caso del agua que posee una viscosidad anormalmente alta a pesar de su peso molecular bajo.

Para los disolventes de la misma clase (serie homóloga) la viscosidad aumenta con el peso molecular, siendo un caso típico el de los hidrocarburos parafínicos que cambian desde los líquidos de baja como la gasolina hasta los aceites lubricantes de alta. [45,72]

El efecto de disminución de la viscosidad con la temperatura es justificado por la teoría cinética molecular pues mientras más se asemejan las moléculas de una sustancia a esferas duras, más elásticas serán las colisiones entre ellas. Por otra parte las colisiones entre moléculas de formas irregulares serán menos elásticas por lo que una parte de la energía translacional se transformará en energía vibracional y rotacional y como consecuencia las moléculas tenderán a mantenerse juntas.

A medida que aumenta la temperatura, la energía cinética promedio de las moléculas también se acrecienta y la energía cinética traslacional llega a ser relativamente más importante para todas las moléculas.

**IMPORTANCIA TÉCNICA DE LA VISCOSIDAD**

Su importancia como Propiedad física es más visible y radica en los efectos producidos durante la aplicación de los recubrimientos.

La viscosidad de una solución de Polímero es influenciada ampliamente por la del disolvente y no solamente es una medida de su fuerza o poder sino que constituye un valioso parámetro de control tanto en su fabricación como en su manejo y aplicación final.

Sí el recubrimiento va a aplicarse con pistola de aspersión inicialmente deberá ser menos viscoso que el diseñado para aplicación con brocha y en ambos casos es importante que la viscosidad se incremente en forma adecuada a medida que el disolvente se evapora, esto no significa que el disolvente que proporcione la menor viscosidad sea el mejor.

En soluciones muy diluidas, la cadena de un polímero, estará enrollada (casi no disuelta) en un mal disolvente y extendida (disuelta) en un buen disolvente, por lo tanto la solución en el buen disolvente tendrá mayor viscosidad; sin embargo a medida que la concentración aumenta, las moléculas del polímero se agregan y a concentraciones elevadas el mejor disolvente sin duda proporcionará la menor viscosidad. [21, 56]



# CAPITULO 3

## GRUPOS O FAMILIAS DE DISOLVENTES



## Grupos o Familias de Disolventes

La introducción de las Resinas sintéticas y Derivados de Celulosa ha ocasionado un elevado incremento en el consumo de un gran número de Disolventes especiales.

La estructura Química juega una parte importante en la determinación de la fuerza de disolvencia o acción disolvente.

Al ser tan grande el conjunto de Disolventes orgánicos surge la necesidad de agruparlos de acuerdo a sus propiedades y características similares principalmente en lo referente a su fuerza disolvente.

En muchas de las aplicaciones tanto industriales como domésticas los disolventes individuales pueden satisfacer la mayoría de los requerimientos necesarios y generalmente siempre existirá más de una opción para elegir.

Dentro de la área de recubrimientos, la propiedad más importante exigida a un disolvente es la de ser un compuesto orgánico líquido capaz de disolver con facilidad otras sustancias orgánicas no Volátiles, sin que ninguno de los dos sea afectado químicamente.

Aunque el volumen de disolventes Oxigenados consumido por la Industria de recubrimientos es menor que el de los disolventes hidrocarbonados, sus propiedades generales y el uso que se les da, les confiere una mayor importancia debido al efecto directo que ejercen sobre el material al cual se incorporan.

Como la mayoría de los productos disueltos en disolventes hidrocarbonados, secan por oxidación o polimerización, los disolventes ejercen solamente un efecto parcial sobre las características finales de la película seca, mientras que en el caso de los disolventes oxigenados, que son usados principalmente en lacas de *Nitrocelulosa* y *Vinilicas* las cuales secan por evaporación, las propiedades de la película dependen en gran parte de los disolventes empleados. [19, 25, 31, 57]

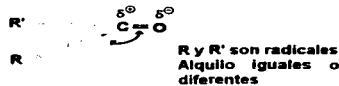
## Grupos o Familias de Disolventes

En general los disolventes oxigenados tienen mayor poder disolvente que los hidrocarburos, pues los radicales y/o grupos,  $-\text{O}$ ,  $-\text{C}=\text{O}$  y  $-\text{OH}$  son los principales promotores sobre la mayoría de resinas sintéticas mientras que los hidrocarburos son mejores Disolventes para las resinas naturales.

Por otra parte los hidrocarburos aromáticos tienen mayor capacidad disolvente que los cíclicos saturados y estos a su vez que los alifáticos o de cadena abierta.<sup>(6, 13, 31)</sup>

### 3.1 GRUPOS DE DISOLVENTES.

#### 3.1.1 CETONAS



Se obtienen principalmente por oxidación de los correspondientes alcoholes en presencia de un catalizador.

Constituyen el grupo más versátil de todos los disolventes activos, se caracterizan por la presencia del grupo Carbonilo en su estructura molecular, donde los electrones de enlace Carbono-Oxígeno son compartidos muy desigualmente debido a la diferencia grande de electronegatividad entre el Carbono y el Oxígeno, lo que les confiere una alta polaridad y un momento dipolar considerable.



### Grupos o Familias de Disolventes

A pesar de ser Polares, no pueden formar puentes de Hidrógeno entre si mismas ya que sólo presentan estructuralmente átomos de Hidrógeno unidos a Carbono (entre ellos no hay gran diferencia de electronegatividad).

Su poder Disolvente varía proporcionalmente con su peso molecular de tal manera que a menor peso se tiene mayor solvencia, de acuerdo a su grupo Carbonilo son receptores de H y esto les confiere una solvencia notable.

Su Velocidad de evaporación también se encuentra en razón directa de su peso molecular y por ello los mejores disolventes(miembros mas bajos de la serie) tienen una evaporación demasiado rápida aunque esto favorece la formación de *niebla* en lacas de Nitrocelulosa.

Sus puntos de ebullición son mayores que los de los compuestos no polares de peso molecular comparable, pero menores que los alcoholes.

Su solubilidad límite en agua es de cinco carbonos.

Las cetonas Alifáticas de bajo peso molecular son los más usadas en la industria de recubrimientos, son disolventes excepcionalmente buenos para los Éteres y Esteres de Celulosa.

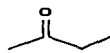
Lo que es evidenciado por las soluciones obtenidas de baja viscosidad y altos contenidos de sólidos, para la mayoría de resinas Sintéticas y naturales, Fenólicas, Vinílicas, Cauchos, Clorados, Acrilatos, Etc.

En general las Cetonas Inferiores disuelven Resinas Polares, Grasas Aceites y sustancias menos polares mientras que las superiores tienen mayor carácter pronunciado hidrocarbonado y son particularmente buenos disolventes para resinas No Polares, Polímeros y Copolímeros.

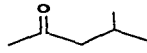
## Grupos o Familias de Disolventes



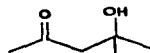
ACETONA



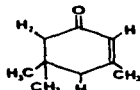
MEK



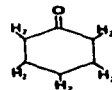
MIBK



ALCOHOL DIACETONA

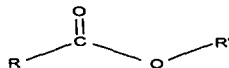


ISOFORONA



CICLOHEXANONA

### 3.1.2 ESTERES



Son el producto de reacción entre Alcoholes y Ácidos Orgánicos, con frecuencia tienen olor agradable a frutas.

Los de mayor interés para la industria de recubrimientos son los Esteres del ácido Acético. Comúnmente denominados Acetatos, los de otros ácidos como el Propiónico, Butírico, y Láctico encuentran un uso muy limitado.

Su elevado poder disolvente es atribuido a la presencia del grupo Carbonilo y a un átomo adicional de oxígeno.

A pesar de tener en su estructura dos grupos funcionales como son el Cetona y Éter, no pueden exhibir una fuerza disolvente equivalente a la acción combinada de ellos y no pueden considerarse solventes de dos tipos como los Glicoésteres.

### Grupos o Familias de Disolventes

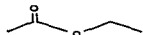
La presencia del grupo Carbonilo les confiere cierta polaridad, pero no les permite formar puentes de Hidrógeno entre sí, por lo que sus puntos de ebullición son parecidos a los de los Aldehídos y Cetonas de peso molecular comparable. son menos polares que los correspondientes Alcoholes, tienen una extremada buena solvencia para sustancias Polares, sin embargo con el aumento de la longitud de la cadena hidrocarbonada en el alcohol y grupos ácido ésta disminuye y aumenta para productos menos polares.

Su solubilidad en agua y volatilidad disminuyen con el aumento del número de carbonos.

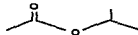
La solubilidad límite en el agua es de tres a cinco Carbonos por lo que solamente el Acetato de Metilo es totalmente soluble.

Dentro del grupo de ésteres solamente los de bajo punto de ebullición se consideran como verdaderos mientras que otros como los del Ácido Ftálico y Alcoholes de alto punto de ebullición son usados como plastificantes ya que por su alto punto de ebullición permanecen indefinidamente en una película aplicada.

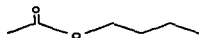
Algunos filmógenos en los que se ha probado la efectividad de los ésteres son los Esteres de Celulosa, Nitrocelulosa, Resinas sintéticas y en la mayoría de las bases para tintas.



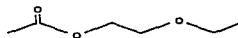
ACETATO DE ETILO



ACETATO DE ISOPROPILO



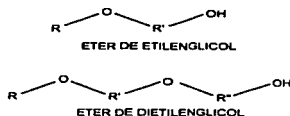
ACETATO DE BUTILO



ACETATO DE ÉTER MONOETILICO DE ETILENGLICOL  
(ACETATO DE CELLOSOLVE)

### 3.1.3 GLICOETERES

Se obtienen a partir de óxido de Etileno y el correspondiente Alcohol o de Monoetilenglicol y Dietilenglicol en presencia de un catalizador.



Contienen en sus estructuras moleculares dos grupos activos, el grupo Éter y el grupo Alcohol, los que actúan como acopladores o agentes de unión para compuestos semejantes y además les confieren un magnífico poder disolvente sobre la mayoría de los materiales resinosos, generalmente superior al de los alcoholes o éteres aislados.

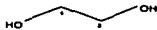
Ofrecen excepcional fuerza disolvente para muchas resinas sintéticas y naturales, Nitrocelulosa, Esteres de Celulosa, pinturas de Látex, Epóxicas y Uretanos.

No disuelven resinas hidrocarbonadas, Poliestireno, PVC, Copolímeros de Cloruro de Vinilo y Acetato de Celulosa, su solvencia para resinas no polares o ligeramente polares aumenta con el tamaño de la cadena hidrocarbonada.

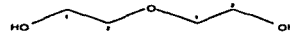
Su aplicación dentro de las Lacas es sobresaliente debido a que controlan el tiempo de Evaporación, eliminan los defectos superficiales particularmente el nublado por su lenta evaporación, controlan la viscosidad, incrementan la adherencia, aumentan la fluidez, nivelación y brillo, generalmente son solubles en agua y aceite. El caso típico de éste grupo es el Butil Cellosolve, disolvente muy versátil y de gran aplicación industrial usado en pinturas

## Grupos o Familias de Disolventes

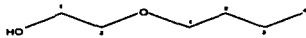
para mejorar el flujo y calidad, del terminado sobre las superficies pintadas. Es ampliamente usado en Lacas de Spray y secado rápido, su uso en pinturas de base acuosa a aumentado por el efecto solubilizante que produce.



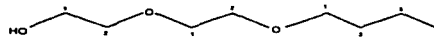
MONOETILENOLICO



DIETILENOLICO



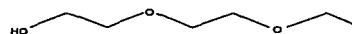
ETER MONOBUTILICO DE ETILENOLICO  
(BUTIL CELOSOLVE)



ETER MONOBUTILICO DE DIETILENOLICO  
(BUTIL CARBITOL)



ETER MONOETILICO DE ETILENOLICO  
(CELOSOLVE)



ETER MONOETILICO DE DIETILENOLICO  
(CARBITOL)

### 3.1.4 ÉTERES



R y R' son radicales  
Alquilo iguales o  
diferentes

Presentan en sus moléculas la presencia de Oxígeno y a nivel estructural forman ángulos diferentes a 180° con lo cual los momentos dipolares de enlace Carbono-Oxígeno no se anulan por lo que presentan un momento dipolar neto pequeño y por ello una Polaridad muy baja la cual no afecta notablemente sus propiedades con respecto a las de los otros grupos.

### Grupos o Familias de Disolventes

Sus puntos de ebullición son parecidos (aproximadamente) a los de los Alcanos de peso molecular comparable y menores que el de los Alcoholes Isómeros, n-heptano (98°C), Metil-n-pentileter (100°C) Alcohol n-hexílico (157°C).

Al tener átomos de Hidrógeno unidos solamente a Carbono, no pueden formar puentes de hidrógeno entre sí, su solubilidad en agua es parecida a la de los alcoholes comparables.

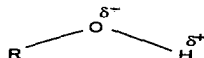
El Alcohol n-Butílico y el Éter Etilico tienen una Solubilidad aproximadamente de 8g./100g. H<sub>2</sub>O. Esta es debida probablemente como en los Alcoholes inferiores a la formación de Puentes de Hidrógeno.



Un hecho Interesante en relación con los Eteres y que Confirma la teoría de que a mayor porcentaje de oxígeno en un disolvente orgánico, éste será mejor solvente para Nitrocelulosa, es de que los éteres simples como el Dietil Eter no son solventes de ésta, mientras que el "Dietil Cellosolve" y el "Dietil Carbitol" los cuales contienen altos porcentajes de Oxígeno son solventes bastante buenos para dicho material.<sup>[13, 31, 62]</sup>

Los miembros más importantes son etil éter, n-butil éter, isopropileter y dietil éter; aunque estos encuentran poca aplicación individual en las formulaciones de Lacas y tintas por sus características de volatilidad, toxicidad y bajo poder disolvente, normalmente se les usa en mezcla con otros disolventes para aplicaciones especiales.

### 3.1.5 ALCOHOLES



Se obtienen por la oxidación de Hidrocarburos del petróleo y a partir del gas de síntesis ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ).

Se caracterizan por la presencia del grupo oxhidrilo en su molécula que les confiere una gran afinidad con el agua.

El Hidrógeno unido al Oxígeno (muy electronegativo) provoca una diferencia grande de electronegatividad y en consecuencia una alta Polaridad, además de permitir la formación de puentes de Hidrógeno entre sus moléculas, los cuales influyen enormemente en las propiedades físicas presentadas como son los puntos de ebullición anormalmente altos.

Por otro lado la estructura de la molécula unida al grupo Hidroxilo (-OH) también tiene un efecto decisivo sobre todas sus propiedades, de ésta manera los Alcoholes Alifáticos Saturados de bajo peso molecular como Metílico, Etilico e Isopropílico son completamente solubles en agua pero inmiscibles con hidrocarburos y a medida que aumenta la longitud de la cadena éstas propiedades van cambiando así un aumento a cuatro Carbonos (Butanol) y otros superiores origina que el Alcohol sea insoluble en agua, pero miscible con hidrocarburos.

Su punto de ebullición aumenta con el número de Carbonos y disminuye al aumentar el número de ramificaciones, siendo al mismo tiempo mayor que el de los hidrocarburos del mismo peso molecular. A pesar de que los Éteres y Aldehídos contienen oxígeno sólo poseen Hidrógeno enlazado con Carbono, por lo que no son suficientemente positivos como para enlazarse apreciablemente con el oxígeno.

---

### Grupos o Familias de Disolventes

---

Sólo los Alcoholes de peso molecular relativamente bajo desde el Metílico al Hexílico encuentran aplicación directa como disolventes en el campo de los recubrimientos.

En general los Alcoholes inferiores exhiben una pronunciada solvencia para resinas fuertemente Polares como Shellac, Gliptal, Urea Melamina, Fenolformaldehído, Nitrocelulosa, Etil Celulosa, Acetato de Polivinilo sin embargo son pobres disolventes para substancias no Polares como Grasas, aceites, Resinas, Alquidal.

La solvencia para substancias Polares disminuye con el aumento de la longitud de la cadena hidrocarbonada, el Propanol y Alcoholes superiores por consiguiente ya no son buenos disolventes para la Nitrocelulosa y Acetato de Polivinilo.

Los alcoholes son denominados Latentes o Cosolventes al usarlos en Lacas de NC, los superiores son usados principalmente como diluyentes y su solvencia es substancialmente mejorada por combinación con los correspondientes esteres acetatos.

Debido a sus propiedades de disolución moderada, los alcoholes superiores son muy adecuados para los **Top Coats** (Capas superiores) que son aplicadas al primario, pues no lo levantan ni ablandan.

Al pintar plásticos, los alcoholes producen sólo una débil hinchazón superficial resultando en buena adhesión sin ablandamiento, durante el recubrimiento de papel con rodillos de hule previenen el ampollamiento de éstos, ensanchan el recubrimiento en el papel obteniéndose un buen recubierto e impresión de alto brillo.

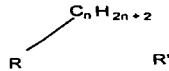
Las mezclas de Alcohol-Hidrócarburo Aromático son usadas como disolventes para resinas Etilcelulósicas, alquidálicas, Fenólicas, Melamina Formaldehído mientras que las mezclas de Etanol, hidrocarburos Aromáticos y Agua son buenos disolventes para algunas Poliamidas.<sup>[20, 57,72]</sup>



Los alcoholes mayores de seis Carbonos encuentran aplicación en la fabricación de plastificantes.

### 3.1.6 HIDROCARBUROS

Se obtienen de la destilación de las fracciones del petróleo y del alquitrán de hulla.



Están constituidos básicamente de Carbono y Hidrógeno por lo que su estructura es *no polar* y tiene una gran influencia en sus propiedades físicas, son químicamente inertes y exhiben buena solvencia para Aceites Minerales, Grasas, Ceras, Parafinas, Caucho, Polibutacrilato y Poliviniléteres.

Las resinas de baja Polaridad se disuelven más fácilmente en hidrocarburos aromáticos que en Alifáticos mientras que las resinas polares son insolubles.

Sus puntos de ebullición son menores que el de los Alcoholes del mismo peso molecular y ésta en función del Peso Molecular y la forma, lo cual es esperado en Moléculas que se mantienen unidas esencialmente por fuerzas de Vander Waals. Se clasifican en dos tipos:

Alifáticos y Aromáticos.

#### 1) ALIFATICOS

Los más importantes son hidrocarburos saturados de Cadena abierta usados en Pintura de Secado Rápido, como diluyentes en la fabricación de pinturas *Alkidal*, hule clorado y algunos

### Grupos o Familias de Disolventes

Copolímeros de Cloruro de Vinilo así como en la formulación de *Adolgazadores* donde la cantidad usada estará en función de la capacidad de soporte del disolvente activo de acuerdo a la *razón o relación de dilución*. Los elementos típicos mas importantes son el Pentano, Hexano, Heptano, Gas Nafta, Gasolvente.

**ALIFATICOS CLORADOS.**- Resultan de la sustitución de átomos de Hidrógeno por Cloro en los hidrocarburos básicos(Alcanos, Alquenos).

Se utilizan principalmente en casos donde se desea evitar el riesgo de inflamación debido a su *reducida o nula* Inflamabilidad.

La presencia de Cloro también provoca en algunos cierta Polaridad y excelentes propiedades disolventes, mejores que los correspondientes No Clorados particularmente en el caso de ceras, grasas, aceites y resinas sintéticas, al incrementarse el número de sustituyentes Cloro se reduce la Combustibilidad y se mejora la solvencia pero también se incrementa la Toxicidad.

Normalmente son buenos disolventes de PVC, PVA, Acetato de Celulosa, Caucho Clorado, Hules; buen desengrasante de Metales y removedor de Pinturas. Los miembros mas importantes son Cloruro de Metileno, Dicloroetano, Tricloroetano, Percloroetileno, Tricloroetileno, Triclorotrifluorometano (freón); la principal desventaja es su alta toxicidad y degradación *fotoquímica* lo que limita su aplicación como disolventes convencionales, en la actualidad están siendo reemplazados por razones de protección ambiental. En el ámbito Internacional se han adoptado medidas para restringir el uso de estos productos (Principalmente los Clorofluorcarbonos CFC'S) responsables de la descomposición de la capa de Ozono en la Estratósfera.

## **Grupos o Familias de Disolventes**

En Alemania la Normatividad establecida desde 1991 regula la importación, exportación, producción y uso de hidrocarburos clorados y compuestos bromados, la producción de estos disolventes se ha programado para desaparecer alrededor del año 2000. [20, 28, 67]

2) **AROMATICOS** .-Compuestos cíclicos No Saturados de la serie del Benceno, tienen mayor solvencia que los Alifáticos para resinas sintéticas y de baja Polaridad como Alkidal, Poliester, Poliestireno, Poliacetato de Vinilo, son disolventes de resinas sintéticas y Naturales como Fenólicas, Alkidal, Maleicas.

Sin embargo son No Solventes para la Nitrocelulosa y esterés de Celulosa por lo que en la manufactura de lacas y tintas de éste tipo se usan sólo como diluyentes.

En general los hidrocarburos Aromáticos tienen mayor Capacidad disolvente que los Alifáticos debido a la mayor Polaridad del Anillo de Benceno.

El uso de Diluyentes en Pinturas y Adelgazadores es posible gracias a la capacidad de los disolventes activos para tolerar cierta cantidad de diluyente sin que el aglutinante precipite en la solución como producto de la insolubilidad.

Entre los miembros mas importantes destacan el Tolueno, Xileno, Estireno y Aromina -100, 150 (mezclas aromáticas).

### **3.1.7 TERPENOS**

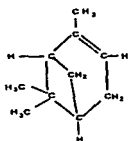
Derivados obtenidos comercialmente de la destilación de la madera y goma de los pinos, Químicamente consisten de compuestos cíclicos complejos conteniendo uno o más enlaces etilénicos Insaturados, siendo los más importantes el Dipenteno, Terpeneol, Pineno y Aceite de pino; estos se usan como disolventes de Alta ebullición en Pinturas de resinas Alquidal, Esmaltes de horneó, Pinturas de secado al aire.

## Grupos o Familias de Disolventes

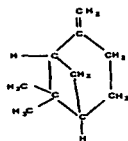
Algunos consisten en un sólo compuesto químico de alta pureza mientras otros están constituidos por mezclas de diferentes compuestos terpénicos.

En general pueden representarse como hidrocarburos de la serie  $C_{10}H_{16}$  (Terpenos) Y  $C_{10}H_{18}O$  (Alcoholes Terpénicos).

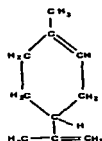
Los 4 hidrocarburos terpénicos mas conocidos son  $\alpha$ -Píteno,  $\beta$ -Píteno, Dipíteno y  $\alpha$ -Terpíneol algunos de los cuales están contenidos en el Aguarrás y Aceite de pino.



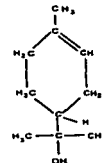
$\alpha$ - PINENO



$\beta$ -PINENO



DIPENTENO



$\alpha$ -TERPINEOL

**AGUARRAS.-** Existen tres tipos y por sus propiedades semejantes tienen igual importancia en la industria de la pintura.

1) **DE GOMA.-** Obtenida de la destilación de la Trementina, Producto de la exudación de diversas variedades de pinos o destilación de la resina de Pinos vivos como los tipos: Pinus Palustris, Pinus Caribacea, Pinus Heterophylla.

Su composición aproximada es de 60 - 65%  $\alpha$ -Píteno, 30 - 35%  $\beta$ -Píteno y 5 - 10% otros.

En el pasado, antes de que se pudieran obtener los muchos disolventes, la Trementina era prácticamente el único disolvente usado para diluir a los formadores de películas solubles en

### Grupos o Familias de Disolventes

aceite para aplicación (el agua se ha usado durante siglos como disolvente para resinas solubles en ella.).

La desventaja del aguarrás en la actualidad es que no se evapora con suficiente rapidez para adaptarse a los modernos acabados de secado rápido ya que contiene residuos de evaporación lenta.

2) DE MADERA.- Proviene de la Destilación por arrastre de Vapor de la madera de pino, contiene aproximadamente de 75 - 80%  $\alpha$ -Pineno, 15 - 20%  $\beta$ -Pineno y 5 - 10% otros varios.

3) DE SULFATO O SULFITO.- Obtenido como Subproducto en la manufactura de Papel a partir de Madera, contiene  $\alpha$ - Pineno,  $\beta$ -Pineno y Dipenteno.

Aunque el Aguarrás fue el primer disolvente usado en la Industria de Pinturas, en la actualidad ha sido desplazado, casi totalmente por los hidrocarburos Alifáticos y Aromáticos además la producción mundial de aguarrás no bastaría para satisfacer la demanda actual.

ACEITE DE PINO.- Es la fracción más alta de la destilación de aguarrás, contiene alto porcentaje de  $\alpha$ -Terpinol (Aproximadamente. 75%) en conjunto con otros Alcoholes y Cetonas terpénicas, tiene un poder disolvente sumamente alto, ya que su valor *Kauri-Butanol* es prácticamente infinito.

Es más lento en Velocidad de evaporación y tiene mayor poder disolvente que el dipenteno.

Su uso principal es como aditivo en pequeñas proporciones en la pinturas y esmaltes para incrementar la fluidez y brillo, otros usos incluyen Emulsificantes, enmascarador de olores y germicida.

### **3.2 ELECCIÓN DE DISOLVENTES**

Siendo los disolventes Industriales, líquidos que pueden disolver o dispersar otros materiales, siempre tendrán una de dos funciones principales:

- 1) Realizar un proceso de separación al disolver selectivamente un material de una mezcla o sustrato como grasas, aceites, sustancias de elevado peso molecular (Caucho, Resinas Naturales o Artificiales) etc.
  
- 2) Ser auxiliares en el proceso para facilitar la fabricación de un material (casi siempre un polímero) al reducir su viscosidad.

Para llevar a cabo la correcta elección de un disolvente se deben considerar diversos factores y características inherentes, que en mayor o menor proporción influyen sobre el funcionamiento de éste según sea su aplicación, de tal manera que se satisfagan la mayor parte de los requisitos deseados en ella.

Las características de un disolvente que tienen mayor importancia técnica en el área de recubrimientos son: (18, 57, 57, 72)

- A) EL PODER DISOLVENTE
- B) LA EVAPORACIÓN RELATIVA
- C) EL INTERVALO DE DESTILACIÓN (PUNTO DE EBULLICIÓN)
- D) LA TOXICIDAD (Capítulo 5)

E) LA INFLAMABILIDAD (Capítulo 5)

F) EL COSTO

Además de algunos factores de importancia secundaria o de aplicación específica como Disponibilidad en el mercado, Naturaleza del sustrato y condiciones de aplicación, factibilidad de recuperación, etc.

### **3.2.1 PODER DISOLVENTE O SOLUBILIZANTE**

En términos generales, el poder disolvente es la habilidad de disolver las resinas que sirven de base para los recubrimientos, éste poder varía desde luego de un solvente a otro y además un mismo solvente varía en su poder, dependiendo del tipo de resina que se requiera disolver.

La disolución de un material siempre es acompañada de un cambio en la energía libre. [10, 72]

Para que un material sea soluble el cambio de Energía libre  $\Delta G$  debe de ser negativo y está dado por la relación termodinámica simple:

$$\Delta G_{DSLN} = \Delta H_{DSLN} - T (\Delta S_{DSLN}).$$

donde:

$\Delta G_{DSLN}$  = Energía Libre de Disolución.

$\Delta H_{DSLN}$  = Entalpía de Disolución.

$\Delta S_{DSLN}$  = Entropía de Disolución.

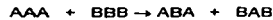
T = Temperatura Absoluta (°K)

## Grupos o Familias de Disolventes

El  $\Delta H$  Disolución se relaciona con la intensidad relativa de las fuerzas (Enlaces de hidrógeno, Interacciones Dipolo-Dipolo, etc.). Entre una molécula de disolvente y otra, entre una molécula de soluto y otra y entre una molécula de soluto y una de disolvente.

Si se consideran dos líquidos A y B, compuestos por conjuntos de moléculas, entonces el proceso de mezclado o disolución puede considerarse como la eliminación de una molécula de A de la vecindad de otras moléculas de A y su colocación entre las moléculas de B.

De manera semejante, una molécula de B desplazada se reubicará entre moléculas de A.



En la mayoría de los métodos, el poder disolvente se mide por la viscosidad que un solvente imparte a la solución; al tener una solución de resina con un contenido de sólidos dado, se obtendrá una viscosidad mas baja mientras mas poder disolvente tenga el solvente empleado y viceversa.

De igual forma estaríamos hablando que la resina es soluble en mayor o menor grado en un determinado solvente.

En el caso específico de la *Nitrocelulosa* la determinación se realiza a 25 °C en una solución al 10% de NC de 1/2 segundo.

Otros métodos comunes de medir el poder disolvente, cada uno con sus características específicas son:

- 1) El valor Kauri-Butanol
- 2) Los gráficos de Solubilidad
- 3) Los parámetros de Solubilidad
- 4) La relación de dilución

Aquí describiremos unicamente los dos últimos.



**PARAMETROS DE SOLUBILIDAD**[ 4,18, 21]

La solubilidad de un Sólido(Sólido o Líquido) en un solvente puede estimarse por aproximación mediante los parámetros de Solubilidad. Los especialistas en el ramo después de buscar una propiedad que pudiese reflejar la solubilidad de un filmógeno en un disolvente han encontrado que los dos principales son la raíz cuadrada de la Densidad de Energía Cohesiva (Parámetro de Solubilidad ( $\delta$ )) y el Índice de Enlace de Hidrogeno ( $\gamma$ ).

El parámetro de solubilidad constituye una forma de expresar la compatibilidad resina-disolvente y una aproximación más científica a la Antigua idea de "lo semejante disuelve a su semejante".

Desde el punto de vista Fisicoquímico, es una medida de las fuerzas atractivas que existen entre moléculas de una substancia y que son de tres tipos principales:

- 1) Dispersión,
- 2) Enlace de Hidrógeno,
- 3) Dipolo.

Antes de que una substancia pueda mezclarse libremente con otra, deben vencerse estas fuerzas intermoleculares , lo que se logra con mayor facilidad cuando son del mismo tipo ( pues se favorece la difusión de una substancia en la otra).

El parámetro  $\delta$  está relacionado directamente con la Densidad de Energía Cohesiva (Atracción molecular total en una unidad de volumen) mediante la siguiente ecuación:

$$\delta^2 = \left( \frac{E}{V} \right) = \frac{(\Delta H_v - RT)}{M/D} = \frac{14\sigma}{(M/D)^{2/3}} \quad \text{donde:}$$

E = Energía Cohesiva / mol (=) Calor o energía de vaporización para una substancia volátil.

V = Volumen Molar

### Grupos o Familias de Disolventes

$\Delta H_v$ = Calor Latente de Vaporización	(=) cal/mol
R = Constante de los gases	(=) 1.9872 cal/mol °K
T = Temperatura Absoluta	(=) °K
M = Peso Molecular	(=) g/mol
D = Densidad	(=) g/cm <sup>3</sup>
$\sigma$ = Tensión Superficial	(=) Dinas/cm
$\delta^2$ = Densidad de Energía de Cohesión	(=) Cal/cm <sup>3</sup>
$\delta$ = Parámetro de Solubilidad Hildebrands	(=) Cal <sup>1/2</sup> / cm <sup>3/2</sup> (=) Hildebrands

El calor latente de vaporización y la Tensión Superficial de un líquido son medidas ambas de las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido; un calor latente elevado implica un alto grado de interacción, elevada Tensión Superficial e incidentalmente alto punto de ebullición.

El valor de  $\delta$  para cada disolvente puede determinarse por aplicación de la Termodinámica a datos que se encuentran fácilmente disponibles o pueden calcularse, mientras que para una resina, su calor de vaporización no puede medirse directamente pues no es un material volátil; por lo que su valor de  $\delta$  se determina en general disolviéndola en varios solventes de  $\delta$  conocido, tomando como valor el punto medio del rango de los líquidos en los cuales es soluble. Debido a esto, los  $\delta$  de un disolvente se reportan con un valor específico a diferencia de un rango característico reportado para cada resina.

Así una resina soluble en disolventes con valores que varían de 7.1 a 8.5 Hildebrands se considera con un valor de  $7.8 \pm 0.7$  Hildebrands (ver tabla No. 6, Apéndice).

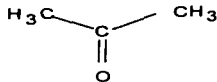
### Grupos o Familias de Disolventes

Para una mezcla de disolventes el  $\delta$  es aditivo, es decir, una mezcla de dos no disolventes; disolverá a la resina si su  $\delta$  total iguala al de ésta. La relación se basa en las fracciones en volumen de los disolventes.

La utilidad de los  $\delta$  estriba en el hecho de que mientras más semejantes sean los del soluto y disolvente, más solubles serán entre sí y darán una solución homogénea. Así mismo un disolvente podrá sustituirse por otro de  $\delta$  semejante o una mezcla aunque desde el punto de vista de Adelgazador para Lacas, deberán tomarse en cuenta también otras propiedades como la resistencia al Nublado, Velocidad de Evaporación, Costos, etc.

Un factor adicional que debe considerarse junto con el  $\delta$  para mejorar las predicciones de solubilidad en sistemas específicos, es el Índice o grado de Enlaces de Hidrógeno ( $\gamma$ ).

El enlace de hidrógeno, es la atracción que existe entre moléculas polares, en las cuales el hidrógeno es enlazado covalentemente a un elemento muy electronegativo (O,N,F); puede formarse cuando un receptor de protones como la Acetona que contiene un oxígeno doblemente enlazado, es mezclada con un donador de protones como el metanol.



Lo mismo ocurre con muchas resinas asociadas en grupos de moléculas a través de estos enlaces. con frecuencia ocurrirán grandes incrementos de solubilidad, al existir enlaces de hidrógeno entre disolventes y solutos. Aunque los valores de índice de enlaces de hidrógeno se

### **Grupos o Familias de Disolventes**

han determinado para disolventes individuales, para propósitos prácticos es suficiente con dividirlos en tres grupos: [40,55]

- 1) Disolventes de enlace de hidrógeno pobre o débil.- Hidrocarburos Aromáticos y Alifáticos, Nitroparafinas.
- 2) De enlace de hidrógeno moderado.- Eteres, esterés, cetonas, glicóeteres.
- 3) De enlace de hidrógeno fuerte.- Ácidos orgánicos, alcoholes, aminas.

Con escasas excepciones, las resinas son solubles en disolventes con enlaces de hidrógeno y parámetro de Solubilidad iguales.

### **RELACIÓN DE DILUCIÓN**

Aunque la Potencia de un disolvente puede expresarse en términos de un parámetro de solubilidad ( $\delta$ ) aunado a medidas de los momentos dipolares y de los enlaces de hidrógeno, también se puede expresar convenientemente en función de la llamada *relación* o *razón de dilución*. [9,17,21]

Cuando un no disolvente (Diluyente) miscible como el Heptano o Tolueno, se agrega gradualmente a una solución de resina (el estándar común es Nitrocelulosa) hay un nivel de Dilución en que la resina empieza a precipitarse.

La relación de No Disolvente a Disolvente en que la mezcla deja de disolver el Nitrato de Celulosa a una concentración determinada y a 20°C se conoce como Relación de Dilución.

Es necesario especificar la concentración de la Nitrocelulosa, porque la relación de Dilución aumenta al disminuir aquella.

En la práctica común se considera a la relación de Dilución como el Número Máximo de unidades de volumen de diluyente que se puede agregar a la Unidad de Volumen de *activo* o

### Grupos o Familias de Disolventes

Adeigazador, hasta que persista la heterogeneidad a una concentración de 8 gr. de Nitrocelulosa por 100 ml. de disolvente o combinación de disolvente y diluyente.

$$\text{RELACION DE DILUCION} = \frac{\text{Volumen de Diluyente}}{\text{Volumen de Disolvente}}$$

$$\text{CONCENTRACION DE SOLIDOS EN 100 ml DE VOLATILES} = \frac{\text{Peso de Nitrocelulosa}}{\text{Volumen de Disolvente} + \text{Volumen de Diluyente}}$$

#### **3.2.2 EVAPORACIÓN RELATIVA [9, 18, 19, 25, 27]**

Denominado Índice de Evaporación, es un número que indica el tiempo necesario para una evaporación total expresado en forma de múltiplo del que se necesita para la evaporación de una substancia tomada como referencia (Acetato de Butilo=1.0, Éter Etilico=1.0).

La determinación se realiza extendiendo mediante 1 pipeta, una muestra de 0.5 cm<sup>3</sup> sobre un papel filtro para determinar el tiempo invertido en la evaporación y compararlo con el invertido por el estándar. Su valor determinará el uso o actividad del disolvente en la Industria de recubrimientos.

El comportamiento de los disolventes con respecto a la evaporación relativa se puede dividir en dos clases:[9]

1) Los que no forman *Azeótropos* como son los miembros de una serie homóloga Acetatos de Etilo, Butilo, Propilo, Mezclas de Hidrocarburos y derivados Hálogenados, mezclas de Hidrocarburos y Esteres.

Cuando se forman mezclas No *Azeotrópicas*, los disolventes se evaporan simultáneamente a diferentes velocidades y no ejercen efecto uno sobre el otro de tal manera que cuando se ha evaporado el de mayor velocidad, el que queda sigue evaporándose a una razón constante.

## Grupos o Familias de Disolventes

2) Los que forman Azeótropos o mezclas Azeotrópicas como la de un Alcohol con hidrocarburo, Alcoholes con Esteres, etc.

La mayoría de Azeótropos hierven a menor temperatura que sus componentes y su existencia permite al formulador mantener una composición mas constante durante la evaporación como es el caso en que un Hidrocarburo de alto punto de ebullición se evapora mas rápido en presencia de alcohol.

En el área de recubrimiento de superficies la velocidad de Evaporación no sólo es importante porque la película del polímero debe secar en un tiempo razonable, sino también porque la presencia de disolvente residual puede reducir notablemente la resistencia de la película.

La Evaporación relativa se relaciona con la temperatura, la presión de vapor del disolvente, el flujo de aire sobre la muestra y el calor latente principalmente por lo que un disolvente de alto punto de ebullición se evaporará con mayor lentitud que otro de bajo.

La evaporación de las mezclas disolventes se complica por el posible comportamiento No ideal de la mezcla(Desviaciones de la ley de Raoult) y la formación de azeótropos, por otro lado, el sistema de la resina también puede interactuar con el disolvente, de modo que las velocidades de evaporación que se encuentran publicadas solo constituyen una guía aproximada del comportamiento.<sup>[18, 19, 25]</sup>

Si una mezcla Disolvente- Diluyente va a utilizarse en un recubrimiento, es importante que el disolvente activo se evapore más lentamente que el diluyente a fin de que en ningún momento durante el proceso de secado se encuentre el diluyente en concentración superior a la relación de dilución, pues de otra manera se ocasiona la precipitación del aglutinante.<sup>[17-19, 25, 46]</sup>

Otro problema que puede suceder con los disolventes volátiles es que se evaporen demasiado rápido presentando el defecto de "Nebliina" en las superficies de los recubrimientos (**blushing**) y posiblemente dar lugar a una contracción indeseable de la película del Polímero.

El punto de ebullición y la velocidad de evaporación del disolvente son importantes en la formulación de recubrimientos para *aspersión* en donde el disolvente no debe evaporarse antes que las partículas se depositen sobre la superficie.

Por otra parte, en los recubrimientos que van a ser aplicados con brocha deben emplearse disolventes de mayor punto de ebullición.

La Acetona sí bien es un excelente disolvente, sería ineficaz para aplicarse por *aspersión*, normalmente se emplea una mezcla de disolventes. Uno de ellos es potente y relativamente volátil que permanece en el recubrimiento hasta que las partículas llegan a la superficie, el otro se evapora con más lentitud y contribuye a la coalescencia de las partículas formando una película continúa.

Las funciones de las diversas clases de disolventes pueden resumir como sigue:<sup>[6,18]</sup>

- 1) Los de bajo punto de ebullición y alto poder disolvente permiten preparar soluciones concentradas y de baja viscosidad, con ellos se logra un secado inicial rápido así como el incremento de la viscosidad.
- 2) Con los de alto punto de ebullición se obtienen tiempos de secado largos que algunas veces son necesarios y dan buenas propiedades de aplicación con brocha así como alto brillo.

### **3.2.3 INTERVALO DE DESTILACIÓN.**

Esta característica determina el uso o función de un disolvente dentro de la área de recubrimientos y físicamente proporciona una idea del comportamiento que tiene el material al aplicarle calor.

### **Grupos o Familias de Disolventes**

En teoría un disolvente totalmente puro bajo condiciones ideales, debe destilar completamente a una temperatura exacta mientras que en la práctica común los disolventes se destilan dentro un intervalo de temperaturas, de tal forma que mientras más cerrado es el intervalo de ebullición más puro es el disolvente.

Los principios de la destilación están basados en el punto de ebullición por lo que su comportamiento es análogo.

#### **3.2.4 COSTOS DE DISOLVENTES**

A pesar de no tener relación directa con el aspecto técnico de un recubrimiento ya sea durante su formulación o durante su aplicación, el costo de un disolvente es un factor fundamental que inclusive puede marcar la diferencia entre un producto final redituable y uno que no lo sea.

En el mercado actual existe una variedad amplia de disolventes que difieren tanto en sus características como en su forma de obtención, encontrándose generalmente dentro de 3 clases:

1) **HIDROCARBUROS.-** Obtenidos a partir de una fraccionación del Petróleo y una subsecuente purificación o refinación.

2) **OXIGENADOS.-** Fabricados o sintetizados casi sin excepción mediante un proceso químico y posterior purificación para dar un producto libre de otros.

3) **TERPENICOS.-** Obtenidos directamente a través de la destilación de madera y goma de los pinos seguida de una etapa de rectificación.



Así pues el costo de los disolventes se encuentra directamente relacionado con su forma de obtención, por lo que los hidrocarburos son los mas baratos y de mayor consumo en la industria, siguiendo los oxigenados cuyos costos son de término medio aunque algunos fluctúan demasiado dependiendo de su lugar de origen y por último se encuentran los terpénicos que poseen costos normalmente altos por lo que su uso ha disminuido notablemente en los últimos años a raíz de la síntesis de nuevos disolventes que han venido a sustituirlos en la industria de recubrimientos.

Durante la selección de disolventes para una aplicación específica es de vital importancia considerar el costo pues en algunas ocasiones el disolvente caro no necesariamente es el mejor o inclusive con la combinación de un Activo barato y un Cosolvente o diluyente puede obtenerse mayor solvencia aunque finalmente los requerimientos de la aplicación serán los factores limitantes.

### **3.3 METODOLOGÍA DE ELECCIÓN DE DISOLVENTES**

La elección del disolvente es de importancia crítica para alcanzar las mejores propiedades y satisfacer los requerimientos de la aplicación.

En el área de recubrimientos, descubrir el solvente o mezcla de disolventes óptima para obtener una película adecuada de polímero o lograr una buena solvencia, con frecuencia es tedioso y difícil, el disolvente mas barato o más caro no es el que siempre da mejores propiedades a la película, más aún, el disolvente tiene una función más compleja que simplemente disminuir la viscosidad de una resina hasta el punto en que se pueda aplicar a una superficie.

**ETAPAS DE ELECCION.**

- 1) Establecimiento del problema que involucra la aplicación de disolventes y recopilación de información referente a los requerimientos, condiciones y forma de aplicación, etc.
- 2) Selección de los posibles disolventes a usar considerando los factores y características descritos con anterioridad así como sus ventajas y desventajas.
- 3) Realización de pruebas de funcionalidad con las opciones que satisfagan en mayor proporción los requerimientos del problema.
- 4) Análisis de Resultados y Toma de Decisiones.



# CAPITULO 4

## MEZCLAS DE DISOLVENTES



## Mezclas de Disolventes

Los disolventes o solventes como se les denomina en la industria se definen como fluidos volátiles o mezclas de los mismos capaces de disolver o dispersar otras sustancias y aunque no se consideran como parte integrante de una pintura, ya que se evaporen con mayor o menor rapidez, después de que ésta es aplicada por cualquiera de los métodos conocidos, desempeñan un papel importante en la formulación de las mismas; ya que de ellos dependen gran parte de las propiedades físicas de Esmaltes, Lacas, Barnices y recubrimientos en general, tanto en su forma líquida como en la película aplicada.

Dentro de las propiedades físicas controlables por medio de los disolventes se encuentran la viscosidad, la cual tiene un punto crítico no sólo para cada tipo de pintura sino para cada método de aplicación, dicha viscosidad depende del grado de solubilidad de las resinas en determinados disolventes, o invirtiendo el término del poder disolvente de los diferentes fluidos sobre cada resina.

En el caso de los hidrocarburos, tanto el poder disolvente como el grado de compatibilidad resina-disolvente, pueden ser hasta cierto punto previstos por medio del índice de Kauri Butanol o el punto de Anilina. Otras propiedades físicas controlables por medio de los disolventes son el contenido de sólidos, el peso específico y la fluidez.<sup>[5, 22]</sup>

Debido a la gran variedad de necesidades referentes a la aplicación y usos de los disolventes, con frecuencia resulta casi imposible que las propiedades de un disolvente individual satisfagan los requerimientos solicitados, en estos casos la combinación o mezcla de disolventes es la opción más adecuada debido a que se puede combinar las propiedades de cada uno de los constituyentes y obtener así un sistema que solucione la mayoría de los requerimientos.

Un solvente por ejemplo puede tener la fuerza necesaria para eliminar la película adherida a una superficie, pero no la velocidad de evaporación adecuada (Lenta) para permanecer sobre la

superficie un tiempo suficiente para desplazarla completamente como en el caso de los removedores de pintura.

En la Industria de recubrimientos se denomina a las mezclas (sistemas) de disolventes *Adelgazadores o Thinners* pues en un principio su uso estaba enfocado básicamente a diluir los filmógenos y abatir su viscosidad para facilitar su manejo y/o aplicación aunque en la actualidad se ha visto que su función va más allá de un simple abatimiento de viscosidad.

Las propiedades esperadas durante y después de la aplicación de los recubrimientos (Lacas, Esmaltes, Barnices, etc.) de base solvente se encuentran en relación directa con la composición del Adelgazador, esto se refleja en las características observadas como son la adecuada disolución del recubrimiento y su compatibilidad, facilidad de aplicación, correcta velocidad de evaporación que se refleja en el acomodamiento y uniformidad (nivelación) de la película sobre la superficie (sustrato), buena adherencia, presencia de blushing, resistencia química, brillo superficial, etc. En el caso de la evaporación de los disolventes, la volatilidad debe ser adaptada al proceso de aplicación.<sup>[9, 19, 25, 60]</sup>

La necesidad de buscar las mezclas ideales de disolventes para un determinado tipo de filmógeno ha propiciado la clasificación de los diversos solventes en *activos, latentes y diluyentes* de acuerdo a su comportamiento de solvencia, ésta clasificación que era exclusiva para la Nitrocelulosa, en la actualidad tienen validez para muchos tipos de filmógenos aunque es relativa pues dependerá directamente de la naturaleza y estructura química tanto del filmógeno como del disolvente. Por ejemplo:

Los hidrocarburos en general son activos para las resinas Alkídicas y sin embargo son sólo diluyentes para el Nitrato de Celulosa, de ésta manera con la combinación apropiada de activos, latentes y diluyentes se puede alcanzar la formulación óptima de una mezcla para

determinado fin con las mejores características posibles de aplicación a un costo mínimo y dependiendo de su contenido de diluyentes será de baja, mediana o alta calidad.

#### **4.1 BASES PARA LA FORMULACIÓN Y SELECCION DE MEZCLAS O ADELGAZADORES**

Mucho antes de desarrollarse la teoría de la disolución se había enunciado el principio general de que **lo semejante disuelve a su semejante** en el que se encontraba intrínseca la similitud química de **Solutos y Solventes**.

El uso de **Lacas de Nitrocelulosa** se desarrolló paralelamente a la industria de disolventes y cuando se obtuvieron los nuevos polímeros formadores de películas hubo una tendencia de aplicar a éstos los principios y terminología que se habían empleado en la **Nitrocelulosa**.

Los recubrimientos que se usan para fines decorativos, usualmente contienen un pigmento y un vehículo o resina (filmógeno), cuya función es juntar las partículas del pigmento, la resina es normalmente un material amorfo duro o un líquido muy viscoso o aceitoso, sin disolvente, éstos materiales resinosos no se pueden aplicar en las superficies y para solucionar esto se requiere disolver la resina en solventes que produzcan la solución con las propiedades necesarias para su fácil aplicación.

Como se ha visto, un *adelgazador* puede ser un producto simple o una mezcla de varios disolventes para dar el efecto deseado que principalmente es reducir la viscosidad de la solución obtenida cuando la resina se disuelve, controlar la evaporación y aumentar las propiedades de manejo de la solución de resina.

Durante su aplicación, una vez que se ha extendido el formador de Película sobre el Sustrato (Superficie), el disolvente o disolventes deben evaporarse abandonando la película en

## **Mezclas de Disolventes**

forma tal que dejen un acomodamiento adecuado de las moléculas de la película de acuerdo a las características finales requeridas, todo esto debiendo ser al menor costo posible.

Existen tres condiciones fundamentales que se deben considerar al realizar la elección.<sup>[17, 18, 17, 17]</sup>

- 1) El disolvente o sistema de disolventes tiene que disolver o dispersar al formador de película y llevarlo a consistencia de fácil aplicación.
- 2) Tiene que evaporarse a una Velocidad conveniente para el acomodamiento de las moléculas de la película, dando tiempo a la debida nivelación y evitando el blushing o velado.
- 3) Debe ser lo más barato posible. Es importante tomar en cuenta que la cantidad y clase de disolventes, que no sean activos y se añadan a la solución dependerá de la fuerza del activo, por lo que la selección acertada del disolvente es esencial cuando se requiere obtener un sistema de máxima actividad y a un costo mínimo.

Cada requisito depende de muchas características de los disolventes y no de uno sólo, por ello es difícil encontrar un solvente ideal que cumpla con todos los requisitos por sí mismo, debido a ello en la industria se habla casi siempre de un sistema de Disolventes.

La disolución de una resina en un disolvente, corresponde a una solución coloidal y puesto que no llega a la saturación, mientras la resina tenga cualquier cantidad de disolvente activo se puede hablar de una solución o de que el disolvente sigue disolviendo la resina.

Después de realizar una serie de pruebas, los fabricantes de disolventes plantean algunas recomendaciones a seguir durante la elección y formulación de los sistemas de disolventes o adelgazadores.<sup>[9]</sup>

1) La concentración de diluyentes es la que determinará si el adelgazador es de alta, mediana o baja calidad y también su costo.

<b>CALIDAD</b>	<b>CONTENIDO APROX. DE DILUYENTES (% Vol.)</b>
<b>ALTA</b>	<b>45 - 50.0</b>
<b>MEDIANA</b>	<b>50 - 55.0</b>
<b>BAJA</b>	<b>55 - 60.0</b>

El volumen de diluyente puede aumentarse pero por lo general no deberá exceder el 70% para evitar el detrimento de las propiedades de la mezcla.

2) La relación de diluyente Aromático y alifático puede variar pero se considera un buen punto de partida el de 50/50.

Aumentando la cantidad de diluyente alifático se puede bajar el costo ya que estos son generalmente mas baratos, sin embargo se debe tomar en cuenta que la propiedad del adelgazador cambia, pues al aumentar el Alifático, baja la relación de dilución de Tolueno y Nafta.

Además tendrá menor resistencia al nublado y dará mayor viscosidad a la Laca disuelta que la que daría al usar el diluyente antes de aumentar el componente Alifático.

3) El disolvente *latente* se deberá usar en la formulación generalmente en relación de 30/70 con respecto al disolvente activo y considerar que los diferentes tipos de



alcoholes darán diferentes efectos y debido a esto los alcoholes de cadena larga darán mayor relación de Dilución en Nafta y menor Velocidad de Evaporación del disolvente.

4) La cantidad de disolvente activo será aprox. de 25 a 40% y generalmente deberán usarse varios disolventes activos en la misma formulación para obtener las mejores propiedades de aplicación en cada caso.

5) La mayoría de los adelgazadores pueden mejorarse en cuanto a sus propiedades, la manera más fácil de hacer mejoras en la formulación es la de disminuir la cantidad de diluyentes y aumentar la del componente activo, esto hará que el producto resulte más caro, pero dará mayor libertad en la formulación, de igual forma puede reformularse aumentando los diluyentes para abaratar el costo aunque esto puede causar detrimento de sus propiedades.

6) Probablemente la manera mas sencilla de visualizar un adelgazador es la de dividirlo en componente activo, latente y diluyente y a su vez cada tipo de componente dividirlo en alto, mediano y bajo de acuerdo a su punto de ebullición.

Con las combinación de productos de las tres características y de los tres tipos de componentes, es más probable que se pueda balancear la formula de un adelgazador de óptimas propiedades.

## Mezclas de Disolventes

Es muy importante considerar que el último disolvente que se evapore del recubrimiento aplicado sea un activo porque de otra manera se cortará la película al final provocando defectos en el acabado.

### EVAPORACION

<b>TIPO DE DISOLVENTE</b>	<b>RAPIDA</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>LENTA</b>
<b>Activo</b>	Acetona Acetato de Etilo	Acetato de Butilo MIBK	Butil Cellosolve Ciclohexanona
<b>Latente</b>	Metanol	Etol Isopropanol	Ciclohexanol Butanol y MIBC
<b>Diluyente</b>	Pentano Hexano Heptano	Tolueno Ciclohexano	Xileno Gas Nafta

De manera análoga se ha establecido la siguiente relación entre los sistemas de recubrimientos y sus respectivos disolventes.

#### **RECUBRIMIENTOS**

1) Alquidales

A) Largo

B) Medio

C) Corto

#### **DISOLVENTES**

Hidrocarburos Alifáticos

Hidrocarburos (Alifáticos/Aromáticos)

Hidrocarburos (Aromático o Aromático/Butanol)

## Mezclas de Disolventes

2) Vinílicos	Cetonas/Esteres/Aromáticos
3) Acrílicos	Cetonas/Esteres/Aromáticos
4) Resinas Epoxy	Cetonas / Esteres / Hidrocarburos ( Aromático y / o Alifático )
5) Resinas de Urea	Aromáticos/Alcohol
6) Melamina	Aromáticos/Alcohol
7) Fenólicos	Aromáticos/Alcohol
8) Uretanos	Aromáticos/Alcohol

Muchos polímeros son más solubles en mezclas de disolventes que en disolventes puros. El Polimetacrilato de metilo es miscible sobre un amplio rango de concentraciones en mezclas de Metanol y Tetracloruro de Carbono, mientras que cualquiera de los dos es un solvente pobre para el polímero.<sup>[17, 21, 57]</sup>

Es probable que el metanol solvate al polímero mediante enlaces de Hidrógeno de tal forma que hace al polímero más compatible con el Tetracloruro de Carbono No Polar.

Otros ejemplos de mezclas disolventes y los filmógenos que disuelven son:

<b>Nitrocelulosa</b>	Eter-Alcohol, Alcohol Hidrocarburo Aromático
<b>Acetato de Celulosa y Esteres de Celulosa</b>	Cloruro de Metileno - Metanol o Etanol
<b>Acetato de Polivinilo</b>	Xileno - Alcohol o Glicóeter, etc.

Para que un material se disuelva, sus enlaces deben romperse y su ruptura no sólo requiere un disolvente con un parámetro de solubilidad alto para igualar al del material con enlaces de hidrógeno sino también uno que por sí mismo pueda formar enlaces de hidrógeno, estos pueden entonces sustituir a algunos de los enlaces de Hidrógeno entre las moléculas de soluto

## Mezclas de Disolventes

por tanto debe tenerse en consideración la capacidad de formación de enlaces de hidrógeno del disolvente, lo mismo que el parámetro de solubilidad.<sup>[40, 55, 72]</sup>

De los disolventes más comúnmente usados, los hidrocarburos tienen una baja capacidad de formación de enlaces de Hidrógeno, los Esteres y Cetonas tienen capacidad intermedia y los Alcoholes y Aminas están fuertemente asociados por estos enlaces.

Con bastante frecuencia los mejores resultados se obtienen con una mezcla de disolventes como una combinación alcohol-hidrocarburo. Un alcohol puede dispersar los aglomerados de una resina formando enlaces de hidrógeno con las moléculas del polímero a las cuales se unen las pequeñas moléculas de alcohol por medio de enlaces de Hidrógeno.

El hidrocarburo se puede considerar como un disolvente del complejo polímero- alcohol.

De ésta manera la mezcla es un disolvente efectivo mientras que ninguno de los componentes lo es, tampoco lo sería un disolvente con el mismo parámetro de solubilidad que la mezcla, pero que no tuviera capacidad de formar enlaces de Hidrógeno.

Los polímeros sólo se pueden disolver en un disolvente que interactúe de preferencia con sus dipolos, el *poliacrilonitrilo* que tiene grupos  $C \equiv N$  Polares, se disuelve sólo en un disolvente muy Polar como la Dimetilformamida.

La proporción de disolvente activo en una mezcla quedará definida en función del poder disolvente requerido para manejar el recubrimiento de acuerdo a las propiedades y efectos buscados, esto también determinará la cantidad de diluyentes a usar mediante la razón o relación de Dilución.

En términos generales la cantidad de diluyentes que se le pueden añadir a una pintura depende fuertemente del tipo de aglutinante y de su concentración en la disolución así como de las propiedades del activo empleado.

#### 4.2 METODOLOGIA PARA ELECCION DE MEZCLAS O SISTEMAS DE DISOLVENTES

Los factores a considerar y que son de mayor relevancia al efectuar la elección son:

- 1) Estabilidad y compatibilidad química recíproca entre los constituyentes del sistema y con el sustrato.
- 2) Poder disolvente del sistema con respecto al sustrato.
- 3) Evaporación relativa total de los constituyentes. ( Formación o ausencia de azeótropos).
- 4) Costo.
- 5) Toxicidad.
- 6) Inflamabilidad.
- 7) Disponibilidad en el mercado.
- 8) Factibilidad de recuperación.

##### **Etapas de Elección.**

- 1) Establecimiento del problema que involucra la aplicación de mezclas disolventes y recopilación de información referente a los requerimientos, condiciones y forma de aplicación, etc.
- 2) Selección de las posibles opciones a usar, considerando los factores y características anteriores así como las ventajas y desventajas.
- 3) Realización de pruebas de funcionalidad con las opciones que satisfagan en mayor proporción los requerimientos del problema.
- 4) Análisis de Resultados y Toma de Decisiones.



# CAPITULO 5

## MANEJO DE MATERIALES



## 5.1 SEGURIDAD

Desde la prehistoria, los accidentes nos han acompañado y han sido causados por condiciones y actos inseguros. Asumir riesgos en la obtención de alimentos y satisfacción de otras necesidades formaba parte de la vida cotidiana del hombre antiguo; Hoy en día, el concepto de la actuación segura ha hecho que "correr riesgos" en el trabajo sea por demás innecesario.

El surgimiento de la industria trajo consigo la creación de nuevas fuentes de accidentes inclusive más grandes en las que comúnmente se involucran los causados por la maquinaria, condiciones inadecuadas de las instalaciones y materiales así como la carencia de programas organizados de seguridad industrial.<sup>[1], 41, 49, 62, 63]</sup>

No existe instalación fabril que sea "demasiado pequeña" para un programa de éste tipo.

Los principios fundamentales de los programas de prevención de accidentes son: Ingeniería, Educación y Cumplimiento.

La Ingeniería está referida a proporcionar información respecto a lo que está mal y como remediarlo (Conocimientos Técnicos) mientras que la Educación se relaciona con la enseñanza de seguridad industrial a todos los involucrados así como convencer a la dirección para corregir las condiciones que se descubran en el estudio de la ingeniería.

Por otra parte el cumplimiento dentro de la instalación industrial significa que el trabajador observe las reglas señaladas por la empresa y participe activamente en los procedimientos para cumplirlas.

El manejo de productos químicos en general involucra determinada clase de riesgos que no deben pasar desapercibidos por el personal involucrado pues existen muchas formas de entrar en contacto con ellos y al no tomar precauciones en su manejo ni usar el equipo de protección

---

## **Manejo de Materiales**

personal adecuado pueden originar accidentes que culminen en daños a su integridad física algunas veces irreversibles.

Este aspecto plantea la necesidad de poseer un buen sistema normalizado de seguridad e identificación de materiales adicional a la aplicación de programas permanentes de capacitación en materia de higiene y seguridad.

Aunque las operaciones de Manufactura de Recubrimientos son potencialmente peligrosas, la experiencia ha mostrado que la operación puede hacerse de tal forma que los accidentes se minimicen y con ello los daños y pérdidas de materiales y humanas.

Un punto importante en la distribución de las áreas de una planta es la separación del almacén de materias primas y productos terminados de la área de manufactura, así mismo los tanques de almacenamiento deberán ubicarse en una área aislada. De esta manera el riesgo de fuego es reducido y en caso de ocurrir es poco probable que todas las áreas se vean involucradas.

Algunas recomendaciones importantes que deberán observarse al construir una planta, realizar modificaciones a una existente o durante su operación son las siguientes: (7, 9, 11, 50, 51)

### **5.1.1 ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS TERMINADOS**

#### **A) ALMACENAMIENTO, TANQUES.**

Los solventes y líquidos Inflamables y Combustibles deberán almacenarse en tanques atmosféricos bien aislados de la Planta de Proceso, deberán contar con accesorios necesarios para su operación como arrestadores de flama, escaleras, tuberías, válvulas, aterrizajes adecuados, diques etc. su distribución e instalación deberán realizarse bajo alguna norma oficial en vigor.



## Manejo de Materiales

Las estaciones de Carga-Descarga deberán encontrarse separadas de las demás áreas y lejos de fuentes de ignición.

Las instalaciones eléctricas y cualquier equipo eléctrico auxiliar deberán ser a prueba de explosiones. Los hidrantes y extintores deberán situarse a corta distancia bien distribuidos y en perfectas condiciones. Antes de realizar cualquier movimiento de material deberán aterrizarse adecuadamente los equipos involucrados.

### *B) ALMACENAMIENTO, TAMBORES Y BULTOS.*

Las materias primas y productos terminados almacenados de esta forma deberán situarse en Almacenes aislados de las áreas de proceso por una pared o división de al menos un rango de dos horas de resistencia al fuego y las puertas deberán ser a prueba de fuego.

Los locales de almacenamiento deberán ser de material resistente al fuego, techados, de piso liso impermeable, con buena ventilación, el lugar deberá encontrarse bien identificado así como todos los productos almacenados.

### **5.1.2 ÁREAS DE PROCESO**

Las construcciones deberán ser resistentes al fuego y estar ventiladas a prueba de explosión. Es necesaria una adecuada ventilación para prevenir la acumulación de vapores que puedan ser inflamables y tóxicos, la instalación de ventilación a nivel de piso es el método preferido para limpiar vapores muchos de los cuales son más pesados que el aire, en su defecto deberán inertizarse las áreas críticas con Nitrógeno o Dióxido de Carbono. Los pisos deberán construirse de materiales no conductores y que no provoquen chispas.

Todos los tanques de mezclado, equipo portátil y demás equipos sometidos a fricción o movimientos deberán tener medios de descargar cualquier grupo de electricidad estática.

Todas las tuberías metálicas, accesorios, tanques, etc. deberán conectarse a un aterrizaje continuo que proporcione lecturas menores de 2 ohms.

Las herramientas a usar en general deberán ser de materiales no ferrosos como cobre o bronce (antichispa).

Considerando la naturaleza del proceso y el carácter de los materiales procesados deberá instalarse un sistema de extinción de fuego en todas las instalaciones capaz de operar automática o manualmente.

Los equipos como mezcladores, tanques y recipientes similares pueden protegerse por espuma, químico seco o CO<sub>2</sub>.

Es de gran importancia el entrenamiento del personal involucrado en el uso de equipos extintores así como en el conocimiento de las características de materiales y los medios de escape de las instalaciones incendiadas como una medida efectiva para salvaguardar contra los accidentes y pérdidas de vidas.

### **5.1.3 SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES**

Parte fundamental dentro de toda instalación industrial es el conocimiento de las propiedades y características de los materiales manejados así como las condiciones a las cuales estarán sometidos desde su origen hasta su uso final incluyendo los residuos.

Los sistemas de identificación de materiales surgen como respuesta a la necesidad de una comunicación efectiva y para proporcionar el uso seguro de materiales, permitiendo al personal laboral reconocer cuales son los riesgos que no deben dejarse transformar en peligro para

causar accidentes, cual es la importancia del riesgo y como protegerse de éste durante el manejo, transportación y almacenamiento.<sup>(47)</sup>

Estructuralmente estos sistemas visuales se encuentran en forma de etiquetas que utilizan barras o cuadros de colores, números y letras para comunicar información sobre los riesgos de una manera fácil, rápida y entendible, cada color corresponde a un tipo específico de riesgo siendo normalmente azul-salud, rojo-inflamabilidad, amarillo-reactividad y blanco-riesgo específico (oxidante, alcalino, corrosivo, ácido, radiactivo, etc.)

A cada color se asocia un número que indica el nivel de riesgo (mínimo 0, Ligerio 1, Moderado 2, Serio 3, Severo 4).

Adicionalmente existe otra sección que indica el equipo de protección personal mínimo requerido al manejar el material mediante letras a cada una de las cuales corresponde un determinado equipo básico de protección.

Los sistemas mas comúnmente usados a nivel industrial son el **N.F.P.A.** (National Fire Protection Association) mediante un rombo o diamante (fig. 5.1) y el **H.M.I.S.** (Hazardous Material Identification System) mediante barras (fig. 5.3).

A raíz de la promulgación de la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente y su entrada en vigor en marzo de 1988, se ha derivado la publicación de varias normas de carácter técnico cuyo fin ha sido en teoría, controlar y prevenir la contaminación ambiental promoviendo un mejor manejo de los materiales químicos considerados como peligrosos y la adecuada disposición de sus residuos.

En México al igual que en otros países, la mayoría de sustancias química usadas o gastadas que resulten de un proceso de fabricación se consideran "desechos industriales peligrosos" y por lo tanto contaminantes.

Una de las normas técnicas ecológicas importantes ha sido la publicada el 2 de Julio de 1993 (14.4) en la que se dan detalles y criterios para la caracterización de los residuos de sustancias químicas mediante el sistema **CRETIB** (Corrosivo, reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-Infeccioso. fig. 5.2) que permite conocer las propiedades terminales que poseen los residuos, evaluar los riesgos potenciales que representan y de ésta forma disponerlos, recuperarlos o confinarlos adecuadamente.

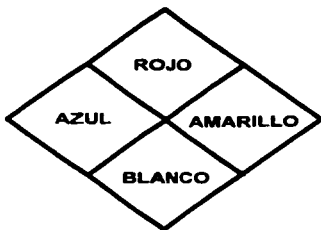


fig. 5.1.- SISTEMA N. F. P. A.


























C	R	E	T	I	B

fig. 5.2.- SISTEMA C. R. E. T. I. B.

INDICE  
DE  
RIESGO

SALUD	(AZUL)	
INFLAMABILIDAD	(ROJO)	
REACTIVIDAD (AMARILLO)		
EQ. PROTECCIÓN PERSONAL (BLANCO)		

FIG. 5.3.- SISTEMA H.M.I.S

<b>S I M A R</b>	
INDICES DE PROTECCION PERSONAL	Indice de Riesgo
<b>A</b>  Goggles (Ojos)	<b>4</b> RIESGO SEVERO
<b>B</b>  Guantes  Goggles (Ojos)	<b>3</b> RIESGO SERIO
<b>C</b>  Guantes +  Goggles (Ojos) +  Respirador	<b>2</b> RIESGO MODERADO
<b>D</b>  Guantes +  C. de A. +  Respirador	<b>1</b> RIESGO LIGERO
<b>E</b>  Guantes +  Goggles (Ojos) +  Respirador +  Respirador	<b>0</b> RIESGO MINIMO
<b>F</b>  Guantes +  Goggles (Ojos) +  Respirador +  Respirador	<b>●</b> RIESGO CRONICO
<b>G</b>  Guantes +  Goggles (Ojos) +  Respirador +  Respirador	
<b>H</b>  Guantes +  Máscara con Aire +  Traje Completo +  Botas	
<b>X</b> No maneje este material sin consultar con su supervisor	

**SISTEMA DE IDENTIFICACION DE MATERIALES RIESGOSOS**

#### **5.1.4 EQUIPOS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN PERSONAL**

Durante las actividades realizadas y relacionadas con el manejo de los disolventes, el personal deberá usar el equipo de protección necesario y observar las normas y medidas establecidas de acuerdo al tipo de producto, utilizando como guía la información disponible en la carta de seguridad (MSDS) del producto a manejar.<sup>[14.9]</sup>

En términos generales el equipo de protección personal básico incluye: Casco de seguridad, Anteojos o goggles, Mascarilla con Cartucho o Equipo de Respiración Autónomo (dependiendo de la concentración de vapores del material en la atmósfera), Mandil de Hule, Guantes Resistentes, Ropa de Algodón, Botas de Seguridad.

Un punto de particular interés lo constituyen las alarmas pues son un sistema que alerta inmediatamente a todo el personal de la planta cuando se presenta una situación de emergencia a través de un grupo de botones oprimibles instalados estratégicamente por lo que todo el personal debe de recibir adiestramiento para interpretarlas correctamente y actuar en consecuencia. Así mismo se deberán tener bien identificadas la ubicación de extintores, hidrantes, rutas de evacuación, puntos de reunión etc.

En las instalaciones de la planta deberá existir la cantidad suficiente de extintores portátiles apropiados para combatir los incendios de materiales tipo A ( sólidos), tipo B (líquidos inflamables y combustibles) y tipo C (instalaciones eléctricas vivas).

La red de agua contra incendio que debe tenerse, será aquella que proporcione el gasto suficiente a una presión mínima de 100 *psi* aún en el lugar más alejado, conteniendo sus hidrantes, mangueras, conexiones estandar y además de una cisterna con la capacidad suficiente de almacenamiento de agua para una hora de gasto total.

Por otra parte las instalaciones eléctricas vivas deberán ser a prueba de explosión como las de tipo aéreo, empleándose para su protección tubo rígido conduit galvanizado y roscado en sus extremos para efectuar los acoplamientos adecuados.<sup>[11,80]</sup>

En lo referente a los sistemas de ventilación, donde sea necesario ventilación forzada, su capacidad adecuada será aquella que garantice la remoción total del aire contaminado; los elementos rotatorios deberán de ser de material ferroso, no combustible y a prueba de explosión mientras que los motores del sistema deberán localizarse al exterior del local y con una orientación adecuada para tomar el aire limpio.

Es determinante para obtener óptimos resultados en el personal operativo, realizar la necesidad prioritaria de promover programas de capacitación para el manejo de extintores, hidrantes, formación de brigadas, evacuación etc. y efectuar simulacros contra incendio y sismos. De igual forma deberá hacerse la difusión de información técnica con el fin de que conozcan las características de los productos manejados como Toxicidad, Seguridad y ciertas características físicas y/o químicas sobre combustión y explosión.

## **5.2 TOXICIDAD**

*"Toda substancia es tóxica, no hay nada que no sea tóxico. Sólo la dosis diferencia un tóxico de un medicamento"*

*Paracelso (1493 -1541)*

La preocupación por la exposición del hombre a un numero creciente de productos químicos que ponen en riesgo su salud ha venido tomando atención internacional a partir de la

conferencia de la **ONU** sobre medio ambiente celebrada en Suecia en 1972. Esta preocupación responde al peligro que representa para la salud de las generaciones presentes y futuras, la exposición a sustancias químicas como resultado del creciente uso que se hace de las mismas, de su manejo y disposición inadecuada.

Los medios de exposición a estas sustancias químicas son diversos, pueden ser los alimentos, el agua, el aire y los propios productos que el hombre utiliza para atender sus necesidades; a esto se suman los accidentes resultantes durante su producción, manejo y transporte. Aunque se considera que los riesgos para la salud causados por sustancias químico-tóxicas o potencialmente peligrosas constitulan un problema de los países industrializados se ha observado que hoy en día los subdesarrollados no son ajenos a esto que para ellos es cada vez más crítico.

Existen varias rutas a través de las cuales una sustancia pueden entrar en el cuerpo, sin embargo sólo se mencionarán la Ingestión, Absorción en la piel e Inhalación por ser las de mayor relación con el tema.<sup>[7, 44, 61]</sup>

**INGESTIÓN.-** Las sustancias tóxicas ingeridas ya sea que dañen directamente los tejidos de la boca o tracto digestivo en el sitio de contacto, son metabolizados a sustancias menos tóxicas y/o no tóxicas o son absorbidas a través de las paredes intestinales para entrar al sistema sanguíneo (fig. 5.5).

En el último caso, el sistema circulatorio disemina las sustancias a varios órganos y tejidos del cuerpo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



**ABSORCIÓN.-** La piel frecuentemente sirve como un órgano de defensa previniendo la entrada directa de una sustancia al interior del cuerpo o sus partes, excepto para los ojos y pulmones, pero puede también actuar como portal de entrada en forma de membrana permeable para algunas sustancias químicas.

Generalmente los líquidos se absorben más fácil debido a que su concentración es alta en un punto particular de contacto ayudando en su penetración la acción capilar, posteriormente se asimilan en el sistema sanguíneo y afectan adversamente el sitio específico de acción o el cuerpo en general.

**INHALACIÓN.-** La sustancia inhalada viaja desde la nariz pasando por la faringe, laringe, tráquea y bronquios hasta los pulmones cuya superficie interna es rica en vasos sanguíneos que cubren realmente una área superficial promedio de aproximado  $75\text{m}^2$ ; de esta manera una sustancia inhalada hacia los pulmones es fácilmente absorbida en el flujo sanguíneo, esto significa que la acción de respuesta del cuerpo a partir de la Inhalación es con frecuencia relativamente rápida (fig. 5.4).

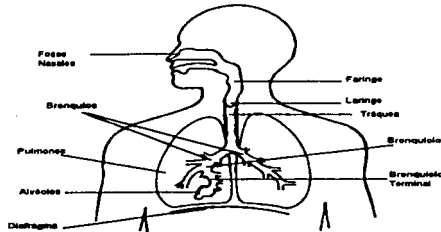


fig. 5.4.  
**SISTEMA RESPIRATORIO**

Los vapores y gases inhalados, incluyendo el aire entran por la Nariz hacia la Faringe y de ésta hacia la Laringe, pasando por la Tráquea para llegar a los Bronquios cada uno de los cuales conduce a los Pulmones.

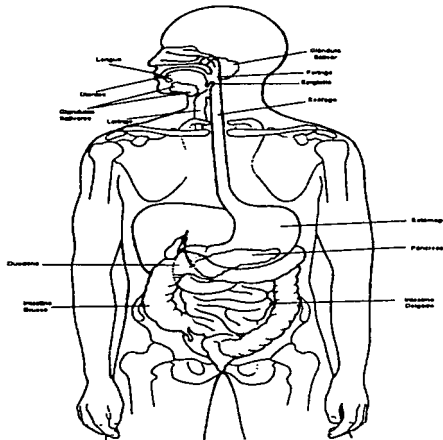


fig. 5.5  
**SISTEMA DIGESTIVO**

Una sustancia tomada oralmente pasa a través de la boca hacia el Esófago y de ahí al Estómago.

La sustancia puede sufrir una alteración química en cierto grado, puede pasar a través de la pared del Estómago directamente hacia la Sangre pero generalmente esto ocurre hasta después de que la sustancia o sus productos de degradación pasan por el Intestino Delgado.

### 5.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS TÓXICOS

Cuando una sustancia es tóxica puede causar daños biológicos en el sitio de contacto (efectos locales) como la *Dermatitis* causada por el contacto con agentes de limpieza fuertes o pueden provocar daños en el sitio de acción como son ciertos tejidos y órganos e incluso afectar adversamente el organismo entero en alguna forma (Efectos sistemáticos).<sup>[44, 61]</sup> Un ejemplo lo constituye el Mercurio que al absorberse a través de la piel puede dañar los riñones o afectar el sistema nervioso central.

Los efectos tóxicos son clasificados también en Agudo, Termino Corto, Crónico y Latente de acuerdo al tiempo necesario para que la sustancia cause daño o afección.

**EFECTO AGUDO.-** Generalmente se observa como un daño severo causado por una exposición corta a la sustancia. La inhalación de HCl (gas) por solo unos pocos segundos puede causar daños a los pulmones y a los tejidos del sistema respiratorio al actuar como irritante de acción corrosiva.

**EFECTO DE TERMINO CORTO.-** Este es notable solamente hasta después de un tiempo de ocurrir exposiciones repetitivas a una sustancia por términos cortos. Mientras que el manejo simple de un limpiador aparentemente no puede afectar los tejidos de la piel, el manejo repetido puede causar Dermatitis. Algunas sustancias teniendo una toxicidad aguda relativamente baja pueden poseer un potencial significativo para producir efectos nocivos por repetidas exposiciones.

**EFFECTO CRÓNICO.-** Es un daño o afección que se manifiesta después de que un periodo de tiempo relativamente largo ha transcurrido desde la exposición inicial a la sustancia causando la dolencia.

Por ejemplo el Cáncer, Angiosarcoma de hígado puede desarrollarse en un individuo años después de la inhalación del Cloruro de Vinilo.

**EFFECTO LATENTE.-** Es una afección que permanece sin desarrollarse hasta después de transcurrido un tiempo. Por ejemplo el Benceno induce la Anemia Aplástica en humanos, pero la afección puede no llegar a ser notable hasta 10 años después de la exposición inicial a éste material.

### **5.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA TOXICIDAD**

El cuerpo humano es un sistema muy complejo y delicadamente balanceado, cada célula en el cuerpo, la unidad básica de la vida toma nutrientes, resiste los ataques biológicos, reproduce y produce las sustancias que el organismo necesita para sobrevivir. Muchas reacciones químicas ocurren entre las células que son responsables para la vida misma pero cuando las toxinas son absorbidas a través de la membrana celular pueden trastornar ésta delicada química, en consecuencia las células funcionarán mal causando que el organismo experimente daños a su salud o muera.

Afortunadamente el cuerpo posee mecanismos naturales para protegerse contra la acción adversa de sustancias extrañas. Un mecanismo de este tipo es proporcionado por el sistema Inmunológico del cuerpo que es con frecuencia capaz de defender las células individuales contra los invasores tóxicos, otro mecanismo lo constituye la acción normal de los órganos

específicos que poseen la capacidad de convertir sustancias peligrosas a unas menos o que son más rápidamente excretadas que la toxina original.

Como resultado de ésta bioquímica, las sustancias extrañas pueden ser modificadas en su estructura química, almacenadas temporalmente en órganos específicos y/o eliminadas directamente.

Ciertos órganos juegan un papel importante al liberar el cuerpo de sustancias extrañas, tal es el caso del hígado que es capaz de desintoxicar por acción bioquímica y convertir a sustancias menos peligrosas que posteriormente los riñones desecharán del cuerpo, de ésta manera los procesos metabólicos y excretorio trabajan en unión. No obstante esto, el cuerpo no siempre es capaz de protegerse contra la invasión de materias extrañas.

El que una sustancia afecte adversamente el cuerpo depende de varios factores, siendo lo más importantes: La cantidad de sustancia, El periodo de exposición, La rapidez de absorción en el flujo sanguíneo, La naturaleza física y química de la sustancia y La edad y/o Salud del individuo afectado.

**CANTIDAD DE SUSTANCIA.-** Está referido a la dosis de sustancia o concentración a la que se esté expuesto, el ejemplo mas común es la ingestión de bebidas alcohólicas y sus efectos causados dependiendo de la cantidad consumida.

**PERIODO DE EXPOSICIÓN.-** Factor muy relacionado con la dosis, se refiere al tiempo de duración de la exposición o contacto con la sustancia tóxica. Algunos efectos adversos a la salud se manifiestan después de muchas dosis repetidas, éste factor es importante en el ambiente laboral.

**RAPIDEZ DE ABSORCIÓN EN LA SANGRE.-** Muchos efectos adversos a la salud son experimentados solamente después de transcurrido un tiempo para que la sustancia se absorba en la sangre.

Existen siete formas de provocar la absorción de sustancias tóxicas en la sangre: Intravenosa, Inhalación, Intraperitoneal, Intramuscular, Subcutánea, Oral y Cutánea.

La más rápida de estas es la intravenosa, para sustancias líquidas mientras que para sustancias gaseosas es la inhalación. Normalmente algún tiempo transcurre antes que la sustancia tomada oralmente sea asimilada en la sangre, está es una situación favorable en el caso de los venenos ya que da la oportunidad de administrar un antídoto, inducir al vomito o tomar otra acción apropiada para salvar la vida.

El tiempo transcurrido desde la ingestión hasta la absorción en la sangre ocurre en el intestino delgado, el órgano que conecta el estómago al intestino grueso, una notable excepción es el Etanol que al ingerirse pasa directamente a través de la pared del estómago hacia el flujo sanguíneo, esto explica los efectos inmediatos del alcohol poco después de consumirlo.

**NATURALEZA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA SUSTANCIA.-** Este factor es importante de considerar pues varias sustancias incluso del mismo tipo manifiestan una toxicidad más notable que otras pues entran en el cuerpo más fácilmente. La solubilidad en agua de las sustancias afecta también la toxicidad pues las que presentan baja solubilidad no son absorbidas significativamente a través del tracto gastrointestinal. Así mismo los diferentes grados de oxidación pueden tener relación sobre la toxicidad, por ejemplo los compuestos de cromo hexavalente son carcinógenos mientras que los de cromo trivalente pese a ser tóxicos no son carcinógenos.

**EDAD Y SALUD DEL INDIVIDUO.-** Este factor es definitivo, se ha observado a través de experiencias personales que los efectos tóxicos son más pronunciados en individuos de corta edad, ancianos y debilitados por enfermedades o padecimientos que en personas adultas y de estado general de salud bueno.

### **5.2.3 MEDICIÓN DE TOXICIDAD**

En los estudios toxicológicos generalmente, los animales de laboratorio son expuestos a ciertas dosis de una substancia y monitoreados para establecer los efectos causados, posteriormente los resultados de estos estudios son extrapolados a los humanos.<sup>[44, 61, 68]</sup>

Este método es normalmente válido para establecer efectos de término corto o agudo sin embargo, los estudios toxicológicos crónicos sobre animales no son siempre relevantes al aplicarlos a los humanos debido a que la fisiología humana no es igual que la animal.

Las formas más comúnmente usadas para cuantificar la toxicidad son:

La dosis letal al 50% (LD50), La concentración letal al 50% (LC50), El valor límite de umbral (TLV) y El nivel peligroso para la vida y salud (IDLH).

En lo que respecta a los disolventes o sus soluciones, los síntomas de envenenamiento agudo incluyen desvanecimiento, somnolencia, dolor de cabeza, inconsciencia y efectos narcóticos atribuidos a disturbios del sistema nervioso central.

La absorción de pequeñas cantidades sobre periodos prolongados ocasiona daños crónicos y sensibilización. Estos efectos crónicos son más peligrosos pues están acompañados por una tolerancia adquirida provocando que la substancia no sea detectada inmediatamente, el envenenamiento crónico no es detectado inicialmente pero posteriormente causa daños a los órganos que son específicos para cada disolvente. Así mismo los vapores de disolvente pasan

a través de los pulmones y circulan por la sangre a todo el cuerpo donde se acumulan en tejidos con alto contenido de lípidos (nervios, cerebro, médula espinal, hígado, riñones, etc.)

Los disolventes también pueden pasar al cuerpo vía cutánea o más raramente por absorción gastrointestinal.

En el caso de contacto con la piel los disolventes pueden producir dos efectos:

- 1) Disolver la capa de grasa natural y que ésta se agriete con la posibilidad de que los microorganismos y partículas de suciedad puedan penetrar más fácilmente y causar infección.
- 2) Pueden actuar directamente para causar inflamación o ampollamiento y en consecuencia posibles infecciones.

Después de la sensibilización de la piel pueden ocurrir reacciones alérgicas que varían ampliamente dependiendo de la susceptibilidad individual.

En términos generales es recomendable que antes de manejar cualquier sustancia química aunque ésta parezca inofensiva se consulte la información técnica detallada de la misma a fin de conocer las propiedades y características del producto así como el equipo de protección tanto personal como de seguridad a usar y seguir las normas y hábitos de seguridad e higiene laboral<sup>(63)</sup>, al cumplir con esto se estarán evitando una diversidad de problemas en los que está implícita la integridad física humana que a final de cuentas es lo más valioso.

### **5.3 INFLAMABILIDAD**

Antes de la revolución industrial, los desastres se limitaban principalmente a aquellos causados por eventos naturales incontrolables como inundaciones, terremotos, volcanes, huracanes y tornados. En la actualidad estos continúan haciendo estragos y a ellos se añaden otros que son



Únicos del siglo XX y están relacionados con los materiales (Peligrosos) usados industrialmente para producir los satisfactores y comodidades de la vida moderna.

La inflamabilidad es una característica asociada a la naturaleza de un material y nos indica la factibilidad de incendiarse bajo determinadas condiciones, se encuentra caracterizada por el punto de inflamación y sus límites de explosividad en el aire, dependiendo de la magnitud de estas propiedades se clasifican a los disolventes en inflamables, combustibles o no inflamables. [47, 42]

La determinación de la inflamabilidad de un disolvente o el conocimiento de la misma es importante al evaluar los riesgos durante el diseño, planeación y operación de una instalación industrial.

La inflamabilidad se encuentra directamente relacionada con la volatilidad de un disolvente por lo que los puntos de inflamación de los disolventes aumentan con la disminución de la presión de vapor y por lo tanto con el aumento del peso molecular y el punto de ebullición.

A medida que se incrementa la facilidad de ignición más inflamable será el material, por ello los materiales que ignitionan con mayor dificultad se denominan combustibles, sin embargo, la demarcación se encuentra frecuentemente indefinida y dependerá del estado de subdivisión del material así como de su estructura química.

La mayoría de disolventes orgánicos son inflamables a temperaturas ordinarias y su inflamabilidad es más crítica para aquellos que poseen un punto de ebullición bajo con la excepción de algunos clorados no inflamables, por lo que las concentraciones atmosféricas nunca deberán elevarse más allá de los límites explosivos.

Debido a esto existen legislaciones y normas que reglamentan su almacenamiento, transporte y uso.

## Manejo de Materiales

En E.U. se ha establecido como una aproximación a través de estudios, que los disolventes con punto de inflamación inferior a 23°C presentan un riesgo de incendio elevado, entre 23 y 60°C es moderado y a más de 60°C el riesgo es ligero.<sup>[47, 72]</sup>

Los líquidos inflamables (Clase I) están definidos por la N.F.P.A. como aquellos que presentan un punto de inflamación < 100°F (C.C) y una presión de vapor ≤ 40 psia a 100°F, esta clasificación a su vez se dividen en tres subclases: I A, I B, I C.

**CLASE I A.- Líquidos con Punto de Inflamación < 73°F(22.7 °C)  
y Puntos de Ebullición < 100°F (37.7 °C).**

Ejemplo: n-Pentano.

**CLASE I B.- Líquidos con Punto de Inflamación <73°F y Puntos de Ebullición ≥ 100°F.**  
Ejemplos: Acetona, Benceno, Gasolina.

**CLASE I C.- Líquidos con Punto de Inflamación ≥ 73°F y < 100°F**  
Ejemplos: Turpentina, Acetato de n-Butilo.

Mientras que un líquido combustible es aquel que tiene un punto de inflamación ≥ 100°F, a su vez también se dividen en tres clases.

**CLASE II.-Líquido con Punto Inflamación ≥ 100°F(37.7 °C) y < 140°F (60 °C)**  
Ejemplos: Alcohol Diacetona, Cellosolve.

**CLASE III A.- Líquido con Punto Inflamación ≥ 140°F y < 200°F (93.3 °C)**

Ejemplos: 2-Etilhexanol, Isoforona..

**CLASE III B.- Líquido con Punto Inflamación  $\geq$  200°F**

Ejemplos: Monoetilenglicol, Butil carbitol..

Un punto de interés práctico es que en concentraciones a las cuales pueden ser inhalados los disolventes sin producir efectos narcóticos pronunciados son **no** explosivos, sin embargo en cualquier espacio, las posibilidades de que existan concentraciones mayores al Límite Inferior de explosividad son altas y deben evitarse.

### **5.3.1 CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES RIESGOSOS.**

Un material riesgoso es con frecuencia observado como cualquier sustancia o mezcla que si es manejada impropriamente, puede dañar nuestra salud, bienestar o el medio ambiente, de acuerdo con esto existen siete clases básicas de materiales de riesgo.<sup>[1], [4]</sup>

**1) MATERIALES INFLAMABLES.-** Cualquier sólido, líquido o gas que ignicione fácil y se queme rápidamente al exponerlo a una fuente de ignición ( de suficiente intensidad térmica).

Ejemplo: Benceno, Etanol, Sólidos como Flúor, Aluminio y gases como Hidrógeno, Metano.

**2) MATERIALES QUE ARDEN ESPONTÁNEAMENTE.-** Sólidos o líquidos que se encienden espontáneamente sin una fuente de ignición, debido a la generación peligrosa de calor durante el almacenamiento y causado por oxidación o acción microbiológica.

---

## **Manejo de Materiales**

Ejemplo: Fósforo blanco, Aceite de Linaza, Turpentina, mientras que la harina de pescado y hierba húmeda ignitionan espontáneamente debido al desarrollo de calor en espacios cerrados o confinados.

3) **EXPLOSIVOS.**- Estas sustancias químicas entran en detonación generalmente como resultado de choque, calor, o algún otro mecanismo de iniciación.

Ejemplo. Dinamita, TNT.

4) **OXIDANTES.**- Aquellos materiales que liberan o generan oxígeno ya sea en condiciones ambientales o al exponerse al calor.

Ejemplo: Nitrato de Amonio, Peróxido de Benzoilo.

5) **CORROSIVOS.**- Materiales sólidos o líquidos que queman y dañan los tejidos de la piel en el sitio de contacto.

6) **TÓXICOS.**- Generalmente estos son materiales que en cualquier estado de la materia y en pequeñas dosis o concentraciones pueden causar efectos adversos a la salud incluyendo la muerte.

7) **RADIATIVOS.**- Materiales caracterizados por las transformaciones espontáneas que ocurren en su núcleo atómico y por la emisión de radiaciones de alta intensidad capaces de dañar a cualquier forma de vida, como en el caso del Hexafluoruro de Uranio.

Deberá tomarse en cuenta que estos materiales son peligrosos no solamente de manera individual sino que pueden ser aún mas riesgosos al mezclarse.

### **5.3.2 CLASES DE FUEGO**

El fuego generalmente está asociado con incidentes de materiales riesgosos y dependiendo del tipo de materiales que se encuentren involucrados en la combustión se clasifican en 4 clases: A, B, C, y D. [11, 44, 67] (fig. 5.6).

**CLASE A.-** Es el fuego resultante de la combustión de materiales Celulosicos ordinarios como madera y papel así como materiales sintéticos como el hule y plástico.

Este tipo de fuegos generalmente dejan brasas y cenizas. El agua es normalmente un medio efectivo de extinción para ellos.

**CLASE B.-** Resulta de la combustión de gases inflamables y líquidos combustibles-inflamables. El CO<sub>2</sub>, químico seco o espuma son extinguidores adecuados para éste tipo de fuego pero no el agua.

**CLASE C.-** Es el resultado de la combustión originada en circuitos eléctricos energizados, en este caso es recomendable usar CO<sub>2</sub> o químico seco.

**CLASE D.-** Es aquel resultante de la combustión de ciertos metales que poseen reactividad química relativamente única como Ti, Mg, Zr, Al y Na, estos fuegos son extinguidos con materiales especiales como grafito o NaCl. El agua nunca deberá usarse.



fig. 5.6. Clases de fuego de acuerdo a los materiales involucrados en la combustión.

### 5.3.3 COMPONENTES DEL FUEGO

En la teoría Antigua los componentes del fuego eran visualizados en términos de el **Triángulo del fuego** en el que cada uno de los lados representaba los constituyentes esenciales de una reacción de combustión ordinaria: Combustible, Oxígeno y Calor. (fig.5.7)

Hoy en día éste concepto sigue teniendo validez sin embargo los científicos han profundizado más acerca del proceso de combustión y han encontrado un cuarto componente necesario para describir éste proceso, que es una especie activa llamada **radical libre**, un fragmento molecular presentando uno o mas electrones desapareados.<sup>[44, 70]</sup>

El electrón desapareado causa que los radicales libres sean altamente reactivos, estos radicales son de vida corta y presentan sólo una existencia transitoria, sin embargo son capaces de iniciar muchos tipos de reacciones químicas como la combustión, en la cual los radicales libres reaccionan con otros disponibles, átomos y moléculas, de aquí que la combustión ordinaria realmente requiera la interrelación de cuatro componentes: Combustible, Oxígeno, Calor y Radicales Libres; por lo que el fuego no ocurrirá a menos que los cuatro componentes estén simultáneamente presentes en la proporción adecuada. (fig. 5.8)

La reacción de combustión es considerada como una serie de reacciones individuales cada una de las cuales contribuye a una reacción en cadena, es decir, los productos en una reacción activan a las moléculas adicionales las que a su vez interactúan en nuevas reacciones, esta secuencia de pasos individuales complejos llamada mecanismos de reacción explica con profundidad el proceso de combustión.

El concepto actual del **Tetraedro del Fuego** sirve como guía para identificar con facilidad los componentes que contribuyen a un fuego ordinario, por la misma razón éste ayuda en la comprensión de la química asociada con la efectividad de ciertas sustancias utilizadas como agentes extintores de fuego.

Todos los mecanismos para la extinción de incendios se reducen a el proceso de remoción de un componente a partir de los otros tres del Tetraedro.

Una característica esencial de cualquier agente extintor de fuego es su incapacidad de quemarse por ello cualquier sustancia combustible o inflamable es inútil o tiene una utilidad limitada.

Los cuatro tipos más comunes de agentes extintores que actúan con efectividad en uno o más de las clases de fuego mencionadas son:

Agua, CO<sub>2</sub>, Agentes Halón, Químicos Secos.



fig. 5.7.- Triángulo del Fuego

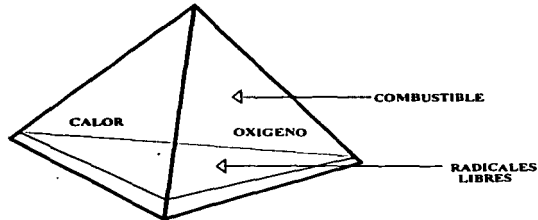


fig. 5.8.- Tetraedro del Fuego



Durante el manejo y almacenamiento de productos químicos en general y especialmente dentro de la industria de recubrimientos, el riesgo de mayor importancia lo constituye la inflamabilidad.

Las causas que originan un incendio suelen ser de muy diversa índole y dada su complejidad todas tienen un factor común, la carencia parcial o total de adecuados sistemas de control y prevención así como de procedimientos operacionales y buenos hábitos de trabajo. <sup>[26.43]</sup>

Como se observo anteriormente, la mayoría de recubrimientos (Lacas, Esmaltes, Pinturas, Tintas, etc.) contienen disolventes y/o diluyentes de bajo punto de ebullición que se pueden encender a temperaturas ordinarias como Acetona, Acetato de Etilo, Etanol, Tolueno, etc.

Los gases inflamables y vapores de líquidos en general se encienden fácilmente al mezclarse con aire y ser expuestos a una fuente de ignición sin embargo, para todas las substancias combustibles e inflamables existe una concentración en el aire sobre y bajo la cual no se queman (límites inferior y superior de inflamabilidad o explosividad).

La susceptibilidad de una pintura o laca al fuego puede ser controlada en pequeña extensión por la inclusión de una substancia que deje residuos no inflamables en la ignición, este recurso es más efectivo con la película sólida dejada por la laca que con la laca misma. En el caso de la nitrocelulosa, debe considerarse que es una forma modificada de celulosa por lo que contiene intrínsecamente suficiente oxígeno para asegurar su completa combustión en un espacio cerrado y en ausencia de aire, la única manera de extinguir el fuego de una película de nitrocelulosa es reducir su temperatura a una menor a su punto de ignición mediante irrigación con agua.

El punto de inflamación de una pintura o laca puede ser incrementando en varias formas: <sup>[17. e2]</sup>

- 1) La más usual es eliminar totalmente o en partes aquellos constituyentes de bajo punto de inflamación, esto generalmente implica eliminar los de bajo punto de ebullición.
- 2) Elegir los constituyentes de bajo punto de ebullición que no formen mezclas de bajo punto de ebullición.
- 3) Incrementar la proporción de los de alto punto de ebullición a expensas de los punto de ebullición medio.
- 4) Los líquidos de bajo punto de ebullición "no asociados" pueden ser reemplazados por los "asociados" de similar punto de ebullición por ejemplo: Benceno por Alcohol Etilico.
- 5) Como última y mejor forma podría usarse una pequeña proporción de un líquido no inflamable altamente volátil como Cloruro de Metileno, Tetracloruro de Carbono, Tricloroetileno, Percloroetileno o Clorothene (este punto se cita sólo a manera de ilustración pues en la actualidad ya no es aplicable por cuestiones ecológicas).

Como forma práctica para la eliminación o minimización de los riesgos de fuego (incendio o explosiones) en las operaciones industriales es recomendable lo siguiente:

- 1) Controlar el contenido de oxígeno en la atmósfera o inertizarla mediante  $N_2$   $CO_2$ .
- 2) Realizar operaciones en las cuales el porcentaje de combustibles o disolventes presentes se encuentre fuera de sus límites de inflamabilidad.
- 3) Usar en menor proporción disolventes y combustibles inflamables.
- 4) Eliminar las fuentes de ignición.
- 5) Separar las operaciones riesgosas.
- 6) Proporcionar ventilación adecuada y construir pisos a prueba de fuego.
- 7) Usar sensores adecuadas para la determinación de la concentración de disolventes en atmósferas riesgosas.

Otro riesgo importante durante el manejo de disolventes lo constituye la electricidad estática.

De acuerdo con Bachhaus y Later<sup>(17,42)</sup> puede desarrollarse cuando:

- A) El solvente fluye a través de tuberías, aire y otros medios gaseosos.
- B) El vapor de solvente es descargado en el aire o algún otro medio gaseoso.
- C) Un gas pasa a través de un solvente líquido.

Este riesgo es pequeño para disolventes que son buenos conductores cuando fluyen a través de las tuberías. Asimismo las líneas deben ser buenos conductores y encontrarse bien aterrizadas cuando los solventes son pobres conductores, en éste caso deben evitarse los rociados desde el inicio hasta el final de la descarga.

El uso de líquidos volátiles inflamables también involucra el riesgo de explosión.

Una explosión es una autopropagación, particularmente un proceso de combustión rápida iniciado por una ignición.

La reacción de un gas o vapor disolvente con Oxígeno del aire que da como resultado una combustión progresiva o propagación de la flama, ocurre solamente cuando la concentración del gas o vapor en el aire está entre ciertos límites. Cuando la concentración de vapor inflamable está fuera de estos, la combustión local puede ocurrir en la fuente de ignición pero no hay una propagación real de la flama y la combustión se detiene al eliminar la fuente de ignición.

Si la temperatura de un líquido volátil inflamable se aumenta gradualmente, el aire sobre él llega progresivamente a enriquecerse en vapor inflamable.

La mezcla de aire-vapor sólo puede ser ignicionada a cierta concentración por la aplicación de una flama o chispa de suficiente intensidad térmica, ésta concentración que corresponde al punto de inflamación es llamada Límite Inferior Explosivo o Inflamable.<sup>[47]</sup>

Como la temperatura y por tanto la concentración se incrementa, la facilidad con la cual la mezcla puede ignicionarse también se incrementa y la combustión llega progresivamente a ser más violenta hasta que se alcanza una explosividad máxima.

A pesar de haber incrementos adicionales de la concentración del vapor, la violencia de la explosión disminuye gradualmente hasta que finalmente la mezcla no soporte la combustión más tiempo, entonces el Límite Superior Explosivo o Inflamable<sup>[47]</sup> se habrá alcanzado. Ahí

debe también estar presente una concentración mínima no solamente de vapor inflamable sino también de aire o oxígeno para la propagación de la flama.

Estos límites son usualmente expresados en términos del porcentaje volumen de gas o vapor en el aire.

#### **5.4 HOJAS DE DATOS DE SEGURIDAD Y MANEJO DE MATERIALES (M.S.D.S.)**

Constituyen un compendio de información técnica específica y detallada para cada material, sirve de guía para la gente relacionada tanto directa como indirectamente con el manejo de los productos químicos.<sup>[14.6, 73]</sup>

La presentación de la información sigue un orden arbitrario pero generalmente consta de las siguientes secciones cuya especificidad varía según el fabricante.(fig. 5.9)

1) IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO.- Contiene toda la información técnica referente a la identificación del material como nombre, sinónimos, familia química, fórmula, peso molecular, composición del producto, datos del fabricante, etc.

2) DATOS DE RIESGO PARA LA SALUD.- Presenta la información acerca de los riesgos y efectos por el contacto a través de cualquier vía (inhalación, ingestión, contacto con la piel, ojos, etc.) con el material, datos de toxicidad, límites máximos permisibles de exposición, efectos crónicos y por sobreexposición, procedimientos de emergencia y primeros auxilios en caso de ocurrir contacto por cualquier vía.

3) PROPIEDADES FÍSICAS.- Lista de datos físicos más importantes del producto como punto de ebullición, presión de vapor, densidad de vapor, gravedad específica, velocidad de

## **Manejo de Materiales**

evaporación, solubilidad en agua, punto de fusión, porcentaje de volatilidad, apariencia y olor etc.

4) **DATOS DE RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.-** Contiene los datos referente a propiedades de inflamación y explosividad como punto de inflamación, temperatura de ignición, límites de explosividad, procedimientos especiales para combatir incendios, tipos de extinguidores a usar, riesgos extraordinarios de fuego y explosión.

5) **DATOS DE REACTIVIDAD.-** Datos referentes a la estabilidad del material, condiciones a evitar, materiales incompatibles con el producto y con los que se debe evitar mezclarlo, riesgos de descomposición por combustión y polimerización.

6) **PROCEDIMIENTOS EN CASO DE FUGAS O DERRAMES.-** En ésta sección se citan las medidas que se deben tomar al ocurrir una eventualidad de éste tipo así como los métodos de disposición de los residuos.

7) **INFORMACIÓN DE PROTECCIÓN ESPECIAL.-** Esta sección se refiere al tipo de equipo de protección personal y tipo de ventilación, que deberán usarse durante el manejo y almacenamiento de los materiales..

8) **PRECAUCIONES ESPECIALES.-** Indica las medidas y precauciones que deben tomarse durante el manejo y almacenamiento del producto así como otras para el manejo de residuos, las concentraciones máximas que deben observarse en las áreas de trabajo.

**FIGURA 5.9.- HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUIMICAS**

HOJA 1 DE 2

1.- FECHA DE ELABORACION \_\_\_\_\_

2.- FECHA DE REVISION \_\_\_\_\_

**SECCION I DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA**

1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE AL TELEFONO	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE	No. EXT.	No. INT.	COLOMA CODIGO POSTAL
LOCALIDAD O POBLACION			
DELEGACION / MUNICIPIO			

**SECCION II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA**

1.- NOMBRE COMERCIAL	2.- NOMBRE QUIMICO O CODIGO
3.- FAMILIA QUIMICA	5.- OTROS DATOS
4.- SINONIMOS	

**SECCION III IDENTIFICACION DE COMPONENTES**

1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES	2.- No. CAS	3.- No. O N U	4.- CPT, CCT o P	5.- HVS	6.- GRADO DE RIESGO				
					S	I	R	ESPECIAL	E P P

**SECCION IV PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS**

1.- TEMPERATURA DE EBULICION (°C)	7.- TEMPERATURA DE FUSION (°C)
2.- TEMPERATURA DE INFLAMACION (°C)	8.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C)
5.- DENSIDAD RELATIVA	9.- DENSIDAD DE VAPOR (aire = 1)
7.- PESO MOLECULAR	10.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLORES
6.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (dif. coef. x 1)	11.- SOLUBILIDAD EN AGUA
11.- PRESION DE VAPOR mmHg 20 °C	12.- % DE VOLATILIDAD
13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD O EXPLOSIVIDAD INFERIOR _____ SUPERIOR _____	14.- OTROS DATOS

**SECCION V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION**

1.- MEDIO DE EXTINCION
NIEBLA DE AGUA    ESPUMA    CO2    POLVO QUIMICO SECO    OTROS (ESPECIFICAR)
2.- EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL
3.- PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES ESPECIALES EN EL COMBATE DE INCENDIO
4.- CONDICIONES QUE CONDUCE A OTRO RIESGO ESPECIAL
5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION NOCIVOS PARA LA SALUD

**SECCION VI DATOS DE REACTIVIDAD**

1.- SUSTANCIAS: ESTABLE _____ INESTABLE _____	2.- CONDICIONES A EVITAR
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIA A EVITAR)	4.- PRODUCTOS PELIGROSOS DE LA DESCOMPOSICION
5.- POLIMERIZACION ESPONTANEA    PUEDE OCURRIR _____	NO PUEDE OCURRIR _____
CONDICIONES A EVITAR	

**SECCION VII RIESGOS PARA LA SALUD**

<b>1A. PARTE</b>		<b>EFECTOS A LA SALUD</b>	
1.- POR EXPOSICION AGUDA	a) INGESTION ACCIDENTAL: b) INHALACION: c) PIEL (CONTACTO Y ABSORCION): d) OJOS:		
POR EXPOSICION CRONICA			
2.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO	CANCERIGENA _____	MUTAGENICA _____	TERATOGENICA _____ OTRAS (ESPECIFICAR) _____
STPS (NOM-010-STPS)	SI _____	NO _____	
FUENTE APROBADA	SI _____	NO _____	ESPECIFICAR _____
INFORMACION COMPLEMENTARIA (DL50, CL50, ETC.)			

**2A. PARTE**

**EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS**

a) CONTACTO CON LOS OJOS
b) CONTACTO CON LA PIEL
c) INGESTION
d) INHALACION
1.- OTROS RIESGOS O EFECTOS PARA LA SALUD
2.- DATOS PARA EL MEDICO
3.- ANTIDOTO (DOSIS EN CASO DE EXISTIR)
<b>SECCION VIII INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME</b>

**SECCION IX PROTECCION ESPECIAL**

1.- EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL
2.- VENTILACION

**SECCION X INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION**

1.- DEBE ESTAR DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS Y CON LAS NORMAS QUE PARA EL EFECTO SE EXPIDAN.
--

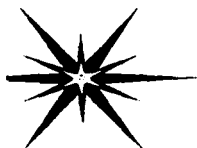
**SECCION XI INFORMACION SOBRE ECOLOGIA**

1.- DEBE ESTAR DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS
---

**SECCION XII PRECAUCIONES ESPECIALES**

1.- PRECAUCIONES QUE DEBEN SER TOMADAS PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO:
2.- OTRAS PRECAUCIONES:





# CAPITULO 6

## APLICACIONES



El propósito de los disolventes, es convertir o modificar el estado de agregación de las sustancias a una forma adecuada para un uso particular. Su importancia es relevante pues varias sustancias exhiben su mayor utilidad estando en solución.

Los disolventes para recubrimientos de superficies se seleccionan para producir combinaciones homogéneas e impartir las más deseables propiedades mecánicas. Asimismo, las propiedades físicas de una solución elaborada pueden regularse por la elección apropiada, adaptándolos así a los más variados, usos y métodos de aplicación.<sup>[19, 67, 67]</sup>

Algunas de las más importantes aplicaciones de los disolventes se encuentran en los recubrimientos superficiales de varios tipos (lacas, pinturas, esmaltes, barnices, etc.), aceites, lubricantes, pulimentos (ceras, parafinas), extracción de sustancias y limpieza de metales, superficies y textiles.

En estas áreas de aplicación los disolventes actúan de una u otra forma como:

- 1) Adelgazadores (reductores de viscosidad y diluyentes).
- 2) Modificadores de propiedades fisicoquímicas.
- 3) Desengrasantes y limpiadores.
- 4) Sustancias extractivas.
- 5) Combustibles alternos.

#### **6.1 ETAPAS GENERALES EN LA ELECCIÓN DE DISOLVENTES**

La selección del disolvente apropiado o desarrollo de una mezcla se realiza con menor dificultad cuando la interacción entre el disolvente y el soluto se conoce.<sup>[17, 22]</sup>

Tradicionalmente se usaron sólo métodos de prueba y error para hacerla sin embargo en la actualidad se realiza considerando la información técnica disponible sobre interacciones soluto-

solvente lo que ha provocado un cambio gradual de los métodos empíricos a otros más fundamentales.

La elección de un disolvente o sistema (mezcla) se realiza en función de los requerimientos del problema o aplicación utilizando como guía varias de sus características o propiedades entre las que destacan por su importancia:

- 1) La compatibilidad química recíproca entre disolventes, soluto y sustrato.
- 2) El poder (capacidad) disolvente.
- 3) La evaporación relativa de los constituyentes (presencia o ausencia de azeótropos).
- 4) La toxicidad.
- 5) La inflamabilidad.
- 6) El costo
- 7) Disponibilidad en el mercado.
- 8) Factibilidad de recuperación.

Generalmente la opción más adecuada deberá satisfacer en su mayoría los requerimientos de la aplicación o resolver los problemas presentados.

Debido a la gran cantidad de interacciones complejas que ocurren a nivel molecular durante el mezclado de disolventes y solutos así como a la calidad de las materias primas es necesario corroborar y complementar los datos obtenidos teóricamente realizando pruebas experimentales de funcionalidad. De ésta manera se obtienen datos más confiables y precisos que ayuden en la elección acertada del satisfactor.

En términos generales la elección de disolventes se realiza a través de varias etapas en las que el punto de partida lo establecerán los requerimientos del problema o aplicación ya que pueden ser de dos tipos:

- A) Elección de un disolvente o mezcla para un uso nuevo.
- B) Reformulación y mejoramiento de un sistema disolvente ya existente y usado con anterioridad.

**ETAPAS DE ELECCIÓN**

- 1) Establecimiento del problema o necesidad que involucra la aplicación de disolventes orgánicos y recopilación de información referente a los requerimientos técnicos.
- 2) Selección mediante comparación de los posibles disolventes a usar considerando las características descritas con anterioridad.
- 3) Realización de pruebas de funcionalidad directa con las opciones que satisfagan en mayor proporción los requerimientos del problema.
- 4) Análisis de resultados y toma de decisiones.

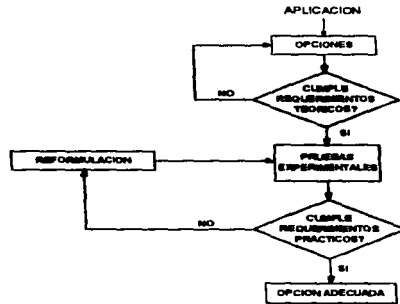


fig. 6.1.- Diagrama de flujo para la elección

## 6.2 EJEMPLOS DE APLICACIÓN

### 6.2.1 ADELGAZADOR PARA APLICAR BARNIZ SOBRE SUPERFICIES DE MADERA.

#### I.- REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

- 1) Disolvenia alta para el barniz a base de Nitrocelulosa RS de 1/2" (aglutinante) que predomine hasta el final de la fase de secado.
- 2) Evaporación homogénea y semilenta para proporcionar buen control de las características de flujo; adecuada integridad, nivelación, humectación y adhesión de la película aplicada al sustrato ( madera ) así como brillo superficial aceptable, evitando al mismo tiempo la generación de velado (Blushing).

- 3) Compatibilidad adecuada mutua entre los constituyentes del adelgazador y el aglutinante.
- 4) La menor toxicidad posible.
- 5) El menor costo posible.
- 6) Inflamabilidad baja.

## **II.- CONDICIONES Y FORMA DE APLICACIÓN.**

- 1) La aplicación se realizará en atmósfera normalmente de alta humedad relativa, sobre superficies de madera pulida mediante inmersión de las piezas en un recipiente conteniendo la solución del Barniz (solución al 20% de Nitrocelulosa de 1/2") por un periodo de 6 a 8 segundos.  
Cada una de las piezas de madera permanecerán separadas y sujetas a la línea común de una banda transportadora que en su movimiento las sumergirá para después sacarlas del recipiente barnizador.
- 2) Después de salir del recipiente barnizador, la misma banda transportará las piezas una distancia de 30 m. hasta donde el operario las recolectará para su revisión.
- 3) El proceso de secado se realizará por evaporación de disolventes a temperaturas ambiente durante el trayecto inmediato a la salida del recipiente barnizador y en un tiempo aproximado de 8 minutos ( la

velocidad aproximada de la banda transportadora es de aproximadamente 7 cm/seg).

### III.- FUNDAMENTOS DE ELECCIÓN.

Las propiedades y funcionamiento de un disolvente dependen básicamente de su estructura molecular, y aunque es un componente transiente en un recubrimiento, su calidad y grado satisfactorio son evidentes para la vida de la película aplicada.

La naturaleza del disolvente afecta la formación de la película así como su integridad, aspecto, flexibilidad, durabilidad, etc. ( características de flujo y mecánicas ). [6, 19, 25, 46]

Las dos propiedades funcionales básicas a considerar, al elegir el solvente apropiado para cualquier uso en recubrimientos son:

- 1) La Solvencia, pues generalmente se busca la disolución adecuada de una resina para proveerle la viscosidad adecuada al uso deseado.
  
- 2) La Evaporación, que debe ser adecuada para controlar la viscosidad del recubrimiento durante las etapas de secado.[19, 19, 21]  
Al inicio del secado, el disolvente o mezcla deberá evaporarse rápido para prevenir el flujo excesivo de la solución del recubrimiento mientras que al final paulatinamente deberá hacerlo de manera lo suficiente lenta para dar a la película buena nivelación, flexibilidad y adhesión al sustrato.  
Si la evaporación es muy rápida, la película no nivelará ni humectará al sustrato lo suficiente para una buena adhesión. Por otra parte si la

## **Aplicaciones**

evaporación es muy lenta, la película se hundirá y probablemente adelgazará quedando defectuosa.

En términos generales, si la composición del disolvente cambia durante la evaporación y no existe la suficiente disolventancia durante ella, puede ocurrir precipitación de la resina y en consecuencia la película no tendrá la integridad deseada.

Un disolvente individual generalmente no se usa solo, pues es difícil que satisfaga la mayoría de requerimientos de la aplicación técnica.

Aunque existe un número extenso de combinaciones (mezclas) posibles que pueden usarse para disolver la Nitrocelulosa, todas ellas tienen 3 tipos básicos: Activos, cosolventes y diluyentes; a éste respecto la exacta combinación dependerá de la aplicación técnica, el sustrato a recubrir y el tiempo de secado deseado.

La formulación de thinner para lacas frecuentemente presenta más de un disolvente de cada tipo, siendo típicos de 5 a 10 componentes totales y en ella debe incluirse un activo que evapore más lentamente que los otros para mantener la resina en solución durante el proceso de secado.

En este caso particular de aplicación es necesario utilizar un sistema de disolventes que será seleccionado de acuerdo a los requerimientos:



A) ALTA DISOLVENCIA.- Con el fin de garantizar una buena disolvenencia, deberá usarse un disolvente activo fuerte ( por lo general es de bajo peso molecular) y de alta relación de dilución que sin embargo presentará la desventaja de una rápida evaporación, por lo que para solucionar el problema de insolubilidad que pudiese presentar ésta característica durante la fase de secado, es necesario utilizar como complemento un activo de evaporación lenta de tal manera que sea éste el último en evaporarse del recubrimiento después de aplicado al sustrato. Así mismo para elegir el activo lento deberá considerarse:<sup>[19, 25, 60]</sup>

1) que presente también una alta relación de dilución, lo que permitirá disminuir el costo del adelgazador por la inclusión de un volumen considerable de diluyentes y proporcionará la solvencia necesaria al sistema durante toda la fase de secado.

2) Que posea la capacidad necesaria para bloquear la acción de insolubilidad de las partículas de agua presentes en el ambiente circundante, evitando que ocurra el "blushing" o velado durante la fase de secado a través de la formación de azeótropos con el agua.

B) EVAPORACIÓN HOMOGÉNEA.- Para cumplir con este requerimiento es importante incorporar cosolventes tanto de evaporación rápida (%bajo) como de media, que a su vez regulen en cierta proporción la evaporación de los activos y diluyentes rápidos,<sup>[19, 60]</sup> fortaleciendo al mismo tiempo el poder disolvente del sistema, necesario al incorporar los diluyentes así como durante la fase inicial e intermedia del secado.

En lo que respecta a los diluyentes, estos deberán ser preferentemente de bajo peso molecular y bajo costo, con lo que se favorecerá el uso de un % considerable para disminuir el costo del sistema de disolventes sin causar detrimento importante en sus propiedades, en éste sentido los diluyentes deberán ser totalmente compatibles con los demás componentes y el aglutinante del recubrimiento.

Cuando los disolventes se evaporan de una pintura, ésta se enfría y en condiciones de alta humedad atmosférica, las gotas de agua condensan si la temperatura de la pintura superficial es menor que el punto de rocío.

Esta agua es distribuida homogéneamente en pinturas que contienen solventes capaces de absorberla y/o que formen azeótropos volátiles con ella (Hidrocarburos Aromáticos, Alcoholes de evaporación media y semilenta como etanol, butanol, isopropanol o glicoéteres). Si la pintura no contiene estos disolventes, las gotas de agua incompatibles permanecerán encapsuladas bajo la superficie de la película( la laca líquida con una tensión superficial relativamente baja fluye espontáneamente sobre las gotas de agua, las cuales tienen una tensión superficial mayor), evaporándose finalmente a través de la película parcialmente rota y el efecto se manifestará como una turbidez blanca (blushing).

Este problema también se presenta aunque no exista alta humedad atmosférica cuando la evaporación total del disolvente o sistema es muy rápida provocando el enfriamiento de la película superficial.<sup>[12, 18, 21]</sup>

Una pintura debe secar para formar una película uniforme y sin defectos, es decir sin alguna estructura superficial como resultado de la coalescencia de sus

partículas.<sup>[12, 27]</sup> Los glicoceteres en particular incrementan o mejoran el brillo y textura superficial debido a su efecto sobre las propiedades de flujo de las pinturas.

El flujo de las pinturas insatisfactorio deja en la superficie defectos conocidos como "Cáscara de Naranja" (Orange Peel), estructura agujerada ("Puntos de Afiler") y "Ojos de Pescado", que pueden atribuirse a factores físicos como:

- 1) Un cambio en la Tensión superficial de la pintura durante la evaporación del disolvente que ocurre preferentemente en la película superficial causando que se incremente más notablemente que en el interior .
- 2) La formación de contracorrientes o remolinos asociados en la película de recubrimiento que pueden prevenirse también por el uso de disolventes de evaporación lenta con una buena solvencia para el aglutinante.

Dentro de la formulación del recubrimiento, los aditivos que reducen la tensión superficial como los agentes humectantes o aceites de silicón también tienen un efecto benéfico.

- C) INFLAMABILIDAD Y TOXICIDAD BAJAS,. En términos generales es muy difícil satisfacer los dos requisitos al mismo tiempo , pues de la gran variedad de disolventes existentes, con la excepción de algunos hidrocarburos clorados (que poseen toxicidad alta ) todos presentan características inflamables en varios grados según su estructura molecular, que van desde los altamente inflamables (clase IA) hasta los combustibles (clase IIIB) de acuerdo a clasificación de la N.F.P.A.

Bajo estas circunstancias y considerando que el sistema de disolventes a elegir

incluirá tanto activos como diluyentes y una parte de cosolventes rápidos, de acuerdo a los requerimientos técnicos de la aplicación es de esperarse que posea un punto de Inflamación bajo (alta inflamabilidad) que será difícil de eliminar. A éste respecto si tomamos en cuenta que cualquier disolvente o mezcla debe manejarse con precaución por ser inflamable, estaremos en condiciones de relegar a segundo término la característica de inflamabilidad durante la elección. En relación a la toxicidad cada uno de los disolventes la presentan en cierto nivel, acompañada en varios casos por un olor característico agradable o desagradable para el olfato humano por lo que independientemente del valor de toxicidad que se obtenga, el producto deberá manejarse como un material de elevada toxicidad ( muy Psicotrópico).

En general las cetonas alifáticas y ésteres del ácido acético de bajo peso molecular así como algunos glicóteres son los de menor toxicidad. De los cosolventes, el etanol e Isopropanol son los menos tóxicos, cabe señalar que en la actualidad aún se usa una proporción considerable de metanol en la elaboración de adelgazadores a pesar de haberse limitado su uso desde hace algunos años por la elevada toxicidad y carácter venenoso. [14.1] En lo que respecta a diluyentes, los hidrocarburos alifáticos son los de menor toxicidad como el Hexano y Heptano mientras que de los aromáticos el Tolueno y Xileno son los únicos que justifican su inclusión en adelgazadores por sus características y propiedades técnicas, sin embargo presentan una toxicidad mayor que los alifáticos.

**IV.- SELECCIÓN DE DISOLVENTES.**

Considerando que el aglutinante es Nitrocelulosa RS de medio segundo y de acuerdo a la Literatura técnica (Tablas Apéndice ) tenemos disponibles los siguientes disolventes:

**ACTIVOS RÁPIDOS:** Acetato de Etilo, Acétona, Metiletilcetona (MEK).

**ACTIVOS LENTOS:** Butilcellosolve, Cellosolve, Metilisobutilcetona (MIBK).

**COSOLVENTES:** Metanol, Etanol, Isopropanol.

**DILUYENTES:** Heptano, Hexano, Tolueno

**ACTIVOS.-** Los tres rápidos propuestos presentan aproximadamente la misma solvencia para la Nitrocelulosa (tabla 1,6 y 7 del Apéndice ). La Acetona tiene la evaporación más alta, es la más inflamable, la de menor costo y la menos tóxica mientras que de los activos lentos, el Butilcellosolve es el más lento de evaporación, el de mayor relación de dilución en hidrocarburos alifáticos, mayor resistencia al blushing, el menos inflamable y el de menor costo. En lo que respecta a la formación de Azeótropos con el agua, el MIBK y Butilcellosolve los forman, siendo éste último el más favorable por su evaporación lenta y mayor compatibilidad.

**COSOLVENTES.-** El de mayor rapidez de evaporación es el Metanol, tiene el costo más bajo pero presenta la mayor toxicidad, es el único alcohol que en forma individual disuelve la Nitrocelulosa.

El Etanol es el alcohol menos tóxico, de evaporación intermedia pero es el más higroscópico y de mayor costo.

En lo que respecta al Isopropanol, éste posee una evaporación más lenta que el Metanol y Etanol mientras que su costo y toxicidad son intermedios.(tabla 1 Apéndice)

En la actualidad por las nuevas reglamentaciones de salud vigente se ha limitado el uso de Metanol en varios procesos industriales incluyendo la elaboración de mezclas disolventes (adelgazadores).

**DILUYENTES.-** El Hexano es el hidrocarburo alifático más ligero de las opciones (menor peso molecular), el menos tóxico, el más barato y el más inflamable (presenta la mayor rapidez de evaporación).

De los hidrocarburos aromáticos, el Tolueno se ha probado con soluciones de Nitrocelulosa y se han obtenido relaciones de dilución considerables al usar activos de bajo peso molecular.

El Xileno presenta características parecidas al Tolueno pero posee una evaporación más lenta.

Los datos técnicos usados para comparar y seleccionar los disolventes más adecuados fueron ( ver tablas de Apéndice):

1. Para la disolvenencia y compatibilidad química: La viscosidad de soluciones de Nitrocelulosa RS de 1/2" al 8% de sólidos en los diversos activos, los parámetros de solubilidad de los disolventes y la Nitrocelulosa, la relación de dilución en Tolueno y Nafta, la resistencia al blushing y el peso molecular;
2. Para los perfiles de evaporación o secado: Los índices de evaporación relativa (Acetato de Butilo = 1.0).
3. Para la toxicidad: El valor límite de Umbral (T.L.V.).
4. Para evaluar el grado de inflamabilidad: Los puntos de inflamación.
5. Los costos actualizados de los disolventes, obtenidos de los distribuidores.

Los resultados obtenidos se resumen en el siguiente cuadro comparativo (Tabla VIA) donde se citan los parámetros de comparación en orden de importancia decreciente.

TABLA VIA.- TABLA COMPARATIVA DE SELECCION

PARAMETRO DE COMPARACION	ACTIVOS RAPIDOS			ACTIVOS LENTOS			COSOLVENTES			DILUYENTES		
	ACETATO DE ETILO	ACETONA	MEK	CELOSOLVE	BVTL CELOSOLVE	MBK	METANOL	ETANOL	ISOPROPANOL	HEXANO	HEPTANO	TOLUENO
MEJOR DISOLVENCIA PARA NITROCELULOSA	3	1	2	2	3	1	—	—	—	—	—	—
MAYOR EVAPORACION RELATIVA	2	1	3	2	3	1	1	2	3	1	2	3
MEJOR COMPATIBILIDAD QUIMICA	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	1
MEJOR TOXICIDAD	2	1	3	1	2	3	3	1	2	1	2	3
MEJOR INFLAMABILIDAD	1	3	2	2	1	3	3	2	1	3	2	1
MEJOR COSTO	2	1	3	3	1	2	1	3	2	1	2	3

1= EXCELENTE

2= REGULAR

3= DEFICIENTE



De acuerdo con estos resultados los disolventes más adecuados para incluir en la formulación del adelgazador son:

**ACTIVOS :** Acetona( rápido), Butilcellosolve (lento).

**COSOLVENTES:** Metanol (% bajo), Isopropanol.

**DILUYENTES:** Hexano, Tolueno.

Conforme a los resultados obtenidos teóricamente, al procedimiento general para formular "Adelgazadores" de recubrimientos (Cap. IV) y a los resultados finales tomados de una serie de pruebas experimentales realizadas con el substrato bajo las condiciones y forma de aplicación incluyendo reformulaciones; se obtuvo un perfil secuencial de formulaciones (A a C) hasta llegar a la mas satisfactoria, partiendo de una que inicialmente no cumplió con los requerimientos del uso.

Los datos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla VIB.- FORMULACIONES ENSAYADAS.

COMPONENTES (%) VOL.	A	B	C
ACETONA	8.0	8.0	10.0
BUTIL CELLOSOLVE	1.0	2.0	2.0
HEXANO	26.0	18.0	28.0
ISOPROPANOL	0.0	27.0	20.0
METANOL	30.0	10.0	8.0
TOLUENO	35.0	35.0	32.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0
CARACTERISTICAS	A	B	C
DISOLVENCIA	Alta Inicial	Alta Inicial, >A	Excelente en General, >B y A
EVAPORACION	Rápida en General, >B y C	Lenta en General, <A y C	Semienta en General
COSTO	Bajo, <B y C	Alto, > A y C	Intermedio entre A y B
BLUSHING	Si presenta	No presenta	No presenta
TOXICIDAD	Alta, > By C	Baja, < A y C	Intermedia entre A y B
TERMINADO	Defectuoso, tono mate, mala adhesión con zonas de insolubilidad, puntos de alfiler	Regular, secado lento, buen brillo después de tiempo muy prolongado de secado	Adecuado, buena nivelación, buen brillo y adhesión.

**V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

De acuerdo con los datos de la tabla VIB, la opción que mejor satisface los requerimientos es la **C** a pesar de no tener el costo más bajo. A este respecto es importante mencionar que en la actualidad con la cuidadosa inclusión de algunos materiales reciclados, estratégicos en la formulación y previamente seleccionados, es posible disminuir los costos y elaborar un thinner o mezcla comercialmente redituable, al mismo tiempo que se aprovechan los disolventes residuales que de otra manera deberían desecharse, tal vez inadecuadamente por los costos adicionales que implica su correcta disposición tan necesaria en nuestros días.

**6.2.2 DILUYENTE PARA APLICAR TINTAS DE ROTOGABADO SOBRE PELICULAS DE POLIETILENO FLEXIBLE.**

**I.- REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE AL IMPRESOR.**

- 1) Película de Polietileno Normal que se usará en la elaboración de bolsas para empacar pañal desechable de alta calidad.
- 2) Impresión brillante, Policromática y Nítida de las tintas, con detalles bien definidos.
- 3) Tonos de intensidad fuerte.
- 4) Resistente al rayado y fricción.

- 5) Resistencia pequeña al deslizamiento ( que favorezca al estibado de las bolsas envasados, en los estantes durante su almacenamiento).

## II.- REQUERIMIENTOS DEL IMPRESOR AL FABRICANTE DE TINTAS.

- 1) La impresión sobre película transparente de Polietileno Normal deberá ser limpia.
- 2) Tintas de color brillante.
- 3) Coeficiente de fricción (Deslíz) de la superficie impresa: 18-24°.
- 4) Tonos de la impresión que pertenezcan a la escala del sistema PANTONE.
- 5) La impresión deberá ser flexible y presentar una resistencia al frote mínima de 400 ciclos ( que no despiñe al probar con la máquina ) es decir, deberá existir buena adherencia al sustrato.
- 6) Las tintas ya impresas deberán ser resistentes al rayado con uña.
- 7) Las tintas deberán poseer una concentración elevada ( porcentaje ) de sólidos, que permita diluirlas para obtener una viscosidad de 18 a 24 segundos en la máquina durante la impresión.

8) Su tiempo de secado deberá ser de 7 a 11 segundos, a partir de aplicadas a la superficie, previendo que ocurran fallas en las cámaras de secado y que no exista repinte en húmedo (deberá presentar buena liberación del disolvente y características de secado apropiadas)..

9) El disolvente de la tinta deberá ser de baja toxicidad, presentar buen poder disolvente y compatibilidad adecuada.

### III.- CONDICIONES Y FORMA DE APLICACIÓN.

Los principales sistemas de impresión dentro de la industria de artes gráficas son: La *Tipografía, Litografía y el Grabado*; estos pueden definirse por las características físicas de las superficies de impresión utilizadas.

La *Tipografía* es un proceso de impresión en "relieve" en el cual la imagen que se va a imprimir sobresale del fondo, esta superficie elevada se entinta con rodillos y a continuación se presiona sobre el papel o película flexible para obtener la imagen impresa. La *Litografía* presenta una superficie de impresión plana donde la zona de la imagen se trata con determinados productos químicos para conseguir que acepte la tinta y repela el agua, mientras que las zonas sin dibujo reciben un tratamiento para aceptar el agua y repeler la tinta.

El *Grabado* es un proceso en "hueco", donde la imagen a imprimir está grabada ligeramente hundida en la placa y se cubre de tinta. La tinta de las zonas sin dibujo se elimina para que sólo llegue al sustrato la depositada en los huecos de la imagen.

## ROTOGRABADO

Los principios básicos del grabado se han aplicado desde antes de la invención del grabado moderno, las imágenes se tallaban en planchas y se imprimían en prensas de lecho plano.

La introducción de procedimientos fotográficos en la preparación de las placas ha permitido el desarrollo del proceso de grabado moderno (fotograbado o rotograbado) en el que la superficie de impresión se obtiene a partir de una película sin la necesidad de grabar a mano. La imagen a imprimir está constituida de alvéolos o celdillas de profundidad variable, grabados en una película electrocobreada, las partes que tienen imagen están hundidas y los blancos realizados. En la prensa de grabado los alveolos se llenan al entintar la placa y para eliminar el exceso, se pasa una cuchilla (racleta) sobre la superficie de la placa o cilindro, quedando depositada únicamente la cantidad necesaria de tinta líquida en las diferentes depresiones de la imagen grabada.

El papel o película flexible a partir de una bobina, se introduce en la prensa enrollado en un cilindro de caucho que lo presiona contra los huecos para absorber la tinta depositada en las cavidades y así formar la imagen impresa.

Debido a que la velocidad de impresión del proceso de *Rotograbado* es alta (aproximadamente 300- 350 m/min) el tiempo de secado debe ser muy corto para evitar problemas con las impresiones, así mismo la temperatura a la que se lleva a cabo la impresión es de 30 a 40 °C. Para no deformar el Polietileno o película flexible al enrollarlo después de salir de la última unidad de impresión en esta última etapa es más importante el secado rápido para evitar problemas de **tack** y sus consecuencias.

En el caso de la impresión sobre el polietileno, debe dársele a éste un tratamiento superficial previo para abrirle poros microscópicos mediante descargas eléctricas, que faciliten la adherencia de la tinta durante la impresión (tratamiento "corona").

Debido a que la formulación de las tintas puede incluir varios disolventes como alcoholes, hidrocarburos aromáticos y esteres alifáticos, su uso se ha extendido para la impresión de otras películas flexibles como Celofán y Sarán así como también para papel y cartoncillo.

En virtud de que la tinta es muy fluida y al ser de base disolvente, seca por evaporación inmediatamente después de la impresión, la prensa debe equiparse con un sistema para la extracción y recuperación de los vapores de disolventes.<sup>[23, 71]</sup>

Este sistema es ideal para impresiones de alta calidad como libros de arte, grabados fotográficos con buena reproducción de detalles, de acabado más brillante y sin variación en el color; además de usarse en impresiones de alto volumen como cajetillas de cigarros, envolturas, revistas, etc.

En la industria de tintas existen comercialmente gran variedad de tintas con características específicas para satisfacer los diversos requerimientos de secado, impresión, acabado, limitaciones de toxicidad (principalmente en envolturas de alimentos), etc.

A diferencia de lo que ocurre en el ámbito comercial común, donde el cliente notifica directamente todos sus requerimientos de uso al proveedor; en las aplicaciones de tinta no suele indicar el tipo que desea, sino que es el impresor quien, tras considerar el proceso de impresión, la máquina (prensa) el sustrato (papel, polietileno, celofán u otro) y alguna otra operación especial de acabado como el barnizado o laminado; elige la tinta más adecuada, misma que deberá solicitar al fabricante, quien a su vez se auxiliará del fabricante de resinas (fig. 6.3) al requerirle el aglutinante más recomendable para formular la tinta así como sus

respectivos disolventes. A este respecto los fabricantes de resinas cuentan con un perfil bien establecido de resinas y sus disolventes específicos.

Finalmente el impresor realiza las pruebas necesarias a las muestras previas de tinta en coordinación con el fabricante hasta llegar a las más satisfactorias junto con la composición de disolventes necesarios para lograr los objetivos.

Las tintas modernas contienen pigmentos y materiales aglutinantes combinados en un recubrimiento con disolventes. Los ingredientes se pueden variar para conferirles ciertas características deseables como secado rápido, buena adherencia, resistencia al desgaste, etc. Para prolongar la vida útil de la impresión y hacerla más resistente al rayado se le incorpora a la tinta una cera especial cuya función será como capa protectora o acabado de la tinta.

El vehículo usado en las tintas de rotograbado es generalmente una solución de resinas de Nitrocelulosa y Poliamidas en alcoholes, hidrocarburos aromáticos y/o acetatos alifáticos con la cantidad adecuada de plastificante para que una vez impresa la tinta pase por la cámara de secado eliminándose el disolvente por evaporación y quedando el pigmento adherido a la superficie impresa por medio de una película de resina plastificada. (fig. 6.4)

Las tintas de impresión pueden secar en diversas formas, dependiendo del material en que vayan a imprimirse y del sistema a usar. Las más importantes son:

- a) Absorción.
- b) Evaporación.
- c) Polimerización u Oxidación .

En flexografía y rotograbado generalmente se usa la evaporación

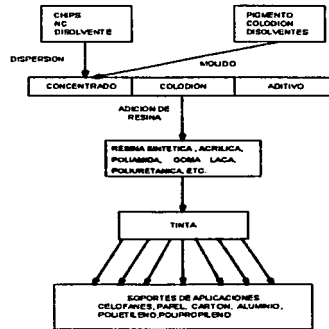


fig.6.2.- Esquema usual de la Fabricación de las Tintas Nitrocelulosicas

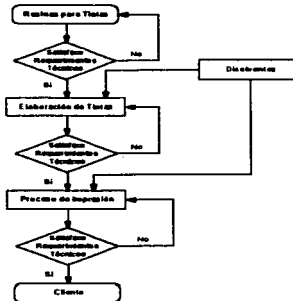


fig. 6.3.- Diagrama de flujo de una Tinta para Impresión



#### IV.- FUNDAMENTOS DE ELECCIÓN

Un polímero puede dispersarse molecularmente o en menor grado, dependiendo de la adecuada selección de disolventes; este grado influye en la dispersión del pigmento y en la viscosidad de la solución, así como en las propiedades fundamentales del secado de la película, tales como flexibilidad, dureza, brillo y resistencia al exterior.<sup>[12,19, 25, 46, 60]</sup>

Por lo general las dos resinas más usadas en tintas de *Flexografía* y *Rotogrado* son la nitrocelulosa y poliamida, pues son las que mejor se combinan entre sí (compatibles) y se adhieren perfectamente a la mayoría de los sustratos.

En la formulación y aplicación de tintas de rotogrado, los disolventes se eligen en función del contenido y tipo de resinas usadas, considerando el que sean solubles en alcohol-acetatos (nitrocelulosas) o en alcohol-tolueno (poliamidas) y de acuerdo a los requerimientos de la aplicación se balancea la mezcla de disolventes que además de presentar buena disolución y adecuada evaporación deberá poseer un costo redituable.

Tomando en cuenta que estas tintas secan por evaporación de disolventes es importante controlar la rapidez de secado para evitar defectos en el terminado sobre la superficie de polietileno como mal cierre, corrimiento, presencia de "tack", mala adhesión, impresión mate, etc.

La nitrocelulosa es el polímero más usado en formulación de recubrimientos protectores, su estructura celulósica y peso molecular proporcionan un desarrollo rápido de la cohesión de los films; los recubrimientos basados en ella son de excelente poder filmógeno, bastante durables y exhiben rápido secado al aire por evaporación de disolventes, es preferida en tintas por:

- Excelente Adherencia sobre los soportes más diversos.
- Buena Termoresistencia.
- Flexibilidad.

- Poca Retracción.
- Dureza.
- Porque libera los disolventes más rápidamente que otras resinas.<sup>[48]</sup>

Por su estructura química y los disolventes usados es compatible con gran variedad de plastificantes y ligantes polares (polímeros con funciones Ester, Cetona, Eter, Amida, Uretano, etc.) como Acrílicos, termoendurecibles, Alquidálicos, Urea-Formol, Poliamidas, Poliésteres saturados, etc.(fig. 6.2)

La ausencia de olor e inocuidad le proporciona ventajas cuando se trata de envases y empaques alimenticios.

Por otra parte las poliamidas ayudan a impartir buen brillo adherencia, alta resistencia tensil, buena durabilidad y flexibilidad a la películas impresas.

Los fabricantes de resinas por lo general no proporcionan información técnica específica y detallada del carácter y estructura química de las resinas que proveen a los fabricantes de tintas, solamente le entregan las muestras con el listado de los disolventes, lo que obliga a realizar pruebas experimentales de disolvencia y compatibilidad resinas-disolventes para llegar a la composición que satisfaga los requerimientos en conjunto con el impresor.

#### V.- SELECCIÓN DE DISOLVENTES

El proceso de rotograbado requiere de tintas con secado rápido pues generalmente la velocidad de impresión de las máquinas es alta, esto condiciona que los disolventes o mezcla a usar para diluirlas antes de la impresión deban ser de evaporación rápida; a fin de garantizar que la superficie ya impresa se encuentre bien seca antes de entrar a la segunda y sucesivas unidades de impresión. Esta situación es más crítica al referimos a la salida de la última unidad impresora, antes de pasar a la bobina enrolladora del material impreso, ya que la distancia

entre ambas es muy corta y existe el riesgo de dañar la impresión al no estar seca ( **tack** u otro defecto, fig. 6.4).

Cabe mencionar que el sistema general de impresión tiene integradas cámaras de secado de corta longitud, activadas por aire caliente y ubicadas alternadamente entre las unidades de impresión, sin embargo, la mezcla de disolventes a usar para diluir las tintas debe seleccionarse considerando que ocurran fallas en estas cámaras y que por ello el único medio de secado bajo estas condiciones sea la evaporación natural a la temperatura de evaporación de la máquina.

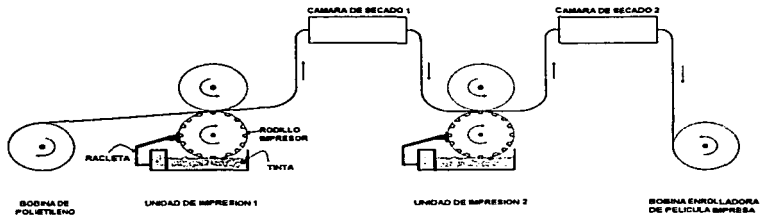


fig. 6.4.- Sistema de Impresión de Rotograbado

La formulación típica de una tinta de rotograbado que satisface los requerimientos de la aplicación contiene aproximadamente 35% de resina poliamida, 15% de Nitrocelulosa y el 50% restante de disolventes, pigmentos y aditivos. De acuerdo al tipo o contenido de resinas los posibles disolventes a usar son: Alcohol Isopropílico, Alcohol Etilico, Tolueno, Xileno, Acetato de Etilo, Acetato de Isopropilo mientras que los más adecuados para satisfacer los

requerimientos son: Alcohol Isopropílico, Tolueno y Acetato de Etilo por costo, velocidad de evaporación, disolvencia y toxicidad. (Datos obtenidos de un fabricante de tintas).

Tomando como punto de partida (de acuerdo a los resultados experimentales obtenidos por el fabricante de tintas), que las resinas se disuelven en una mezcla de 70% de Alcohol Isopropílico, 30% de Tolueno y al incorporarle Acetato de Etilo para incrementar la rapidez de secado; después de varios ensayos se llegó a la formulación del diluyente de la tinta más aproximado a los requerimientos.

**FORMULACIÓN 1**

Alcohol Isopropílico	40%
Acetato de Etilo	25%
Tolueno	<u>35%</u>
	100%

Actualmente las legislaciones en materia ambiental y de salud ocupacional vigentes, han restringido el uso de algunos disolventes, propiciando cambios en las formulaciones de tintas, principalmente en las destinadas para imprimir envolturas de alimentos y productos de uso personal.

En el caso específico de las tintas de Rotograbado, el cambio fue en el sentido de disminuir el porcentaje de tolueno ( el máximo permitido es 10 a 15 % según F.D.A.) y cambiar el tipo de Alcohol sin causar detrimento en las propiedades deseadas, por lo que el contenido de las resinas se modificó ligeramente. Después de realizar algunas pruebas usando Formulaciones de diluyentes a base de Alcohol Etilico, Tolueno y Acetato de Etilo se obtuvo la siguiente

Formulación que presenta la ventaja de poseer una toxicidad menor aunque a un mayor costo que la anterior .

**FORMULACIÓN 2 (la más adecuada)**

Alcohol Etilico de Caña	50 %
Acetato de Etilo	40 %
Tolueno	<u>10 %</u>
	100 %

**VI.- ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Las dos formulaciones satisfacen la mayoría de requerimientos técnicos sin embargo por las características toxicológicas elevadas de algunos disolventes, se ha optado por usar otros menos nocivos y aunque se debieron realizar modificaciones en el contenido de aglutinantes para adecuarlos y hacerlos compatibles con los nuevos disolventes, se procuró no causar detrimento en las propiedades deseadas.

Al utilizar disolventes de baja toxicidad en alta proporción y de alta toxicidad en porcentajes bajos adicionalmente a la integración de equipos captadores y recuperadores de vapores disolventes (compuestos orgánicos volátiles VOC'S ), se garantizan operaciones laboralmente seguras y de protección al medio ambiente, factores que en la actualidad son preponderantes(fig. 6.5 y 6.6) [3, 23, 67, 71]

SISTEMA DE CONTROL DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS VOLATILES (VOC'S)

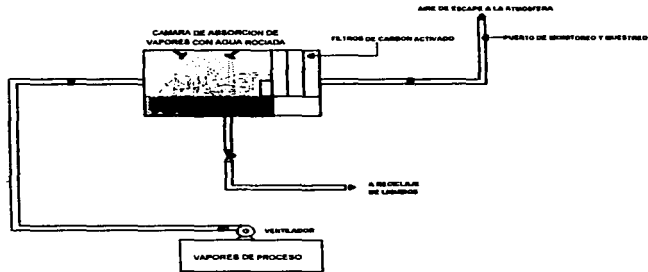


fig. 6.5.- Sistema de absorción de vapores (VOC'S) mediante agua rociada.

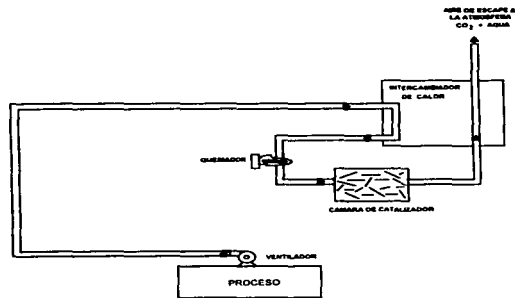
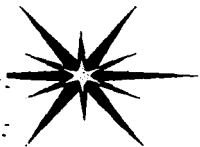
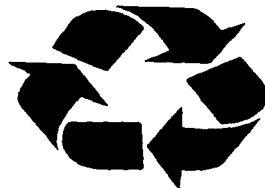


fig. 6.6.- Sistema de eliminación de vapores (VOC'S) por combustión.



# CAPITULO 7

## RECICLAJE DE DISOLVENTES



El empleo de productos químicos en la sociedad moderna ha probado ser un elemento esencial para el desarrollo de las actividades productivas y el logro de las metas sociales y económicas, sin embargo no está exento de riesgos.

Es de todos conocido que la industria emplea materias primas, energía, capital y trabajo humano para generar bienes socialmente deseables, pero también, que sus procesos productivos arrojan al ambiente subproductos indeseables para los que generalmente no hay precios positivos ni mercados. Entre ellos están las emisiones de contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales, los residuos no peligrosos y los peligrosos; estos últimos incluyen sustancias y agentes que presentan propiedades **CRETIB** (14.4), las cuales pueden adoptar una amplia gama de estados físicos y contener una diversidad enorme de compuestos químicos que, dependiendo de su grado de concentración y características, adquieren una potencialidad diferente de provocar impactos, tanto para la salud como en el ambiente.

En los últimos años el creciente aumento incontrolable de la contaminación ha ocasionado finalmente, que el gobierno federal tome cartas en el asunto sobre éste gran problema. Este peligro nos atañe a todos y sobre el cual es hora de que se comience a hacer algo.

Ante éste creciente interés ha surgido fuerte presión hacia la industria en general específicamente por la **SEDESOL**.

Las nuevas reglamentaciones y normatividades aumentan la mencionada presión tanto a los llamados "generadores de residuos peligrosos" como a los "manejadores".

Ante éste panorama, se le ofrece a la industria diversas opciones que por sus características son una forma muy viable para los generadores de disponer adecuadamente sus desechos, ya que estas opciones tienen tanto beneficios económicos como ventajas legales pues permiten



cumplir conscientemente con las leyes y normas que regulan a los residuos peligrosos, una de estas opciones es el llamado **Reciclaje**.<sup>[36]</sup>

En el caso de los disolventes, el **Reciclaje** es una opción que por sus ventajas económicas, no solo permite al generador cumplir con la ley sino lo libera de toda responsabilidad, además de esto nos permite aprovechar los químicos y solventes al máximo de sus posibilidades, pues si al reciclarlos no es posible utilizarlos en la misma industria que los generó, si en alguna otra alterna, de ésta manera cumpliendo no sólo con lo que marca la ley sino con la obligación del aprovechamiento máximo de nuestros recursos.

#### **7.1 RECICLAJE DE DISOLVENTES**

En la actualidad es difícil encontrar una industria que no use alguna forma de disolvente en sus etapas de operación o en la fabricación de los materiales que comercializa.

Esto significa que cada año cientos de toneladas de recursos son extraídos de la tierra, sólo para producir disolventes y en consecuencia originar posteriormente solventes usados a los que deberá dárseles una adecuada disposición.

Se terminaron los días en que los recursos del planeta se veían interminables, estamos aprendiendo que no podemos tirar materiales usados sólo porque hemos terminado de usarlos, esto es muy costoso desde los puntos de vista ambiental y económico.

Nuestro objetivo debiera ser, devolver a la tierra todo lo que tomemos de ella básicamente en la misma forma en la que lo encontramos aún no poseemos la tecnología para hacer esto completamente pero mediante el reciclaje podemos hacer más eficiente el uso de los materiales extraídos.

Los disolventes son agentes diluyentes orgánicos que en su forma virgen se usan en los diferentes procesos de producción industrial para limpieza, extracción o como medios químicos

como en el caso de pinturas. Si no son consumidos como parte del proceso de producción normalmente se contaminan con partículas orgánicas y otras sustancias que los convierten en inservibles, resultando en la mayoría de los casos disolventes usados, gastados, sucios o contaminados que pueden recuperarse para usarse posteriormente por la misma industria que los generó o en una alterna si hubiera alguna restricción que impidiera el uso de disolventes reciclados en una industria en particular.

El reciclaje de disolventes es una opción que tiene gran atractivo, si se considera que los precios de solventes vírgenes se incrementan cada día y sobre todo que las reglamentaciones de carácter ambiental se vuelven más estrictas.

La tecnología básica de **Reciclaje** es un concepto simple, si el disolvente sucio contiene materiales pesados, se les permite asentarse, entonces el disolvente contaminado se calienta permitiendo con esto que vaporice y posteriormente es condensado como disolvente líquido limpio, mientras que los residuos contaminantes conocidos como sedimentos se separan y disponen de una manera adecuada (Incineración, Confinamiento controlado), en algunos casos éstos sirven de combustible que provee parte de la energía que requiere el sistema para calentarse.

### **7.2 PASOS EN EL RECICLAJE.**

El análisis de una muestra representativa del solvente sucio o contaminado es el primer paso en el proceso de reciclaje. El Laboratorio de Análisis y control de calidad del reciclador determina que contaminantes se presentan en el material analizado, de donde se desarrolla un estimado del porcentaje (%) de recuperación y se pueden calcular costos para determinar la justificación económica del reciclaje.

Al determinarse que el reciclaje es la opción económica de disposición del solvente usado, existen actualmente tres métodos de trabajo:

1) Para aquellos disolventes cuyo valor residual justifique el reciclaje y venta posterior en el mercado industrial en general, el reciclador compra el solvente contaminado del usuario (generador), obteniendo éste la utilidad de la reducción de costo en la compra de material virgen de su fuente de abastecimiento habitual.

2) El usuario (generador) paga al reciclador una cantidad predeterminada por retirar el solvente contaminado y por responsabilizarse de la correcta disposición del material, en éste caso se emiten los certificados, recibos y se mantienen los registros correspondientes para satisfacer los requisitos legales en vigor.

La utilidad para el generador está en el ahorro que tiene en el costo de almacenaje, en la disposición del solvente usado y no menos importante en transferir al reciclador la responsabilidad legal de una adecuada disposición conforme a las leyes y reglamentos vigentes.

3) Finalmente para aquellos productos que por justificación económica o comercial, no se pueden vender directamente en el mercado industrial, el solvente reciclado ya limpio es devuelto al mismo generador mediante un cargo por el proceso de reciclaje que en todo caso es menor que el costo del material virgen, ahorrando el usuario tanto en la compra como en el costo en que hubiera tenido que incurrir por la disposición del material usado.

Una vez seleccionado el método de trabajo, el reciclador procede a recoger en las instalaciones del generador el material en tambores o en tanques a granel.

## **Reciclaje de Disolventes**

Es importante mencionar que la máxima eficiencia en el reciclaje resulta cuando el generador segrega adecuadamente los diferentes materiales a reciclar en tanque o tambores por tipo de solvente usado.

Ya en la planta del reciclador un nuevo análisis determinara si el lote completo tiene las mismas características de la muestra original. Es entonces cuando se procesa el material mediante el sistema de destilación predeterminado, seleccionándose: Destilación al Vacío, Azeotrópica, por Arrastre de Vapor, Fraccionada o bien una combinación de dos columnas de Destilación.

El disolvente una vez procesado, debe ser analizado para verificar que cumpla con las especificaciones técnicas comerciales y sólo entonces puede ser devuelto al generador o vendido en el mercado general.

### **7.3 TIPOS DE DESTILACION<sup>[27]</sup>**

**7.3.1 Destilación Simple o a Presión Atmosférica** Técnica usada para la separación de un par de líquidos cuyos puntos de ebullición difieran por 50 a 70 °C o más. Un sistema de este tipo no es muy eficiente y no dará una separación limpia de líquidos que posean una diferencia de puntos de ebullición menor que la citada, pues aunque el componente más volátil destile mucho antes, será contaminado con el componente de mayor punto de ebullición (menos volátil) aún en las primeras etapas de la destilación.

**7.3.2 Destilación al Vacío o a Presión Reducida**

Esta técnica se fundamenta en la característica de que el punto de ebullición de una sustancia depende de la presión absoluta, por lo que se podrá disminuir éste, reduciendo la presión a la cual se efectúa la destilación (100 mm Hg o menos).

Se usa principalmente en los casos de líquidos y aceites con puntos de ebullición que son demasiado altos (mayores de 200 °C ) para permitir la destilación a presión atmosférica sin causar su descomposición térmica parcial o completa (algunos materiales se descomponen a temperaturas cercanas a sus puntos de ebullición o antes).

Usando un sistema destilador de éste tipo se disminuye la cantidad de energía requerida para evaporar el material con lo cual se disminuyen los costos.

**7.3.3 Destilación Azeotrópica**

En ésta técnica, una sustancia es adicionada a la mezcla por separar con el fin de formar una mezcla azeotrópica con uno o más de los componentes de la mezcla original.

El azeótropo o azeótropos así formados tendrán puntos de ebullición diferentes a los de la mezcla original y esto permitirá mayor facilidad de la separación.

Los componentes del azeótropo se comportan como si se tratara de un sólo producto.

#### 7.3.4 Destilación por Arrastre de Vapor

La técnica es usada para separar sustancias líquidas a partir de impurezas no volátiles incluyendo contaminantes inorgánicos, es aplicable sólo para líquidos completamente inmiscibles con el agua o miscibles con ella en cantidades muy pequeñas.

El proceso es esencialmente una codestilación con agua y es realizado pasando una corriente de vapor a través de la mezcla caliente de el material a destilarse y agua ( el vapor de agua arrastra el producto a purificar).

Siempre que el compuesto posea una apreciable presión de vapor (5 mm Hg o más a 100 °C) será transportado (removido) con el vapor y siendo inmisible puede ser fácilmente separado del destilado. Una de las ventajas de este tipo de destilación es que la temperatura nunca excede el punto de ebullición del agua; esto permite aislar y purificar sustancias de alto punto de ebullición que son demasiado sensibles al calor para resistir la destilación ordinaria (algunos líquidos se descomponen a la temperatura de ebullición o cerca de ella).

El método es también de importancia en la separación de materiales volátiles a partir de compuestos indeseables que frecuentemente se producen durante el curso de una reacción orgánica como resinas, sales inorgánicas, etc. y que no pueden ser removidos fácilmente por destilación simple o cristalización.

**7.3.5 Destilación Fraccionada** Este tipo de destilación se utiliza cuando la diferencia en puntos de ebullición entre los componentes de una mezcla por separar es menor de 50 °C. En el mejor de los casos permitirá la separación de líquidos cuyos puntos de ebullición difieran solamente unos cuantos °C.

Durante la destilación se separan los diversos componentes de una mezcla aprovechando sus diferentes puntos de ebullición.

Esta técnica es usada generalmente para mejorar la eficiencia de una separación a través de la columna de fraccionamiento.

El sistema utilizado en el reciclaje influye bastante en la clase de producto que los recicladores pueden procesar económicamente.

Desde el punto de vista tecnológico cualquier disolvente puede ser reciclado a un punto tal, que pueda ser reutilizado si bien no en su propósito original, sí en una aplicación alterna.

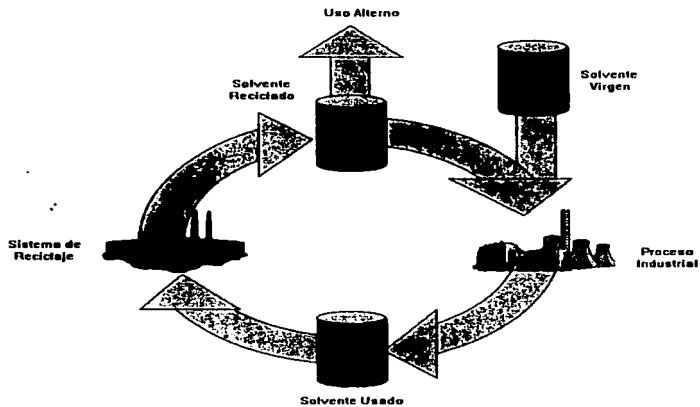


fig. 7.1.- Reciclaje de un Disolvente



Fig. 7.2.- Ciclo de Vida de un Producto.



#### **7.4 COSTOS DEL RECICLAJE**

En algunos casos el factor limitante en el proceso de reciclaje es el económico pero aún así, puede ser conveniente si los costos de disposición son elevados.

Ciertos factores rigen el aspecto económico del reciclaje de disolventes:

- 1) El porcentaje de recuperación, que puede variar de un 20% o menos hasta un 90% o más dependiendo del grado de contaminación inicial presente en el disolvente y de la eficiencia de la separación así como del sistema de condensación usados.
  
- 2) El costo del reciclaje propiamente. Un material con un punto de ebullición alto (por ejemplo 160 °C) requerirá mayor cantidad de energía que un material cuyo punto de ebullición sea de 90 °C.  
Asimismo, el costo de reciclaje varía dependiendo de la forma en que el solvente gastado o usado se presente, considerando por ejemplo la mezcla de diferentes residuos en uno mismo.
  
- 3) Finalmente, está el costo del material vírgen.

Estos tres factores en conjunto determinan la viabilidad del reciclaje de un disolvente en particular.

En el caso de un disolvente muy caro con porcentajes de recuperación del 20% puede hacer práctico el reciclaje aún a costos relativamente altos.

Existe un factor adicional que empieza a jugar un papel importante en la actualidad debido a las reglamentaciones de control y mejoramiento ambiental y que debe considerarse en el análisis económico del reciclaje, este factor es el costo de disposición del disolvente sin reciclar.

### **7.5 BENEFICIOS DEL RECICLAJE**

Más allá de los ahorros directos obvios que representa el reciclaje de disolventes, están los ahorros indirectos que resultan del cumplimiento con las reglamentaciones de carácter ambiental en vigor.

La Secretaría de Desarrollo Social (**SEDESOL**) clasifica a todos los disolventes usados como materiales peligrosos y como tales, la responsabilidad de una disposición adecuada es del generador.

Existe ya una reglamentación muy precisa en cuanto a la generación y disposición adecuada de los residuos peligrosos.

La ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente especifica que toda instalación de sistemas para la recolección , almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de estos residuos requiere de una autorización previa de la **SEDESOL**. Además de esto aclara que todos los materiales definidos como peligrosos deberán ser manejados bajo las normas técnicas ecológicas que especifica la Secretaría. ( fig. 7.3, 7.4 y 7.5)

La ley es aplicable también para cualquier actividad generadora o de manejo en la que existan estos residuos.

## **Reciclaje de Disolventes**

En el caso de instalaciones de tratamiento, confinamiento y eliminación de residuos, se debe presentar también el manifiesto sobre impacto ambiental de acuerdo con el reglamento en materia de residuos peligrosos.<sup>(14.2, 14.4)</sup> ( fig. 7.3, 7.4 y 7.5).

El reciclaje de disolventes tiene una justificación económica pero a largo plazo éste beneficio puede probar ser muy pequeño. El verdadero argumento para reciclar va más allá del beneficio económico, se debe reciclar para cumplir con una obligación que se presenta cada vez más aparente en la medida en que nos acercamos al final de éste siglo, caracterizado por cambios económicos sin precedente y extraordinario desarrollo tecnológico. Esa obligación consiste en proteger la calidad de nuestro ambiente y utilizar inteligentemente los recursos para que las futuras generaciones puedan gozar de las mismas oportunidades de progreso y bienestar que tenemos. Este es a largo plazo el verdadero beneficio del reciclaje y para gozar de él necesitamos empezar hoy.

### **7.6 PERSPECTIVAS DE LOS DISOLVENTES ORGANICOS.**

A medida que los conceptos regulatorios se han desarrollado, las regulaciones que afectan a la industria de recubrimientos en E.U. han sido mas estrictos.

La primera regulación establecida para controlar la composición de los disolventes en la Industria de recubrimientos fue la regla 66, adoptada en 1967 por el Distrito de Control de la Contaminación atmosférica en los Angeles, California, ésta restringía el uso de las fracciones de Cetonas ramificadas e Hidrocarburos aromáticos en las formulaciones; fundamentándose en el hecho de que algunos disolventes contribuían más que otros a la contaminación del aire Troposférico por Ozono. Con el tiempo otras jurisdicciones adoptaron reglas similares.

## **Reciclaje de Disolventes**

---

Entre las regulaciones con mayor impacto sobre la industria de recubrimientos se encuentra la ley actual del "Aire Limpio" (Clean Air Act) de 1990 diseñada para:

1. **Controlar y disminuir las emisiones de Ozono a la Troposfera, mediante la reducción en la emisión de compuestos orgánicos volátiles (VOC'S) considerados como precursores del Ozono, prohibiendo para ello el uso de sustancias químicas cuyos vapores en la atmósfera sean fotoquímicamente reactivos en presencia de Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y luz solar.**
2. **Controlar la disminución del Ozono Estratosférico, a través de la eliminación de las sustancias químicas (ODS'S, Ozone Depleting Substances) que contengan Cloro o Bromo con un tiempo de vida atmosférico suficiente para sobrevivir después de transferirse a la Estratosfera y afectar negativamente a la capa de Ozono presente ahí. El 1,1,1-Tricloroetano y los Clorofluorocarbonos son el ejemplo más prominente.**
3. **Reducir la presencia de contaminantes nocivos o peligrosos en el aire (HAP'S) un Hazardous Air Pollutant (HAP) es cualquiera de los 189 productos químicos identificados por la E.P.A. (Environmental Protection Agency) de E.U. como tóxicos en la atmósfera. La lista incluye muchos disolventes orgánicos comúnmente usados por la industria de recubrimientos como Tolueno, Xileno, MEK y MIBK.**

En México, el problema de la contaminación atmosférica es crítico a pesar de la vigencia de una Normatividad Ambiental y su principal origen se encuentra no precisamente en la industria de recubrimientos.

Como es del conocimiento de todos, ésta problemática se agudiza en las grandes zonas urbanas donde existe mayor afluencia vehicular y centralización industrial.

En lo que respecta a la industria de recubrimientos y disolventes, además de las legislaciones ecológicas que les aplican directamente, no existe alguna específica que regule estrictamente la cantidad y tipo de disolventes usados tanto en la formulación de recubrimientos base solvente como durante su aplicación ( Adelgazadores o Thinners); a esto se suma la falta de control sobre el comercio subterráneo de productos químicos.

Pese al esfuerzo de algunas industrias sobre todo de origen transnacional, en el sentido de procurarse el mejoramiento de su entorno Ecológico y a la aplicación de las diversas normas ambientales por parte del INE y SEDESOL, aún no se han logrado avances significativos, pues no se ha atacado la fuente principal del problema, que radica en la alta producción de VOC'S por las emisiones de los vehículos automotores básicamente en las zonas de alto índice de tráfico y las consecuencias son evidentes casi a diario.

La actuación de las dependencias gubernamentales encargadas de proteger el medio ambiente debería ser en el sentido de adaptar e implementar en nuestro País, regulaciones análogas a las de E.U.; sin embargo, por toda la serie de problemas que deben superarse para el establecimiento y buen funcionamiento de un sistema de ése tipo, las soluciones globales a fondo se vislumbran muy remotas, pues no van mas allá de la puesta en marcha de sus planes de contingencia ambiental que en teoría representan solamente un intento aislado de disminuir el problema.

Las legislaciones Ambientales cada vez más estrictas pero necesarias, afectan la cantidad y tipo de disolventes a usar e irremediablemente conducen a una disminución de las opciones disponibles para la formulación de recubrimientos, por lo que la selección y diseño de mezclas disolventes será paulatinamente más crítica.

### **Reciclaje de Disolventes**

Bajo estas circunstancias, se espera en los próximos años una disminución en el uso de disolventes orgánicos con la tendencia a su desaparición, situación que se irá agudizando con el tiempo a medida que se agoten las reservas Energéticas (principalmente el Petróleo) y se obtengan tecnologías nuevas así como sustitutos adecuados que no pongan en riesgo la existencia de todas las formas de vida en nuestro planeta.

**Reciclaje de Disolventes**

**FIG. 7.3.- MANIFIESTO PARA EMPRESA GENERADORA DE RESIDUOS PELIGROSOS**

PARA SER LLENADO POR SEMARNAP  
CODIGO DE IDENTIFICACION

**1- IDENTIFICACION**

1.1. RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_  
 1.2. DIRECCION Y C. P. \_\_\_\_\_ EDO. \_\_\_\_\_  
 MUNICIPIO O DELEGACION \_\_\_\_\_ TEL. \_\_\_\_\_  
 1.3. GIRO SEGUN CLAVE CMAP. \_\_\_\_\_  
 1.4. NOMBRE DEL TECNICO RESPONSABLE \_\_\_\_\_  
 1.5. LICENCIA DE SEDESOL No. \_\_\_\_\_

**2- CARACTERISTICAS DEL RESIDUO:**

2.1. ESTADO FISICO  SOLIDO  LIQUIDO  GASEOSO  LODO  GEL  POLVO  OTRO \_\_\_\_\_  
 2.2. POTENCIAL DE HIDROGENO pH:  ACIDO  BASE  NEUTRO

**2.3 VOLUMEN O PESO DEL RESIDUO GENERADO ANUALMENTE EN TONELADAS O METROS CUBICOS:** \_\_\_\_\_

<p><b>2.4 COMPOSICION QUIMICA:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p><b>2.5 CARACTERISTICAS DE PELIGROSIDAD DE ACUERDO CON LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL/93 Y CON LA NOM-053-ECOL/93</b></p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> CORROSIVO</td> <td><input type="checkbox"/> TOXICO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> REACTIVO</td> <td><input type="checkbox"/> INFLAMABLE</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> EXPLOSIVO</td> <td><input type="checkbox"/> BIOLÓGICO INFECTIOSO</td> </tr> </table> <p>TOTAL 100 %</p>	<input type="checkbox"/> CORROSIVO	<input type="checkbox"/> TOXICO	<input type="checkbox"/> REACTIVO	<input type="checkbox"/> INFLAMABLE	<input type="checkbox"/> EXPLOSIVO	<input type="checkbox"/> BIOLÓGICO INFECTIOSO
<input type="checkbox"/> CORROSIVO	<input type="checkbox"/> TOXICO						
<input type="checkbox"/> REACTIVO	<input type="checkbox"/> INFLAMABLE						
<input type="checkbox"/> EXPLOSIVO	<input type="checkbox"/> BIOLÓGICO INFECTIOSO						

**2.5 DESCRIPCION DEL PROCESO INDICANDO LA OPERACION DONDE SE GENERA EL RESIDUO.**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3.- MANEJO DEL RESIDUO DENTRO DE LA EMPRESA**

3.1 ALMACENAMIENTO:  EN GRANEL BAJO TEGHO  EN TOLVA  EN CONT. MET  EN CONT. DE PLAS  
 DIARIA  FUERA DE LA EMPRESA  OTROS CAPACIDAD \_\_\_\_\_  
 3.2 RECOLECCION  2 VECES POR SEM  UNA VEZ POR SEM  OTRA \_\_\_\_\_  
 3.3 DISPOSICION FINAL  DENTRO DE LA EMPRESA  
 3.4 DESCRIPCION DEL METODO O SITIO DE DISPOSICION FINAL \_\_\_\_\_  
 ¿ SE LE DA TRATAMIENTO ?  SI  NO  
 ¿ SE LE DA DISPOSICION FINAL EN ALGUN SITIO ?  SI  NO

**EN CASO DE HACERLO DESCRIBA EL METODO DE TRATAMIENTO O SITIO DE DISPOSICION FINAL**

\_\_\_\_\_

**3.5 CERTIFICACION DEL GENERADOR: DECLARO QUE TODA LA INFORMACION INCLUIDA EN ESTE MANIFIESTO ES COMPLETA Y VERDICA**

\_\_\_\_\_  
LUGAR Y FECHA

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y FIRMA

FIG. 7.4.- MANIFIESTO DE ENTREGA TRANSPORTE Y RECEPCION DE RESIDUOS PELIGROSOS

G E N E R A D O R	1.- IDENTIFICACION	No. DE REGISTRO SEMARNAP	No. DE MANIFIESTO	9.- PAGINA
	3.- RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA			
R E C I B I D O R	DOMICILIO	C. P.		
	MUNICIPIO O DELEGACION	EDO		
	4.- TEL. (S)	LICENCIA DE SEMARNAP No.		
D E S C R I P C I O N	5.- DESCRIPCION (Nombre del residuo y características CRETIB)	CONTENEDOR		CANTIDAD TOTAL
		CAPACIDAD	TIPO	DE RESIDUO
				VOLUMEN/PESO
O B S E R V A C I O N	6.- INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO			
	7.- CERTIFICACION DEL GENERADOR DECLARO QUE EL CONTENIDO DE ESTE LOTE ESTA TOTAL Y CORRECTAMENTE DESCRITO MEDIANTE EL NOMBRE DEL RESIDUO, CARACTERISTICAS CRETIB, BIEN EMPACADO, MARCADO Y ROTULADO, Y QUE SE HAN PREVISTO, LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA SU TRANSPORTE POR VIA TERRESTRE DE ACUERDO A LA LEGISLACION NACIONAL VIGENTE			
T R A N S P O R T E	NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE			
	8.- NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA			
	DOMICILIO		TEL.	
	No. DE REGISTRO S C T			
P E R I O D I C I D A D	9.- RECIBI LOS MATERIALES DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE			
	NOMBRE:	CARGO	FIRMA	
	FECHA DE EMBARQUE:	DIA MES AÑO		
R E C I B I D O R	10.- RUTA DESDE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA			
	11.- TIPO DE VEHICULO	No. DE PLACAS		
D E S T I N A T A R I O	12.- NOMBRE DE LA EMPRESA		LICENCIA SEMARNAP	
	DOMICILIO			
O B S E R V A C I O N	13.- RECIBI LOS RESIDUOS DESCRITOS EN EL MANIFIESTO			
	OBSERVACIONES			
	NOMBRE:	CARGO	FIRMA	
	FECHA:			



FIG.7.8.-REPORTE SEMESTRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA EL RECICLAJE, TRATAMIENTO

LICENCIA DE SEMARNAP No. \_\_\_\_\_

INCINERACION O CONFINAMIENTO

CODIGO SEMARNAP: \_\_\_\_\_

NOMBRE DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_

TELEFONO \_\_\_\_\_

DOMICILIO Y CODIGO POSTAL \_\_\_\_\_

MUNICIPIO O DELEGACION \_\_\_\_\_

ESTADO \_\_\_\_\_

HOMBRE DE LA EMPRESA DE SERVICIO	CODIGO SEMARNAP	NOMBRE ESTADO FISICO Y CLAVE CREDITO DEL RESIDUO	VOLUMEN O PESO	FECHA DE ENVIO	SISTEMA DE TRATAMIENTO O DISP UTILIZADO	HOMBRE Y REGISTRO DEL TRANSPORTISTA	OBSERVACION

CERTIFICACION DEL PROPIETARIO U OPERADOR: "DECLARO QUE TODA LA INFORMACION INCLUIDA EN ESTE REPORTE ES VERIDICA Y COMPLETA"

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_

NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE \_\_\_\_\_

Reciclaje de Disolventes



# CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo, podemos mencionar que la información citada en él, es suficiente para cumplir con los objetivos de ilustrar acerca de la importancia de los disolventes orgánicos y su relación con los recubrimientos superficiales pues se estableció el fundamento de la relación ~~soluto-solvente~~ y se dieron los lineamientos generales para la elección de un disolvente, considerando sus características y propiedades, para complementar los aspectos teóricos citados, se analizaron 2 ejemplos de aplicación real de los disolventes a nivel industrial.

Así mismo, se ha puesto de manifiesto que con frecuencia el solucionar una necesidad dentro de la sociedad trae como consecuencia algún tipo de trastorno en su alrededor, que puede ser de mediano ó largo plazo. Tal es el caso de los disolventes orgánicos, los cuales después de cumplir su función para la que fueron usados, invariablemente se emiten en forma de Vapores a la atmósfera (Tropósfera), donde en su mayoría asumen el papel de VOC'S capaces de reaccionar fotoquímicamente y originar el Ozono contaminante así como sus repercusiones en las zonas urbanas. Por su parte, algunos otros disolventes con tiempos de vida atmosférica alta como los freones y el 1, 1, 1-tricloroetano actúan negativamente al destruir paulatinamente la capa de Ozono Estratosférica.

Ante éste panorama, es una necesidad prioritaria la búsqueda de soluciones globales a través de la creación de una Cultura Ecológica en la Población a todos los niveles, lo que implica la eliminación gradual y definitiva de las fuentes que originan esta Problemática Compleja.

---

## Conclusiones

Bajo estas circunstancias es evidente que mientras en el área de recubrimientos no se encuentren substitutos adecuados o se establezcan tecnologías de reemplazo para la producción y aplicación de recubrimientos base solvente, continuarán utilizándose disolventes y originando en consecuencia los riesgos y problemas potenciales derivados de su manejo, por lo que la contribución de las presentes y futuras generaciones de profesionistas e industriales relacionados con la Química en general y específicamente de aquellas áreas vinculadas con el uso de disolventes, deberá ser en el sentido de diseñar, modificar y proveer a los procesos industriales y todas las actividades relacionadas, de los medios adecuados para realizar operaciones "limpias" que satisfagan plenamente la Normatividad Ambiental en vigor.

Con acciones como:

- 1) Reciclar los materiales residuales factibles.
- 2) Eliminar al máximo las emisiones de VOC'S a la atmósfera.
- 3) Dar tratamiento y/o disposición adecuados a los desechos industriales generados.
- 4) Usar materiales más "amigables" con la naturaleza y menos psicotrópicos.

Propiciaremos un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales, tan necesario en la actualidad, disminuyendo al mismo tiempo una parte del grave problema de **polución** y sus repercusiones; lo que a mediano y largo plazo resultará en la preservación de nuestro entorno ecológico, del que tienen derecho a disfrutar las futuras generaciones y sobre el cual debemos concientizarnos para actuar de inmediato.

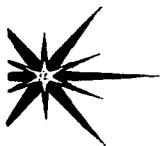
Finalmente, podemos concluir lo siguiente:

El presente trabajo bibliográfico constituye solamente la introducción y se espera, que oriente a los estudiantes y/o egresados de la carrera de Ingeniería Química, respecto, al

## Conclusiones

manejo de los disolventes orgánicos y sus diversas aplicaciones a nivel industrial. En este sentido, para llevar a cabo la correcta elección de un disolvente o mezcla de los mismos, además de considerar las características y parámetros citados en el texto, es importante realizar pruebas experimentales que contribuyan a satisfacer en su mayoría los requerimientos de una aplicación técnica.

Cabe mencionar que la Metodología de elección de disolventes puede extrapolarse a otras áreas relacionadas.



# APENDICE

TABLA 1A.- PROPIEDADES FISICAS DE LOS DISOLVENTES ORIGENADOS

DISOLVENTES	PESO MOLECULAR	GRAVEDAD ESPECÍFICA 20/20 °C	PRESIÓN DE VAPOR		EVAPORACIÓN RELATIVA	RANGO DE DESTILACIÓN a 1 ATM (°C)	SOLUBILIDAD		TEMPER	
			VAPOR				EN AGUA	AGUA EN	SUPERFICIAL	
			mm. Hg	°C					mg/100g	°C
<b>ALCOHOLÉS</b>										
ALCOHOL METILICO	32.04	0.790	100.00	21.2	3.50	64-65	COMP	COMP	22.0	23
ALCOHOL ETILICO	46.07	0.810	125.00	25	1.50	74-80	COMP	COMP	22.4	20
ALCOHOL n-PROPILO	60.10	0.804	14.50	20	0.90	66-68	COMP	COMP	21.8	20
ALCOHOL ISOPROPILO	60.10	0.788	32.80	20	1.30	60-63.0	COMP	COMP	21.3	20
ALCOHOL n- BUTILICO	74.12	0.811	5.50	25	0.46	106-118	7.8	20.1	24.0	20
ALCOHOL ISOBUTILICO	74.12	0.800	9.00	20	0.60	106-109	9.5	14.3	22.0	20
ALCOHOL AMILICO (1- PENTANOL)	88.15	0.814	2.90	20	0.30	127-133	1.7	8.2	23.8	20
ALCOHOL METANILICO (MIBOL)	102.18	0.805	2.20	20	0.30	130-133	1.6	6.3	22.8	20
ALCOHOL CICLOHEXILICO	100.16	0.947	0.90	20	0.05	160-162	0.1	11.8	35.1	20
ALCOHOL 2 ETIL HEXILICO	130.20	0.830	0.05	20	0.01	162-186	0.1	2.6	29.7	20
<b>ETERANES</b>										
ACETONA	58.08	0.792	185.00	20	5.70	55.5-57.1	COMP	COMP	22.3	20
METIL ETIL CETONA	72.11	0.802	70.20	20	3.80	74-80	2.1	12.5	24.6	20
METIL ISOBUTIL CETONA	100.16	0.802	15.00	20	1.60	114-117	2.0	1.0	23.6	20
DIISOBUTIL CETONA	142.23	0.811	1.40	20	0.20	163-176	0.05	0.75	24.6	20
ALCOHOL DACTONA	116.18	0.840	0.81	20	0.12	143-172	COMP	COMP	28.9	20
CICLOHEXANONA	98.16	0.848	3.40	20	0.31	134-156	2.5	8.0	27.7	20
SOFORONA	136.20	0.822	0.18	20	0.025	210-216	1.2	4.3	32.3	20
<b>ESTERES (ACETATO)</b>										
ACETATO DE METIL	74.09	0.840	171.30	20	5.30	55.9-58.2	2.0	7.3	25.9	20
ACETATO DE ETIL	88.11	0.801	86.00	20	4.10	75.5-78	7.4	3.3	23.8	20
ACETATO DE n- PROPILO	102.14	0.809	23.00	20	2.30	66-103	2.3	2.6	24.3	20
ACETATO DE ISOPROPILO	102.13	0.873	47.50	20	3.00	85-90	2.9	1.8	22.1	20
ACETATO DE n- BUTILO	116.16	0.803	10.90	20	1.00	122-128	0.7	1.6	25.1	20
ACETATO DE ISOBUTILO	116.20	0.870	12.50	20	1.40	112-119	0.75	1.64	23.1	20
ACETATO DE METIL AMILO	130.19	0.876	4.50	20	0.42	140-150	0.2	0.8	26.5	20
ACETATO DE METIL AMILO	144.21	0.958	3.80	20	0.50	146-150	0.1	0.6	22.9	20
ACETATO DE BUTILCELOSOLVE	160.22	0.942	0.20	20	0.37	168-167	1.1	1.8	30.3	20
ACETATO DE CELOSOLVE	132.18	0.974	1.70	20	0.20	156-166	23.8	6.5	28.2	20
<b>GLICOLÉTEROS</b>										
METIL CELOSOLVE (EM)	76.10	0.965	0.70	25	0.58	124-125	COMP	COMP	31.82	15
ETIL CELOSOLVE (EE)	90.12	0.901	5.30	25	0.26	122-136	COMP	COMP	29.3	20
BUTIL CELOSOLVE (EB)	118.17	0.902	0.66	25	0.068	169-173	COMP	COMP	26.6	20
METIL CARBITOL (DM)	120.15	1.020	0.18	25	0.02	186-196	COMP	COMP	34.8	25
ETIL CARBITOL (DE)	134.17	0.990	0.13	25	0.13	196-204	COMP	COMP	32.2	20
BUTIL CARBITOL (DB)	162.20	0.952	0.023	25	0.0025	220-231	COMP	COMP	30.0	20

TABLA 1B.- PROPIEDADES FISICAS DE LOS DISOLVENTES OXIGENADOS

DISOLVENTES	VICORGAD		AZEOTROPO		RESISTENCIA AL BLUSH	VISCOSIDAD HC RS 10°	RELACION DE		CONSTANTES DE SOLVENTES		
	META		PTO. DE EB.	% PESO			DILUCION	PARAL.	ENLACES	MOMENTO	
	°C	°C	[°C]	AGUA							AL. EN A 25 °C
ALCOHOL METILICO	0.80	20	NO				2.2	0.5	14.8	18.7	1.7
ALCOHOL ETILICO	1.40	20	78.1	4.6		20			12.7	19.7	1.7
ALCOHOL n-PROPILO	2.00	25	87.0	28.3		INSOLUBLE			11.9	18.7	1.7
ALCOHOL ISOPROPILO	2.40	20	80.3	12.8		INSOLUBLE			11.5	18.7	1.7
ALCOHOL n-BUTILICO	3.00	20	82.7	42.5		INSOLUBLE			11.4	18.7	1.7
ALCOHOL ISOBUTILICO	4.00	20	89.8	33.0		INSOLUBLE			10.5	18.7	1.8
ALCOHOL AMILICO (1-PENTANOL)	4.30	20	85.8	54.4		INSOLUBLE			11.1	18.7	1.7
ALCOHOL METILAMILICO (MIB D)	3.80	25	84.3	43.3		INSOLUBLE			10.0	18.7	1.7
ALCOHOL CICLOHEXILICO	52.70	25	97.8	80.0		INSOLUBLE			11.4	18.7	1.7
ALCOHOL 2 ETILHEXILICO	7.70	25	86.1	60.0		INSOLUBLE			8.5	18.7	1.4
CETONA											
ACETONA	0.33	20	NO		20.0	7	4.8	0.5	10.0	8.7	2.8
METIL ETIL CETONA	0.43	20	73.4	11.0	45.0	10	4.3	0.8	8.3	7.7	2.7
METIL ISOBUTIL CETONA	0.60	20	87.8	24.3	78.0	18	3.5	1.0	8.4	7.7	2.7
DIISOBUTIL CETONA	0.85	20	87.0	51.8	95.0	48	1.5	0.8	7.8	8.4	2.7
ALCOHOL DIACETONA	3.20	20	88.8	87.0	78.0	128	3.0	0.5	9.2	15.0	2.5
DILOXAZANONA	2.20	20	85.0	81.8	92.0	74	5.7	1.1	9.7	11.7	3.1
SOFORONA	2.80	20	89.5	83.8	97.0	110	6.2	1.2	9.1	12.0	3.0
ESTEROS (ACETATOS)											
ACETATO DE METIL	0.41	20	86.1	5.00	20.0	14	2.8	0.8	8.8	8.4	1.7
ACETATO DE ETILO	0.45	25	70.4	8.5	38.0	20	3.1	1.1	9.1	8.4	1.8
ACETATO DE n-PROPILO	0.58	20	82.4	14.0	85.0	22	3.2	1.5	8.8	8.6	1.8
ACETATO DE ISOPROPILO	0.60	20	76.6	10.6	82.0	22	3.0	1.2	8.4	8.6	1.8
ACETATO DE n-BUTILIO	0.71	20	80.2	28.7	83.0	30	2.7	1.2	8.5	8.8	1.8
ACETATO DE ISOBUTILIO	0.70	20	37.4	18.5	80.0	32	2.7	1.1	8.3	8.8	1.8
ACETATO DE AMILIO	0.90	20	85.2	41.0	82.0	40	2.3	1.3	8.5	8.0	1.8
ACETATO DE METILAMILIO	0.98	25	84.8	38.7	82.0	54	1.7	1.0	8.0	8.0	1.8
ACETATO DE BUTILCELOSOLVE	1.80	20	88.8	71.8	88.0	188	1.8	1.2	8.5	8.4	1.8
ACETATO DE CELOSOLVE	1.30	20	87.4	45.0	84.0	130	2.5	0.9	8.7	8.4	1.8
ALCOHOL ETILCELLOSOLVE (EE)	1.72	20	100.0	84.7	43.0	120	4.0	0.9	10.8	13.6	2.0
ETIL CELLOSOLVE (EE)	2.10	20	88.2	87.0	58.0	73	4.8	1.1	9.9	13.0	1.9
BUTIL CELLOSOLVE (EB)	2.82	25	88.8	79.2	88.0	101	3.4	2.1	8.8	13.0	1.8
METIL CARBITOL (EM)	3.80	20	NO		78.0	124	2.3	0.8	8.6	13.0	1.8
ETIL CARBITOL (EM)	4.50	20	NO		76.0	180	1.9	0.2	9.6	13.0	1.6
BUTIL CARBITOL (EB)	4.74	25	NO		85.0	255	3.8	1.8	8.9	13.0	1.8



TABLA 1C.- PROPIEDADES FISICAS DE LOS DISOLVENTES ORIGENADOS

DISOLVENTES	PUNTO DE EMLACION TCC (°C)	LIMITE INFERIOR EXPLOSION NIVOL	LIMITE SUPERIOR EXPLOSION NIVOL	COEFICIENTE DE EXPANSION DE AIRE en °C	RESISTENCIA ELECTRICA (MEGACHMS)	VALOR LIMITE DE LIMBLAL T.A.V. (ppm)	L.D.L.M. NIVOL	DENSIDAD DE VAPOR (g cc <sup>-1</sup> )	TEMPERATURA AUTOIGNICION (°C)	COSTO (\$/LT)	
<b>ALCOHOLICOS</b>											
ALCOHOL METILICO	100	8.7	38.0	0.00118	<-1	220	25,000	1.11	365	1.45	
ALCOHOL ETILICO	155	3.3	19.0	0.00110	<-1	1000		1.59	423	5.90	
ALCOHOL n-PROPILO	213	2.1	13.5	0.00096	<-2	200	4000	2.07	440		
ALCOHOL ISOPROPILO	12.8	2.0	12.0	0.00104	<-2	400	20,000	2.07	398	4.40	
ALCOHOL n- BUTILICO	38.1	1.4	11.2	0.00090	<-2	100	8000	2.55	365	6.20	
ALCOHOL ISOBUTILICO	29.4	1.7	9.8	0.00096	<-2	150	10,000	2.55	438		
ALCOHOL AMILICO (1- PENTANOL)	33.0	1.2	10.0	0.00092	0.2	200		3.04	300		
ALCOHOL METILAMILICO (MIBCL)	40.0	1.0	5.5	0.00103	0.2	25		3.53	305		
ALCOHOL CICLOHEXILICO	88.0			0.00077	0.4	50	3500	3.45	300		
ALCOHOL 2 ETIL HEXILICO	81.0	0.9	8.7	0.00088	>20.0	400		4.48	320		
<b>ETERICOS</b>											
ACETONA	-20.0	2.8	12.8	0.00143	<-0.1	750	20,000	2.80	465	5.20	
METIL ETIL CETONA	-8.9	1.6	10.0	0.00131	0.2	200	3000	2.42	516	12.20	
METIL ISOBUTIL CETONA	18.0	1.4	7.5	0.00115	0.4	50		3.45	439	8.40	
DIISOBUTIL CETONA	48.8	0.8 a 102°C	6.2 a 102°C	0.00102	0.4	25		7.90	645		
ALCOHOL DIBACETONA	52.3	1.8	8.8	0.00094	<-1	50	2100	4.00	603		
GLDHEXANONA	43.9	1.1 a °C		0.00094	<-1	25	2200	3.40	420	14.50	
SOPORONA	81.6	0.8	3.8	0.00085	<-1	10	800	4.77	462	20.10	
<b>ESTERES (ESTERACION)</b>											
ACETATO DE METILO	-12.7	3.0	16.0		0.4	250					
ACETATO DE ETILO	-4.4	2.2	11.0	0.00134		200	400	10,000	3.04	427	7.40
ACETATO DE n- PROPILO	12.8	2.0	8.0	0.00128	>20.0	200	8000	3.52	450		
ACETATO DE ISOPROPILO	1.8	1.8	7.8	0.00131	>20.0	250	16,000	3.52	460	8.50	
ACETATO DE n- BUTILO	27.2	1.7	7.8	0.00121	>20.0	150	10,000		425	8.20	
ACETATO DE ISOBUTILO	20.5	1.7	10.5	0.00128	>20.0	150	7500		423		
ACETATO DE AMILO	41.1	1.1	7.5	0.00115		160	100	4000	4.50	379	
ACETATO DE METIL AMILO	35.5		18.7	0.00110	>20.0				4.67		
ACETATO DE BUTILCELOSOLVE	79.2			0.00104	>20.0						
ACETATO DE CELLOSOLVE	59.4	1.7		0.00112	4.0	100	2500	4.72	379	12.80	
<b>QUINONES</b>											
METIL CELOSOLVE (EM)	46.1	2.5	14.0	0.00100	<-1	25	4500	2.62	285	12.40	
ETIL CELOSOLVE (EE)	43.3	1.8	14.0	0.00099	<-1	200	6000	3.10	235	11.10	
BUTIL CELOSOLVE (EB)	61.6	1.7	10.8	0.00097	<-2	100	700		245	8.00	
METIL CARBITOL (DM)	88.3			0.00091	<-2			4.14			
ETIL CARBITOL (DE)	80.55			0.00088	<-2			4.62	220		
BUTIL CARBITOL (DB)	111.1			0.00086	<-3			5.58	228		

TABLA No. 2 PROPIEDADES FISICAS DE DISOLVENTES HIDROCARBONADOS

DISOLVENTES	PESO MOLECULAR	GRAVEDAD ESPECIFICA 20/20 °C	EVAPOR RELATIVA AC. BUT+10	RANGO DE DESTILACION (°C) A 1 ATM	PUNTO DE INFLAMAC TOC (°C)	LIMITE EXPLOSIVOS			PRESION DE VAPOR		TENSION SUPERFICIAL		VALOR KAURI	PUNTO DE ANILERA (°C)	VISCOSIDAD META			CONSTANTES DE SOLVENTES			T.L.V. DE VAPOR (ppm)	DENSIDAD DE VAPOR (g/cm <sup>3</sup> )	TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C)	COSTO (\$/LT)	
						% VOL. EN AIRE	L.I.E.		L.S.E.		mm. Hg	°C			Dinámico		°C	PARAM. SOLUB.							
							L.I.E.	L.S.E.	mm. Hg	°C					cp	°C		SOLUB.	EHL. H.	MOU. DP.					
OCLOHEXANO	84.2	0.778	5.6	79.81	-17.0	1.3	8.4	79.0	20	24.98	20	50.0		0.98		8.2	0	0	500	2.90	243				
GAS NAFTA		0.775		140-190	32.0	1.0	6.0					25.0							500				2.8		
GASOLVENTE		0.716		75-140	32.0	1.0	6.0					35.0							500				2.5		
HEPTANO	100.2	0.690	4.5	93.98	-3.0	1.05	6.7	45.0	20	20.3	20	32.0		0.418	20	7.4	0	0	500	3.45	223	2.4			
HEXANO	86.2	0.664	8.1	66.71	-4.0	1.2	7.5	140.0	20	17.9	25	33.0	65.5	0.312	20	7.3	0	0	500	2.97	222	2.2			
PENTANO	72.1	0.632	13.0	35.39	-20.0	1.4	7.8	439.0	20	15.48	20			0.235	20	7.0	0	0	1000	2.48	215				
AROMA-100	120.0	0.872	0.2	156-173	42.2	1.0	6.0	1.0	20	29.7	20	91.4	13.3M	0.78	25				200		462	2.86			
AROMA-150	136.0	0.900	0.04	184-210	65.5	1.0	6.0	1.0	20	30.6	20	90.0	16.6M	1.20	20				290		486	4.3			
TOLUENO	92.1	0.866	1.65	110-112	7.0	1.27	7.0	38.0	20	29.5	20	105.0	10.5	0.567	25	8.9	4.5	0.4	100	3.14	552	2.49			
XILENO	106.2	0.827	0.75	138-142	29.0	1.0	7.0	9.5	20	28.7	20	98.0	11.1	0.816	25	8.8	4.5	0.4	100	3.66	560	2.7			
CLORURO DE METILENO																									
CLORURO DE METILENO	84.9	1.328	14.6	40-48	NINGUNO	14.8	22.0	340.0	20	26.5	20				0.33	25	8.7	1.5	1.5	50	2.83	662	10.5		
TRICLOROETANO	133.4	1.325	6.0	74-93	IZQUIERDO	8.0	10.5	100.0	20	25.6	20			0.79	25	8.3	1.5	1.2	350	4.56	537	15.2			
TRICLOROETILENO	131.4	1.456	4.46	87-83	NINGUNO	8.0	10.5	59.0	20	29.5	20			0.57	20	8.3			100	4.53	420	12.2			
PERCLOROETILENO	165.8	1.620	2.1	121-123	NINGUNO	10.0	10.0	13.0	20	31.2	20			0.80	30	8.3			100	5.83	NO	8.8			

TABLA No. 3 PROPIEDADES FISICAS DE DISOLVENTES TERPENICOS Y VARIOS

DISOLVENTES	PESO MOLECULAR	GRAVEDAD ESPECIFICA 20/20 °C	EVAPOR RELATIVA AC. BUT+10	RANGO DE DESTILACION (°C) A 1 ATM	PUNTO DE INFLAMAC TOC (°C)	LIMITE EXPLOSIVOS			PRESION DE VAPOR		TENSION SUPERFICIAL		VALOR KAURI	PUNTO DE ANILERA (°C)	VISCOSIDAD META			CONSTANTES DE SOLVENTES			T.L.V. DE VAPOR (ppm)	DENSIDAD DE VAPOR (g/cm <sup>3</sup> )	TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C)	RELACION DE DILUCION		
						% VOL. EN AIRE	L.I.E.		L.S.E.		mm. Hg	°C			Dinámico		°C	PARAM. SOLUB.								
							L.I.E.	L.S.E.	mm. Hg	°C					cp	°C		SOLUB.	EHL. H.	MOU. DP.						
ACEITE DE PINO	140.0	0.823		200-220	85.0							>500	-20						6.6							
DIPENTEHO	136.26	0.854	0.18	171-191	48.0			1.65	20			62.0	0	1.70	20	8										
α-PINEHO	136.2	0.863		155-159	31.0			3.75	25	15.8	30	52.0		1.40	20						4.7	255				
β-PINEHO	136.2	0.866		166-170	32.78			4.57	25					1.70	20						4.7	255				
α-TERPINEOL	154.28	0.941		218-220	90.0							>500														
TURPENTINA	140.0	0.860	0.4	154-162	33.0	0.8		3.3	20			56.0	20.55	1.48	20	8.1				100.0	4.84	249				
DIETIL ETHER O ETILETE																										
DIETIL ETHER O ETILETE	74.1	0.714		33-45	-45.0	1.85	36.0	441.1	20	17.06	20			0.242	20	7.4	13	1.2	400.0	2.56	160					
DIIOSOPROPILETER																										
DIIOSOPROPILETER	102.2	0.724		68.3	-28.0	1.4	7.9	157.5	20	17.34	20			0.329	20	6.8	11.7	1.3		3.52	443					
DIBUTIL ETHER																										
DIBUTIL ETHER	136.26	0.769		142.2	25.0	1.5	7.6	4.87	20	23.4	20			0.741	15	7.1	11	1.2		4.48	194					
DIMETA FORMAMIDA																										
DIMETA FORMAMIDA	73.09	0.953	0.26	152-154	57.8	2.2	15.2	2.6	25	35.2	25			0.80	25	12.1	11.7	3.8	100	2.51	445	7.7	0.2			
DIETILOPROPANO																										
DIETILOPROPANO	89.09	0.992	1.08	119-122	27.7	2.6			12.9	25	29.9	20		0.77	20	10.7	2.6	3.7	25.0	3.06	428	1.2	2.4			
DIETIL 2-PYRROLIDONA																										
DIETIL 2-PYRROLIDONA	99.1	1.030	0.04	200-204	96.5	1.3	9.5	0.29	20	40.7	25			1.65	25				100.0	3.4	270					
TETRAHIDROFURANO																										
TETRAHIDROFURANO	72.1	0.889	5.57	65-67	-14.4	2.3	11.8	45.0	25	26.4	25			0.48	20	9.1	9	1.6	100.0	2.5	301	2.8	1.0			

**TABLA No. 4 AZEOTROPOS DE LOS DISOLVENTES MAS COMUNES  
COMPONENTES PUROS**

DISOLVENTE A	DISOLVENTE B	PUNTO DE EBULLICION (°C) a. P = 760 mm Hg		COMPOSICION (% PESO)		PUNTO DE EBULLICION a. P = 760 mm Hg (°C)
		A	B	A	B	
ACETATO DE BUTILO	AGUA	126.3	100.0	73.0	27.0	90.7
	n-BUTANOL	126.3	117.7	32.8	67.2	117.6
	CELLOSOLVE	126.3	135.0	64.3	35.7	155.6
ACETATO DE CELLOSOLVE	AGUA	126.3	82.3	48.0	52.0	80.1
	AGUA	180.4	100.0	45.9	54.9	87.8
	AGUA	77.1	100.0	81.8	8.2	70.4
ACETATO DE ETILO	ETANOL	77.1	78.3	98.0	31.0	71.6
	HEXANO	77.1	68.7	42.0	58.0	65.0
	ISOPROPANOL	77.1	82.3	77.0	23.0	75.8
M. E. K.	CICLOHEXANOL	77.1	180.0	95.0	5.0	153.8
	M. E. K.	77.1	76.8	76.0	22.0	78.7
	METANOL	77.1	64.5	51.4	48.6	62.1
ACETATO DE ISOBUTILO	AGUA	117.2	100.0	83.5	16.5	87.4
	AGUA	88.4	100.0	80.0	10.0	75.9
	ISOPROPANOL	88.4	82.3	47.4	52.6	80.1
ACETATO DE METILO	METANOL	88.4	64.5	29.8	70.2	64.0
	ACETONA	57.0	56.1	52.0	48.0	55.6
	METANOL	57.0	64.5	81.0	19.0	54.0
ACETONA	HEXANO	56.1	58.7	59.0	41.0	49.6
	METANOL	56.1	64.5	66.0	12.0	53.7
	AGUA	155.7	100.0	38.4	61.6	95.0
CICLOHEXANONA	AGUA	215.0	100.0	82.9	89.5	96.5
	AGUA	78.6	100.0	89.0	11.0	73.5
	CICLOHEXANO	78.6	80.5	40.0	60.0	72.0
METIL ETIL CETONA	HEXANO	78.6	68.7	37.0	63.0	64.7
	AGUA	115.8	100.0	75.7	24.3	111.5
	AGUA	117.7	100.0	55.5	44.5	83.0
M. E. K.	ACETATO DE ISOBUTILO	117.7	117.2	80.0	50.0	114.5
	CICLOHEXANO	117.7	80.5	10.0	90.0	78.8
	HEPTANO	117.7	98.6	18.0	82.0	83.3
CICLOHEXANOL	HEXANO	117.7	88.7	87.0	3.8	87.0
	M. E. K.	117.7	115.8	30.0	70.0	114.35
	m-XILENO	117.7	138.9	68.0	32.0	115.7
CICLOHEXANOL	TOLUENO	117.7	110.6	27.0	73.0	104.6
	AGUA	180.0	100.0	20.0	80.0	97.8
	m-XILENO	180.0	158.0	35.8	64.2	145.8
ETANOL	m-XILENO	180.0	138.8	14.0	86.0	143.0
	AGUA	78.3	100.0	95.6	4.4	78.2
	O-DE METILENO	78.3	40.5	3.5	96.5	41.0
ETANOL	HEXANO	78.3	68.7	21.0	79.0	58.0
	HEPTANO	78.3	66.4	48.0	52.0	72.0
	M. E. K.	78.3	78.3	34.0	66.0	74.8
2-ETIL HEXANOL	TRICLOROETILENO	78.3	68.7	27.0	73.0	70.8
	AGUA	183.5	100.0	20.0	80.0	96.1

TABLA No. 4A AZEOTROPOS DE LOS DISOLVENTES MAS COMUNES

COMPONENTES Puros		AZEOTROPOS				
DISOLVENTE A	DISOLVENTE B	PUNTO DE EBULLICION (°C) a P = 760 mm Hg		COMPOSICION (% PESO)		PUNTO DE EBULLICION a P = 760 mm Hg (°C)
		A	B	A	B	
ISOBUTANOL	AGUA	107.9	100.0	99.8	33.2	89.9
	ACETATO DE ISOBUTILO	107.9	117.2	95.0	5.0	107.6
CICLOHEXANO	AGUA	107.9	80.5	14.0	96.0	78.1
	HEXANO	107.9	68.7	97.5	2.5	68.3
TOLUENO	AGUA	107.9	110.6	44.5	55.5	100.9
	O- XILENO	107.9	128.9	83.0	17.0	101.5
ISOPROPANOL	HEXANO	82.3	68.7	22.00	78.0	81.0
	M.E.K.	82.3	78.6	32.00	68.0	77.9
METANOL	CICLOHEXANO	64.5	80.5	37.00	63.0	56.2
	C. DE METILENO	64.5	40.1	9.00	92.0	38.2
HEXANO	M.E.K.	64.5	68.7	28.9	73.1	50.0
	M.E.K.	64.5	78.6	76.0	30.0	63.5
TRICLOROETILENO	M.E.K.	64.5	86.7	38.0	64.0	60.2
	AGUA	171.2	100.0	20.8	79.2	98.8
BUTIL CELLOSOLVE	AGUA	135.0	100.0	28.8	71.2	104.4
CELLOSOLVE	O- ISOBUTIL ETHER	135.0	142.2	50.0	50.0	137.6
CICLOHEXANO	AGUA	80.5	100.0	91.9	8.5	68.8
	n- PROPANOL	80.5	97.2	80.0	20.0	74.3
HEPTANO	AGUA	68.4	100.0	87.1	12.9	73.9
	AGUA	68.7	100.0	84.4	5.6	61.6
TETRAHIDROFURANO	AGUA	68.0	100.0	94.7	5.3	64.0
TOLUENO	ETANOL	110.6	78.3	32.0	68.0	78.7
m- XILENO	AGUA	138.9	100.0	80.0	40.0	94.5
C. DE METILENO	AGUA	40.1	100.0	98.5	1.5	38.1
PERCLORETOLENO	AGUA	171.0	100.0	84.1	15.9	87.1
TRICLOROETANO	AGUA	73.0	100.0	95.7	4.3	63.0
TRICLOROETILENO	AGUA	68.7	100.0	83.4	8.6	72.8

TABLA No 5 AZEOTROPOS TERNARIOS

COMPONENTES		AZEOTROPO	
DISOLVENTES	PUNTO DE EBULLICION a P = 760 mm Hg (°C)	COMPOSICION (% PESO)	PUNTO DE EBULLICION a P = 760 mm Hg (°C)
ACETATO DE n-BUTILO	129.3	63.0	
ALCOHOL n-BUTILO	117.7	8.0	
AGUA	100.0	29.0	90.7
ACETATO DE ETILO	77.1	82.0	
ALCOHOL ETILICO	78.3	8.4	70.2
AGUA	100.0	9.0	
ALCOHOL ETILICO	78.3	53.0	
n-HEPTANO	98.4	80.9	88.8
AGUA	100.0	5.1	
ALCOHOL ETILICO	78.3	12.0	
n-HEXANO	68.7	85.0	50.0
AGUA	100.0	3.9	
ALCOHOL ETILICO	78.3	37.0	
TOLUENO	110.6	51.0	74.4
AGUA	100.0	12.0	
n-HEXANO	68.7	77.0	
MEX	79.6	22.0	55.0
AGUA	100.0	1.0	
ACETATO DE ISOPROPILO	88.4	76.0	
ALCOHOL ISOPROPILICO	82.3	13.9	
AGUA	100.0	11.0	75.5
ALCOHOL ISOPROPILICO	82.3	38.2	
TOLUENO	110.6	48.7	76.3
AGUA	100.0	13.1	

**TABLA No. 6 PARAMETROS DE SOLUBILIDAD DE ALGUNAS RESINAS**

RESINAS	ENLACE DE HIDROGENO DEL DISOLVENTE		
	DEBIL	MODERADO	FUERTE
COLOFONIA (BREA SECA)	8.5-11.1	7.4-10.8	9.5-11.4
RESINA MALEICA	8.5-11.1	7.4-9.9	0.0
RESINA FENOLICA MODIFICADA	8.5-10.6	7.8-9.8	9.5-10.8
RESINA 100% FENOLICA	8.5-10.0	7.8-13.3	9.5-10.8
RESINA ALQUIDAL - 45% SOYA	7.0-11.1	7.4-11.9	9.5-11.9
RESINA ALQUIDAL - 30% SOYA	8.5-12.5	8.5-14.7	0.0
NITROCELULOSA RS	11.9-12.7	7.8-14.7	0.0
ACETATO DE CELULOSA	11.1-12.7	9.9-14.7	0.0
BUTIRATO DE CELULOSA A - 0.5SEG.	11.1-12.7	8.5-14.7	12.7-14.5
ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA	11.1-12.7	8.5-14.7	12.7-14.5
ETIL CELULOSA	8.1-11.1	7.4-11.0	9.5-14.5
RESINA VINILICA	10.6-11.1	7.8-12.2	0.0
RESINA UREA-FORMALDEHIDO	0.0	0.0	8.9-11.4
RESINA ACRILICA	10.6-12.7	8.9-13.3	0.0
RESINA EPOXICA	10.6-11.1	8.9-13.3	0.0
HULE CLORADO	8.5-10.6	7.8-10.8	0.0

**TABLA No. 7 PARAMETRO DE SOLUBILIDAD DE DISOLVENTES CON DIF. INTENSIDADES DE PUENTE DE HIDROGENO**

<b>PUENTE DE HIDROGENO DEBIL</b>	<b><math>\delta</math></b>	<b>PUENTE DE HIDROGENO MODERADO</b>	<b><math>\delta</math></b>
n-PENTANO	7.0	ACETATO DE AMILO	8.5
n-HEXANO	7.3	ACETATO DE BUTILO	8.5
n-HEPTANO	7.4	ACETATO DE ETILO	9.1
GAS NAFTA	7.6	ACETATO DE ISOBUTILO	8.3
GASOLVENTE	7.6	ACETATO DE ISOPROPILO	8.4
AROMINA-150	8.5	ACETATO DE METILO	8.0
m - XILENO	8.8	ACETATO DE n- PROPILO	9.6
p - XILENO	8.7	ACETONA	8.8
TOLUENO	8.9	METIL ETIL CETONA	10.0
NITROETANO	11.1	METIL ISOBUTIL CETONA	9.3
NITROMETANO	12.7	DIBUTIL FTALATO	8.4
		METIL CELLOSOLVE	9.3
		DIETIL ETER	10.8
		CICLOHEXANONA	7.4
		ALCOHOL DIACETONA	9.9
		DIISOBUTIL CETONA	9.2
		ISOFORONA	7.8
		CELLOSOLVE	9.1
		BUTIL CELLOSOLVE	9.9
		ACETATO DE CELLOSOLVE	8.9



# GLOSARIO



**ACTO INSEGURO.** Acción incorrecta ejecutada por un trabajador, que puede contribuir a la ocurrencia de accidentes o ser causa de los mismos.

**AGENTE EXTINTOR.** Sustancia química utilizada para eliminar el fuego durante un conato, su uso se fundamenta en el hecho de evitar que permanezcan juntos los cuatro elementos que producen el fuego. Generalmente actúan aislando el oxígeno de los demás elementos. Se clasifican dentro de cuatro tipos: A) Para sólidos como papel, Madera. B) Para líquidos combustibles e inflamables. C) Para equipo eléctrico. D) Para metales activos como Sodio, Magnesio, etc.

**AGLOMERADO.** Combinación (Coalescencia) de moléculas grandes o partículas coloidales en solución cuando esto sucede generalmente por desaparición de las cargas eléctricas al adicionar un electrolito, por acción del calor o por agitación mecánica los agregados precipitan o se separan del estado disuelto.

**ALIFÁTICO.** Grupo de compuestos orgánicos donde los átomos de carbono que los constituyen se disponen en una cadena recta. Los hidrocarburos alifáticos comprenden tres grupos: 1) Alcanos (Parafinas) saturados y poco reactivos, 2) Alquenos (Olefinas) no saturados y bastante reactivos, 3) Alquinos (Acetilenos) insaturados y muy reactivos.

**AMPOLLAMIENTO.** Defecto presente en el terminado superficial de un recubrimiento, que conduce y favorece su remoción a partir del sustrato.

---

## Glosario

Es producido por una mala adhesión o por aplicación de un disolvente con alto poder humectante para el recubrimiento.

**AZEOTROPO.** Mezcla líquida de dos o más sustancias que se comporta como una sola, pues el vapor producido por la evaporación parcial tiene la misma composición que el líquido. Esta mezcla de punto de ebullición constante presenta un máximo o un mínimo en comparación con otras mezclas de las mismas sustancias pero de diferentes composiciones.

**BARNIZ.** Composición líquida homogénea similar a una pintura, excepto que no contiene pigmentos. Se convierte en película sólida transparente después de su aplicación como capa delgada sobre un sustrato. Su secado ocurre mediante un proceso de evaporación del disolvente, seguido de una oxidación y polimerización de los aceites secantes y las resinas.

Contiene uno o más de los siguientes elementos: Aceites vegetales secantes, resinas naturales o sintéticas, disolventes, agentes secantes, ceras, etc. Su contenido de sólidos es de 45 a 55%, es usado como vehículo o directamente para cubrir superficies.

**BLUSHING O VELADO.** Término aplicado a la opacidad de una superficie o turbidez de una película de barniz o laca que aparece durante su secado, puede ser temporal o permanente.

---

## Glosario

La causa de éste defecto es comúnmente la rápida evaporación del disolvente o la impropia formulación del producto y es más crítico en atmosferas con alto contenido de humedad.

La evaporación rápida del disolvente enfría las zonas próximas a la película hasta una temperatura menor al "punto de rocío", provocando que el vapor de agua adyacente, condense en forma de gotas coloidales sobre la superficie recubierta, produciendo puntos de insolubilidad que se manifiestan como una turbidez. El defecto exclusivo para recubrimientos que secan por evaporación de disolventes puede evitarse usando disolventes menos volátiles.

**CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN.** Cantidad de calor absorbido o desprendido por unidad de peso de un producto durante el cambio de estado líquido a vapor.

**CLOROFUORCARBONOS (CFC'S).** Sustancias químicas en estado de gas o líquido cuya estructura se compone de una cadena hidrocarbonada, Cloro y Flúor. De acuerdo a sus características y propiedades se usaban principalmente como propelentes de aerosoles, aislantes y refrigerantes. En la actualidad se ha demostrado que su liberación provoca la disociación de moléculas de Ozono en la Estratosfera a través de un mecanismo de reacción en cadena por lo que su uso se ha restringido, sin embargo al poseer un tiempo medio de vida elevado permanecen en la atmósfera prolongadamente. El ejemplo común es el de los "Freones".

**COLODION.** Solución sirupsa de Piroxilina (Nitrocelulosa) en Éter y Alcohol, el grado U.S.P. contiene 40 g Piroxilina, 750 ml de Éter y 250 ml de Alcohol.

**COMBUSTIBLE.** Cualquier material que puede encenderse con facilidad al aplicarle directamente una fuente calorífica de suficiente intensidad térmica. La N.F.P.A. de E.U. denomina " Combustibles " para diferenciarlos de los " Inflamables " a aquellos disolventes que poseen un punto de inflamación  $\geq 100$  °F (37.8 °C).

**COMBUSTIÓN.** Reacción exotérmica de oxidación en la que el calor desprendido resulta de la ruptura de enlaces químicos. Para realizarse es necesario conjuntar los cuatro elementos del fuego: Calor, Oxígeno, Combustible y Radicales libres.

**COMPATIBILIDAD.** Propiedad o característica de dos o más materiales de estar en cerrada y permanente asociación por un período indefinido.

En el caso de los disolventes, estos son compatibles entre sí cuando son miscibles en todas proporciones y no sufren separación con el transcurso del tiempo. El término aplica también para aquellas sustancias químicas que pueden mezclarse o ponerse en contacto sin que exista la posibilidad de una reacción peligrosa.

**CONDICIÓN INSEGURA.** Son todas las condiciones o circunstancias impropias dentro del ambiente físico en el que se desarrolla una actividad y que pueden causar accidentes, es decir, la existencia de algo que no debería estar presente o la falta de algo que si debería estar.

**CONFINAMIENTO.** Término aplicado al aislamiento controlado que se le da a los residuos químicos denominados " Desechos Industriales Peligrosos " cuyas propiedades y

características pueden poner en riesgo la integridad física de una comunidad así como su medio ambiente.

Esta técnica es una forma de disposición final de los desechos industriales y se realiza en lugares autorizados dentro de obras de Ingeniería por las dependencias gubernamentales encargadas de proteger el medio ambiente y la salud de la población como SEDESOL y SEMARNAP con el fin de garantizar su aislamiento definitivo.

**CONSTANTE DIELECTRICA.** Propiedad específica de un material ó sustancia, que sirve como índice de la habilidad para resistir la transmisión de una fuerza electrostática desde un cuerpo cargado a otro. Está definida por la relación de la capacidad eléctrica de un condensador teniendo el material como dieléctrico, a la capacidad del mismo con aire. De acuerdo a la Física elemental, el trabajo requerido para separar dos placas de cargas opuesta se disminuye con la introducción de materia entre ellas por un factor llamado la constante dieléctrica, la cual, disminuye al aumentar la temperatura. En general, a menor valor de la constante, mayor es la resistencia y menor la conductividad eléctrica.

Ejemplos a 20 °C: Aire = 1.0, vidrio = 3.0, Benceno = 2.3, Acido Acético = 6.2, Amniaco = 15.5, Etanol = 25.0, Glicerina = 56.0, Agua = 81.0.

**CONTENIDO DE SÓLIDOS.** Proporción de materia no volátil dentro de la composición de un recubrimiento (Ingredientes), que después del secado permanece y constituye la película seca, también se denomina Materia No Volátil.

**COPOLIMERO.** Substancia producida por la Polimerización o adición de dos o más monómeros no similares como el Caucho CES a partir de Estireno y Butadieno.

**COPULADOR.** Disolvente u otro material que favorece el mezclado de dos líquidos inmiscibles actuando como agente de unión. Debido a su naturaleza química es denominado también como Cosolvente.

**DEGRADACIÓN FOTOQUIMICA.** Descomposición Química ( rompimiento ) que sufren las moléculas de vapores disolventes, gases y demás contaminantes presentes en la atmósfera por efecto de los rayos solares de alta intensidad, produciendo al nivel de la Trososfera elevadas concentraciones de gas Ozono un oxidante nocivo a la salud.

**DESECHO INDUSTRIAL PELIGROSO.** Es todo aquel residuo químico en cualquier estado físico originado por la realización de cualquier actividad industrial y que posee propiedades CRETIB de acuerdo a las normas técnicas ecológicas; por lo que puede ser capaz de alterar el equilibrio ecológico del entorno y representar un riesgo a la salud de la población circunvecina. Debido a esto, es necesario darle un tratamiento especial adecuado antes de desecharlo ó someterlo a confinamiento controlado.

**DIELECTRICO.** Substancia que posee una conductividad eléctrica (menor a  $10^{-6}$  mhos por cm) así como una constante dieléctrica muy baja, es decir, un aislante y por ello es capaz de resistir un gradiente de potencial. Aquellos materiales con una conductividad mayor (  $10^{-6}$  a  $10^{-3}$  mhos por cm. ) son llamados semiconductores.

Entre los dieléctricos sólidos más comunes se encuentran el vidrio, hule y elastómeros similares, madera y otros celulosicos mientras que entre los líquidos están los Aceites hidrocarburos, Askarelos (BCP'S) y aceites silicones.

**DIPOLO.** Conjunto de átomos o partículas subatómicas que poseen cargas eléctricas iguales pero de signo opuesto, separados por una distancia finita. Por ejemplo los átomos de Hidrógeno y Cloro en una molécula de HCl.

**DISOLVENTE.** Sustancia capaz de disolver a otra (soluble) para formar una mezcla uniformemente dispersa (solución) a nivel molecular.

Puede ser polar (alta constante dieléctrica) o no polar (baja constante dieléctrica). En el área de pinturas el disolvente es por lo general un líquido volátil, que después de aplicar la película se evaporará durante el secado y no formará parte de la película seca final.

La función específica del disolvente es controlar la consistencia y carácter del terminado así como regular las propiedades de aplicación del recubrimiento.

**DISPOSICION FINAL.** Técnica o procedimiento mediante el cual se desecha o proporciona destino final permanente a un residuo químico considerado como desecho industrial peligroso. Los sitios y condiciones para realizarla deberán ser adecuadas para evitar daños al ambiente y salud de las comunidades aledañas. Las técnicas más utilizadas son: Confinamiento controlado, Incineración y reciclaje.

**ELECTRICIDAD ESTÁTICA.** Electricidad originada por la fricción entre dos superficies de materiales aislantes de conductividad baja.

Si ésta no es disipada adecuadamente ( a través de aterrizajes ) durante el manejo de líquidos inflamables puede originar un conato de incendio.

**EQUILIBRIO ECOLÓGICO.** Relación estrecha y estable de Interdependencia que guardan entre sí los organismos vivos del Planeta y su medio ambiente natural ( ECOSISTEMAS ) dando como resultado la existencia, preservación, transformación y desarrollo de la Biodiversidad.

**ESMALTE.** Recubrimiento que consiste en una fuerte dispersión de pigmentos en un barniz o vehículo resinoso que puede ser una mezcla Aceite-resina o una resina totalmente sintética. Los esmaltes que contienen aceites secantes se convierten en películas por oxidación mientras que los formados exclusivamente por resinas sintéticas pueden ser convertidos por Calor, Oxígeno o ambos.

**EVAPORACION RELATIVA.** Número que indica el tiempo necesario para la evaporación total de una sustancia expresado en forma de múltiplo del que se necesita para la evaporación de otra tomada como referencia o estándar ( Acetato de Butilo o Éter Etilico = 1.0).

Esta característica se utiliza para evaluar los riesgos de incendio y contra la salud durante su uso a nivel industrial.



**EXPLOSION.** Reacción química rápida y violenta en la que se produce calor, luz y la expansión súbita de un gas acompañada de una detonación.

**FILMOGENO O AGLUTINANTE.** Material constituyente de un recubrimiento, es el encargado de formar la película, generalmente es un aceite secante o una sustancia polimérica que tiene la propiedad de unir los pigmentos en una película homogénea capaz de humectar y adherirse al sustrato, previniendo la penetración de agentes químicos corrosivos y manteniendo su integridad en este tipo de ambientes.

Cuando existe una gran variedad de ambientes corrosivos hay para cada uno de ellos un vehículo capaz de contrarrestar sus efectos.

**FLUIDEZ.** Facilidad con la que fluye un recubrimiento considerando que debe encontrarse en estado líquido y viscosidad adecuada para poderse aplicar y dejar una película homogénea, tersa y húmeda que permita adherirse al sustrato.

Para incrementar la fluidez de un recubrimiento es necesario utilizar en su formulación una combinación de disolventes de bajo peso molecular junto con la resina, lo que se conoce en conjunto como el vehículo.

**FUERZAS DE ADHESION.** Fuerzas de atracción que actúan entre moléculas de diferentes materiales para mantenerlos unidos. ejemplo: agua-vidrio.

**FUERZAS DE COHESION.** Fuerzas atractivas que mantienen unidas las moléculas o partículas de la misma especie y tipo. ejemplo: agua-agua.

**FUERZAS ELECTROSTATICAS.** Fuerzas presentes en las moléculas de compuestos iónicos o polares, que actúan entre sus iones positivos y negativos o sus dipolos. Su intensidad es fuerte por lo que necesitan mucha energía para superarse y esto se refleja en sus altos puntos de fusión y ebullición.

**GENERADOR DE RESIDUOS.** Persona física o moral que como resultado de sus actividades ( producción de un bien o servicio ) genera residuos peligrosos a los que debe darles una disposición final adecuada.

**HIDRÓFILO.** Substancia cuya estructura química favorece su similitud o afinidad con el agua o que la absorbe con facilidad.

**INCINERACIÓN.** Técnica utilizada para disponer ciertos desechos industriales peligrosos que consiste en incinerarlos dentro de un equipo e instalaciones sofisticadas y autorizadas por las dependencias gubernamentales responsables de proteger el medio ambiente ( SEDESOL, INE, SEMARNAP, PROFEPA ).

**IMPACTO AMBIENTAL.** Término con el que se identifica al conjunto de perturbaciones indeseables, desajustes o daños reversibles e irreversibles causados al medio ambiente circundante por la realización de alguna actividad de tipo industrial u otra que ponga en riesgo el equilibrio ecológico.

**ISÓMEROS.** Substancias de igual composición química pero con propiedades diferentes debido a su distinto arreglo estructural.

**LACA.** Recubrimiento protector ó decorativo que seca generalmente por evaporación rápida de sus componentes volátiles (disolventes).

El formador de la película es un éster celulósico ú otro polímero de alto peso molecular, ya sea en forma pura ó mezclado con otros como Alquidales, Fenólicos, Acrílicos, Poliuretanos, Vinílicos, etc. lo que hace necesario el use de disolventes de baja ebullición y lato poder de disolución como Alcoholes, Cetonas y Esteres.

Adicionalmente las Lacas contienen un Plastificante para impartir flexibilidad a la película y un pigmento que se omite cuando se desea transparencia.

Se incorpora a la Nitrocelulosa una resina Alquidal y fenólica para incrementar los sólidos (que están entre 20 y 30%) y mejorar la Adherencia.

**LIMITES DE INFLAMABILIDAD O EXPLOSIVIDAD.** Son los valores de concentración ( % volumen en el aire ) mínimo y máximo de un gas o vapor inflamables en el aire entre los que puede ocurrir la inflamación o explosión.

**LIMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD.** Es la concentración máxima de una substancia química en el aire que produce una explosión en un incendio o se inflama al contacto con una fuente de ignición ( alta temperatura, arco eléctrico, chispa, flama, etc. ).

**LIMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD.** Es la mínima concentración de gas o vapor que se quema o estalla si hay una fuente de inflamación presente a la temperatura

ambiente. Los líquidos inflamables tienen una concentración de vapor mínima en el aire por debajo de la cual la propagación de llamas no ocurre al contacto con un origen de ignición.

**LIPOFILO.** Sustancia cuya estructura química lo hace afín y fácilmente soluble en Aceites, grasas u otros productos del mismo tipo.

**LIQUIDO ASOCIADO.** Es aquella sustancia cuyas moléculas contienen grupos funcionales en su estructura química que favorecen la formación de fuerzas intermoleculares considerables como los enlaces o puentes de hidrógeno.

**MANEJADOR DE RESIDUOS PELIGROSOS.** Persona física o moral que presta sus servicios para realizar cualquiera de las operaciones comprendidas en el manejo de residuos químicos como almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, reciclaje, disposición final, etc.

**MANIFIESTO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL.** Documento mediante el cual toda persona física o moral, da a conocer a las dependencias gubernamentales correspondientes (SEMARNAP, SEDESOL, PROFEPA, etc.), con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra ó actividad en proyecto, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso que sea negativo.

**MATERIAL PELIGROSO.** Es aquella sustancia química cuyas propiedades inherentes tienen capacidad de alterar la salud y/o la vida del trabajador y la integridad física del centro de trabajo así como el medio ambiente circundante.

**MECANISMO DE REACCIÓN.** Secuencia progresiva de reacciones químicas a través de las cuales ocurre un cambio, estas reacciones no son necesariamente observables sino que representan simples trayectorias propuestas desde reactivos hasta los productos.

**MISCIBLE.** Material que puede mezclarse en ciertas proporciones con otros para formar un sistema homogéneo y estable.

**MOMENTO DIPOLAR.** Fuerza de rotación y/o deformación originada al someter una molécula que posee dipolos a campos eléctricos o magnéticos variables que interactúan con los dipolos. Representa la distancia en centímetros que existe entre las cargas multiplicada por la cantidad de carga medida en unidades electrostáticas.

**NITROCELULOSA.** Sólido amorfo parecido al Algodón, de composición pulposa, contiene de 10 a 14 % de Nitrógeno. Resulta de esterificar los grupos Hidroxilo de la Celulosa con Ácido Nítrico empleando una mezcla Nitrosulfúrica. La usada para Lacas contiene del 11 al 13.5 % de Nitrógeno y está disponible en un amplio intervalo de viscosidad, compatibilidad y disolvenencia.

**NIVELACIÓN.** Grado en el que un recubrimiento se deposita como película homogénea de espesor uniforme sobre un sustrato.

Esta característica es función de la disolvenca en la solución del recubrimiento aplicado y del perfil de evaporación de los disolventes durante el secado.

**NORMATIVIDAD AMBIENTAL.** Conjunto de leyes, normas y reglamentos emitidos por las dependencias gubernamentales correspondientes(SEDESOL, INE, etc.) cuyo objetivo primordial es preservar y mejorar el entorno ecológico de una comunidad.

**PINTURA.** Mezcla uniformemente dispersa, que posee un intervalo de viscosidad desde líquido de baja hasta pasta semisólida y consta de: 1) Un aceite secante, resina sintética o componentes que forman película llamados ligantes. 2) Un disolvente o diluyente. 3) Un pigmento orgánico o inorgánico. 4) Aditivos.

El ligante y disolvente se denominan conjuntamente vehículo. Las pinturas son usadas para proteger las superficies del deterioro y para proporcionar efectos decorativos.

**POLIAMIDA.** Polímero de alto peso molecular en el que los enlaces amida (CONH) ocurren a lo largo de la cadena.

**RADICAL LIBRE.** Fragmento molecular que presenta uno o más electrones desapareados. A pesar de su existencia transitoria es capaz de iniciar muchas clases de reacciones químicas por medio de un mecanismo en cadena. Estos radicales se forman solamente por la ruptura de un enlace molecular mediante radiación ionizante y

posteriormente pueden dar origen a una cadena si atacan al sustrato y se regeneran los perdidos en la reacción.

Actúan como iniciadores o productos intermedios en fenómenos básicos como oxidación, combustión, fotólisis y polimerización.

**RECICLAJE.** Método de tratamiento de residuos químicos que consiste en su transformación o reacondicionamiento para reusarlos con fines productivos en la misma industria que los generó en una alterna.

Obtención de materiales utilizables a partir de residuos por medio de un proceso determinado.

**RESISTENCIA AL BLUSHING.** Resistencia que presenta un disolvente a provocar el nublamiento o velado de los recubrimientos aplicados sobre una superficie debido a sus características de evaporación, por lo que a menor velocidad de evaporación la resistencia será mayor.

Se expresa técnicamente como el % de humedad relativa a 26 °C existente cuando se presenta el blush durante la evaporación del disolvente a partir de una solución al 8 % de Nitrocelulosa RS de medio segundo.

**RIESGO A LA SALUD.** Cualquier propiedad o característica de un material que directa o indirectamente pueden causar lesiones, daños e incapacidad temporal, permanente o la muerte debido a la exposición por contacto, inhalación, ingestión, absorción u otra vía de acceso al cuerpo.

**ROTOGRABADO.** Técnica de impresión en la que las imágenes grabadas se transfieren al sustrato a partir de una superficie cuyas depresiones se llenan de tinta previamente. Es usada principalmente en Impresión de Empaques y Envolturas flexibles ( Polietileno, Celofán u otros), libros de arte, revistas, cartón, etc.

**SENSIBILIZACIÓN.** Respuesta de un organismo a la exposición o contacto prolongado y/o reiterado con una sustancia tóxica, corrosiva o venenosa ; que se manifiesta como un aumento en la sensibilidad (hipersensibilidad) a la sustancia.

**SOLVATACION.** Fenómeno que ocurre en algunas disoluciones en las que las moléculas o iones del soluto se asocian con las del disolvente al rodearse entre si facilitando la disolución.

**SUBSTRATO.** Cualquier superficie o material base al que se le da un tratamiento o se le aplica un recubrimiento como una estructura metálica, plástica, superficie de madera, concreto, piedra, etc.

**TACK.** Defecto originado durante la impresión de una tinta de Flexografía o Rotograbado por el secado lento de la película, dando como resultado mala impresión, menor adherencia y que se peguen las superficies del sustrato entre sí al enrollarlo ya impreso.



**TEMPERATURA DE IGNICIÓN.** Es la temperatura mínima requerida para causar la combustión autónoma de una sustancia sólida, líquida o gas independientemente del calentamiento o elemento calorífico.

Esta temperatura es aproximada pues varía marcadamente debido a que su determinación depende de muchas variables como: % de gas o vapor en la mezcla, forma y tamaño del recipiente de prueba, velocidad y duración del calentamiento, efectos catalíticos de los materiales presentes, etc.

**TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN.** Es la mínima temperatura a la cual un líquido emite suficiente vapor para formar una "mezcla inflamable" con el aire cercano a la superficie o dentro del recipiente de prueba usado y producir una flama cuando se le acerca alguna fuente de ignición. "Mezcla Inflamable" se denomina a aquella que se encuentra dentro del rango inflamable (entre los límites inferior y superior) y por ello es capaz de propagar la flama lejos de la fuente de ignición.

Algunas evaporaciones ocurren bajo el flash point pero no en cantidades suficientes para formar una mezcla inflamable.

El término aplica a líquidos inflamables y combustibles.

**TERATOGENICO.** Sustancia química que de acuerdo a sus propiedades y características produce malformaciones y defectos congénitos ( en embriones ).

**T.L.V. ( THRESHOLD LIMIT VALUE ) VALOR LIMITE DE UMBRAL.** Conjunto de patrones establecidos por la ACGIH para concentraciones de materiales (p.p.m.) que se hallan suspendidos en el aire, son promedios ponderados en el tiempo y

basados en las condiciones a las que se considera que los trabajadores puedan exponerse diariamente (8 hrs.) sin sufrir efectos adversos.

Representan una guía para el control de los riesgos contra la salud, por lo que a mayor T.L.V. menos nocivo es el material.

**TOLERANCIA ADQUIRIDA.** Resistencia adquirida por un organismo vivo hacia determinadas concentraciones de sustancias tóxicas que en condiciones normales lo afectarían y es producida por la exposición prolongada o reiterada a esas concentraciones.

**TOP COAT.** Término aplicado en la industria de recubrimientos a la capa o película superior (última) aplicada sobre una superficie, dentro de un sistema de recubrimiento. Generalmente se aplica sobre el primario ("Primer"), "Under Coaters" o las superficies. Es conocida también como "Última mano" o Acabado.

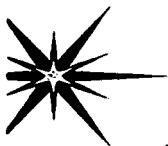
**TOXICIDAD.** Capacidad y potencial de una sustancia para causar daño o cualquier efecto adverso a un organismo vivo. El grado de toxicidad producido es directamente proporcional a la concentración y tiempo de la exposición. Esta relación varía con la etapa de desarrollo del organismo y su resistencia física.

Las vías principales de acceso de un material tóxico son: Inhalación, Ingestión y Absorción.

**VOC'S ( COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES ).** Materiales químicos que originalmente forman parte de productos de uso común como pinturas, adhesivos, tintas, combustibles, farmacéuticos, etc. actuando en general como disolventes, los que una vez cumplida su función, se evaporan de manera natural o forzada hacia la atmósfera; convirtiéndose en contaminantes nocivos y tóxicos en su mayoría para los seres vivos.

Las áreas urbanas y sus alrededores son las que contienen elevadas concentraciones de NOX y VOC'S debido a las altas emisiones antropogénicas. Esto genera una química muy reactiva en la atmósfera, que produce altas concentraciones de Ozono y compuestos oxidantes como el Formaldehído, Dioxido de Nitrógeno y Nitratos de Peroxiacetilo a través del proceso de formación del Smog Fotoquímico ( reacción rápida de los VOC'S, NOX y la luz solar ). Estos compuestos al igual que el Ozono pueden producir radicales Hidrógeno al absorber luz ultravioleta y proporcionar canales químicos que contribuyan a la reactividad del aire urbano.

**VOLATILIDAD.** Tendencia de un material sólido o líquido a pasar al estado de vapor a temperaturas ordinarias. Generalmente se expresa como el % de una sustancia que se evapora a temperatura ambiente. Factores como el área de la superficie y el tiempo influyen en el porcentaje que es evaporable.



# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANAFAPYT, *Pinturerías*, Vol. 39 No. 452, México, D. F., Junio de 1993.
- 2.- Bann, David; *Manual de Producción para Artes Gráficas*, Tellus, S. A., México, D.F., 1988.
- 3.- Banor, Abel; *New Weapons for the War on VOC'S*, American Paint and Coating Journal, U.S.A., Julio de 1995, p.p. 35-47.
- 4.- Barton, A.F.M.; *Handbook of Solubility Parameters and other cohesion Parameters*, CRC. Press. U.S.A., 1983.
- 5.- Blanco Matas, Alberto; *Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos*, Vol. II, Química, S.A., México, D.F., 1970.
- 6.- Bobalek, Edward G.; *Universal Model of the Film formation Process*, Official Digest, Vol. 33 No. 442, U.S.A., Agosto de 1961, p.p. 915-920.
- 7.- Carson, P. A. and Mumford, C. J.; *The safe Handling of Chemicals in Industry*. Vol. I - II. Longman Scientific and Technical, England, 1988.
- 8.- Castellan, G. W.; *Fisicoquímica*, Fondo Educativo Interamericano, México, D.F., 1983.
- 9.- Celanese Mexicana, S.A., Folleto Técnico: *Solventes*, México, D.F., 1990.
- 10.- Cheremisinoff, Nicholas; *Handbook of Polymer Science and Technology*, Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A., 1990.
- 11.- Collings, A.J. and Luxon, S.G.; *Safe Use of Solvents*, International Symposium (I.U.P.A.C.) Academic Press, U.S.A., 1982.
- 12.- Craver, J.K. and Tess, R.W.; *Applied Polymer Science*, American Chemical Society, Washington, D.C., 1975, cap. 43 , 44.

---

## Bibliografía

- 13.- Dean, H. Parker; **Tecnología de recubrimientos de Superficies**, Urmo, España, 1985.
- 14.- Diario Oficial de la Federación.
  - 14.1. 28 de Enero de 1988.
  - 14.2. 25 de Noviembre de 1988.
  - 14.3. 28 de Marzo de 1993.
  - 14.4. 2 de Julio de 1993.
  - 14.5. 22 de octubre de 1993.
  - 14.6. 30 de Enero de 1996.
- 15.- Dillard, Clyde., Goldberg, David; **Química. Reacciones, Estructuras y Propiedades**, Fondo Educativo Interamericano, México, D.F.,1984.
- 16.- Drukenbrod, Mark; **The Four Most Frequent Plant Problems**, Paint and Coating Industry, U.S.A., Abril de 1996, p.p. 36,38.
- 17.- Durrans, T.H.; **Solvents**, Chapman and Hall, England, 1971.
- 18.- Ellis, William H.; **Solvents**, Federation of Societies for Coatings Technology, U.S.A., 1986.
- 19.- Ellis, Williams H.; and Goff Phillip L., **Precise Control of Solvent Blend Composition During Evaporation**, Journal of Paint Technology, Vol. 44 No. 564, U.S.A., 1972.
- 20.- Elvers, Hawkins; **Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, Vol. A-24, Germany, 1993.
- 21.- Federation of Societies for Coating Technology, **Solvents**, Unidad 6, U.S.A., Septiembre de 1982.

## Bibliografía

---

- 22.- Flick, W. Ernest; **Industrial Solvents Handbook**, Noyes Data Corporation, U.S.A., 1991.
- 23.- Flexo Español, **Foundation of Flexographic Technical Association**, Vol.11 No. 2, U.S.A., Abril de 1996, p.p. 38-41.
- 24.- Gleaves, Robin and Mc Cormick, Alison; **Solvents Management: Why, How much, How far?**, Polymer Paint and Coatings Journal, England, Mayo de 1996, p.p. 18, 20-22, 24, 26.
- 25.- Griebel, R.D.; **The Evaporation of Solvents from thin Films**, Official Digest, Vol. 33 No. 442, U.S.A., 1961, p.p. 921-939.
- 26.- Grimaldi, Simonsd; **La Seguridad Industrial, su Administración**, Alfa-Omega, España, 1992.
- 27.- Hahn, Frank, J.; **Cratering and Related Phenomena**, p.p. 58-67; **Rate of Evaporation of Liquids in to Air.**, p.p. 93-97, (Vol 43 No. 562, U.S.A., 1971.)
- 28.- Hairston, Deborah; **Industrial Solvents Step Up to the Mound**, Chemical Engineering, U.S.A., Junio de 1995, p.p. 57, 58, 60.
- 29.- Hansen, Charles, M. ; **The three Dimensional Solubility Parameter key to paint Component affinities**, Journal of Paint Technology Vol.39 No. 505, p.p. 104-117, Vol. 39 No. 511, p.p. 505-514, U.S.A., 1967.
- 30.- Hays, Donald R.; **Factor Affecting Solvent Retention**, Official Digest, Vol. 36 No. 473, U.S.A., Junio de 1964, p.p. 605-624.
- 31.- Henglein, F.A.; **Tecnología Química**, Vol. II, Urmo, España, 1980.
- 32.- Herman F., Mark; **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**, Vol. 15, John Wiley and Sons, U.S.A., 1989.

- 33.- Hildebrand, J.H., Prausnitz; ***Regular and Related Solutions***, Van Nostrand Reinhold, U.S.A., 1988.
- 34.- Hildebrand, J.H., and Scott, R.L.; ***The Solubility of Nonelectrolytes***, Dover Publications, New York, U.S.A. , 1964.
- 35.- Huang Lee, Lieng; ***Relationships Between Solubility Parameters and Surface Tensions of Liquids***, Journal of Paint Technology, Vol. 42 No. 545, U.S.A., 1970, p.p. 365-370.
- 36.- Instituto Nacional de Desechos Industriales Peligrosos A.C., Boletín Técnico No. 3, ***Reciclaje de Disolventes***, México, D.F., Febrero de 1991.
- 37.- Kenneth W., Whitten; ***Química General***, Interamericana, México, D.F., 1988.
- 38.- Kirk, Othmer; ***Encyclopedia of Chemical Technology***, Vol. 21, John Wiley and Sons Inc., U.S.A., 1983.
- 39.- Lewis J. , Richard; ***Hazardous Chemicals Desk Reference***, Van Nostrand Reinhold, U.S.A., 1993.
- 40.- Liebenman, E.P.; ***Quantification of Hydrogen Bonding Parameter***, Official Digest, Vol. 34 No. 444, p.p. 30-50, U.S.A., Enero de 1962.
- 41.- López Espinoza, Socorro; ***Accidentes de Trabajo: No pasa nada hasta que pasa***, Revista Manufactura, Vol. 2 No.13, p.p. 63-67, Edit. Expansión México, D.F., Mayo de 1996.
- 42.- Maron, Samuel H.; ***Fundamentos de Fisicoquímica***, Limusa, México, D.F., 1973.
- 43.- Mellan, Ibert; ***Industrial Solvents Handbook***, Noyes Data Corp, U.S.A. 1977.
- 44.- Meyer, Eugene; ***Chemistry of Hazardous Materials***, Prentice Hall, U.S.A., 1989.
- 45.- Morrison, Boyd; ***Química Orgánica***, Fondo Educativo Interamericano, México, D.F., 1985.



## Bibliografía

- 46.- Myers, Raymond R.; *The Reology of the Drying Process*, Official Digest, Vol. 33, No. 442, p.p. 940-947, U.S.A., 1961.
- 47.- **National Fire Protection Association, Fire Protection Guide to Hazardous Materials**, N.F.P.A. 49, 325M, 491M, 704, U.S.A., 1991.
- 48.- **Nitrocelulosa**, Folleto Técnico, S. N. P. E. (Societe Nationale Despoudres Explosies), Bergerac, Francia, 1994.
- 49.- O'Brien, Dan; *Programa de Seguridad: En que etapa se encuentra ?*, Revista Manufactura, Vol. 3 No. 16, p.p. 74-76, Expansión, México, D.F., Septiembre de 1996.
- 50.- Petroleos Mexicanos, Folleto Técnico: **Recomendaciones Técnicas para el Almacenamiento de Disolventes**, Subgerencia de Relaciones Comerciales, México, D.F., 1994.
- 51.- Petroleos Mexicanos, Gerencia de Seguridad Industrial, Folleto Técnico: **Recomendaciones para el Uso, Manejo y Almacenamiento de Pequeñas Cantidades de Productos Inflamables**, México, D.F., 1974
- 52.- Popovich, Orest, Tomkins, Reginald; *Non Aqueous Solution Chemistry*, John Wiley and Sons Co., U.S.A., 1981.
- 53.- Portes, Nancy; *H.M.I.S.: New and Improved*, Modern Paint and Coatings, p.p. 20-26, U.S.A., Abril de 1996.
- 54.- Probst, Ken G.; *Flash Point of Mixed Solvents*, Journal of Paint Technology, Vol. 41, No. 539, U.S.A., 1969.
- 55.- R.C., Nelson; *Treatment of Hydrogen Bonding in Predicting Miscibility*, p.p. 636-643, *Theory of Solution*, p.p. 644-652; Journal of Paint Technology, Vol. 42 No. 550, U.S.A., 1970.

---

## Bibliografía

- 56.- Redín, Alfred; *Prediction of Viscosities of Concentrated Polymer Solutions*, Journal of Paint Technology, Vol. 43, NO. 559, p.p. 39-47, U.S.A., 1971.
- 57.- Reynolds, W. W. and Larson, E.C.; *The Fundamentals of Solvent Selection*, Official Digest, Vol. 34 No. 446, p.p. 311-333, U.S.A., Marzo de 1962.
- 58.- Rowinson, J.S., Swinton, F.L.; *Liquids and Liquid Mixtures*, Butter Worth Scientific Corporation, England, 1962.
- 59.- Ruhe, Michael A.; *Use of Solvent Recovery Units at Power Plants*, Journal of Protective Coatings and Linings, p.p. 60-64, U.S.A., Noviembre de 1995.
- 60.- Samotsky, A. A.; *Evaporation of solvents from Paint Films*, Journal of Paint Technology, Vol. 41 No. 539, p.p. 692-699, U.S.A., 1969.
- 61.- Sax, N. Irving; *Dangerous Properties of Industrial Materials*, Van Nostrand Reinhold Co., U.S.A., 1984.
- 62.- Scheffan, L and Jacobs; *The Handbook of Solvents*, Van Nostrand Reinhold Co., U.S.A., 1973.
- 63.- *Seguridad Industrial*, Serie A-B, Herrero, México, D.F., 1975.
- 64.- Sharp, Gosney; Rowley; *Practical Organic Chemistry*, Chapman and Hall, England, 1982.
- 65.- Sletmoe, G.M.; *The Calculation of Mixed Hydrocarbon Oxygenated Solvent Evaporation*, Journal of Paint Technology, Vol. 42 No. 543, p.p. 246-259, U.S.A., 1970.
- 66.- Solomons, T. W. G.; *Fundamentos de Química Orgánica*, Limusa, México, D.F., 1986.
- 67.- Sullivan, D.A. ; *Solvent Selection in Today's Regulatory Environment*, Modern Paint and Coatings, p.p. 38-42, U.S.A., Septiembre de 1995.

Bibliografía

---

- 68.- Sweet, V. Doris; *Registry of Toxic Effects of Chemical Substances*, National Institute for Occupational Safety and Health (N.I.O.S.H.), U.S.A., 1986.
- 69.- Teas, Jean P.; *Graphic Analysis of Resin Solubilities*, Journal of paint Technology, Vol. 40 No. 516, p.p. 19-25, U.S.A., Enero de 1968.
- 70.- *The Condensed Chemical Dictionary*, Van Nostrand Reinhold, U.S.A., 1977.
- 71.- *Teorema Técnico Ambiental*, Año 3 No. 10, p.p. 19-20, 58-59.
- 72.- Witcoff, Harold A.; *Productos Químicos Orgánicos Industriales*, Vol II, Limusa, México, D.F., 1987.
- 73.- Woodyat, Rollin; *MSDS: Help or Hindar Ink World*, Vol. 1 No. 2, p.p. 36-38, U.S.A., Abril de 1995.