

# CARACTERIZACIÓN DE MEZCLAS LIQUIDAS DE SOLVENTES Y ESTUDIO DE INVESTIGACION DE UNA TECNOLOGIA PARA LA RECUPERACION DE SOLVENTES

## CAPITULO 1 GENERALIDADES DE LA INDUSTRIAS DE RESINAS

### 1.1 Resinas concepto

Cualquiera de un grupo de termoplástico duro y rígidos cuyo nombre deriva de las tres letras de los monómeros que los producen.

Pueden definirse resinas como mezclas naturales o artificiales de sustancias orgánicas que están soluble en solventes orgánicos en alguna fase en su desarrollo y, cuando depositó de los solventes convenientes, forme una película adherente continua. En general, las resinas no cristalizan cuando se depositan sobre el solvente y ellos poseen un rango de ablandamiento en lugar de un punto de fusión. El estado resinoso es una consecuencia del desarrollo de moléculas grandes de tamaño variado y forma. Como una consecuencia, se obtienen resinas de una gran diversidad de composiciones químicas.

Las resinas frecuentemente son clasificadas en una base de fuente en a las resinas naturales y las resinas sintéticas. Debe darse énfasis a, sin embargo, que esta clasificación no tiene base del punto de vista de su conducta física.

### 1.2 Tipos de resinas

#### 1.2.1 Resinas naturales

Son de origen vegetal mezcla amorfa de ácidos carboxílicos, aceites esenciales y terpenos que se hallan como exudados en la corteza de gran variedad de árboles y arbustos combustible eléctricamente no conductora: dura vidriosa con fracturas concoides cuando esta fría y blanda y cerca cuando se halla por debajo de la temperatura de transición al aspecto vidrioso la mayoría son solubles en alcohol éter disulfuro de carbono e insoluble den agua , la mas conocidas estas son ,colofonias y el bálsamo que se obtiene de los coniferos tiene un elevado contenido tiene un elevado contenido en ácido de origen más remoto hay resina con kauri (intermedio entre los copales y los más ámbares), congo, damma: almaciga sandárac y copal.

La resina natural importante que no es de origen de la planta es laca (resina del laca). es producido por un insecto parasitario que alimenta en una variedad de árboles del organizador encontrado principalmente en India. Estos insecto diminuto, de la familia de Coccidae, descascara a la savia del árbol y excreta una sustancia que seca a de una incrustación proteccionista.

#### 1.2.2 Resinas sintéticas

Un alto polímero hecho por el hombre, resúltate de una reacción química entre dos o más sustancias generalmente con calor o catalizador ,la definición incluye caucho

sintético siloxanos y silicona pero excluye polímeros modificados solubles en agua (llamado a menudo resina) debe de hacerse una distinción entre una resina sintética y un plástico el primero es el polímero en si mientras que el segundo es el polímero con más aditivos tales como colorantes plastificantes sustancia de relleno etc.

La primera resina sintética verdadera fue desarrollada por Baekejand en el año 1911 (fenol formaldehído ) pronto le siguió un producto derivado del petróleo llamado cumarona – indena que también tenía las propiedades de la resina .

El primer elastómero sintético fue el policloropreno (1931) originado por Nieuwland y más tarde llamado neopreno desde entonces ha sido sintetizado muchos nuevos polímeros sintéticos quizás los más conocidos sean el nylon y sus congeneros (poliamidas) y el grupo inorgánico siloxano; otros tipos importantes son alquilos, acrílicos amino plásticos, haluro polivinílico poliéster (epoxidos y poliolefinas).

Durante los últimos años, ningún campo de investigación química ha estado más activo, que el destinado al desarrollo y producción de resinas sintéticas en las materias primas disponibles. Aunque se puede decir que las resinas sintéticas que están ahora disponibles poseen propiedades superiores a las resinas naturales, estos materiales ofrecen varias ventajas importantes, ellas cubren el suministro de resinas como materias primas abundantes tales como: celulosa, petróleo, carbones y, caliza.

### **1.3 Clasificación de las resinas**

Existen varias formas de clasificar a las resinas, como regla general los criterios empleados aportan algún tipo de información para el formulador.

Veamos los criterios de clasificación mas utilizados que desarrollaremos mas adelante.

#### **1.3.1 Por su composición**

Las Resinas Sintéticas para Recubrimientos se agrupan de la siguiente forma:

- Resinas Sintéticas Puras
- Resinas Sintéticas Modificadas
- Resinas Sintéticas Híbridas
- Mezclas de resinas
- Aductos
- Prepolímeros

#### **1.3.2 Por el tipo de proceso**

##### **1.3.2.1 Procesos "Vía Ácido graso ó Aceite"**

⇒ Según sea la forma en que se presentan los ácidos grasos " Directo ó Alcoholisis"

El aporte de ácidos grasos, modificantes de la cadena poliéster puede provenir de aceites naturales, en este caso también se incorpora glicerina como componente del triglicérido ó bien puede resultar del uso de ácidos grasos, como tales, naturales ó sintéticos.

⇒ Proceso "Directo"

En lugar de utilizar aceites naturales se parte directamente de los ácidos grasos.

Al no ser necesario desdoblar el aceite, la síntesis es más sencilla y se realiza en única etapa. La reacción entonces es una esterificación directa.

⇒ Proceso "Vía Alcoholisis"

A partir de aceites naturales. Para incorporar el aceite será necesario transformarlo en un material capaz de intervenir en las reacciones de polimerización - esterificación -. Esta transformación se lleva a cabo a través de un proceso de trans-esterificación previo a la esterificación, denominado comúnmente alcoholisis.

### **1.3.3 Por el tipo de aceite**

Determinado por la composición en ácidos grasos del triglicérido, en un proceso vía aceite ó por el tipo de ácido graso, en un proceso vía ácido graso. (saturados y no saturados).

Los Aceites y por extensión los ácidos grasos derivados se clasifican en:

#### **1.3.3.1 No secantes**

El aceite seleccionado ó la mezcla de ácidos grasos derivada, contienen un número muy bajo de dobles uniones ó no las contienen en absoluto.

#### **1.3.3.2 Semisecantes**

El aceite ó mezcla de ácidos grasos correspondientes contiene un número de dobles ligaduras adecuado, pero no el suficiente como para ser caracterizada como "secante".

#### **1.3.3.3 Secantes**

Formuladas con aceites o ácidos grasos, ricos en dobles ligaduras.

⇒ Resinas Alquídicas Secantes:

Están formuladas utilizando aceites del tipo secantes ó semisecantes (con alto ó medio porcentaje de insaturación).

⇒ Resinas Alquídicas No Secantes:

En su formulación intervienen ácidos grasos del tipo no secantes (con muy bajo ó nulo porcentaje de insaturación).

### 1.3.4 Por el largo de aceite

El "Largo en aceite de la resina alquídica" es la base sobre la resina sólida de poliglicérido (aceite) ó del glicérido reconstituido (vía ácido graso).

<b>Tabla # 1.1 Clasificación de las Resinas Alquídicas según el largo de aceite</b>						
	CORTOS	MEDIOS CORTOS	MEDIOS	MEDIOS LARGOS	LARGOS	MUY LARGOS
Vía Aceite %	35 – 45	46 – 48	49 – 53	54 – 59	60 – 70	71 - 85
Vía Ácidos grasos %	30 – 43	44 – 46	47 – 50	51 – 55	56 – 70	71 - 82
Contenido Ah. Ftálico %	50 – 40	34 – 36	36 – 34	33 – 30	30 – 20	20 – 10
Solubles en	Ar	Ar/Al	Al /Ar	Al	Al	Al

Ar: Aromático

Al: Alifáticos

### 1.4 Proceso de Fabricación

Proceso por FUSION (FUSION COOK): Se procesan las materias primas a alta temperatura en estado de fusión generalmente por calentamiento directo.

Proceso por SOLVENTES (SOLVENT COOK): La reacción se produce en presencia de solventes que actúan promoviendo las reacciones de polimerización y regulando la viscosidad del medio. Se trabaja en equipos mas sofisticados por calentamiento indirecto y equipos de reflujo, destilación y recuperación de solventes.

### 1.5 Usos de las resinas

#### 1.5.1 Celulósicos

Son materiales plásticos producidos a partir de la celulosa. Son derivados que van desde la celulosa regenerada o celofán a la nitrocelulosa del algodón, la pólvora. La materia prima principal es la pulpa de madera purificada. Hay dos procesos para obtener la celulosa purificada, el xantato y el cuproamónico. En el proceso del xantato, la celulosa se trata en una solución de hidrógeno de sodio (NaOH) y disulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>); luego se coagula la solución de xantato de celulosa resultante y se regenera la celulosa en forma de película continua por acidificación.

Los efluentes contienen materiales celulósicos biodegradables, sulfatos y metales pesados. El grueso de los residuos restantes son: ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sulfato de sodio (NaSO<sub>4</sub>) y metales pesados.

#### 1.5.2 Resinas vinílicas

Los homopolímeros y copolímeros de cloruro de vinilo son de las resinas termoplásticas más antiguas y de mayor flexibilidad en su aplicación.

La producción es discontinua en el proceso de polimerización en suspensión, por la amplia variedad y cantidad de productos. En este método, el monómero se dispersa en forma de minúsculas gotas en un medio estabilizado de suspensión, consistente en agua de 0,01 a 0,5% en peso de los agentes en suspensión (alcohol de polivinilo, gelatina y éteres de celulosa). La suspensión se calienta en un reactor en presencia de catalizadores, tales como peróxidos de benzoilo, lauroil, ter-butyl, a fin de iniciar la polimerización. Cuando ésta se ha completado, la suspensión del polímero se lleva a un tanque de extracción, donde se recupera el monómero residual que no haya reaccionado. El polímero no separado se transfiere a un depósito de reacción; la mezcla pastosa o semifluida de polímero se bombea a centrifugadoras, en las que se lava y separa el agua. Se completa la operación en secadores rotativos.

### **1.5.3 Resinas y copolímeros de poliestireno**

La combinación de las propiedades del poliestireno y su facilidad de tratamiento (moldeo por inyección y por extrusión) hace de él un termoplástico muy útil, por su excelente estabilidad térmica no deformable, elevada resistencia a la flexión y a la tracción y buenas propiedades eléctricas.

Para la fabricación de resinas y copolímeros de poliestireno se aplica un método discontinuo, que utiliza una combinación de procedimientos de polimerización en masa y en suspensión. El monómero de estireno, o mezclas de monómero, se purifican por destilación o lavado con sosa cáustica, para eliminar inhibidores. Las materias purificadas se cargan en unión de un iniciador (generalmente del tipo de peróxidos), en recipientes de polimerización, de acero inoxidable o de aluminio, que están provistos de camisas para su calentamiento y refrigeración y de agitadores. La polimerización del monómero se realiza a unos 90°C hasta aproximadamente el 30% de conversión; en esta fase, la masa de reacción tiene la consistencia de jarabe. El agua se utiliza únicamente como agente de intercambio térmico, por lo que no entra en contacto con el producto y puede recircularse.

El polímero o masa parcialmente polimerizada se transfiere a los reactores de polimerización por suspensión, conteniendo agua y agentes de suspensión y dispersión que pueden ser celulosa de metilo o de etilo, ácidos poliacrílicos, alcohol polivinílico y muchos otros materiales que se encuentren en forma natural tales como gelatina, almidones, gomas, caseína y alginatos. La masa se descompone en gotitas, por la acción del agitador, y se mantiene en suspensión en la fase acuosa. Después de completar la polimerización, la suspensión polimérica se envía a un depósito o tanque de extracción, en el que se separa cualquier residuo o monómero que no haya reaccionado. La masa separada se centrifuga y el polímero producido se filtra, se lava y se le extrae el agua.

### **1.5.4 Poliolefinas (polietilenos)**

Los polietilenos que se producen en la actualidad cubren una amplia gama de peso moleculares, desde ceras de unos cuantos miles de moléculas a polietilenos de varios

millones de ellas, e igual disposición de rigidez. El polietileno se usa, en orden decreciente, en: películas y láminas, moldeo por inyección, botellas, aislamiento de cables, revestimientos, tubos y otros usos.

Un proceso fundamental para la producción de polietilenos es el método de alta presión, cuyo producto final es llamado polietileno de baja densidad.

Una corriente de etileno de gran pureza es tratada a una presión adecuada y se la hace pasar a través de un reactor (tubular o de autoclave), en presencia de un catalizador con radicales libres. La mezcla de polímero-monómero resultante se separa por reducción de la presión en dos corrientes, una rica en monómero y otra en polímero. La primera se puede limpiar y ser sometida de nuevo al ciclo de producción o para otro proceso. La corriente de polímero se concentra por medio de una nueva separación y luego se extruye en forma de cintas o cordones para su moldeo.

Otro proceso es el método de baja presión, que se produce comúnmente el polietileno de alta densidad, es por el proceso Phillips en el que utiliza un catalizador de cromo y aluminio.

### **1.5.5 Acrílico**

Las resinas acrílicas se producen por tres procesos: polimerización en masa, en solución y en emulsión. La polimerización en masa se utiliza para láminas fundidas o moldeadas y material para moldeos y extrusión. La polimerización en solución se usa para la producción de revestimientos industriales, como pintura para automóviles y revestimientos de tejidos. La polimerización en emulsión se usa, sobre todo, en revestimientos de venta comercial, tales como pintura domésticas. Este último proceso es de operación discontinua.

En la producción de acrílicos en emulsión, el monómero se mezcla en una cuba con el catalizador, agua y un agente tensoactivo. La polimerización y la emulsión tienen lugar simultáneamente. Se quita parte del agua y se añade más agente tensoactivo. Los grumos se quitan por filtración o por centrifugación. Se almacena la emulsión. El producto final contiene alrededor del 50% de resinas acrílica.

### **1.5.6 Resinas de poliéster y Alquídicas**

Los poliésteres y alquídicos se caracterizan por una gran variedad en sus formulaciones, no solo según la clase de resina producida, como: los poliésteres modificados por aceites (alquídicos), poliésteres insaturados (laminados y compuestos para moldeo) y poliésteres lineales (películas y fibras), sino también dentro de cada grupo. El proceso fundamental de fabricación para la resina de poliéster y alquídicos es la polimerización por condensación, de tipo discontinuo, de un ácido dibásico y un alcohol con varios grupos. La polimerización en presencia de aceites y ácidos grasos da como resultado un complicado polímero conocido como resina alquídica.

### **1.5.7 Resinas de urea y melamina**

El Proceso de fabricación de las resinas de urea y melamina consiste en la polimerización discontinua por condensación de la urea o de la melamina con formalina

(solución al 40% de formaldehído en agua). Las materias primas , urea, melamina y formalina, se cargan en unión de los catalizadores, aditivos y modificadores propios de cada fabricante, en un reactor provisto de camisa de calentamiento para iniciar la reacción; luego se corta el calentamiento para introducir agua de refrigeración con la cual controlar la temperatura de la reacción. La mezcla se refluye hasta obtener el grado adecuado de polimerización. La resina es soluble en agua, de manera que no se produce separación alguna.

Las resinas de urea y melamina se deshidratan al vacío hasta que el contenido de sólidos sea del 50 al 60%; se venden en forma de solución, o bien se secan o deshidratan por aspersion y se venden como producto sólido.

### 1.5.8 Resinas fenólicas

Las resinas derivadas del fenol constituyen la familia más antigua de este tipo de productos. Sus usos principales son para moldeos de tipo económico y para encolado de tableros de madera contrachapada.

La producción de las resinas fenólicas se efectúa por el proceso de polimerización discontinua, por condensación de los fenoles con formalina. Los compuestos fenólicos y la formalina, junto con los catalizadores y diversos aditivos y modificadores, se cargan en el reactor provisto de camisa de calefacción, se calientan para iniciar la reacción, la cual, una vez iniciada, es exotérmica; para controlar la temperatura se cambia la calefacción por agua de refrigeración.

La mezcla se refluye hasta que se separe en dos fases: una capa de resina pesada y viscosa y otra acuosa. Aquí se aplica vacío y se eleva la temperatura para extraer el agua. La resina fundida se extrae a un depósito donde se solidifica al enfriarse.

### 1.5.9 Resinas varias

Estas resinas no tienen relación química alguna entre sí, pero se caracterizan por su bajo volumen de producción. Se incluyen los poliuretanos, epóxidos, acetales, policarbonatos, siliconas y nylons. Varias de estas resinas no generan residuos acuosos y algunas constituyen especialidades fabricadas solo por ciertas compañías, no se dispone de informes exactos de los métodos de tratamientos utilizados.

Muchas de las sustancias complementarias, y las resinas mismas, tienen una acción irritante en el organismo. Estas sustancias se resumen a continuación en la Tabla 1.2 Sustancias complementarias que tienen acción irritante en el organismo.

**Tabla: Sustancias complementarias que tienen acción irritante en el organismo**

SUSTANCIAS	USOS	RIESGOS
Aceleradores	Naftenato de cobalto	Irritantes
Catalizadores	Aminas alifáticas	Irritantes

(endurecedores o curadores)	alumnioalquídicas borón	tóxico hepáticos renales
Copolímero (transparencia de la resina curada)	Actúa sobre el cloruro o acelato de vinilo	Neurológicos por los vinilos
Diluyentes	Eter fenilglicidílico estireno	Irritante y sensibilizadores
Estabilizadores	Absorbentes de LUV y ácido clorhídrico (HCl)	Irritantes
Inhibidores	Fenoles, diaminas, ácido pícrico	Irritantes
Lubricantes	Estearato de calcio cera de polietilino	Irritantes
Plastificantes	Ftalatos, ésteres, glicoles, tricresilfosfato	Irritantes neurológicos
Pigmentos y colorantes	Inorgánicos y orgánicos	Irritantes y sensibilizadores
Rellenadores	Oxido de hierro (Fe) o aluminio (Al), asbestos, otras fibras de vidrio-silicatos	Sin acción tóxica el asbesto presenta riesgo potencial de cáncer pulmonar por inhalación
Solventes	Acetona, tolueno, metilcetonas	Irritantes

Fuente: Departamento de Programas sobre Medio Ambiente, 1979



## CAPITULO 2

# CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS REVESTIMIENTOS DE SUPERFICIES

### 2.1 Solubilidad

El parámetro de solubilidad es una medida de las fuerzas totales de atracción entre las moléculas de una sustancia. Estas fuerzas son de tres tipos principales: de dispersión, de polaridad, de enlaces de hidrógeno.

- ⇒ Las fuerzas de dispersión (London) son el resultado de dipolos temporales formados debido al movimiento continuo de electrones dentro de la molécula, lo que da a lugar a un campo electromagnético no balanceado.
- ⇒ Las fuerzas polares representan una combinación de interacciones dipolo-dipolo (Kenson) o dipolo inducido dipolo (Debye).
- ⇒ Los enlaces de hidrógeno se conocen bien y son las atracciones entre moléculas polares en las cuales el hidrógeno está unido covalentemente a elementos electronegativos como oxígeno, nitrógeno o fluor.

Antes que una sustancia se pueda mezclar libremente con otra, se deben vencer estas fuerzas de atracción; esto se logra muy fácilmente cuando las fuerzas intermoleculares de las sustancias a mezclarse son las mismas.

Hildebrand define al parámetro de solubilidad como la raíz cuadrada de la densidad de la energía cohesiva, la cual es el total de atracción molecular por unidad de volumen.

$$\delta = (E/V)^{1/2}$$

El parámetro de velocidad varía con la temperatura pero se calcula a 25°C. Cada solvente tiene un parámetro de solubilidad específico; una resina tendrá un intervalo de valores, pero la amplitud del intervalo varía grandemente para diferentes tipos de resinas.

El desarrollo del concepto "parámetro de solubilidad" es imprescindible al predecir la solubilidad de los polímeros en los solventes; se encuentran en los cuales un solvente no disolvía un polímero aunque tuvieran parámetros de solubilidad similares.

Esto llevó a Burrell a clasificar a los solventes en tres categorías referidos a la fuerza del enlace de hidrógeno: pobre moderada y fuerte. El reconoció que los enlaces de hidrógeno son un factor importante en la solubilidad y podría usarse para mejorar la predicción de la solubilidad.

### 2.2 Viscosidad

Un vehículo (solvente), a demás de ser homogéneo, también debe tener la viscosidad adecuada. La viscosidad final depende de estos dos factores más la viscosidad del solvente y la resina. Al agregar una resina a un solvente, la viscosidad aumenta primero en forma lenta y luego rápidamente. El punto en el cual ocurre la transición depende de la solubilidad de la resina y la solvencia del solvente.

La viscosidad es una medida de la fricción interior de un fluido en sustancias depende individualmente en mayor o menos magnitud de la temperatura, la influencia de presión es sólo ligera. Se expresa viscosidad en dos unidades diferentes que llevan una relación simple:

1 poise (P) = la unidad de viscosidad dinámica  
1 stokes (cst) = la unidad de viscosidad de la cinemática

Para los propósitos prácticos, las dos unidades, centipoises y centistokes, normalmente se usa:

1 centipoise (ctp) = 0.01 poise  
1 centistoke (cst) = 0.01 stoke

Las viscosidades puras de los solventes hidrocarburos depende de la distribución de tipos moleculares, la cual a su vez depende del petróleo del cual se obtuvo el solvente. sin embargo las parafinas tienen las viscosidades mas bajas, seguidas por las aromáticas y finalmente los naftenos.

### **2.3 Brillo**

Un problema en la fabricación y uso de esmaltes de laca es el de la adherencia. La presencia de cantidades grandes de pigmento reduce el brillo y da una película más quebradiza que la misma base de laca en un principio, puesto que esta adherencia varía con el tipo de superficie, el problema se complica cuando cada tipo de superficie requiere una preparación especial de esmalte para obtener los mejores resultados.

En los esmaltes cuando el acabado del barniz es expuesto a la luz del sol y está coloreado por pigmentos y si esta capa está sobre un metal y es formulada apropiadamente, puede sujetarse a temperatura más alta y puede hacerse entonces térmica, esto no debe confundirse con un esmalte vítreo que son inorgánicos en su composición.

Normalmente al aumentar la cantidad de resina para laca de un plastificante al aumentar el tiempo de secado se hace la película más flexible y más suave; se debe recordar que la laca se hace más quebradiza cuando envejece.

### **2.4 Secado**

Durante el proceso de evaporación o secado, la función del solvente es controlar las características del flujo mientras se forma la película. Los valores absolutos de velocidad de secado dependen de las condiciones ambientales; esta velocidad de secado aumenta con la temperatura.

La velocidad de evaporación será igual a la temperatura de ebullición cuando un material ebulle a una temperatura más alta que otro, también tendrá una velocidad de evaporación a una temperatura menor dada. Pero esto no indica las velocidades relativas reales y pierde exactitud cuando se involucran mezclas; la evaporación se vuelve más compleja.

Las presiones de vapor de diferentes compuestos pueden cambiar a diferentes velocidades con respecto a las temperaturas; así, sus velocidades relativas de evaporación pueden cambiar con el cambio de temperatura.

La humedad es un factor en la evaporación si el solvente es misible en el agua. La humedad no tiene efectos significativos, sin embargo, en la evaporación de solventes no miscibles en agua, la interacción molecular afecta la evaporación de componentes en una mezcla, especialmente si un componente está unido mediante enlaces hidrógeno y otros no.

## **2.5 Acabado**

Algunos solventes son activos en la superficie; lo que significa que migran a la superficie del recubrimiento. Esto reduce la tensión superficial y hace que la superficie sea más homogénea, con lo que se mejora la nivelación y se mejora la tendencia a formar defectos de superficie como los cráteres, abultamientos, hundimientos y bordes abultados.

Los alcoholes, glicol éteres e hidrocarburos alifáticos tienden a ser activos en la superficie.

Si el solvente se evapora demasiado rápido, la película no se nivelará ni se mojará la sustancia al sustrato lo suficiente para una buena adhesión y si la evaporación del solvente es demasiado lenta, la película se escurrirá y tal vez se vuelva demasiado delgada.

Cuando la composición del solvente cambia durante el secado, la resina puede precipitarse y la película no tendrá integridad; así la velocidad de secado del sistema de solvente puede tener un gran impacto en la calidad del recubrimiento.

## **2.6 Vehículo**

Las pinturas del punto de vista químico pueden considerarse que consisten de dos partes, primero es el vehículo, y segundo es el pigmento.

El vehículo puede consistir completamente en un aceite de linaza que normalmente son pigmentos de pasta originales. Frecuentemente, contienen en el caso de pinturas mixtas, una cierta cantidad de secadores y de thinners (Turpentine o alcohol de mineral); y en el caso de esmaltes en pinturas del vehículo puede contener también barniz o gomas de barniz.

Los más importantes de las pinturas y los barnices son los solventes de petróleo (mineral) espíritus o naftas, turpentine y los hidrocarburos del alquitrán de carbón. El metanol y etanol son solventes importantes para laca. Para el uso en lacas y esmaltes de

lacas hay una gran variedad de solvente que varían en muchos de los compuestos químicos puros o comerciales. Los diluyentes principales en esmaltes de laca son el petróleo e hidrocarburos del alquitrán.

En general, una mezcla de líquidos volatilidades diferentes que forman un thinner más satisfactorio que el compuesto puro. Si la volatilidad del thinner es demasiado alta, se notará un efecto refrescante (enfriamiento) debido a la rápida evaporación y la condensación de humedad sobre la película causará, un efecto conocido como ruborizado. Por otro lado, si la volatilidad del thinner es demasiado baja, la película permanece húmeda demasiado tiempo. Normalmente puede estimarse la volatilidad de un thinner con una prueba de destilación en la que el rango de ebullición es determinante.

## **2.7 Cubrimiento**

Si el solvente de una solución se está evaporando quedará una película como soluto. En el caso de soluciones de sal, el residuo es solo un polvo seco y está fácilmente evaporable; si pasa esto en una solución de azúcar un residuo almibarado quedará primero, como en el caso las pinturas quedará una película.

Pero la película no es firme y se cristalizará con una evaporación intensa. Con el uso de un aceite secante disuelto en un thinner, como el turpentine y omitiendo el pigmento que tiene poco que ver en la formación de la película inicial, el thinner se evaporará dejando una película delgada de aceite en la superficie.

Este aceite en las pinturas y los barnices debe estar formando por una considerable cantidad de glicéridos insaturados, que se vuelve saturada al ser combinada con el oxígeno del aire formando una película más dura, que interiormente pierde su tenacidad resultando una cubierta o película homogénea bastante firme.

Esta oxidación es característica de los aceites secantes y aceites insaturados, la superficie resultante es principalmente más firme y duradera dependiendo del grado de insaturación del aceite utilizado; puesto que la oxidación normalmente termina en secadores bastante lentos que se evaporan; el cobalto, el manganeso, u otros compuestos pueden ser agregados para acelerar el proceso.

## **2.8 Pigmentos**

El pigmento puede ser un compuesto químico simple, como ZnO, o una mezcla de varias sustancias. Óxido de cinc, el carbonato básico de blanco de plomo, y el sulfato básico de blanco de plomo, está entre los ingredientes más importantes de pigmentos de las pinturas. Se usan rojo de plomo, azul de plomo y abundante grafito como capa de protección para el hierro y el acero. También se usan otras numerosas sustancias como pigmentos de pinturas muchos de los cuales se producen medio de los compuestos químicos simples como son: los minerales, los silicatos, el ocre amarillo, el litopon de umbral, etc.,

Los pigmentos de la pintura más importantes son los siguientes:

Pigmentos blancos

1. El carbonato básico blanco de plomo (blanco de plomo, corrosivo) es aproximadamente  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ .
2. El sulfato básico de plomo blanco (blanco de plomo, sublime) es sulfato de plomo principalmente básico, normalmente conteniendo un poco  $\text{ZnO}$ . Un análisis elemental mostraría:  $\text{PbSO}_4$  76.8%,  $\text{PbO}$  17.3%,  $\text{ZnO}$  5.6%.
3. El óxido de cinc (cinc blanco),  $\text{ZnO}$ .
4. Litopon es hecho por precipitación simultánea de  $\text{ZnS}$  y  $\text{BaSO}_4$  y generalmente contiene aproximadamente 70% de la espuma.
5. Baritas (blanco fijo) es  $\text{BaSO}_4$ .
6. Sílice (silex). Esto puede molerse sílice o tierra de diatomeas (tierra de infusiones).
7. Asbesto es esencialmente un silicato de  $\text{Mg}$  y es hecho moliendo asbesto desechado.
8. La arcilla (caolín) es un silicato de aluminio hidratado
9. El yeso (tierra alba) es  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Anhidro  $\text{CaSO}_4$  o se usa yeso de cal como un extender en veneciano rojo.
10. Cal, París blanco, blanco de España, blanco de alba, etc. Éstos son todos los  $\text{CaCO}_3$  pero difieren un poco en sus condiciones físicas.

#### Pigmentos negros

1. Lámpara negra es un negro grisáceo, pigmento voluminoso. Es el hollín producido quemando aceites, resinas, etc.,
2. Gas negro (carbono negro) se hace de gas natural. Es muy más negro que el negro de la lámpara
3. El negro del hueso se hace de carbonizar huesos. Contiene 10-20% el carbono, el resto que es grandemente fosfato del calcio.
4. El negro de marfil (gota negro) es un negro de hueso de alto-calidad hecho de marfil gastado.  
Nota: el color de hueso el negro y negro de marfil puede ser modificado por la adición de Prusian azulado.
5. El negro del carbón de leña se produce del carbón de leña de la verdura.
6. Grafito (plumbago) es un carbono que ocurre como un mineral natural. Eso usado en pinturas a 85% el carbono, el resto que es cuestión del silicio.

#### Pigmentos Rojos

1. Indio rojo es esencialmente  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oscuro purpúreo rojo.
2. Tuscan rojo es indio rojo enriquecido por un lago de alizarina que da un rojo. Se entona a menudo abajo con  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ , o yeso
3. Veneciano rojo también es mayormente es  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , pero es conocido como color ladrillo y contiene más o menos yeso (en cantidades inferiores,  $\text{CaCO}_3$  o  $\text{BaSO}_4$ ).
4. El rojo de plomo es un escarlata intenso, pero se usa como una capa protectora y no como un pigmento tiñendo. Cuando el químico puro tiene  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  años pero el producto comercial contiene 70-99%  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (normalmente más de 85%), el resto que es  $\text{PbO}$  incidental fabricar, a menos que el material se adultera internacionalmente.
5. El Mineral anaranjado es un rojo de plomo con una pureza más baja en peso y el color más ligero que el usual.

6. El Bermellón inglés es HgS. No es muy usado ahora debido a su alto precio.
7. El Bermellón americano (cromo rojo, cromato plumboso escarlata) es un cromato básico de plomo
8. Los lagos son formados combinando la materia colorante o ciertos tintes con portadores inorgánicos, como BaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub> o arcilla. Ellos generalmente se usan en pinturas con una cantidad grande de otro pigmento por aclarar o modificar el color. Sume los lagos más importantes son los bermellones y escarlatas hechas de para-rojo, y del alizarina. El tinte (color) puede ser tan pequeño como 5% en el propio lago.

#### Pigmentos amarillos

1. Cromo pone amarillo es cromato de plomo de color variante y composición
  - ⇒ Cromato la luz amarilla (cromato limón amarillo o canario) contiene PbSO<sub>4</sub> más o menos o otros Pb insolubles componen íntimamente mezcló con PbCrO<sub>4</sub>
  - ⇒ Cromato medio amarillo es puro PbCrO<sub>4</sub>
  - ⇒ Cromato amarillo naranja (naranja de cromo) es un cromato de plomo básico al que puede variar en color de la naranja pálida casi la escarlata.
2. Los ocres (ocres amarillos) es tierras naturales cuyo color es debido al óxido férrico hidratado (limonite, 2Fe (OH)<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y varía del citron amarillo a casi aceituna. El óxido férrico hidratado puede variar de 10-60%, el resto que es materia del silicatos o arcilla. Los ocres dorados son pone amarillo ocre modificado con PbCrO<sub>4</sub>.
3. Los siennas crudos se parecen ocres en general la composición, pero es pardusco amarillo y generalmente contiene y el manganeso pequeño.

#### Pigmentos castaños

1. El sienna de cal es hecho calcinándose sienna crudo que cambia el color a un o rojos anaranjados el castaño rojo
2. El umber crudo es un pigmentos de tierra naturales de color del amarillo-castaño que inclina hacia la aceituna y es similar en composición al sienna pero contiene óxido del manganeso considerable
3. El umber decal, hecho calcinándose umber crudo, tiene un color castaño rico, más oscuro que el crudo pero libra de rojo
4. Los vandykel broncean (tierra del cassel, tierra de colonia) es un pigmento natural de una naturaleza carbonosa y es distinguido por su solubilidad en álcali del dil.

#### Pigmentos azules

1. El prussian azulado es hecho precipitando un ferrocianuro soluble en FeSO<sub>4</sub> y oxidando el precipitado. Si el precipitado es puro y daría completamente oxido, y tendrá la composición Fe[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>. el producto comercial, sin embargo, varía considerablemente en composición. Chino azul es una modificación del prussian azulado.
2. Ultramarino se obtuvo anteriormente del lazuli del lápiz mineral semi-precioso. Se hace ahora artificialmente, sin embargo, y es bastante barato. Es esencialmente un silicato doble de Al y Na con algún sulfitos o sulfatos. Rinde H<sub>2</sub>S cuando trató con HCl y pierde incluso colora con ácidos débiles.

3. El cobalto azul consiste y frecuentemente se sustituye por ultramarino mezcló con un poco ZnO.
4. El azul de plomo consiste principalmente en PbSO<sub>4</sub> y PbO con las cantidades más pequeñas de PbS, PbSO<sub>3</sub> y ZnO, con rastros ocasionales de carbono. Su color es un acero tirando gris y su uso principal es como un pigmento de la inhibición para la prevención de corrosión de hierro y acero. Un análisis típico muestra:

**Tabla # 1.3 Porcentaje de compuestos pertenecientes al azul de plomo**

	<u>Porcentaje</u>
PbSO <sub>4</sub>	49.8
PbO	37.7
PbS	6.1
PbSO <sub>3</sub>	2.8
ZnO	1.0
Indeterminado	2.6

#### Pigmentos verdes

1. Cromo verde es una mezcla íntima del prussian azulado y cromo amarillo y esto se vende como "el químico puro". También se pone fuera como "el cromo comercial verde" que generalmente contiene aproximadamente 25% del puro color y 75% de BaSO<sub>4</sub> o un silicato.
2. El óxido de cromo verde es CrO<sub>3</sub>, a menudo más o menos hidratado es un pigmento caro.

### 2.9 Espesor de la película

Se hace referencia a las características de los diferentes materiales que causan varios efectos en la película de la pintura, siendo aconsejable describir la formación de una película, con algunas de sus características deseables.

Desde el punto de vista de la fisicoquímica, la teoría de que al aumentar el oxígeno del aceite de uniones de peróxidos en la formación de moléculas, los productos de la oxidación de los volátiles están ligados al aumento la polaridad de las moléculas que se ponen más duros al ser combinados con otras moléculas, y se forma un gel.

Este gel se pone gradualmente más duro por acción de la luz y del aire; si el envejecimiento dura mucho tiempo, se pone quebradizo y con el tiempo se desintegra.

### 2.10 Sólidos por volumen

En esta fase la función del pigmento, es proteger la película de la luz ultravioleta, y por eso le da una vida más larga a esta, en la fabricación de barnices la proporción del aceite y la resina es importante, como lo es el aceite y la proporción del pigmento en las pinturas.

Es más el aceite la hace más elástico y más durable en la película, con un disminución de la dureza y el aire en la velocidad de secado. Esta proporción que se designa como porcentaje de galones de aceite por cada libra de resina; los fabricantes de la resinas sintéticas han formulado soluciones para dar cualquier tipo mezcla de barniz deseada.

Algunas de las propiedades más importantes de sustancias del pigmentos orgánicos se da como porcentaje de 3655-Å, donde la longitud de la luz ultravioleta es transmitida por una 0.00092 mm de capa, la gravedad específica en volumen de galones por 1 lb de pigmento, y absorción de aceite (las libras de aceite necesitaron de una pasta con 100 lb de pigmento) se da en la tabla siguiente:

<i>Tabla # 1.4 Propiedades de Pigmentos</i>				
<b>PIGMENTOS</b>	<b>Transmisión 3655 Å luz a través de 0.00092 mm capa, %</b>	<b>Gravedad específica</b>	<b>Valor por volumen (apox)</b>	<b>Absorción de aceite (apox)</b>
Carbonato de plomo básico	61	6.4-6.8	0.017-0.019	8-17
Litopon	43	4.3	0.028	11-18
Dióxido del titanio	18	3.9	0.031	10-25
Oxido de cinc	0	5.57-5.66	0.021	12-21
Sulfito de cinc	22	4.0	0.03	10-18
Asbesto	90	2.85	0.042	15-30
Barytes	65	4.46	0.0265	6-12
Sílice	85	2.65	0.0453	20-50
Negro del carbono	0	1.79	0.064-0.069	40-350
Ultramarino azul	85	2.33-2.39	0.05-0.052	28-38
98% óxido de cromo	0	5.09	0.0236	11-70
98% cromato de plomo	4.5	6.00-6.05	0.019-0.020	10-20
Cromato de cinc	32	3.28-3.53	0.034-0.036	15-27
98% el óxido férrico, hidrato	0.5	4.0-4.1	0.0295	20-70



## **CAPITULO 3**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS SOLVENTES**

#### **3.1 Clasificación de los solventes**

##### **3.1.1 Por su estructura Química**

Los solventes normalmente usados pueden ser divididos en los siguientes grupos según su estructura química:

- ⇒ Los Hidrocarburos
- ⇒ Los Hidrocarburos de Halogenados
- ⇒ Los alcoholes
- ⇒ Glicoles, éteres del glicol, Poliglicoles y éteres de los Poliglicoles
- ⇒ Los ácidos
- ⇒ Esteres
- ⇒ Los éteres y acetales
- ⇒ Cetonas
- ⇒ Compuestos nitrogenados
- ⇒ Compuestos de las otras clases (bisulfuro de carbono).

##### **3.1.2 Por el punto de vista práctico**

- ⇒ Poder solvente para lacas (materias primas)
- ⇒ Rango de ebullición
- ⇒ Razón de evaporación
- ⇒ Capacidad de dilución

#### **3.2 Tipos de solventes**

##### ⇒ HIDROCARBUROS

Hexano	Xilenos
Octano	Disolvente Nafta
Gasolina	Dipenteno
Queroseno	Esencia de trementina
Benceno	Ciclohexano
Tolueno	Metilciclohexano
Cimeno	Tetrahidronaftaleno
Estireno	Decahidronaftaleno
Aminaftaleno	Éter de petróleo

##### ⇒ ALCOHOLES

Metanol  
Etanol  
Propanol  
Butanol  
Isobutanol  
Butanol 2  
Alcohol butílico terciario  
Alcohole amfílicos  
Alcohol Isoamfílico  
Alcohol amfílico sintético  
Metil isobutilcarbinol  
Alcohol tetrafulfurídico

Metoxibutanol  
2 - etil hexanol  
Iso octil alcohol  
Iso nonil alcohol  
Iso decil alcohol  
Iso tridecil alcohol  
Octanol  
Alconol bencílico  
Hexanol  
Metil ciclohexanol  
Alcohol fulfurídico  
Glicerina

⇒ GLICOLES

Metil glicol  
Etíl glicol  
Butíl glicol  
Metil diglicol  
Butilen glicol  
Etíl glicol acetato

Dietilen glicol  
Dipropilen glicol  
Etíl diglicol  
Butíl diglicol  
Metil glicol acetato

⇒ ALDEHIDOS Y ACETALES

Acetaldehído  
Paraldehído  
Butiraldehido

Acroleína  
Metilal acetal  
Fural

⇒ ÁCIDOS Y ESTERES

Ácido acético  
Formiato de metilo  
Formiato de butílo  
Acetato metilo  
Acetato de etilo  
Acetato de propilo  
Acetato de isopropilo  
Acetato de butílo  
Acetato de isobutílo secundario  
Acetato de isobutílo  
Acetato de isoamilo  
Butoxil  
Acetato de amilo secundario  
Acetato de hexilo  
Acetato de octilo  
Acetato de glicerilo  
Acetato de ciclohexanilo  
Acetato de metilciclohexanilo  
Acetato de furfurilo  
Acetato de bencilo

Acetato del éter monoetílico del etilenglicol  
Acetato del éter monoetílico del dietilenglicol  
Acetato del éter monoetílico del butilenglicol  
Propionato de metilo  
Propionato de etilo  
Propionato de propilo  
Propionato de butílo  
Propionato de amilo  
Butirato de metilo  
Butirato de etilo  
Butirato de butílo  
Butirato de amilo  
Estiarato de butílo  
Benzoato de etilo  
Carbonato de etilo  
Lactato de metilo  
Lactato de amilo

Acetato de etilenglicol  
Glicolato de butílo  
Diacetato de etilen glicol

Hidroxiisobutirato de etilo  
Sebacato de butílo  
Oxalato de butílo

⇒ ÉTERES Y ÉTERES DEL GLICOL ACETALES

Éter monoetílico del etilenglicol  
Éter amílico  
Éter dietílico  
Éter monometílico del dietilenglicol  
Éter dietílico del etilenglicol  
Éter monomfenílico del etilenglicol  
Éter monoetílico del dietilenglicol  
Éter monometílico del etilenglicol  
Éter monobutílico del dietilenglicol  
(butil carbitol)

Éter monobutílico del etilenglicol  
Éter dietílico del dietilenglicol  
Éter iso propílico  
Éter butílico  
Éter cloro etílico  
Éter etílico  
Metilal

⇒ CETONAS

Acetona  
Metietilcetona  
Ketoles y butirona  
Metilisobutilcetona  
Di-isobutilcetona

Heptanona  
Hexanodiona  
Diacetona alcohol  
Metilciclohexanona

⇒ AMINAS AMIDAS Y NITRILOS

Etilamina  
Dietilamina  
Trietilamina  
Butilamina  
Diamilamina  
Etanolamina

Aminoetiletanolamina  
Anilina  
Dietilformamida  
Etilencianhidrina  
Piridina

⇒ SULFURADOS, NITRADOS, Y HALOGENADOS

Sulfuro de carbono  
Nitroparafinas  
Nitrobenceno  
Diclorometano  
Cloroformo  
Tetracloruro de carbono  
Dicloroetano  
Tricloroetano  
Tetracloroetano  
Pentacloroetano  
Dicloroetileno  
Tricloroetileno  
Tetracloroetileno  
Dicloropropano

Cloruro de amilo  
Dicloropentano  
Clorobenceno  
Diclorobenceno  
Triclorobenceno  
Clorotuleno  
Cloronaftaleno  
Cloruro de butílo  
Clorhidrina del glicol  
Clorhidrina de la glicerina  
Epiclorhidrina  
Bromocloroetano  
Dibromoetano

### 3.3 Propiedades de los solventes

#### 3.3.1 Densidad

La densidad de un líquido es la relación masa por unidad de volumen, se expresa en gramos por mililitro.

Es función inversa de la temperatura, es decir, disminuye a medida que aumenta la temperatura. Para los disolventes orgánicos, los límites entre los que varían la densidad comprenden: 0.660 – 1.630 que comprende a hidrocarburos ligeros y al percloroetileno respectivamente.

La densidad de un disolvente es una característica muy importante y muchas veces es utilizada para el control de su pureza, y/o concentración.

Los métodos para determinarla (densímetros, picnómetro, balanza de Mohr – Westphal), son sencillos y rápidos de ejecutar.

Cuando se trata de hidrocarburos o disolventes orgánicos de alta densidad, este dato sirve para determinar la presencia de impurezas ligeras.

#### 3.3.2 Peso específico o Gravedad específica o Densidad relativa

Con mucha frecuencia en el campo industrial se confunden los términos de peso específico y densidad de un disolvente; es el cociente del peso de un cierto volumen de sustancia ensayada para el peso del mismo volumen de agua destilada a las mismas condiciones de presión y temperatura.

$$SG = \frac{D \text{ sustancia (4° y 760 mm Hg)}}{D \text{ agua destilada (4° y 760 mm Hg)}}$$

#### 3.3.3 Viscosidad

Es una característica propia de los líquidos que indica la energía del frotamiento y resistencia interna de sus moléculas para oponerse a las deformaciones. Todo líquido viscoso se opone a las fuerzas que tienden a desplazarlo.

La unidad de la fuerza viscosa es el *poise*, que es la fuerza negativa que se opone a todo desplazamiento molecular bajo el efecto de una fuerza igual a una dina.

En los disolventes más usuales, el papel de la viscosidad no desempeña, gran importancia, pues casi siempre se trata de líquidos poco viscosos y su valor suele expresarse en *centipoises*, algunos productos como los glicoles, glicerinas, etc y sobre todo plastificantes, presentan viscosidad elevada.

La medida de la viscosidad es realizada en aparatos llamados viscosímetros, los cuales se pueden clasificar en cuatro categorías, según el fenómeno en que se fundamenten:

1. Aparatos que utilizan la medida del tiempo de caída del líquido a través de un tubo capilar.
2. Los que miden el tiempo en que tardan en caer un cuerpo sólido a través de una columna de líquido.
3. Los que miden el tiempo que tarda en ascender una burbuja de aire en un tubo de dimensiones estándar lleno del líquido en examen.
4. Los aparatos rotativos que miden el ángulo de desviación del cuerpo suspendido.

La viscosidad de líquidos solventes y sus mezclas es afectada por la temperatura; su determinación debe de realizarse a temperatura fija e invariable, empleando termostatos apropiados, por lo general se determinan a 25°C.

### **3.3.4 Índice de refracción**

El índice de refracción de un disolvente orgánico constituye un método muy sensible del control de su pureza, ya que bastan pequeñas cantidades de productos extraños para modificar generalmente dicha constante.

El índice de refracción varía con respecto a la temperatura, por lo que se precisa operar siempre a la temperatura especificada.

Esta determinación se realiza con toda sencillez y en pocos instantes, este método incluso puede servir para llevar el control de fabricación de los mismos.

### **3.3.5 Densidad de vapor**

La densidad de vapor de un disolvente orgánico puede calcularse conociendo su peso molecular. La molécula gramo de todo cuerpo orgánico transformado en vapor, a la presión de 760 mm Hg y a la temperatura de 0 grados ocupa siempre el mismo volumen: 22.42 litros; la densidad del vapor con respecto al aire se deduce, de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\text{Peso molecular}}{29,08}$$

Por tanto, debe tenerse en cuenta siempre que los vapores de los disolventes orgánicos tienen tendencia a descender hacia el suelo y nunca ascender, por tener densidad mayor que la del aire, lo cual conlleva a tomar precauciones de su uso y manejo.

### **3.3.6 Tensión de vapor**

Todos los disolventes orgánicos líquidos poseen una determinada tensión de vapor a cada temperatura y dicho valor, que se expresa en milímetros de mercurio es una característica de gran importancia para juzgar las propiedades prácticas como disolventes.

Cuando se coloca en un recipiente cerrado un líquido, rápidamente se establece un equilibrio entre la fase líquida y la fase vapor; el líquido tiende a emitir sus vapores en la cantidad suficiente para crear a cada temperatura un equilibrio entre dichas fases y la presión que sus vapores ejercen sobre las paredes del recipiente corresponden precisamente a la tensión de vapor.

Este fenómeno de emisión de vapores supone un trabajo y va acompañado necesariamente de la absorción de energía, calorías que absorbe del medio exterior, pero si no se suministra calor, la emisión de vapores provoca que el líquido se enfríe.

A medida en que aumenta la temperatura de un disolvente orgánico, su tensión de vapor también aumenta, hasta llegar el momento en que se iguala con la presión atmosférica, en este instante el líquido entra en ebullición.

La determinación de la temperatura de ebullición del disolvente es importante y permite determinar las propiedades para las aplicaciones técnicas a las que se lo destine.

La determinación de la tensión de vapor de los disolventes precisa aparatos especiales y técnicas bastantes delicadas, que sale de los medios corrientes de laboratorio.

### **3.3.7 Tensión superficial**

La tensión superficial de un solvente es importante para un formulador de recubrimientos por varias razones:

- ⇒ Juega un papel importante en la humectación y la dispersión de pigmentos.
- ⇒ Puede afectar grandemente las características de humectación y de la superficie del recubrimiento.
- ⇒ Puede influenciar en la capacidad del recubrimiento al ser atomizado.

Las tensiones superficiales de los solventes son considerablemente menores que las de los polímeros y los cambios y adiciones de solventes pueden afectar significativamente el desempeño de una resina.

Para poder producir una buena película coherente, un cubrimiento debe mojar el sustrato y fluir bien. La tensión superficial influye en estas dos propiedades. Así, la relación entre tensión superficial del recubrimiento y la tensión superficial crítica de humectación del sustrato es importante. Si la primera es mayor que la segunda, el recubrimiento no mojará espontáneamente el sustrato.

La energía superficial es la energía libre asociada con las moléculas de la superficie comparadas con las moléculas en el centro. Todos los materiales tienen energías superficiales definidas por el trabajo que se necesita para crear un área unitaria de superficie. Los valores generalmente se expresan en términos de tensión superficial, los cuales son numéricamente iguales a los de la energía superficial, pero que tienen unidades de fuerza/longitud unitaria.

La tensión superficial se manifiesta también de otras formas en los recubrimientos, en la facilidad de estos recubrimientos en altos sólidos y de base agua a ser aplicados por

spray, esta característica está más relacionada a la tensión superficial que con la viscosidad del recubrimiento.

**Tabla N° 3.1**  
*Tensiones superficiales de solventes comunes y su temperatura*

<b>Solventes</b>	<b>Dinas/cm</b>	<b>Temp. °C</b>
<b><u>Hidrocarburo</u></b>		
Nafta VM&P	29.0	25
Tolueno	28.5	20
Xileno	28.7	20
Aromatic 100	29.0	25
Aromatic 150	30.0	25
<b><u>Alcoholes</u></b>		
Etanol 95%	22.4	20
n-Propanol	23.8	20
Isopropanol	21.3	20
n-Butanol	24.6	20
2-Butanol	24.0	20
Isobutanol	22.8	20
Ciclohexanol	35.1	20
Alcohol diacetona	28.9	20
2-Etilhexanol	28.7	20
<b><u>Éteres</u></b>		
Acetato de etilo 99%	23.9	20
Acetato de isopropilo	22.1	20
Acetato de isobutilo	23.7	20
Acetato de n-butilo	25.1	20
Acetato de p-amilo	28.5	20
<b><u>Cetonas</u></b>		
Acetona	22.3	20
Metil etil cetona	24.6	20
Metil isobutil cetona	23.6	20
Metil isoamil cetona	25.8	20
Metil n-amil cetona	26.1	20
Ciclohexanona	27.7	20
Diisobutil cetona	24.6	20
Isoforona	32.3	20

<b><u>Glicol éteres y acetatos</u></b>		
Propilen glicol		
Monometil éter	28.3	25
Acetato de monometil éter	26.4	20
Monopropil éter	27.0	25
Monobutil éter	27.4	25
Monofenil éter	38.1	25
Etilén glicol		
Monobutil éter	26.6	20
Acetato de monobutil éter	30.3	20
Dietilén glicol		
Monometil éter	34.8	25
Monoetil éter	32.2	20
Monopropil éter	32.3	20
Monobutil éter	30.0	30
Acetato de monoetil éter	31.7	25
Acetato de monobutil éter	30.0	20
Dipropilen glicol		
Monometil éter	28.8	25
Acetato de monometil éter	28.6	25
Monobutil éter	28.8	25

### 3.3.8 Resistencia eléctrica

La resistencia la capacidad que presenta un solvente para no dejar la corriente eléctrica, es el recíproco de la conductancia y es la propiedad de oponerse al paso de la corriente eléctrica, causando que la energía eléctrica se transforme en calor. La magnitud de la resistencia media depende de la composición de la sustancia y de las dimensiones del detector.

La resistividad también se la conoce como resistencia específica y resistencia de volumen, es la resistencia en ohms que ofrece un cm cúbico de un material a una temperatura en particular.

Todos los ingredientes en un solvente afectan la resistencia eléctrica y se mide con un medidor de pruebas Ransburg o BYK-Gardner como se describe en el estándar ASTM D 5682 y los valores se reportan en megaohms. La resistencia depende de la polaridad. Los solventes altamente polares tienen baja resistencia eléctrica y los solventes no polares tienen resistencia eléctrica muy altas.

La resistencia eléctrica es muy dependiente del contenido de agua, los solventes higroscópicos pueden captar grandes cantidades de agua; por lo tanto los valores de resistencia eléctrica deben medirse siempre que sea posible y usarse solo como una guía los valores encontrados en las literaturas.



**Tabla N° 3.2**  
**Resistencia eléctrica de solventes en Megahoms**

<b>Solventes</b>	<b>Megahoms</b>
<b><u>Cetonas</u></b>	
Acetona	< 0.01
Metil etil cetona	0.2
Metil n-propil cetona	0.3
Metil isobutil cetona	0.4
Metil isoamil cetona	0.6
Metil n-amil cetona	0.4
Diisobutil cetona	0.4
Ciclohexanona	< 0.1
Alcohol diacetona	< 0.1
Isoforona	< 0.1
<b><u>Ésteres</u></b>	
Acetato de metilo 95%	0.4
Acetato de etilo 99%	2.0
Acetato de isopropilo	> 20.0
Acetato de n-propilo	> 20.0
Acetato de isobutilo	> 20.0
Acetato de n-butilo	> 20.0
Acetato de p-amilo	16.0
Isobutirato de isobutilo	> 20.0
3-Etoxipropionato de etilo	20.0
Acetato de 2-etilhexilo	> 20.0
Exxatate 800	> 20.0
Diacetato de etile glicol	5.0
Ésteres dibásicos	0.5
Alcohol ester texanol	> 20.0
<b><u>Alcoholes</u></b>	
Alcohol metílico	< 0.1
Alcohol etílico	< 0.1
Alcohol isopropílico	< 0.2
Alcohol n-propílico	< 0.2

### 3.3.9 Volatilidad

Corresponde a la velocidad de evaporación de un disolvente y es una de las características de mayor interés para las industrias que utilizan solventes como thinners en el recubrimiento de superficies, ya que en ellas el disolvente debe desaparecer totalmente por vaporización y los resultados finales dependen principalmente de la velocidad y forma con que el disolvente se separa de la mezcla.

El calor latente de evaporación influye extraordinariamente en este fenómeno de velocidad de evaporación, más que la tensión de vapor.

Los hidrocarburos se evaporan primero que los alcoholes, esto se debe a que en los alcoholes las fuerzas de cohesión que existen entre sus moléculas dan lugar a asociaciones moleculares que obligan a una absorción de energía calorífica superior, destinada a deshacer dichas fuerzas de cohesión.

El método empírico más utilizado para determinar la velocidad de evaporación es el de colocar en un papel filtro 0.5 ml del líquido de ensayo y se determina el tiempo invertido en la evaporación desde el momento en que el líquido sale de la pipeta hasta que deja el papel filtro completamente seco, tomando como patrón de comparación un papel filtro sobre el cual se haya dejado secar anteriormente el líquido de ensayo; esta determinación se realiza con dos papeles filtros expuestos al aire a una temperatura entre los 15 – 20 °C.

### **3.3.10 Inflamabilidad**

Esta propiedad se encuentra íntimamente relacionada con la volatilidad y la tensión de vapor del disolvente. Los peligros de incendio o de explosión en el empleo y manejo de solventes hacen que el estudio de esta propiedad signifique muchas veces la seguridad del personal de planta.

Un solvente orgánico tendrá mayor inflamabilidad cuanto mayor sea su tensión de vapor. Los líquidos inflamables insolubles en agua presentan un grave inconveniente, en caso de incendio el agua no impide su propagación o eliminación del fuego.

La inflamabilidad de un solvente tipo hidrocarburo, se puede medir cuando este se coloca en un recipiente y acercar a una pequeña llama a su superficie, se comprueba que no siempre los vapores superpuestos al líquido se inflaman a temperatura ambiente, pero si se va aumentando la temperatura del recipiente y se repite el acercamiento de la llama, llegará un que a momento, a una temperatura que es variable para cada solvente, en que se produce una pequeña explosión.

### **3.3.11 Autoinflamación**

No siempre es necesario para inflamar o explosionar los valores de un solvente, la temperatura suba a la superficie una mezcla gaseosa, la presencia de una llama o una chispa eléctrica; basta con que la mezcla se eleve a una temperatura suficiente para que se inicie la combustión.

Este fenómeno llamado *autoinflamación* tiene una importancia con respecto al cuerpo que esté en contacto con la mezcla explosiva.

Las temperaturas de autoinflamación superan los 300 y 500 °C; aunque existe compuestos como el éter que poseen un punto de ignición bajo (150 °C) y que en presencia del aire forman peróxidos que tienen una temperatura de autoignición excepcionalmente bajas.

### **3.3.12 Explosividad**

Cuando los vapores de un líquido volátil inflamable se diluyen en un cierto volumen de aire, existe un cierto intervalo de concentración de estos vapores, en el cual una llama o una chispa eléctrica o cualquier elevación térmica es capaz de provocar una explosión.

A partir del límite inferior de explosividad y cuando los vapores inflamables de la mezcla va aumentando, se observa paralelamente un aumento en la violencia de la explosión, hasta llegar a un máximo, que corresponde a la combustión perfecta del compuesto orgánico en el aire con la producción del anhídrido carbónico y agua.

Se podría comparar con lo que ocurre en los motores de explosión cuando se regula el carburador a fin de introducir la cantidad correcta de carburante con relación a la cantidad de aire en los cilindros.

Los solventes orgánicos con punto de ebullición superior de 115 °C a la presión temperatura ambiente que no suele dar mezclas explosivas, su tensión de vapor no es lo suficientemente elevada a esta temperatura para crear la concentración de vapores correspondientes al límite inferior de explosividad.

### **3.3.13 Miscibilidad**

La miscibilidad es la capacidad de un líquido o gas de disolverse uniformemente y otros líquidos o gas.

Los gases se mezclan entre si en todas las proporciones, no ocurre siempre, en el caso de los líquidos cuyas propiedades de miscibilidad depende de la naturaleza química (polaridad).

El alcohol y el agua son completamente miscibles debido a su similitud química pero algunos líquidos solo son parcialmente miscibles en otros debido a sus diferencias químicas por ejemplo el benceno y el agua; muchos gases son miscibles con líquidos en mayor o menor grado. El formaldehído se mezcla fácilmente con el agua el CO<sub>2</sub> es parcialmente miscible con agua pero el oxígeno ligeramente miscible en agua.

Los líquidos que no se mezclan en absoluto se dicen que son inmiscibles. Como el aceite y en agua; la gasolina y el agua; el término solubilidad se usa frecuentemente como sinónimo de miscibilidad en relación con los líquidos pero se aplica más correctamente para los sólidos.

### **3.3.14 Solubilidad**

Es la propiedad que presenta los sólidos, y un líquido y gases cuando forman una mezcla homogénea (solución).

La solubilidad depende de la naturaleza del disolvente y del soluto y de la temperatura.

*Tabla 3. 2 Solubilidad de los Hidrocarburos y sus Derivados*

Grupo de Hidrocarburo	Hidrocarburo Representativo	Solubilidad en agua (mgL <sup>-1</sup> )
n-Alcanos		
C4	n-butano	61.4
C5	n-pentano	38.5
C6	n-hexano	13.3
C7	n-heptano	2.2
C8	n-octano	0.43
C9	n-nonano	0.12
C10-C14	n-decano	0.05
Alcanos Ramificados		
C4	Isobutano	49
C5	Isopentano	48
C6	2-metilpentano	78
C7	2-metilhexano	2.54
C8	2,4-dimetilhexano	1.29
C9	2,2,4-trimetilhexano	0.53
Cicloalcanos		
C6	Ciclohexano	55
C7	Metilciclohexano	14
C8	1,2,4-Trimetilciclopentano	
C9	1,1,3-Trimetilciclohexano	1.77
Oleofinas		
C4	1-buteno	222
C5	1-pentano	148
C6	1-hexano	69.7
Monoaromáticos		
Benceno	Benceno	1,760
Tolueno	Tolueno	470
Xilenos	m-xilenos	172

Etil benceno	Etilbenceno	140
C3-bencenos	1,3,4-trimetilbenceno	48.2
C4-bencenos	1,4-dietilbenceno	15
Fenoles		
Fenol	Fenol	82,000
C1-fenoles	o-cresol	31,000
C2-fenoles	2,4-dimetilfenol	4,600
C3-fenoles	2,4,6-trimetilfenol	14,000
C4-fenoles	m-etilfenol	

Tomado de Fan & Krishnamurthy, 1995

Esta propiedad se extiende también a los líquidos y gases como soluto.

### 3.3.15 Olor

Tratándose de una propiedad subjetiva es difícil clasificar exactamente los olores en agradables y desagradables, aunque el uso en la industria de solventes de poco olor es mucho mayor a aquellos que tienen olores desagradables o muy fuertes.

Para medir esta propiedad se emplean los odorómetros, que se basa en mezclar un caudal conocido de aire con el líquido vaporizado y observar el momento en que este se hace perceptible; por este método se puede construir las tablas de percepción en que se observa el peso del producto vaporizado en mg/lt de aire y los resultados obtenidos.

El uso de solventes con olor da a lugar al fenómeno de habituación olfativa, el cual le ocurre a las personas que manipulan los solventes y consiste en que al estar en contacto frecuente, pierden la sensibilidad olfativa del mismo tardando meses en recobrarla y en otros casos (pocos), por el contrario, desarrollan una hipersensibilidad al olor, siendo excelentes buscadores de fugas.

### 3.3.16 Toxicidad

La toxicidad de los disolventes tiene un notable interés en la práctica, pues, además del amplio uso que hoy en día tienen los disolventes orgánicos, es el numeroso grupo de obreros que los manipulan.

La aparición de nuevos disolventes orgánicos pertenecientes a distintas familias químicas que crean continuamente nuevos problemas de toxicidad o intolerancia que precisan un nuevo estudio que a esto le pudiéramos llamar *higiene de los disolventes orgánicos*.

La intoxicación con estos disolventes se produce generalmente por vías de introducción del cuerpo humano o sea por la piel o por los pulmones. Por lo general

estos son muy volátiles se siente su aroma rápidamente en sus proximidades donde se manipulan estos disolventes.

La toxicidad de los disolventes depende de la constitución Química. En general, los alcoholes y las acetonas suelen ser mucho menos tóxicos que los derivados halogenados o los hidrocarburo aromáticos.

## CAPITULO 4

### USOS INDUSTRIALES DE LOS SOLVENTES EN EL ECUADOR

#### 4.1 Antecedentes

Los tipos de solventes usados por las industrias (en la limpieza de equipos, en la elaboración de productos u otros procesos) son indicativos de los diversos tipos de residuos que contienen solventes y que pueden ser recuperados. La distribución del uso de diez solventes orgánicos más usados con respecto a seis tipos de industrias se muestra a continuación en la Cuadro N° 4.1.

Cuadro 1.1: Distribución del uso de algunos solventes comunes

		Solvente									
		Xileno	Metanol	Tolueno	Tetracloroetileno	Cloruro de metileno	Metil etil cetona	Tricloroetileno	1,1,1-Tricloroetano	Acetona	Metil isobutil cetona
Sector industrial	Pinturas y similares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Limpieza de metales				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Pesticidas	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	Farmacéutica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Lavasecos				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Imprentas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

La industria de pinturas usa principalmente solventes no halogenados, mientras que en la limpieza de superficies se usan principalmente solvente halogenados. El tetracloruro de etileno o percloroetileno es el principal solvente usado en la industria de lavado en seco.

## 4.2 Importación y exportación de solventes en el Ecuador

En la tabla 4.1 se presenta información histórica del Banco Central del Ecuador y observa la importación de solventes en los períodos comprendidos entre el 2000 y el 2004.

*Tabla N° 4.1 Análisis de las Importaciones de Solventes  
Período 2000 – 2004 (TONELADAS/AÑO)*

SOLVENTE	2000	2001	2002	2003	2004
NAFTA DISOLVENTE	130.788,	226.955,	434.088,	737.882,	672.816,
METANOL	6.913,	6.500,	6.488,	6.275,	6.930,
TOLUENO	4.830,	6.900,	8.953,	9.953,	8.177,
METIL ETIL CETONA	1.870,	2.329,	2.122,	1.714,	1.914,
MINERAL Turpentine	0	31,28	92,20	30,04	0
ACETATO DE BUTILO	631,	802,	1.211,	1.211,	1.659,
PROPILEN GLICOL	900,	922,	942,	912,	1.000,
DICLORO METANO	741,	684,	420,	445,	583,
PERCLORO ETILENO	364,	529,	285,	429,	474,
ETILEN GLICOL	507,	596,	530,	620,	576,
O-XILENO	0,16	0,68	0,55	0,39	0,76
SPRAY OIL	0	0	0,04	0,07	0,14
DIETILENGLICOL	238,	116,	190,	118,	178,
BENCENO	0,06	0,02	0,25	0,44	0,18

FUENTE BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

El período comprendido entre el 2000 y 2004 registra que el mayor volumen de solventes importados se encuentra entre la Nafta y Metanol, cubriendo el 78.77% de las importaciones totales, le siguen el alcohol isopropilico (IPA), y propilenglicol, con el 21.22% de las importaciones mientras que el resto de solventes solo conforma el 1%.

## 4.3 Producción nacional y análisis de la demanda

La oferta de los solventes se complementa con la producción de solventes de nuestro país, la misma que se reduce a doce productos que cubren la demanda nacional: Gasolinas, Diesel 1, Diesel 2, Solvente 1, Rubber Solvent, Mineral Turpentine, Spray fuel o Jet Fuel, Spray Oil, Fuel Oil # 6 o Residuo, Turbo Fuel o Fuel Oil # 4, Absorve o Nafta de bajo octanaje que solo se produce para exportación y Nafta 90.



En la tabla N° 4.2 se registra el período 2000 –2004 la Producción Nacional de derivados de petróleos que se obtienen en Petroecuador, formulados por Petroindustrial y comercializados por la Petrocomercial.

**Tabla N° 4.2 Producción de Solventes en el Ecuador  
Periodos 2000 – 2004 (BARRILES/AÑO)**

SOLVENTE	2000	2001	2002	2003	2004
MINERAL TURPENTINE	347,2	500,4	384,2	148,9	287,2
RUBER SOLVENT	321,8	405,4	406,5	224,9	331,7
SOLVENTE 1	140,8	159,1	295,9	86,4	209,6
ABSORVER	2.070,1	1.757,9	1.875,0	1.875,0	1.875,0
NAFTA 90	104,2	77,7	209,2	88,2	159,3
GASOLINAS	13.306,5	12.236,4	12.887,2	12.69,7	12.962,9
DIESEL 1	574,4	569,7	536,4	531,1	534,2
DIESEL 2	12.080,1	13.450,4	12.438,7	11.049,0	11.866,0
TURBO FUEL	10.787,7	10.953,2	11.353,8	10.812,0	11.268,0
FUEL OIL # 4	14.078,8	11.898,4	10.742,0	8.879,8	10.012,8
SPRAY OIL	35,3	65,3	79,2	68,4	74,7
JET FUEL	1.937,9	1.771,5	1.797,4	1.940,3	1.856,3

FUENTE: PETROCOMERCIAL – REGIONAL Km - 6½

La producción Nacional de solventes es de 51.437,7 barriles y solo cubre una parte de la demanda del sector industrial, siendo los combustibles de mayor producción en los últimos años la Gasolina y el Diesel 2, con un volumen total de 24.828,9 barriles en el año 2004.

Se producen en menor volumen los solventes para el área industrial, siendo los de mayor utilización el Mineral Turpentine, el Ruber Solvent y el Solvente #1 y la Nafta 90; que representa 1,92 % anual de la producción total nacional para el 2004.

Esto significa que si los solventes utilizados por las industrias al finalizar sus procesos pudieran volver a ser reutilizados por recuperación de sus residuos; la importación podría ser reducida entre el 5-10 % bajando también los costos de fabricación de los productos.

#### **4.4 Utilización de los solventes por actividad industrial**

#### **4.1.1 Resinas**

Los solventes más usados para la extracción de resinas naturales son:

- Acetona
- Butanol
- Isobutanol

En la fabricación de resinas sintéticas, poliésteres, los solventes más usados son:

- Xileno
- Benceno
- 2-Etil hexanol
- Dipropilén glicol
- Mineral Turpentine
- Metil isobutil cetona MIBK

#### **4.1.2 Tintas**

En la industria de las poligráficas, los solventes más usados son:

- Isopropil alcohol
- n-Propil acetato
- Acetato de etilo
- Alcohol anhidro

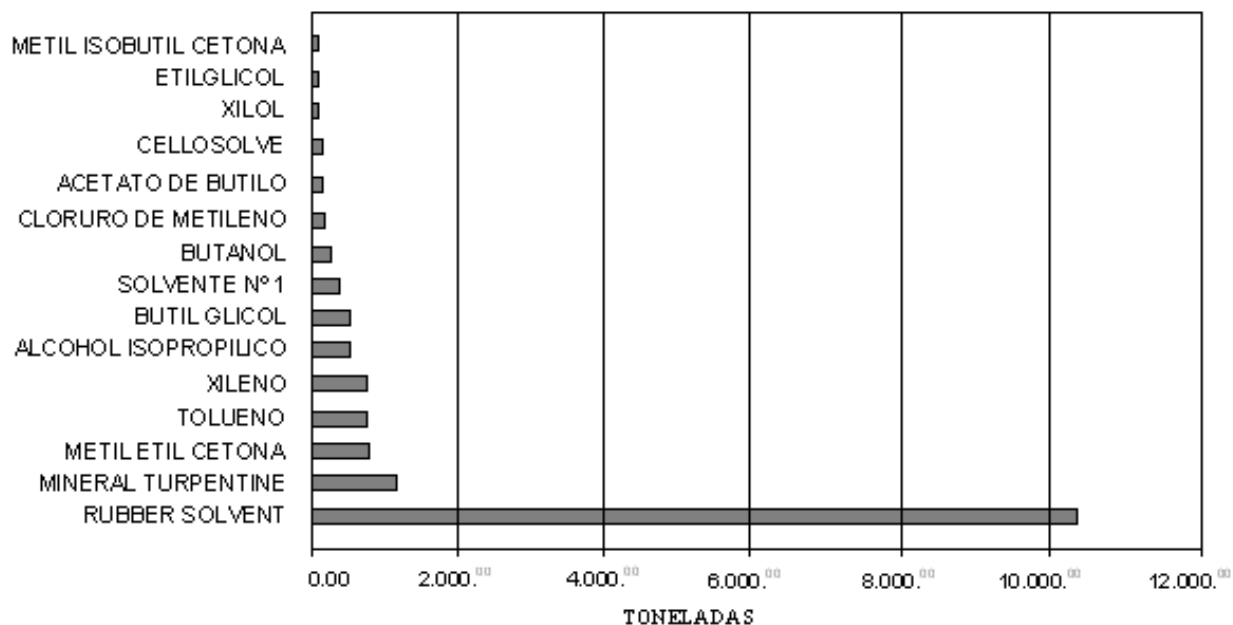
#### **4.1.3 Pinturas**

En la fabricación de pinturas, lacas, barnices y thinner, los solventes más usados son:

- Acetona
- Benceno
- Butanol
- Diesel 1
- Isobutanol
- Isopropanol
- Cellosolve
- Etilen glycol
- Butilen glicol
- Acetato de butilo
- Dicloro metano
- Metil etil cetona MEK
- Metil isobutil cetona
- Mineral Turpentine

En el Cuadro N° 4.2 se presenta la utilización de solventes en la industria de recubrimiento de superficies.

CUADRO N°4.2 UTILIZACIÓN DE SOLVENTES EN LA INDUSTRIA DE LA PINTURA



#### 4.1.4 Caucho

En la industria del caucho o en la fabricación de llantas se utilizan:

- Tolueno
- Diesel 1
- Rubber solvent
- Aceite mineral

#### 4.1.5 Aceites vegetales

En la elaboración industrial de aceites, grasas comestibles los solventes más utilizados para su extracción y producción son:

- Diesel 1
- Hexano

#### 4.1.6 Lavado en seco

En la industria del lavado en seco, que hoy en día va tomando fuerza el solvente más usado por su volatilidad fácil manejo es:

- Tetra cloruro de etano

#### 4.1.7 Fitosanitarios

No muy conocida por su nombre en si, pero muy importante desde el punto de vista agro industrial, en el uso de herbicidas, matamalezas e insecticidas.

- Spray oil
- Aceite agrícola

Sin mencionar aquellas industrias que se dedican a la comercialización de los solventes por medio de la importación de los mismos, estas industrias desembarcan en el puerto desde los buques cisternas que traen anualmente miles de toneladas de estos solventes y los llevan a sus depósitos por medio de un sistema de tuberías llamadas Slopping, que son limpiadas más de dos veces al día, estos solventes son desechados como residuos.

*Hay que enmarcar que hoy en día todas las industrias generan residuos, por ello es indispensable minimizar el volumen de tales desechos y en el caso de los solventes, más aun porque un día constituyeron parte de la materia prima o sea capital invertido en los procesos de producción, el cual no puede ser desechado y aún peor pagar para su disposición final y ser quemados en los altos hornos de la Cemento Nacional.*

## **CAPITULO 5**

### **ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN UNA PLANTA DE RESINAS**

En este capítulo se hará una breve descripción de la Actividad Industrial en una Planta de Resinas de la Ciudad de Guayaquil, las mismas que son utilizadas en las industrias tales como recubrimiento de superficies, polivinil cloruro (PVC) y fibra de vidrio; pero se hará la descripción de la fabricación de resinas de poliéster en la fábrica de Polichemical que es la que genera residuos, motivo de la presente tesis.

#### **5.1 Materias primas**

La planta de Polichemical tiene tres líneas de producción en las cuales se utilizan los productos que se describen a continuación:

##### Producción DOP (DIOCTILFTALATO)

Anhidrido ftálico	Reactante
Anhidrido maleico	Reactante
Titanato	Reactante
2-etil hexanol	Solvente de dilución

##### Producción RESINAS ALQUIDICAS

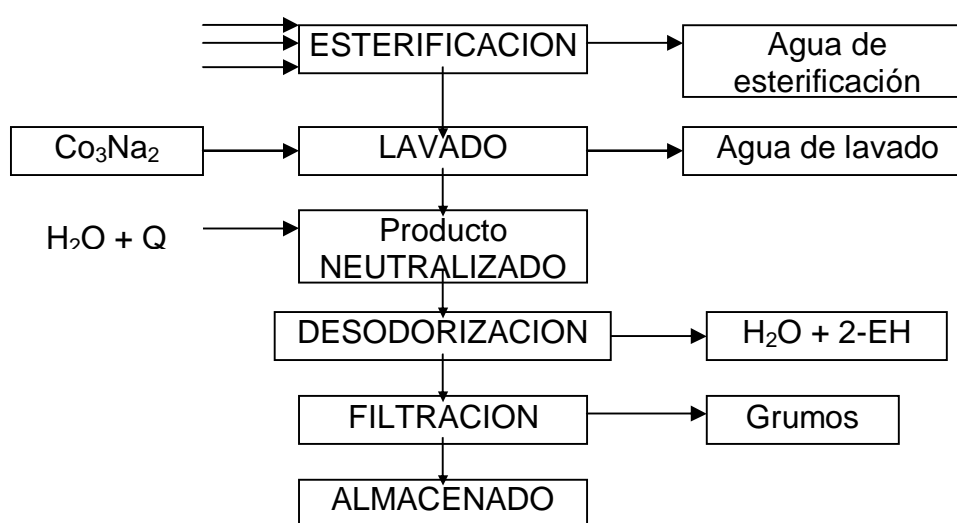
Aceite de soya	Reactante
Aceite de pescado	Reactante
Aceite de higuera (castor)	Reactante
Anhidrido maléico (trazas)	Reactante
Anhidrido ftálico	Reactante
Ácido benzoico	Reactante
Glicerina	Reactante
Trimetil propano dialil eter	Aditivo
Etilen glicol	Solvente de dilución
Pentaeritritol	Solvente de dilución
Xileno	Solvente de dilución
Mineral turpentine o Varsol	Solvente de dilución

## Producción POLIESTERES INSATURADOS

Anhídrido ftálico	Reactante
Ácido isoftálico	Reactante
Anhídrido maleico	Reactante
Xileno	Solvente de reflujo
Estireno monómero	Solvente de dilución
Propilen glicol	Solvente de dilución
Etilén glicol	Solvente de dilución

### 5.2 Descripción de los proceso y diagrama de flujo

*Grafico # 5.1 Proceso de Producción del DOP*



En el primer reactor se realiza la esterificación del 2-etil hexanol, con un exceso del 20%, pero solo reacciona entre el 7 – 10%, el anhídrido ftálico y el titanato se mezclan a 230°C y 21 atm de presión, aquí se produce un agua de esterificación con un pH 4 que sale como condensado de la pared superior y es retornado al proceso.

La reacción que ocurre en el reactor es la siguiente:



2 moles de alcohol + 1 mol anhídrido → dioctil-ftalato

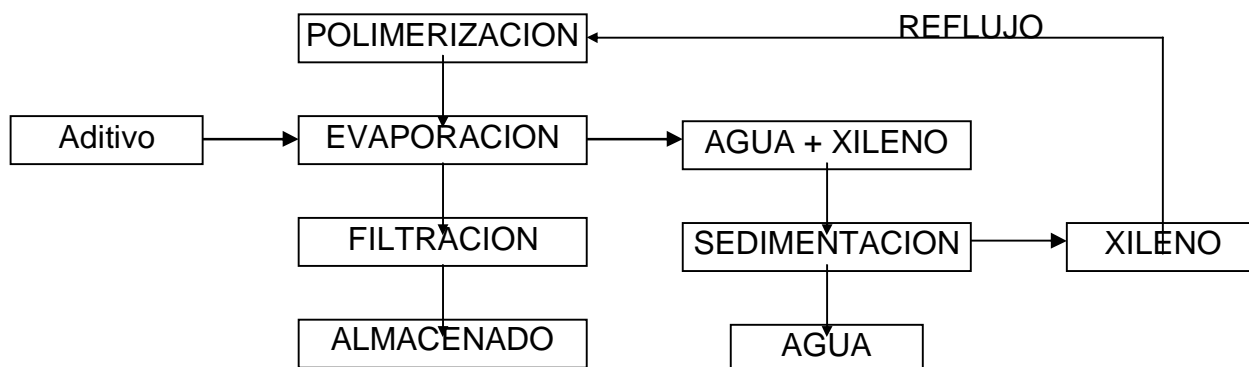
Este producto con un pH de 9 – 12 pasa a un segundo reactor para ser neutralizado con una solución de  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  al 40% durante 5 horas; de aquí se obtiene un agua de neutralización con pH 14 y con un alto contenido de ftalato y 2-etil hexanol y que no puede disponerse a las alcantarillas por la DQO alta.

El producto con una acidez menor pasa a un tercer reactor donde se lo deja en reposo de aquí pasa a la columna de desodorización al vacío, el vapor ingresa a temperaturas entre 150 – 160°C, aquí hay una recuperación de 70% del condensado en el cual arrastra 2-etil hexano que es recogido y retornado al primer reactor, nuestro

producto se recoge en el fondo de la columna y mediante bombeo se rompe el vacío a 80°C.

El proceso de obtención del dioctil ftalato dura dos días.

**Grafici #5.2 Proceso de Producción de poliésteres insaturados y resinas alquídicas**



En el primer reactor se agregan los ácidos grasos, los polioles y los solventes de dilución para poder ser mezclados, se le adiciona calor entre 200 – 240°C y 1 atm de presión, luego se agrega el aditivo.

Por la parte superior se recoge l condensado proveniente del agua obtenida en la reacción que ocurren en el interior del reactor con un pH 4 la cual es arrastrada por el xileno, este es recuperado por un sistema parecido al de una trampa de grasa, el cual por las densidades ubica al xileno en la parte superior y por medio de un sistema de nivel almacena el xileno que es devuelto como reflujo al proceso. Este xileno tiene una basta vida útil y se lo utiliza hasta el momento que se pone amarillo, lo que indica que se encuentra saturado habiendo que renovarlo.

El producto después de la cocción pasa a ser filtrado como operación de acabado y para su mantenimiento.

### 5.3 Características específicas de los solventes que se utilizan en estos procesos

#### 5.3.1 Propilen glicol

Es un liquido viscoso higroscópico, soluble en agua y éter. Se emplea en productos anticongelantes, como disolvente en farmacia y en la preparación de resinas sintéticas.

Químicamente corresponde al propanodiol-1-2. es un liquido incoloro, viscoso, de sabor amargo, miscible con el agua en todas proporciones y soluble en casi todos los disolventes orgánicos .

Es menos toxico que el etilenglicol, sus propiedades como disolvente son muy semejante a este, siendo además plastificante de los adhesivos y lubricantes. Las constantes físicas del producto puro son las siguientes:

Formula	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_2\text{OH}$
Punto de ebullición .....	188°C
Peso específico a 20°.....	1.038
Índice de refracción .....	1.430
Punto de inflamación .....	99°C
Viscosidad a 20° .....	0.45 poises

### 5.3.2 Etilén glicol

Es un líquido viscoso higroscópico, soluble en agua en toda proporción, es bastante miscible con varios solventes y excepto con hidrocarburos clorados y éter, es tóxico.

Por su poco poder de solvencia se lo usa como disolvente de resinas poco polares y en la fabricación de explosivos, mezclado con agua tiene la propiedad de disminuir su punto de congelación y usado como refrigerante

Punto de ebullición .....	197.2°C
Peso específico a 15° .....	1.118
Índice de refracción .....	1.4308
Viscosidad a 20°.....	0.21 poise
Punto de inflamación .....	120°C

### 5.3.3 Xileno

El producto comercial es una mezcla de los 3 isómeros que recibe el nombre de xilol, aunque también se lo designa como Xileno.

Formula	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$
Peso molecular .....	106.2
Orto : líquido incoloro, soluble en alcohol y éter	
Punto de ebullición .....	144°C
Meta líquido incoloro soluble en alcohol y éter	
Punto de ebullición .....	139°C
Para: líquido incoloro soluble en alcohol y éter	
Punto de ebullición .....	137°C

### 5.3.1 2-Etil Hexanol

Conocido también como alcohol octílico o 2-octanol o iso-octanol, es un líquido incoloro de olor aromático miscible con alcohol, cloroformo, aceite mineral; inmisible en el agua y glicerina. Se obtiene por reducción del ácido caprílico. Es utilizado en la industria de la perfumería, síntesis orgánica, fabricación de ésteres de punto de ebullición alto.

Su fórmula es:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6 \text{CH}_2.\text{OH}$



Índice refracción a 20 °C	..... ..	1.430
Densidad (20/4 °C)	..... ..	0.826
Punto de ebullición	..... ..	180-190 °C

### 5.3.2 Estireno monómero

Es un hidrocarburo utilizado en la industria del caucho y de plastificante. Es un líquido incoloro de olor ámbar casi soluble en agua y bastante soluble en benceno y tetracloruro de carbono y muy soluble en alcohol y éter. Cuando se calienta se polimeriza y se transforma en producto sólido.

Punto de ebullición	..... ..	145.2 °C
Peso específico a 25	..... ..	0.9014
Índice refracción a 25 °C	..... ..	1.5428
Viscosidad a 25 °C	..... ..	0.77 ctp
Densidad de vapor	..... ..	3.60

### 5.3.3 Varsol

El varsol o alisol es unos de los disolventes alifáticos del petróleo que son usados como diluyente de pinturas y barnices, para la limpieza general de maquinarias; conforme con el estándar comercial CS<sub>3</sub>-40 del departamento norte americano de comercio para el disolvente *Stoddard*; tiene punto de inflamación mínimo en vaso cerrado de 37.7 °C combustible. Tambien es conocido como mineral turpentine.

### 5.3.4 Mineral Turpentine

El mineral turpentine es un líquido incoloro, volátil, mezcla de hidrocarburos que consiste principalmente de C<sub>10</sub>H<sub>16</sub> se utiliza en pinturas y barnices para diluirlos y aumentar sus calidades fluidas. Es excepcionalmente conveniente para este propósito porque aunque es volátil, no se evapora rápidamente; protege la fluidez de la película recientemente aplicada para un período suficiente de tiempo donde las marcas de la brocha son inevitables, fluirán hacia afuera y desaparecerán.

Tiene un olor aromático característico y en cantidad pequeñas no es desagradable; pero si se inhala por un periodo largo, puede ponerse insoportable. En algunas personas tiene una marcada acción fisiológica, causando dolor de cabeza y náusea, en otros no produce efectos.

Aunque es insoluble en agua si se disuelve ligeramente, el mineral turpentine es prácticamente insoluble en agua. Es miscible en todas las proporciones con gasolina, querosén, benzol, propilo, butílo, y alcoholes amílicos, acetato de amilo y acetona, pero con alcohol etílico absoluto es parcialmente miscible y con alcohol metílico absoluto es prácticamente inmiscible.

Índice de refracción a 15°C..... ..	1.4700 - 1.4725
Gravedad específica 15°C..... ..	0.864 - 0.866
Punto de ebullición corregido..... ..	156 - 157.5
Punto de inflamación..... ..	37.7 °C

## **5.4 Producción de residuos y contaminantes**

### **5.4.1 Residuos sólidos**

La generación de los residuos sólidos se encuentran en la producción de las tres líneas de productos ya que los tres productos terminados son sometidos a filtración como una operación de acabado del producto terminado; en la cual se recoge el 0.001% de los reactores y que son arrastrados hasta el último punto de la producción.

Como punto análogo se puede indicar que el papel filtro utilizado en esta operación de acabado es considerado también un residuo sólido por la cantidad de solvente que contiene y aunque no es voluminosa si es considerada contaminante por la toxicidad de sus componentes. Actualmente se encuentran almacenados en bodega y este material es dispuesto en fundas de 25x30 en un total de 48 toneladas, en la Cemento Nacional en los altos hornos, debido a un programa que ellos manejan para el control de la contaminación ambiental denominado Pro-Ambiente.

También se puede encontrar una posible generación de residuos en la producción de la línea de poliésteres insaturado por el motivo de que en un momento dado la producción se malogre, el material debe de ser almacenado en tanque debido a que la reacción que en este proceso ocurre es irreversible debido al uso del estireno monómero que a los 200°C se transforma en poliestireno.

### **5.4.2 Residuos líquidos**

En la producción de poliésteres insaturados encontramos un punto de generación de residuos líquidos, cuando el xileno que es utilizado para retirar el agua que se genera en el proceso por la reacción entre los anhídridos y los ácidos grasos es retirado al ser condensado junto con el agua y separados por una trampa de grasa que por densidad deja al xileno en la parte superior; este xileno es vuelto a ingresar al proceso una y otra vez hasta ser considerado saturado (coloración amarilla), en este punto el xileno es almacenado en los tanques y considerado residuo líquido de solvente.

Una forma indirecta de generación de residuos se encuentra fuera de la producción de la fabrica, debido a la compra de tambores vacíos para el almacenamiento del producto terminado. Estos tambores provienen en su mayoría de tanques que anteriormente contenían aceites lubricantes, los cuales son lavados con diluyente o una mezcla de solventes entre ellos, MEK, IPA, celosolve que ellos mismos han recuperado internamente y que lo utilizan para estos fines. La gravedad del asunto aumenta por la cantidad de tambores que manejan que es alrededor de 150 a 200 tambores al día esto genera una producción alta de solvente sucio que es almacenada en bodega.

### **5.4.3 Contaminación atmosférica**

La contaminación atmosférica en esta fabrica es mínima debido a que todos los procesos se realizan en reactores cerrados o al vacío y los materiales de desecho son adecuadamente cerrados para evitar la aparición de vapores que generen olores delatores y perjudiciales no solo para los obreros sino para los habitantes de los alrededores, porque la fabrica se encuentra ubicada en un sector muy poblado y a 500 m de una escuela.

## **CAPITULO 6**

### **CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS DE LAS MEZCLAS GENERADAS EN LA FABRICACIÓN DE POLIESTERES**

#### **6.1 Codificación, homogenización y toma de la muestra de los residuos**

Los tambores con residuos de mezclas líquidas de solventes que ingresan en la planta deben de seguir los siguientes pasos:

- ⇒ El tanque que ingresa acostado, se lo coloca en posición vertical y se lo agita ligeramente en bodega.
- ⇒ Se le introduce el toma muestras hasta el fondo con el tapón (ver fig. 6.1 Anexos 5)
- ⇒ Se destapa el toma muestra con la piola.
- ⇒ Se suspende el toma muestra hasta la salida del tanque.
- ⇒ Se repite tres veces la misma operación.
- ⇒ Se realiza una muestra compuesta.
- ⇒ Se envasa la muestra, etiqueta y almacena.
- ⇒ Se etiqueta el tanque.
- ⇒ Se toma la altura del líquido en el tanque al ingreso.

#### **6.2 Pruebas de laboratorio**

##### **6.2.1 Caracterización Individual de cada fase**

###### **6.2.1.1 Color**

La inspección ocular (a simple vista) de las 56 muestras analizadas procedentes de la fábrica de resinas varias Polichemical; nos da como resultado el siguiente listado en la cual podemos encontrar el la Tabla # 6.1 Registro de tres fases.








**Tabla N° 6.1**  
**Registro de la fase Solvente, fase Acuosa y Fase sólida en la mezcla de solventes**

<b>MUESTRA</b>	<b>FASES</b>		
	<b>SOLVENTE</b>	<b>ACUOSA</b>	<b>SÓLIDA</b>
T# 01	MC	TRS	Café
T# 02	MC	TRS	-
T# 03	OSC	TRS	Plomo

T# 04	MC	TRS	Blanco
T# 05	OSC	TRS	Plomo
T# 06	CL	TRS	Plomo
T# 07	OSC	-	-
T# 08	MC	TRS	Blanco
T# 09	OSC	TRS	Blanco
T# 10	EMS	TRS	Plomo
T# 11	TRS	-	-
T# 12	MC	TRS	Plomo
T# 13	MC	TRS	Plomo
T# 14	TRS	TRS	Café
T# 15	MO	TRS	Café
T# 16	OSC	TRS	Blanco
T# 17	OSC	-	Blanco
T# 18	CL	TRS	Café
T# 19	CL	-	Plomo
T# 20	MO	TRS	Plomo
T# 21	OSC	TRS	Café
T# 22	CL	TRS	Café
T# 23	OSC	TRS	Plomo
T# 24	MO	TRS	Café
T# 25	OSC	TRS	Plomo
T# 26	MCE	-	Café
T# 27	OSC	TRS	-
T# 28	MC	-	Café
T# 29	MCE	TRS	Café
T# 30	CL	TRS	Café
T# 31	MC	-	-
T# 32	CL	-	Café
T# 33	MCE	TRS	Café
T# 34	OSC	-	Café
T# 35	CL	TRS	-
T# 36	OSC	TRS	Café
T# 37	OSC	TRS	-
T# 38	MO	TRS	Café
T# 39	TRS	-	-
T# 40	CL	TRS	-
T# 41	CL	TRS	-
T# 42	MCE	TRS	Café
T# 43	MCE	TRS	Café
T# 44	MCE	-	-
T# 45	OSC	-	-
T# 46	MCE	TRS	-
T# 47	OSC	TRS	Café
T# 48	MCE	TRS	Café
T# 49	MO	TRS	Café
T# 50	OSC	-	Café
T# 51	OSC	-	Café
T# 52	TRS	-	-
T# 53	TRS	-	-

T# 54	TRS	-	-
T# 55	OSC	-	Café
T# 56	OSC	TRS	Café

Otorgando las siguientes calificaciones a los siguientes tonos:

DESIGNACIÓN	CODIGO	COLOR
Transparente:	TRS	
Emulsión:	EMS	
Muy Claro:	MC	
Claro:	CL	
Muy Claro Espeso:	MCE	
Oscuro:	OSC	
Muy Oscuro:	MO	

### 6.2.1.2 Olor

El análisis del olor en el laboratorio es una prueba subjetiva y se lo realiza desde muy lejos para el caso de solventes o mezclas de solventes.

Como consecuencia de la investigación de las tres fases de solventes nos da como resultado que las cincuenta y siete muestras presentan un olor característico muy fuerte y desagradable; el contacto prolongado con este olor puede causar dolor de cabeza, somnolencia e irritación de las vistas, rostro y de las mucosas nasales y de la faringe.

Es importante el uso de las mascarillas para evitar este tipo de molestias.

### 6.2.1.3 Viscosidad

La viscosidad es medida en segundos y luego es transformada a centipoise\* (ctp), los datos de viscosidad se registran en la Tabla N°6.2

\* *Para la transformación a centipoise se utilizó el diagrama que se encuentra en el Anexo 1: Norma ASTM D-88, INEN 1981*

**Tabla N° 6.2**  
**Viscosidad de las 56 muestras, volumen 60 cm<sup>3</sup> a T. ambiente**

Muestra	Viscosidad seg	Viscosidad ctp	Muestra	Viscosidad seg	Viscosidad ctp
T# 01	91.2	202.6	T# 29	96.0	202.6
T# 02	96.0	193.4	T# 30	96.0	202.6
T# 03	86.4	182.1	T# 31	81.6	171.7
T# 04	81.6	171.7	T# 32	105.6	223.2
T# 05	100.8	212.9	T# 33	124.8	264.0
T# 06	84.0	176.9	T# 34	96.0	202.6
T# 07	136.8	284.7	T# 35	79.2	166.6
T# 08	123.4	261.0	T# 36	235.2	498.4
T# 09	102.0	215.5	T# 37	91.2	192.3
T# 10	84.0	218.0	T# 38	99.7	210.7
T# 11	103.2	176.9	T# 39	75.1	157.8
T# 12	139.2	287.3	T# 40	79.9	168.0
T# 13	117.4	248.3	T# 41	81.6	171.7
T# 14	112.8	238.5	T# 42	91.2	193.4
T# 15	252.0	534.0	T# 43	93.6	197.4
T# 16	98.4	207.8	T# 44	117.9	249.7
T# 17	75.6	158.9	T# 45	88.8	187.2
T# 18	79.7	167.7	T# 46	100.8	212.9
T# 19	86.9	183.2	T# 47	127.7	270.2
T# 20	81.1	170.7	T# 48	113.2	239.7
T# 21	80.6	169.6	T# 49	97.4	205.7
T# 22	163.2	345.7	T# 50	107.5	227.2
T# 23	108	230.0	T# 51	90.0	187.8
T# 24	96.0	202.6	T# 52	103.7	219.1
T# 25	86.9	183.2	T# 53	156	331
T# 26	136.8	284.8	T# 54	108	228.3
T# 27	81.6	171.7	T# 55	106.6	225.5
T# 28	84.0	176.9	T# 56	77.0	161.9

El análisis de la tabla 6.2 dio se desprende como resultado la subsiguiente tabla en la que se puede observar que la mayor cantidad de las muestras son poco viscosas:

<b>Intervalo (seg.)</b>	<b># muestras</b>	<b>Intervalo (seg.)</b>	<b># muestras</b>
<b>74 - 84</b>	15	<b>133 - 144</b>	3
<b>85 - 95</b>	14	<b>145 - 216</b>	2
<b>96 - 106</b>	13	<b>217 - 288</b>	2
<b>107 - 120</b>	4	<b>289 - 720</b>	1
<b>121 - 132</b>	3		

### 6.2.1.1 Densidad

La densidad de las muestras analizadas a temperatura ambiente, se reporta en la Tabla N°6.3

**Tabla: 6.3**  
**Densidad de las 56 muestras a 30°C**

Densidad g/ml	# muestras
0.72	6
0.76	12
0.80	16
0.84	9
0.88	10
0.90	1
0.92	1
0.96	1

Las muestras a ser caracterizadas nos indica que no son muy densas y que la mayor cantidad 85% de las muestras, presenta una densidad entre 0.76 - 0.88 g/ml, obteniendo una densidad promedio de 0.828 88 g/ml.

#### 6.2.1.2 Índice de refracción a 20°C

El índice de refracción a temperatura ambiente y presión atmosférica, se reporta en la Tabla N°6.4

**Tabla: 6.4**  
**Índice de refracción de las 56 muestras a 20°C**

Muestra	Índice de refracción	Muestra	Índice de refracción
T# 01	1.4695	T# 29	1.4730
T# 02	1.4655	T# 30	1.4295
T# 03	1.4735	T# 31	1.4680
T# 04	1.4635	T# 32	1.4685
T# 05	1.4755	T# 33	1.4695
T# 06	1.4795	T# 34	1.4635
T# 07	1.4340	T# 35	1.4760
T# 08	1.4755	T# 36	1.4715
T# 09	1.4665	T# 37	1.4665
T# 10	1.4292	T# 38	1.4645
T# 11	1.4610	T# 39	1.4740
T# 12	1.4701	T# 40	1.4590
T# 13	1.4760	T# 41	1.4645
T# 14	1.4773	T# 42	1.4625
T# 15	1.4780	T# 43	1.4610
T# 16	1.4795	T# 44	1.4675
T# 17	1.4625	T# 45	1.4635
T# 18	1.4695	T# 46	1.5031
T# 19	1.4655	T# 47	1.4295
T# 20	1.4700	T# 48	1.4660
T# 21	1.4820	T# 49	1.4675
T# 22	1.4645	T# 50	1.4720
T# 23	1.4650	T# 51	1.4680

T# 24	1.4935	T# 52	1.4795
T# 25	1.4640	T# 53	1.4710
T# 26	1.4710	T# 54	1.4765
T# 27	1.4580	T# 55	1.4685
T# 28	1.4655	T# 56	1.4800

Del análisis de la tabla 6.4 se obtiene que el índice de refracción de las 56 muestra varía entre 1.4600 – 1.4700 teniendo como un mínimo de 1.4292 y un máximo de 1.820.

### 6.2.1.3 Punto de ebullición

El punto de ebullición de las muestras analizadas a 30°C, se reporta en la Tabla N°6.5

**Tabla: 6.5**  
**Punto de ebullición de las 56 muestras a 29°C**

Muestra	Punto de ebullición	Muestra	Punto de ebullición
T# 01	115	T# 29	115
T# 02	98	T# 30	105
T# 03	120	T# 31	150
T# 04	115	T# 32	150
T# 05	120	T# 33	145
T# 06	114	T# 34	130
T# 07	123	T# 35	115
T# 08	120	T# 36	145
T# 09	115	T# 37	130
T# 10	95	T# 38	123
T# 11	180	T# 39	153
T# 12	135	T# 40	150
T# 13	120	T# 41	155
T# 14	135	T# 42	130
T# 15	120	T# 43	140
T# 16	123	T# 44	150
T# 17	105	T# 45	140
T# 18	110	T# 46	135
T# 19	110	T# 47	110
T# 20	98	T# 48	190
T# 21	150	T# 49	120
T# 22	135	T# 50	96
T# 23	150	T# 51	105
T# 24	134	T# 52	170
T# 25	97	T# 53	170
T# 26	97	T# 54	170
T# 27	123	T# 55	101
T# 28	145	T# 56	165

Ver Anexo 2: Método utilizado Norma ASTM D-86, INEN 926



Del análisis de la tabla 6.5 se obtiene que el punto de ebullición de las 56 muestra varía entre 105 –170 teniendo como un mínimo de 98 °C y un máximo de 190°C.

#### 6.2.1.4 Inflamabilidad

El punto de inflamación de las muestras analizadas a temperatura ambiente, se reporta en la Tabla N° 6.6

**Tabla 6.6**  
**Punto de inflamación de las 56 muestras a T. ambiente**

Muestra	Punto de inflamación °C	Muestra	Punto de inflamación °C
T# 01	70	T# 29	39
T# 02	82	T# 30	39
T# 03	51	T# 31	46
T# 04	69	T# 32	50
T# 05	61	T# 33	46
T# 06	42	T# 34	47
T# 07	42	T# 35	51
T# 08	46	T# 36	44
T# 09	64	T# 37	46
T# 10	50	T# 38	46
T# 11	85	T# 39	41
T# 12	50	T# 40	42
T# 13	55	T# 41	42
T# 14	68	T# 42	41
T# 15	57	T# 43	52
T# 16	53	T# 44	57
T# 17	68	T# 45	46
T# 18	44	T# 46	51
T# 19	47	T# 47	50
T# 20	42	T# 48	44
T# 21	42	T# 49	50
T# 22	51	T# 50	42
T# 23	66	T# 51	44
T# 24	99	T# 52	85
T# 25	52	T# 53	85
T# 26	81	T# 54	85
T# 27	52	T# 55	44
T# 28	43	T# 56	52

Ver Anexos 3: Punto de inflamación ASTM D-92, INEN 808

Del análisis de la tabla 6.6 se obtiene que el punto de inflamación de las 56 muestra varía entre 39°C - 99°C.

### 6.2.1.5 Combustión

El punto de combustión de las muestras analizadas a temperatura ambiente, se reporta en la Tabla N° 6.7

**Tabla 6.7**  
**Punto de combustión de las 56 muestras a T. ambiente**

Muestra	Punto de combustión °C	Muestra	Punto de combustión °C
T# 01	85	T# 29	42
T# 02	89	T# 30	44
T# 03	58	T# 31	57
T# 04	77	T# 32	55
T# 05	68	T# 33	57
T# 06	45	T# 34	57
T# 07	45	T# 35	66
T# 08	52	T# 36	55
T# 09	68	T# 37	50
T# 10	55	T# 38	52
T# 11	90	T# 39	44
T# 12	55	T# 40	49
T# 13	69	T# 41	46
T# 14	75	T# 42	44
T# 15	68	T# 43	58
T# 16	59	T# 44	62
T# 17	75	T# 45	57
T# 18	53	T# 46	66
T# 19	52	T# 47	55
T# 20	45	T# 48	53
T# 21	47	T# 49	55
T# 22	66	T# 50	45
T# 23	70	T# 51	49
T# 24	103	T# 52	90
T# 25	66	T# 53	90
T# 26	85	T# 54	90
T# 27	66	T# 55	53
T# 28	48	T# 56	66

Después del análisis de las 56 muestras se obtiene que el punto de inflamación de las 56 muestra varía entre 42°C - 103°C, podemos decir que estas mezclas líquidas de solventes son muy inflamables debido a su bajo punto de combustión.

### 6.3 Porcentaje de sólidos

#### 6.3.1 Sólidos sedimentables

El análisis de los sólidos sedimentables de las 56 muestras se registra en la tabla N° 6.8

**Tabla N° 6.8**  
**Sólidos sedimentables a presión atm y temperatura ambiente**

Muestra	Tiempo min.	Total de sedimento ml	% V/V	Muestra	Tiempo min.	Total de sedimento ml	% V/V
T# 01	95	360.0	36	T# 29	86	410.0	41
T# 02	35	150.0	15	T# 30	20	220.0	22
T# 03	65	250.0	25	T# 31	15	110.0	11
T# 04	120	150.0	15	T# 32	30	420.0	42
T# 05	45	230.0	23	T# 33	20	220.0	22
T# 06	80	440.0	44	T# 34	25	50.0	5
T# 07	0	0.0	0	T# 35	20	110.0	11
T# 08	90	210.0	21	T# 36	120	470.0	47
T# 09	150	450.0	45	T# 37	128	490.0	49
T# 10	1440	570.0	57	T# 38	20	330.0	33
T# 11	0	0.0	0	T# 39	0	0.0	0
T# 12	30	380.0	38	T# 40	20	110.0	11
T# 13	20	520.0	52	T# 41	15	110.0	11
T# 14	150	190.0	19	T# 42	40	520.0	52
T# 15	45	310.0	31	T# 43	45	550.0	55
T# 16	90	400.0	40	T# 44	15	110.0	11
T# 17	70	450.0	45	T# 45	20	110.0	11
T# 18	40	250.0	25	T# 46	20	110.0	11
T# 19	55	340.0	34	T# 47	25	420.0	42
T# 20	60	280.0	28	T# 48	50	390.0	39
T# 21	300	560.0	56	T# 49	120	650.0	65
T# 22	150	250.0	25	T# 50	230	530.0	53
T# 23	100	200.0	20	T# 51	360	550.0	55
T# 24	25	60.0	6	T# 52	0	0.0	0
T# 25	35	140.0	14	T# 53	0	0.0	0
T# 26	1000	500.0	50	T# 54	0	0.0	0
T# 27	100	110.0	11	T# 55	95	470.0	47
T# 28	25	10.0	1	T# 56	85	460.0	46

De las sumatoria del volumen de los sólidos sedimentables de las 56 muestras analizadas se obtuvo como resultado un promedio de 28% V/V de sólidos sedimentables.

Nota: la tabla y gráficos de sedimentación se muestran para 10 tanques seleccionados en el Proceso Tecnológico, Capítulo 7

### 6.3.2 Sólidos suspendidos. Centrifugación

El análisis de los sólidos suspendidos de las 56 muestras se registra en la tabla N° 6.9

**Tabla N° 6.9**  
*Sólidos suspendidos a Presión atmosférica y temperatura ambiente*

Prueba	Muestra	5 min.	10 min.	15 min.	%
01	T# 01	0.00	0.00	0.00	0.00
02	T# 05	0.00	0.00	0.00	0.00
03	T# 10	0.10	0.10	0.10	1.00
04	T# 20	0.00	0.00	0.00	0.00
05	T# 25	0.40	0.50	0.50	5.00
06	T# 26	0.60	0.60	0.60	6.00
07	T# 30	0.00	0.00	0.00	0.00
08	T# 50	0.05	0.05	0.05	0.50
09	T# 51	0.05	0.05	0.05	0.50
10	T# 52	0.50	0.50	0.50	5.00

El análisis de la tabla N° 6.8 nos da un promedio de 1.8% de sólidos suspendidos por cada 100 ml de muestra.

### 6.3.3 Sólidos disueltos. Precipitación química

En esta prueba se utilizó los reactivos: HCl, SO<sub>3</sub>H<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>H<sub>3</sub>, dando como resultado: que las pruebas con ácido clorhídrico concentrado y con ácido nítrico concentrado no dieron resultados positivos.

Las pruebas realizadas con ácido sulfúrico concentrado, solo dieron la remoción del 0.10 % de lo sólidos contenidos en 100 ml del 50% de muestras analizadas, el otro 50% no reaccionó ante el ácido sulfúrico.

### 6.4 Porcentaje de las fases líquidas

El análisis de la fases solvente y la fase acuosa de las 56 muestras se registra en la tabla N° 6.10

**Tabla N° 6.10**  
*Porcentaje de la fase solvente y la fase acuosa a presión atm y temperatura ambiente*

Muestra	% fase solvente	% fase Agua	Muestra	% fase solvente	% fase Agua
T# 01	52.0	12.0	T# 29	23.0	36.0
T# 02	55.0	30.0	T# 30	38.0	40.0
T# 03	55.0	20.0	T# 31	89.0	0.0
T# 04	73.0	12.0	T# 32	58.0	0.0

T# 05	57.0	20.0	T# 33	68.0	10.0
T# 06	46.0	10.0	T# 34	95.0	0.0
T# 07	100.0	0.0	T# 35	69.0	20.0
T# 08	67.0	12.0	T# 36	43.0	10.0
T# 09	15.0	40.0	T# 37	41.0	10.0
T# 10	14.0	29.0	T# 38	59.0	8.0
T# 11	100.0	0.0	T# 39	100.0	0.0
T# 12	37.0	25.0	T# 40	76.0	13.0
T# 13	38.0	10.0	T# 41	84.0	5.0
T# 14	61.0	20.0	T# 42	38.0	10.0
T# 15	50.0	5.0	T# 43	39.0	6.0
T# 16	50.0	10.0	T# 44	89.0	0.0
T# 17	55.0	0.0	T# 45	89.0	0.0
T# 18	39.0	36.0	T# 46	84.0	5.0
T# 19	66.0	0.0	T# 47	38.0	20.0
T# 20	62.0	10.0	T# 48	56.0	5.0
T# 21	10.0	34.0	T# 49	30.0	5.0
T# 22	40.0	35.0	T# 50	47.0	0.0
T# 23	70.0	10.0	T# 51	45.0	0.0
T# 24	69.0	25.0	T# 52	100.0	0.0
T# 25	61.0	25.0	T# 53	100.0	0.0
T# 26	50.0	0.0	T# 54	100.0	0.0
T# 27	60.0	29.0	T# 55	53.0	0.0
T# 28	99.0	0.0	T# 56	44.0	10.0

El análisis de la tabla N° 6.10 nos da un promedio en la sumatoria de la fase acuosa del 12% y para la fase solvente un 60%; que junto al 28% de sólidos sedimentables de la tabla N° 6.7 da el 100% de la muestra.

## **CAPITULO 7**

### **PROPUESTA DE UN PROCESO TECNOLÓGICO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES**

Una vez caracterizadas las muestras y observando que la fase acuosa no contenía solventes miscibles en ella, nos tocó investigar un proceso tecnológico que permita la recuperación de los solventes.

#### **7.1 Tratamiento Preliminar**

Los diez tanques seleccionados según un muestreo aleatorio los sometimos a los siguientes procedimientos.

##### **7.1.1 Separación de sólidos gruesos**

El material contenido en los tanques inicialmente es transvasado a un primer tanque de almacenamiento desde el cual se le procede a realizar las operaciones para su tratamiento.

El proceso se llevó a cabo en un tanque sedimentador-cribador, ver Figura 7.1, este tanque en la parte superior contiene una malla con hueco de 3mm para retener los sólidos de mayor tamaño: palos, material metálico, piedras, waipes y otros; la parte inferior es de forma cónica, para favorecer la sedimentación.

Este proceso dio como resultado 3 fases: una fase acuosa, una fase sólida pastosa (lodo) y una fase solvente.

#### **7.2 Tratamiento Primario**

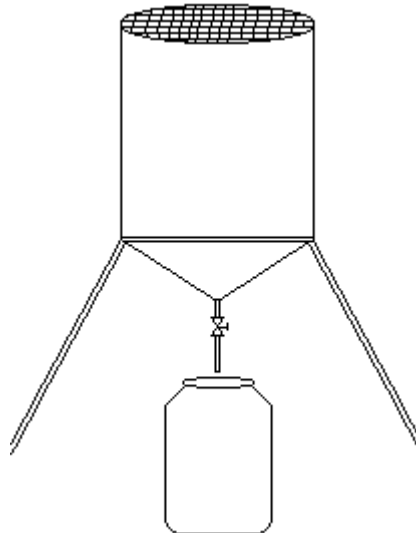
##### **7.2.1 Separación de las fases sólidas y líquidas**

Una vez que el material ha reposado un tiempo suficiente, ver Tabla 6.7 pag. 58 para el asentamiento de las fases sólido-líquido o líquido-líquido (decantación y/o sedimentación primaria), es retirado por la parte inferior de dicho tanque que contiene una válvula para este fin.

Siendo separadas en tres partes en sus respectivos envases: un tanques para los sólidos sedimentados, otro tanque para el agua no emulsionada y otra tanque para la

mezcla de solvente obtenida; a estos tanques se les proporciona una nueva codificación para su identificación.

Figura 7.1  
Tanque sedimentador cribador.



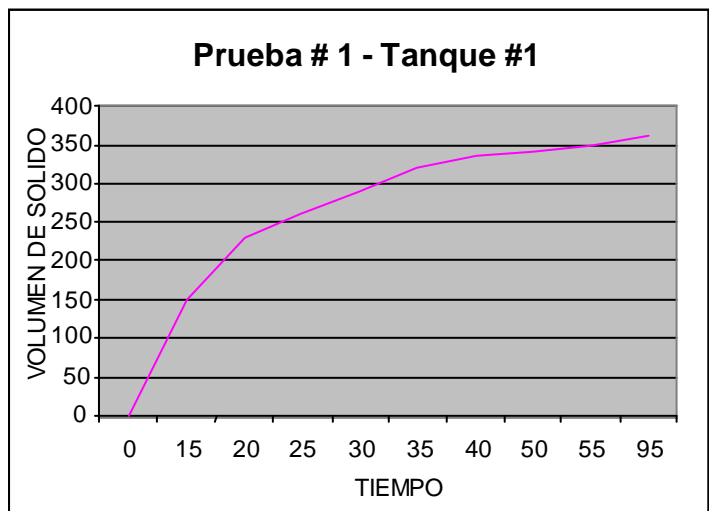
### 7.2.2 Separación de sólidos Suspendidos

El uso de tanques sedimentadores (sedimentación secundaria) es necesario para la eliminación de los sólidos suspendidos por medios físicos (gravedad); en las pruebas realizadas se registran los siguientes resultados:

Tabla #7.1 Prueba # 1 tanque #1

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
16:20	0	0
16:30	15	150
16:35	20	230
16:40	25	260
16:45	30	290
16:50	35	320
16:55	40	335
17:00	50	340
17:05	55	350
11:55	95	360
Sólidos sedimentables: 36%		

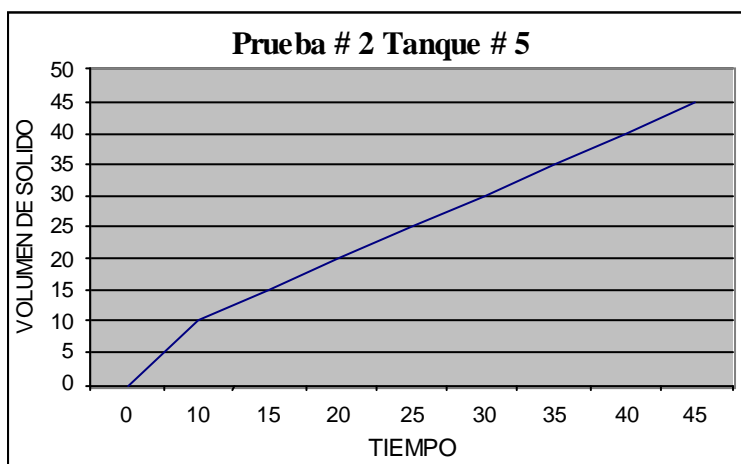
Gráfico 7.1 Curva de Sedimentación



**Tabla # 7. 2 Prueba # 2 Tanque # 5**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
9:50	0	0
10:00	10	50
10:05	15	80
10:10	20	120
10:15	25	150
10:20	30	180
10:25	35	210
10:30	40	220
10:35	45	230
% Sólidos sedimentables: 23%		

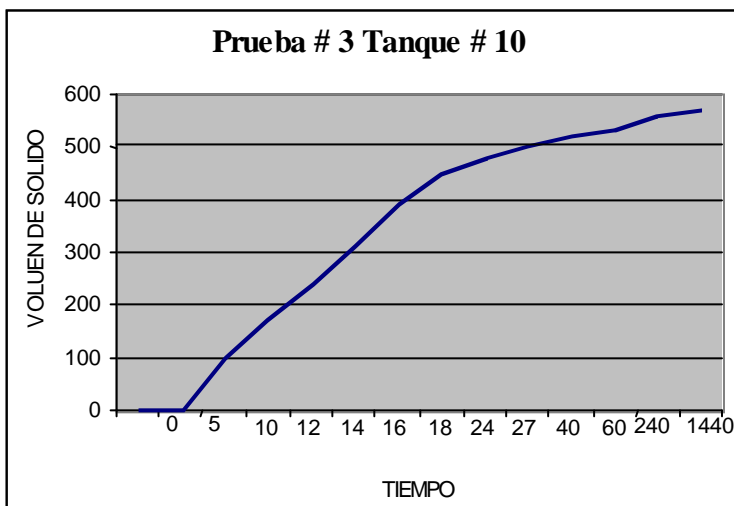
**Grafico 7.2 Curva de Sedimentación**



**Tabla # 7.3 Prueba # 3 Tanque # 10**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
11:45	0	0
11:55	5	100
12:05	10	170
12:07	12	240
12:09	14	310
12:11	16	390
12:13	18	450
12:19	24	480
12:22	27	500
12:25	40	520
12:45	60	530
14:00	240	560
% Sólidos sedimentables: 56%		

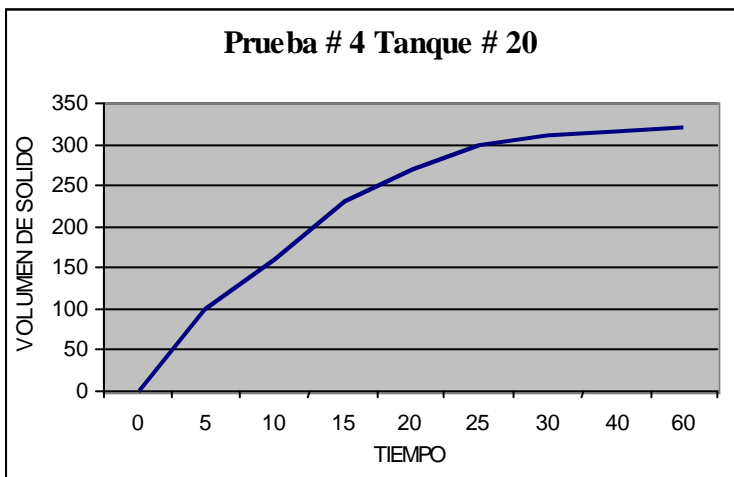
**Grafico 7.3 Curva de Sedimentación**



**Tabla # 7.4 Prueba # 4 Tanque # 20**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
13:30	0	0
13:35	5	100
13:40	10	160
13:45	15	230
13:50	20	270
13:55	25	300
14:00	30	310
14:10	40	315
14:30	60	320
Sólidos sedimentables: 32 %		

**Grafico 7.4 Curva de Sedimentación**

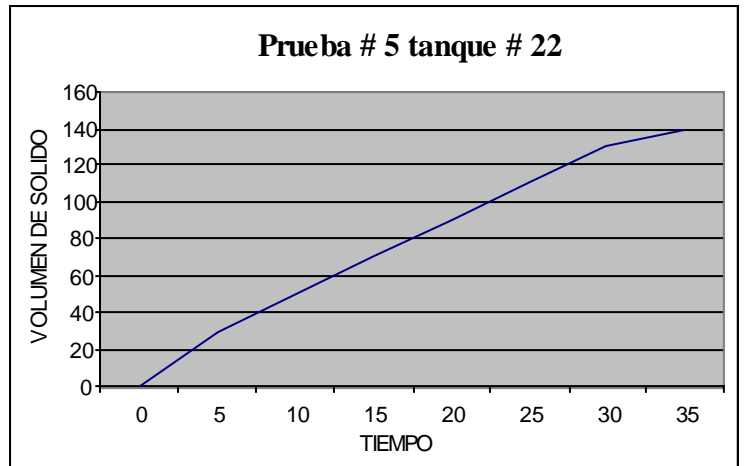




**Tabla # 7.5 Prueba # 5 tanque # 22**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
13:05	0	0
13:10	5	30
13:15	10	50
13:20	15	70
13:25	20	90
13:30	25	110
13:35	30	130
13:40	35	140
Sólidos sedimentables: 5 %		

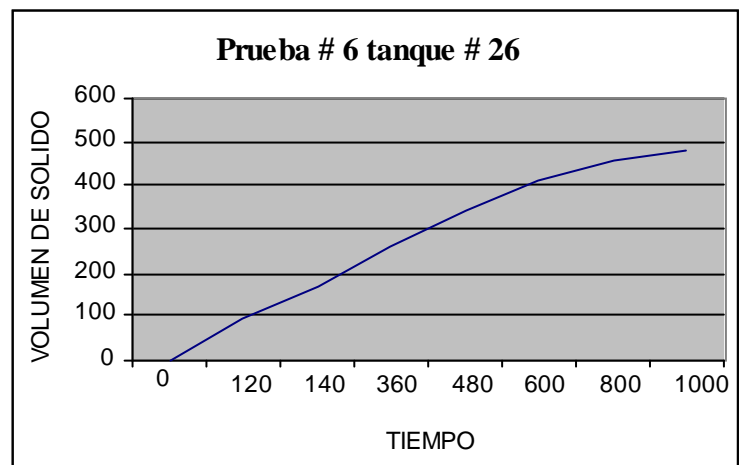
**Grafico 7.5 Curva de Sedimentación**



**Tabla # 7.6 Prueba # 6 tanque # 26**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
12:22	0	0
14:22	120	90
16:22	140	170
18:22	360	260
20:22	480	340
22:22	600	410
0:22	800	460
4:22	1000	480
% Sólidos sedimentables: 48%		

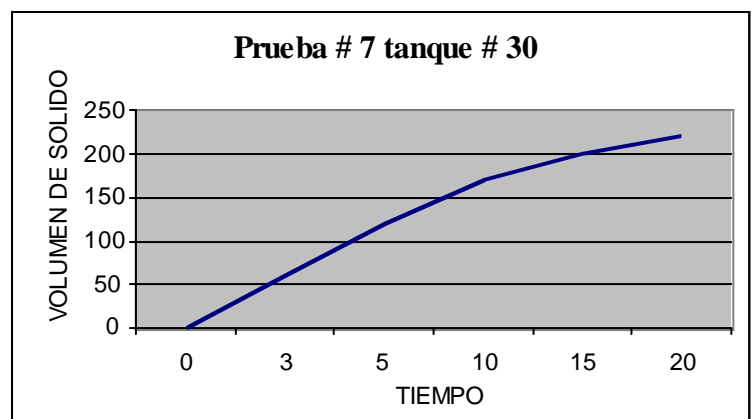
**Grafico 7.6 Curva de Sedimentación**



**Tabla # 7.7 Prueba # 7 tanque # 30**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
11:17	0	0
11:20	3	60
11:22	5	120
11:27	10	170
11:32	15	200
11:37	20	220
% Sólidos sedimentables: 22%		

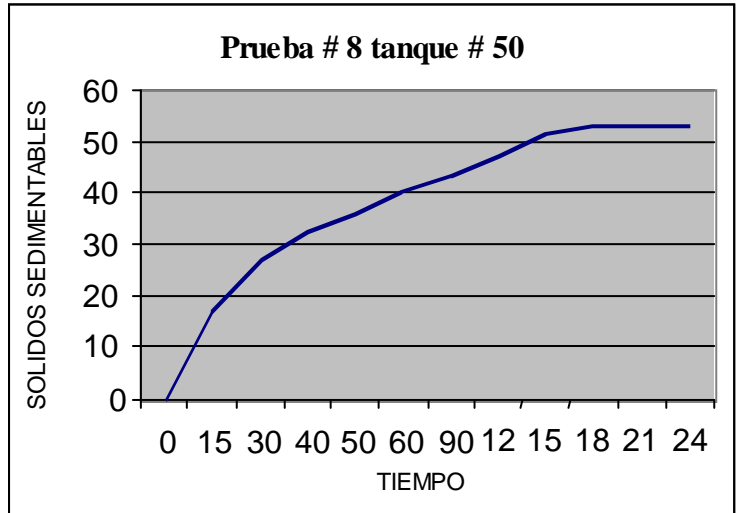
**Grafico 7.7 Curva de Sedimentación**



**Tabla # 7.8 Prueba # 8 tanque # 50**

**Grafico 7.8 Curva de Sedimentación**

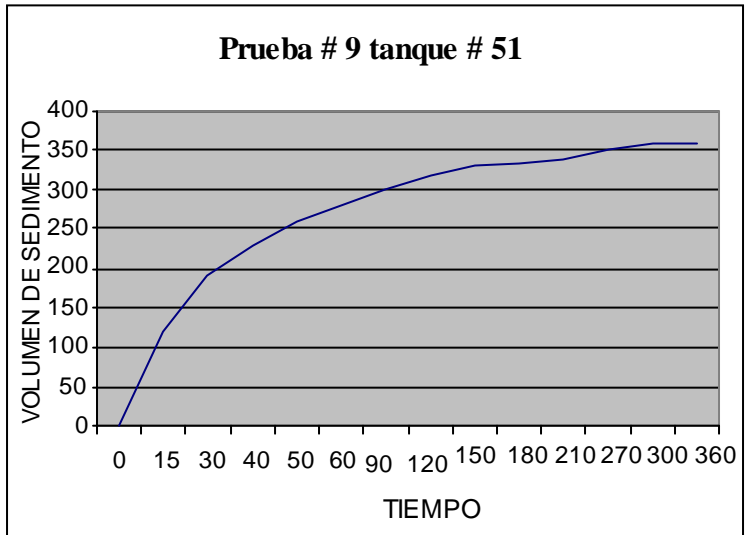
Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
11:50	0	0
12:05	15	170
12:20	30	270
11:30	40	320
12:40	50	360
12:50	60	400
13:20	90	430
13:50	120	470
14:20	150	510
14:50	180	530
15:50	240	530
% Sólidos sedimentables: 53%		



**Tabla # 7.9 Prueba # 9 tanque # 51**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
10:00	0	0
10:15	15	120
10:30	30	190
10:40	40	230
11:00	60	280
11:30	90	300
12:00	120	320
12:30	150	330
13:00	180	335
13:30	210	340
14:00	270	350
16:00	360	360
% Sólidos sedimentables: 53%		

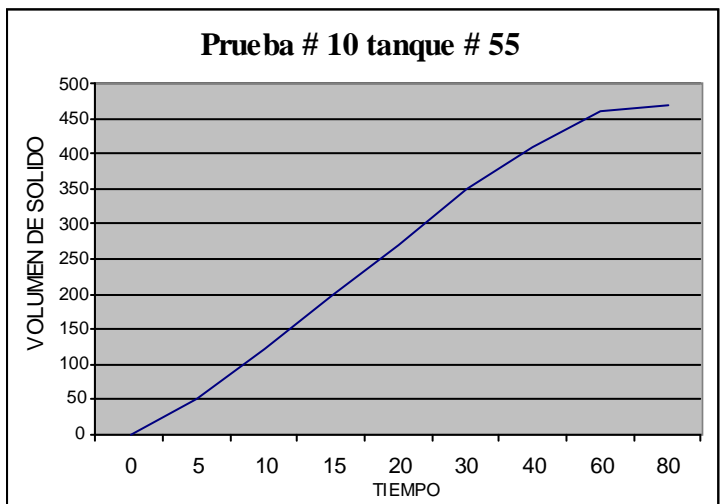
**Grafico 7.9 Curva de Sedimentación**



**Tabla # 7.10 Prueba # 10 tanque # 55**

Volumen de muestra: 1000 ml		
Tiempo	Minutos	Vol. ml
		Sólido sed.
14:20	0	0
14:25	5	50
14:30	10	120
14:35	15	200
14:40	20	270
14:50	30	350
15:00	40	410
15:40	60	460
16:20	80	470
% Sólidos sedimentables: 47%		

**Grafico 7.10 Curva de Sedimentación**



### **7.2.3 Separación del solvente sólido (lixiviación)**

Después que la fase sólida (lodo) ha sido almacenada correctamente en su tanque correspondiente, se procede a agitar el lodo y tomar una muestra homogénea de 1 Kg y se somete a una compresión mecánica y se obtienen 53.6 ml de solvente equivalente a 44.38 g. que corresponden a 4.43%.

## **7.3 Tratamiento Secundario**

### **7.3.1 Separación de sólidos disueltos (mezcla de sólido-líquido): Evaporación**

Los solventes orgánicos utilizados en las industrias, son fácilmente recuperables mediante el uso de la evaporación, debido a que son volátiles. En la práctica encontramos que estas mezclas contenían agua residual en un porcentaje del 1%, la cual salía arrastrada en el condensado y al ser inmiscible se retiraba por decantación.

### **7.3.2 Equipo para la evaporación**

Para el desarrollo de esta investigación se procedió a construir un equipo para la evaporación y la separación de las resinas contenidas en las muestras. El diagrama del equipo se observa en la Figura N° 7.2. Anexos 4

#### **OPERACIÓN EN EL EQUIPO:**

- Llenamos con aceite térmico el cilindro externo tanque #1.
  - Cargamos la muestra a evaporar en el cilindro interno tanque #2 (H= 70%).
  - Llenamos el tanque #3 con agua de enfriamiento.
  - Ponemos en funcionamiento el sistema de gas y simultáneamente iniciamos la circulación de agua al condensador.
  - Abrimos la purga de gases incondensables ubicadas en el condensador.
  - Esperamos la caída de la primera gota, que corresponde al punto inicial de ebullición (p.i.e) de la mezcla.
  - Se procede a anotar los siguientes datos:
    - Temperatura del aceite
    - Temperatura del vapor
    - Temperatura del destilado
    - Temperatura del agua de enfriamiento a la entrada y la salida
    - Temperatura del agua de condensado a la entrada y salida
- Datos que se registran en las tablas de las corridas ubicadas en el Anexo 3

### 7.3.3 Puesta en marcha

#### 7.3.3.1 Ensayos

Ensayo # 1

V = 2800 ml –70%

ti = 8h30

tf = 10h00

Corrida # 1

Muestra: T# 1

Ti<sub>(aceite)</sub> = 25°C

Tf<sub>(aceite)</sub> = 150°C

Observaciones:

Esta corrida tiene una duración de una hora y media; se recoge un condensado de dos fases que forma dos capas, el agua en la parte inferior y por densidad el solvente se encuentra en la parte superior.

Conclusiones:

La muestra que se estaba evaporando no ha recibido un adecuado tratamiento y ha arrastrado agua durante todo el proceso de tratamiento.

Ensayo # 2

V = 35200 ml – 88%

ti = 9h30

tf = 13h30

Corrida # 2

Muestra: T# 1

Ti<sub>(aceite)</sub> = 30°C

Tf<sub>(aceite)</sub> = 130°C

Observaciones:

La corrida tuvo una duración de cuatro horas; se recogieron 240 ml de condensado, el cual estaba formado por 68.3% de solvente y 31.7% de agua.

Conclusiones:

Se realizó una prueba simultanea en el laboratorio que nos dio dos fracciones, a las cuales se les realizó una prueba simple de inflamabilidad, la que dio positivo; al realizar la misma prueba al condensado obtenido de la corrida #2 dio negativo para la fase inferior y positivo para la fase superior, lo que denota una fuga en el condensador; motivo por el cual se recomienda desmontar el equipo y volver a soldar las líneas de entrada y salida.

Ensayo # 3

V = 26400 ml – 66%

ti = 9h30

tf = 10h30

Corrida # 3

Muestra: T# 5

Ti<sub>(aceite)</sub> = 30°C

Tf<sub>(aceite)</sub> = 130°C

Observaciones:

La prueba dura una hora; se nota la formación de una capa de vapor en la parte superior del aceite, no se logra recoger condensado, motivo por el cual se apaga el equipo.

Conclusiones:

Se detuvo la prueba porque existe una pérdida de calor lo que indica que hay que aislar el sistema, se recomienda envolver el baño de aceite térmico con fibra de vidrio y calibrar el termómetro del baño.

Ensayo # 4  
V = 26400 ml – 66%  
ti = 11h30  
tf = 12h25

Corrida # 4  
Muestra: T# 5  
Ti<sub>(aceite)</sub> = 40°C  
Tf<sub>(aceite)</sub> = 150°C

Observaciones:

Duración de la prueba aproximadamente de una hora; no se obtuvo condensado motivo por el cual se detuvo la prueba, debido a la falta de calor en el baño con el aceite térmico.

Conclusiones:

La formación de una llama amarilla en el quemador indica una mala combustión (falta de oxígeno), motivo por el cual se exige un mayor suministro del gas butano-propano y un mayor flujo de gas hace que se necesite más energía para descomprimir el aire haciendo que el tanque de gas se moje de manera abundante.

Ensayo # 5  
V = 26400 ml – 66%  
ti = 9h00  
tf = 10h30

Corrida # 5  
Muestra: T# 5  
Ti<sub>(aceite)</sub> = 30°C  
Tf<sub>(aceite)</sub> = 205°C

Observaciones:

La duración de la corrida es de una hora y media, se logra recoger un volumen de 2760 ml; también se realizó una prueba simultanea en el laboratorio, la cual arrojo como resultado el p.i.e en 138°C, en el equipo el p.i.e se encontró en 180°C. El termómetro no logra marcar la temperatura del vapor y el condensado sale demasiado caliente hasta 67°C, lo que sugiere la incorporación de un enfriador al equipo.

Conclusiones:

Se debe controlar la temperatura del baño del aceite para que no sea muy superior porque al comienzo de la evaporación el suministro excesivo del gas es inútil y por la misma razón se necesitará mayor cantidad de agua para disminuir la temperatura del condensado a la salida, otro motivo es que la velocidad de condensación es muy elevada y se corre el riesgo de arrastrar fracciones más pesadas que aun no deberían subir contaminándolo al salir.

Ensayo # 6  
V = 25000 ml – 62.5%  
ti = 9h30  
tf = 10h40

Corrida # 6  
Muestra: T# 5  
Ti<sub>(aceite)</sub> = 30°C  
Tf<sub>(aceite)</sub> = 205°C

Observaciones:

Duración de la corrida es de una hora diez; la primera gota cae a los 158°C y se llega a un máximo de 165°C en el vapor, se detuvo la prueba porque se acabó el suministro de gas, se observa la salida del condensado con una temperatura de 42°C.

Conclusiones:

Se recomienda utilizar un condensador con mayor capacidad para poder disminuir la temperatura del condensado. En la última fracción la temperatura del aceite no debe tener una temperatura mucho mayor a la del vapor a condensarse, se recomienda un  $\Delta T$  máximo de 10 grados.

Ensayo # 7

V = 28000 ml - %

ti = 9h20

tf = 14h48

Corrida # 7

Muestra: T# 12

Ti<sub>(aceite)</sub> = 31°C

Tf<sub>(aceite)</sub> = 190°C

Observaciones:

La duración aproximada de la corrida es de una hora diez; se comienza a medir el flujo del condensado para poder obtener el volumen de condensado a recoger en determinado tiempo y el volumen total que se encuentra en el tambor (lo que aún no se ha evaporado).

Conclusiones:

Cuando se han quitado todos los volátiles se llega a un momento en el que el punto final de ebullición es tan alto que la presión de vapor es muy baja y hay que detener la evaporación.

### 7.3.3.2 Pruebas experimentales

Prueba # 1

Muestra: T# 1

V = 30 800 ml - 77%

ti = 11h30

tf = 12h30

Tiempo total: 5h00

Corrida # 8

Ti<sub>(aceite)</sub> = 30°C

Tf<sub>(aceite)</sub> = 130°C

p.i.e = 115 °C

p.f.e = 187.5°C

Observaciones:

El primer condensado que sale es turbio y presenta dos fases, se encuentra en un rango de 115-147 °C o sea un 30% en volumen y el 50% restante es incolora.

Se registra una temperatura en el agua de enfriamiento con un máximo de 38°C y un flujo de 16 ml/seg y en el condensado una temperatura elevada de 57.5°C, lo que indica el uso necesario del enfriador después del condensador.

El aceite con respecto al vapor tiene una diferencia de temperatura de 62.5°C en el momento de finalizar la prueba, es un indicativo de que se está utilizando un exceso de calor y hay que disminuir el flujo de gas propano-butano hacia el quemador.

Prueba # 2

Corrida # 9

Muestra: T# 5

V = 28000 ml – 70%

ti = 12h00

Ti<sub>(aceite)</sub> = 31°C

p.i.e = 120 °C

tf = 13h25

Tf<sub>(aceite)</sub> = 190°C

p.f.e = 167.5°C

Tiempo total: 1hh25

Observaciones:

De la misma forma como en la prueba anterior tenemos un primer condensado turbio (dos fases) de 4000 ml y un segundo condensado de 17600 ml que va desde un color ligeramente amarillo hasta un amarillo intenso y que corresponde al 80.1% del volumen total de solvente recuperado.

Se puede notar, la disminución en el ascenso de la temperatura debido a la falta de combustión (se acabo el suministro de gas propano-butano), el cual tuvo que ser sustituido por tres ocasiones; esto indica que se estaba usando un flujo de gas abundante, lo que se puede ver reflejado en la diferencia de temperatura del baño de aceite con el vapor con un  $\Delta T$  de 23°.

También se registra una elevada temperatura a la salida del condensado, la que contrasta con la temperatura del agua de enfriamiento con un  $\Delta T$  de 10°, esto indica poca transferencia de calor (tiempo de contacto) y poco flujo en el agua de enfriamiento.

Prueba # 3

Corrida # 10

Muestra: T# 10

V = 30800 ml – 77%

ti = 12h00

Ti<sub>(aceite)</sub> = 31°C

p.i.e = 120 °C

tf = 13h25

Tf<sub>(aceite)</sub> = 190°C

p.f.e = 167.5°C

Tiempo total: 1h25

Observaciones:

Se recoge un primer condensado turbio (dos fases) con un volumen de 6000 ml con un contenido de agua del 20% y un segundo condensado incoloro de 18640 ml y que corresponde al 77.58 % del total recuperado.

Se registra una excesiva combustión por la alta diferencia de temperatura entre el baño de aceite y el vapor a condensar con un  $\Delta T$  de 32°.

En esta prueba se aumento el flujo del agua de enfriamiento lo que dio como resultado un  $\Delta T$  de 12° entre el baño y el vapor a ser condensado; pero este logro se ve opacado por la elevada temperatura a la que sale el condensado, que llega hasta un máximo de 61°C, lo que indica un suministro exagerado de calor al momento de calentar la muestra, lo que hace necesario un volumen mucho mayor de agua para su enfriamiento correcto.

Prueba # 4

Corrida # 11

Muestra: T# 20

V = 28000 ml – 70%  
ti = 09h50       $T_{i(\text{aceite})} = 20^{\circ}\text{C}$       p.i.e = 98 °C  
tf = 11h20       $T_{f(\text{aceite})} = 215^{\circ}\text{C}$       p.f.e = 176°C  
Tiempo total: 1h30

Observaciones:

El volumen del primer condensado (turbio) es de 5600 ml con un 20% de agua y el segundo condensado es de 16000 ml es el 74%. Se recomienda el uso de un enfriador después del condensador y así poder disminuir el calor del condensado del solvente recuperado.

Debido a que la temperatura del condensado todavía continua elevada y llega hasta un máximo de 64.5°C con la temperatura del agua de enfriamiento tiene un  $\Delta T$  de 39°; lo que nos demuestra que el calor suministrado al baño es excesiva; este dato es confirmado al revisarla temperatura del vapor que junto con la temperatura del baño forman un  $\Delta T$  de 39°C. Todo esto demuestra una vez mas la excesiva cantidad de combustible (gas p-b) utilizado en la prueba.

Prueba # 5      Corrida # 12  
Muestra: T# 25  
V = 26000 ml – 65%  
ti = 11h28       $T_{i(\text{aceite})} = 50^{\circ}\text{C}$       p.i.e = 96.1 °C  
tf = 12h40       $T_{f(\text{aceite})} = 230^{\circ}\text{C}$       p.f.e = 167 °C  
Tiempo total: 1h20

Observaciones:

Se recoge un primer condensado turbio (2 fases) con un volumen de 4000 ml con un contenido de agua del 10% y un segundo condensado incoloro de 12300 ml y que corresponde al 75.46 % del total recuperado.

El uso del enfriador da como resultado 34°C de temperatura en el destilado y para el agua de enfriamiento 34.5°C eso nos da un  $\Delta T$  de 0.5°, que es aceptable.

El inconveniente que se presenta, ya anteriormente ha sido mencionado y recalado, es el excesivo calor suministrado al baño, lo que ocasiona que el líquido sea arrastrado por el vapor y salga como destilado (color café-turbio). Ocasionando una perdida de 10 litros, esta teoría se puede comprobar pues la temperatura del baño con respecto al vapor tiene un  $\Delta T$  de 60°. Se recomienda al momento de encontrar el punto de ebullición inicial, regular la temperatura gradualmente para que el  $\Delta T$  entre el baño y el vapor no sea superior a 10°.

Prueba # 6      Corrida # 13  
Muestra: T# 26  
V = 28000 ml – 70%  
ti = 08h45       $T_{i(\text{aceite})} = 25^{\circ}\text{C}$       p.i.e = 97 °C  
tf = 10h15       $T_{f(\text{aceite})} = 266^{\circ}\text{C}$       p.f.e = 197°C  
Tiempo total: 1h30

Observaciones:



El volumen del primer condensado (turbio) es de 4200 ml con un 12% de agua y el segundo condensado es de 14478 ml es el 77.50 %.

La temperatura del agua de enfriamiento y el condensado tuvieron un  $\Delta T$  de 6.5°, debido a la disminución en el flujo del agua para el enfriamiento ocasionado por una obstrucción en la línea, la cual pudo ser detectada y salvada oportunamente.

El baño de aceite y el vapor tienen un  $\Delta T$  de 86° lo que viene a ser demasiado calor suministrado al baño y al final de la operación la prueba tiene una disminución de la temperatura en el condensado lo que nos indica una presión de vapor mucho mas alta debido a la concentración de resinas en el residuo.

Prueba # 7	Corrida # 14	
Muestra: T# 30		
V = 26400 ml – 66%		
ti = 08h00	Ti (aceite) = 45 °C	p.i.e = 104.4 °C
tf = 09h30	Tf (aceite) = 211°C	p.f.e = 181.6 °C
Tiempo total: 1h30		

Observaciones:

El volumen del primer condensado (turbio) es de 3800 ml con un 11% de agua y el segundo condensado es de 9642 ml es el 69.66 %.

La temperatura en el destilado es de 35°C y 35°C para el agua de enfriamiento eso nos da un  $\Delta T$  de 0.0°, ósea, no hay variación en las dos temperaturas lo que nos indica una eficiencia del 100% y un intercambio de calor optimo.

El baño de aceite y el vapor tienen un  $\Delta T$  de 29° al finalizar la operación lo que nos indica un mejoramiento en la regulación del flujo del calor hacia el baño de aceite.

Prueba # 8	Corrida # 16	
Muestra: T# 50		
V = 30800 ml – 77%		
ti = 13h15	Ti (aceite) = 50 °C	p.i.e = 101.6 °C
tf = 14h25	Tf (aceite) = 238°C	p.f.e = 179.4 °C
Tiempo total: 1h10		

Observaciones:

El volumen del primer condensado (2 fases) es de 5800 ml con un 18% de agua y el segundo condensado es de 9.642 ml es el 69.66%.

El baño de aceite y el vapor tienen un  $\Delta T$  de 58° al finalizar la operación lo que nos indica con respecto a la prueba anterior una irregularidad al controlar el flujo del calor hacia el baño de aceite.

Con respecto al destilado y el agua de enfriamiento continua el intercambio eficiente de la temperatura entre ellas. Esta corrida es una mezcla entre la materia

prima de las corridas anteriores para observar el comportamiento de estas en conjunto.

Cabe hacer una observación adicional por la omisión de la corrida 15 debido a la falta de los datos del laboratorio.

Prueba # 9	Corrida # 17	
Muestra: T# 51		
V = 26400 ml – 66%		
Hi = 08h25	Ti <sub>(aceite)</sub> = 50 °C	p.i.e = 102.2 °C
Hf = 09h35	Tf <sub>(aceite)</sub> = 265°C	p.f.e = 180.5 °C
Tiempo total: 1h10		

Observaciones:

El volumen del primer condensado (2 fases) es de 2200 ml con un 10%

La temperatura del destilado y del agua de enfriamiento continua con un intercambio de temperatura eficiente entre ellas. En el baño de aceite y en el vapor el  $\Delta T$  es de 85° al finalizar la operación lo que nos indica como en la prueba anterior la irregularidad al controlar el flujo del calor hacia el baño de aceite.

Prueba # 10	Corrida # 18	
Muestra: T# 55		
V = 22000 ml – 55%		
ti = 09h20	Ti <sub>(aceite)</sub> = 50 °C	p.i.e = 93.3 °C
tf = 10h20	Tf <sub>(aceite)</sub> = 225°C	p.f.e = 190 °C
Tiempo total: 1h00		

Observaciones:

El volumen del primer condensado (turbio, 2 fases) es de 1824 ml con un 10% de agua y el segundo condensado es de 12000 ml, es el 86.8% del total recuperado.

La temperatura del destilado y del agua de enfriamiento continua con un intercambio de temperatura eficiente entre ellas.

En el baño de aceite y en el vapor el  $\Delta T$  es de 35° al finalizar la operación lo que nos indica un mejoramiento al controlar el flujo del calor hacia el baño de aceite pero como en las pruebas anteriores este dato viene siendo muy irregular.

Para una mejor comprensión del resultado de estas pruebas, se registra en la Tabla N° 7.11 el resumen de las pruebas experimentales en T vs % V/V.

**TABLA N° 7.1 1 RESUMEN DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES**

CORRIDA	p.i.e °C	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	p.f.e °C	% V/V	
											Residuo	Recobrado
C # 8	115	142	145.5	147.5	150.5	153.5	159.5	167	184	187.5	20.7	79.3
C # 9	120	126	137	146	155	160	165	166	167	167.5	29.3	70.7
C # 10	94	124	143	146	147	151	159	160	-	168.0	22.0	78.0
C # 11	98	103	159	163	171	175	176	-	-	176.5	37.2	62.8
C # 12	96.1	122	150	153	157	161	166.5	-	-	167.0	37.4	62.6
C # 13	97	162	172	175	188	190	197	-	-	197.0	34.7	65.3
C # 14	104	146	168	171	173	176	179	181	-	181.6	29.5	70.5
C # 16	102	124	148	156	161	170	179.4	-	-	179.4	40.0	60.0
C # 17	101	114	140	160	173	180	-	-	-	180.5	42.4	57.6
C # 18	96	148	164	178	187	189	-	-	-	190.0	46.25	53.74

DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

La tabla # 7.11 muestra el resumen de los resultados de las evaporaciones realizadas, proporcionando como resultado la obtención de los promedios dando el 66% para los solventes recuperados y el 34% para las resinas. El detalle de las corridas y las curvas de destilación puede ser revisado en el Anexo 2 – A

### 7.3.4 Separación final de solventes: (mezcla líquido-líquido): Destilación

Los solventes orgánicos utilizados en esta industria, que fueron previamente evaporados, son sometidos a una destilación fraccionaria para separar cada uno de los componentes que lo forman.

La primera destilación dio como resultado la siguiente tabla #7.12:

*Tabla # 7.12 Destilación 1 de mezcla de Solventes obtenidas por Evaporación*

HORA	T (LIQUIDO) °C	% V/V
P. ebullición inicial	72 °C	
	150 °C	10 %
	152 °C	20 %
	165 °C	30 %
	175 °C	40 %
P. ebullición final	188 °C	50 %

La obtención solo del 50% de destilado se debe a que los solventes en ausencia del agua forman una resina blanquesina y viscosa no destilable.

Realizamos una segunda destilación en la cual se retira previamente esa resina viscosa y da como resultado la siguiente tabla # 7.13:

*Tabla # 7.13 Destilación 2 de mezcla de Solventes obtenidas por Evaporación*

HORA		T (VAPOR) °C	T (LIQUIDO) °C	% V/V
9H20	p.e.i	72	162	
9H26		145	165	10
9H30		150	161	20
9H52		156	167	40

9H57		167	178	60
10H02		175	186	80
10H08		186	190	90
10H14	p.e.f	189	200	99

Se recobró el 99% y queda un residuo del 0.9% y existe una pérdida de 0.1%.

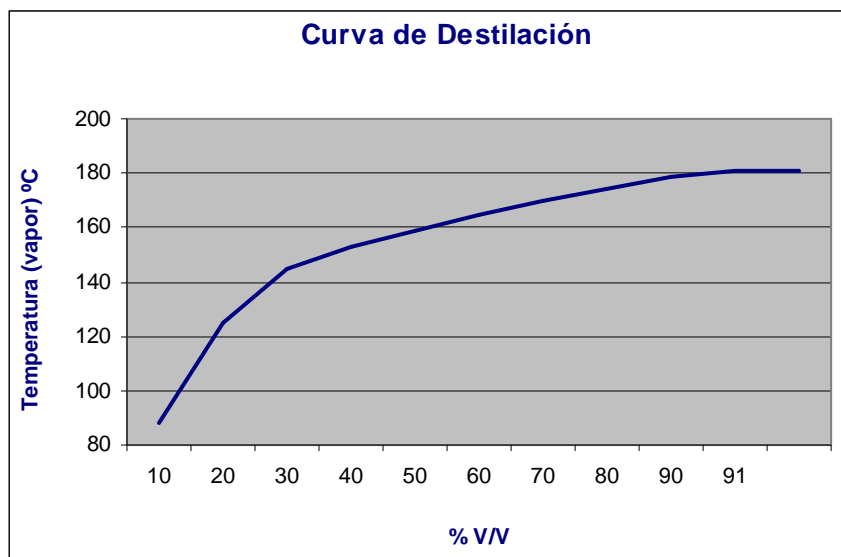
Se realiza una tercera destilación en la cual de la mezcla evaporada y da como resultado la siguiente tabla # 7.14:

*Tabla # 7.14 Destilación 3 de mezcla de Solventes obtenidas por Evaporación*

HORA		T (VAPOR) °C	T (LIQUIDO) °C	% V/V
11H48	p.e.i	88	112	
12H03		144	155	10
12H10		147	160	20
12H21		153	164	30
12H30		152	169	40
12H38		165	173	50
12H47		170	177	60
12H52		174	182	70
12H55		179	186	80
12H59		181	189	90
13H00	p.e.f	181	192	91

Se recobró el 91% y queda un residuo del 8.8% y existe una pérdida de 0.2% volatilización.

*De la Tabla # 7.14 se obtiene el Grafico # 7.11.*



Del gráfico # 7.14 se obtiene la tabla 7.15 en la que se relaciona los volúmenes y los puntos de ebullición de los solventes puros con la curva de destilación

Tabla # 7.15 Relación entre los P. Ebullición y el % Volumen de componentes

SOLVENTE	Punto de Ebullición °C	% V/V
MEK	79.6	0.0
Xilenos	137 – 145	4.9
Estireno	145 – 146	6.7
Mineral Turpentine	160 - 200	41.0
2-EH	180- 190	8.5
Propilen Glicol	188	0.0

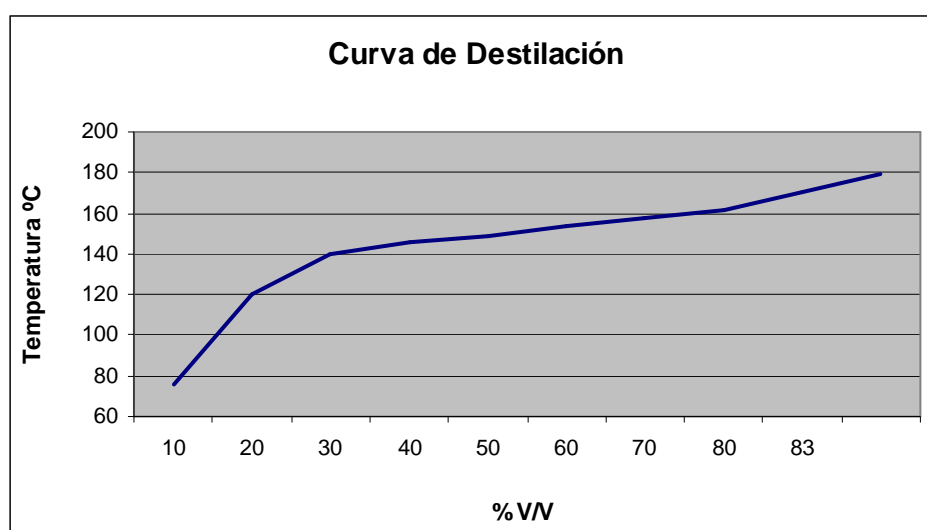
Se realiza una cuarta destilación en la cual de la mezcla evaporada y da como resultado la siguiente tabla # 7.16:

Tabla # 7.16 Destilación 4 de mezcla de Solventes obtenidas por Evaporación

HORA		T (VAPOR) °C	T (LIQUIDO) °C	% V/V
15H00	p.e.i	76	105	
15H08		125	139	10
15H15		136	146	20
15H18		153	164	30
15H29		141	149	40
15H43		148	156	50
15H48		150	159	60
15H50		155	163	70
15H58		170	180	80
15H	p.e.f	181	192	83

Se recobró el 83.7% y queda un residuo del 16.25% y no hay perdidas por volatilización.

De la Tabla # 7.16 se obtiene el Grafico # 7.12.



Del grafico 7.12 se obtiene la tabla # 7.17 en la que se relaciona los volúmenes y los puntos de ebullición de los solventes puros con la curva de destilación

Tabla # 7.17 Relación entre los P. Ebullición y el % Volumen de componentes

SOLVENTE	Punto de Ebullición °C	% V/V
MEK	79.6	0.8
Xilenos	137 – 145	26.1
Estireno	145 – 146	2.9
Mineral Turpentine	160 - 200	9.7
2-EH	180- 190	0.5
Propilen Glicol	188	0.0

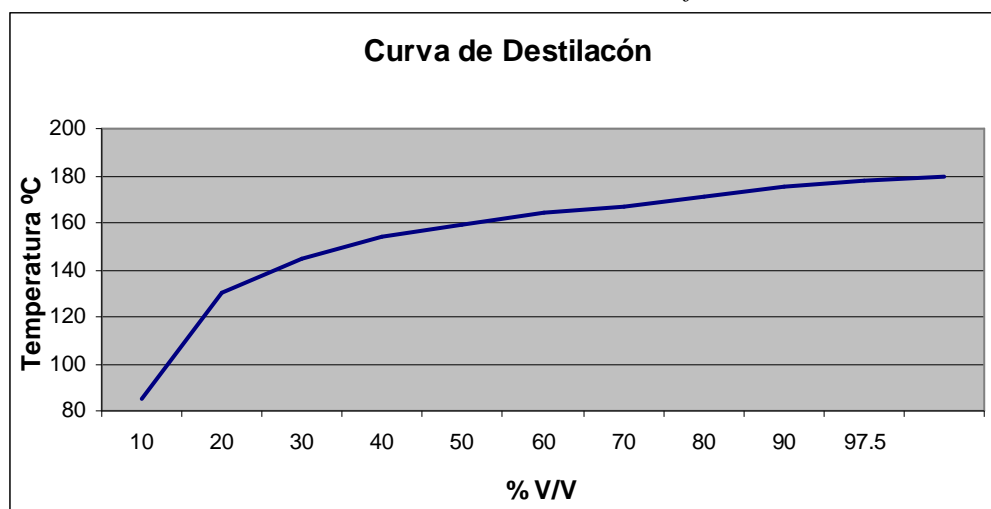
Se realiza una quinta destilación en la cual de la mezcla evaporada y da como resultado la siguiente tabla # 7.18.

Tabla # 7.18 Destilación 5 de mezcla de Solventes obtenidas por Evaporación

HORA		T (VAPOR) °C	T (LIQUIDO) °C	% V/V
16H19	p.e.i	85	128	
16H28		143	154	10
16H35		150	159	20
16H39		154	162	30
16H44		157	167	40
16H48		164	171	50
16H51		169	174	60
16H57		171	176	70
17H02		175	181	80
17H05		178	187	90
17H07	p.e.f	180	190	97.5

Se recobró el 97.5% y queda un residuo del 2.5% y no existe una perdida por volatilización.

De la Tabla # 7.18 se obtiene el Grafico # 7.13.



Del grafico 7.13 se obtiene la tabla # 7.19 en la que se relaciona los volúmenes y los puntos de ebullición de los solventes puros con la curva de destilación

Tabla # 7.19 Relación entre los P. Ebullición y el % Volumen de componentes

SOLVENTE	Punto de Ebullición °C	% V/V
MEK	79.6	0
Xilenos	137 – 145	4.7
Estireno	145 – 146	2.9
Mineral Turpentine	160 - 200	74.5
2-EH	180- 190	4.0
Propilen Glicol	188	0.0

#### 7.4 Balance de Materia

Seleccionamos 10 tanques y tomamos como base de calculo un tanque de 200 litros.

BASE: 1 tanque = 200 litros

##### Balance de Materia de las Fases

##### Fase sólida:

Promedio de lodos: 28% (Obtenido en la Tabla N° 6.8)

$$10 \text{ tanques} \times \frac{200 \text{ litros}}{1 \text{ tanque}} = 2\,000 \text{ litros RMLS}$$

$$200 \text{ litros} \times 0.28 = 56.0 \text{ litros de lodos}$$

$$200 - 56.0 = 144.0 \text{ litros MLS} + \text{agua}$$

Densidad de la fase sólida 0.96 kg/litro.

$$56.0 \text{ litros} \times 0.96 \frac{\text{kg}}{\text{litro}} = 53.76 \text{ kg de lodo}$$

##### Separación acuosa:

Promedio de agua: 12% (Obtenido en la Tabla N°6.10)

$$200 \text{ litros} \times 0.12 = 24.0 \text{ litros de agua}$$

Densidad del agua 1.0 Kg/litro

$$24.0 \text{ litros} \times 1.0 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}} = 24.0 \text{ Kg de Agua}$$

### **Fase Mezcla de solventes:**

Promedio de la fase solvente: 60% (Obtenido en la Tabla N°6.9)

$$24.0 + 56.0 - 200 = 120 \text{ litros de MLS}$$

Densidad promedio de la fase solvente 0.8275 Kg/litro

$$120 \text{ litros} \times 0.8275 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}} = 99.3 \text{ Kg de MLS}$$

### **Balance de Materia del solvente recuperado**

#### **Recuperación del solvente residual de la fase lodo**

Promedio del solvente recuperado: 4.43 %

$$56.0 \text{ litros de lodo} \times 0.0443 = 2.48 \text{ litros de MLS}$$

$$56.0 - 2.48 = 53.52 \text{ litros de lodo}$$

$$53.52 \text{ litros} \times 0.96 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}} = 51.379 \text{ kg de lodo}$$

$$120 + 2.48 = 122.48 \text{ litros de MLS}$$

$$122.48 \text{ litros} \times 0.828 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}} = 101.41 \text{ Kg MLS}$$

### **Masa total promedio del tanque**

Masa del lodo	51.38	Kg
Masa del agua	24.00	Kg
Masa de la MLS	<u>101.41</u>	<u>Kg</u>
Masa del Tanque	176.77	Kg

### **Separación del sólido disuelto (resina) en la evaporación**

Promedio de separación: 34% (Obtenidos en la Tabla N° 7.11)

$$122.48 \text{ litros} \times 0.34 = 41.64 \text{ litros de resina}$$

$$122.48 - 41.64 = 80.84 \text{ litros de solvente}$$

Densidad de la mezcla de solventes evaporada: 0.88 Kg/litro

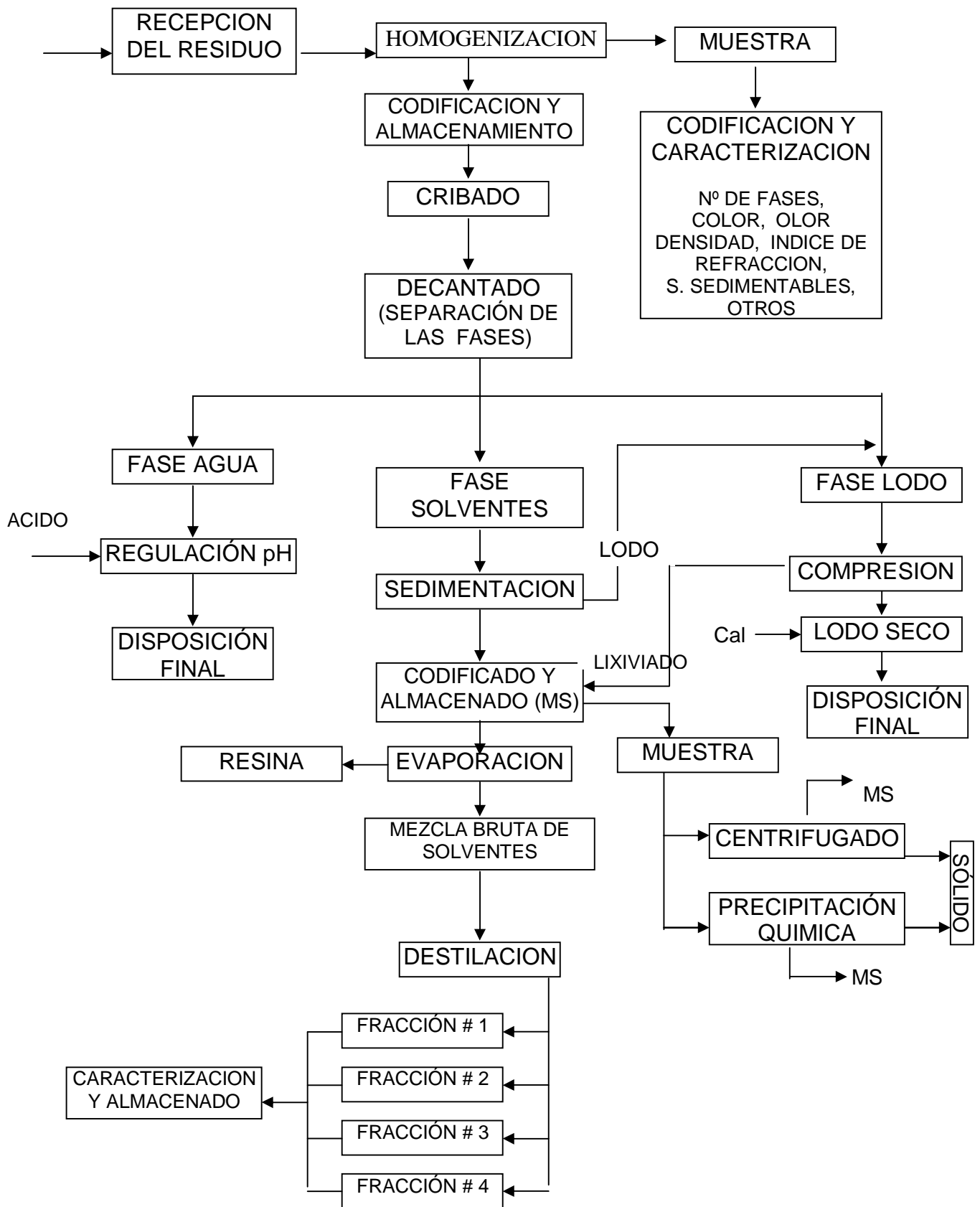
$$80.84 \text{ litros} \times 0.88 \frac{\text{Kg}}{\text{litro}} = 71.14 \text{ Kg de MLS}$$



**Porcentaje de recuperación:**

$$\frac{71.14 \text{ Kg MLS}}{176.77 \text{ Kg de tanque}} \times 100 = 40.24 \%$$

**7.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RECUPERACION DE SOLVENTES A PARTIR DE RESIDUOS DE UNA PLANTA DE RESINAS**



Los tanques con residuos son receptados, agitados y homogenizados, se toma una muestra, se codifica la muestra y el tanque respectiva y se almacenan.

La muestra fue caracterizada determinándose los siguientes parámetros: Número de fases, Color, Olor, Densidad, Índice de refracción, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Viscosidad, Punto de ebullición, Punto de inflamación, Punto de combustión y Concentración % V/V de las fases líquidas.

El tanque almacenado sigue el siguiente proceso: es transvasado a un tanque cribador-sedimentador-decantador fondo cónico, se retira los sólidos gruesos como: waipes palos, tornillos u otro material residuo que generalmente se encuentran dentro del tanque; el material cribado se deja decantar durante un periodo de tiempo determinado en el laboratorio, las fases a ser separadas son tres: fase sólida, fase mezcla de solventes y fase acuosa.

La fase sólida de mayor densidad es retirada por el fondo del tanque, la cual después de ser almacenada y homogenizada es sometida a una compresión mecánica y separa la mayor parte de solvente, el lixiviado es adicionado a la fase mezcla de solventes; los sólidos finales son mezclados con cal para su disposición final según la normativa ambiental vigente.

A la fase acuosa que contiene una muy poca cantidad de solventes, se le regula el pH, para su disposición final según la normativa vigente para alcantarillado público.

La fase mezcla de solventes es almacenada y homogenizada, luego en un tanque sedimentador son retirados los sólidos sedimentables; este material es codificado y vuelto a almacenar, aquí se toma una muestra para determinar la cantidad de sólidos disueltos por medio de la centrifugación y la precipitación química. La fase solvente es sometida a una evaporación para obtener una mezcla bruta de solventes, la cantidad de mezcla-solvente a obtenerse se determina en el laboratorio; el solvente evaporado es sometido a una destilación en la cual se obtienen varias fracciones, las cuales fueron halladas en el laboratorio, cada una de estas fracciones es luego caracterizada y almacenada.

## **CAPITULO 8 LEYES AMBIENTALES**

Tal como indicamos en la introducción, que nuestra tesis se basa en la producción mas limpia (P+L) hemos creído necesario en este capítulo exponer algunos artículos de las Leyes Ambientales que corresponden a la Legislación Ambiental vigente.

Las leyes siguientes implican la identificación la totalidad de las normativas aplicables a las industrias, diferenciando entre las normas que regulan la localización, las emisiones atmosféricas, las descargas líquidas, los residuos sólidos, el ruido, la seguridad y salud ocupacional.

Asimismo, se identifican las normas ecuatorianas referentes a este tema en el Decreto 3516, en vigencia y aplicabilidad del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) del Ministerio de Ambiente, edición especial N° 2. del 31/03/2003, en el Libro VI de la Calidad ambiental.

A continuación nos referiremos a algunos artículos pertinentes a nuestro tema que se encuentran referidos en el siguiente Título I, en el TULSMA actualizado en el 2002.

### **8.1 Título I. Del Sistema Único de Manejo Ambiental**

**Art. 1.- Propósito y ámbito.-** Reglamentase en el Sistema Único de Manejo Ambiental señalado en los artículos 19 hasta el 24 de la Ley de Gestión Ambiental, en lo referente a: marco institucional, mecanismos de coordinación interinstitucional y los elementos del sub-sistema de evaluación de impacto ambiental, el proceso de evaluación de impacto ambiental, así como los procedimientos de impugnación suspensión revocatoria y registro de licencias ambientales.

El presente reglamento establece y define el conjunto de elementos mínimos que constituyen un sub-sistema de evaluación de impactos ambientales a ser aplicados a las instituciones integrantes del Sistema de Gestión Ambiental.

Un sub-sistema de evaluación de impactos ambientales abarca el proceso de presentación, revisión, licenciamiento y seguimiento ambiental de una actividad o proyecto propuesto.

**Art. 2.- Principios.-** Los principios del Sistema Único de Manejo Ambiental son el mejoramiento, la transparencia, la agilidad, la eficacia y la eficiencia así como la coordinación interinstitucional de las decisiones relativas o proyectos propuestos con potencial impacto y/o riesgo ambiental, para impulsar el desarrollo sustentable del país mediante la inclusión explícita de consideraciones ambientales y de la participación ciudadana, desde las fases más tempranas del ciclo de vida de toda actividad o proyecto propuesto y dentro del marco establecido mediante este Reglamento.

**Art. 13.- Objetivo general de la evaluación de impactos ambientales.-** El objetivo general de la evaluación de impactos ambientales dentro del SUMA es garantizar el acceso de funcionarios públicos y la sociedad en general a la información ambiental relevante de una actividad o proyecto propuesto previo a la decisión sobre la implementación o ejecución de la actividad o proyecto.

Para tal efecto, en el proceso de evaluación de impactos ambientales se determinan, describen y evalúan los principales impactos de una actividad o proyecto propuesto con respecto a las variables ambientales relevantes de los medios:

- a) Físico (agua, aire, suelo y clima);
- b) Biótico (flora, fauna y sus hábitat);
- c) Socio-cultural (arqueología, organización socio-económica, entre otros) y
- d) Salud pública.

A continuación nos referiremos a algunos artículos pertinentes a nuestro tema que se encuentran referidos en el siguiente Título II, en el TULSMA actualizado en el 2002.

## **8.2 Título II. Políticas Nacionales de Residuos Sólidos**

**Art. 30.-** El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional la gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales que se determinan a continuación.

### **Art. 31.- Ámbito de salud y ambiente**

- a) Prevención y minimización de los impactos de la gestión integral de residuos sólidos y al ambiente y a la salud, con énfasis en la adecuación y disposición final;
- b) Impulsos y aplicación de mecanismos que permitan tomar acciones de control y sanción, para quienes causen afectación al ambiente y a la salud, por un inadecuado manejo de los residuos sólidos;
- c) Armonización de los criterios ambientales y sanitarios en el proceso de evaluación de impacto ambiental y monitoreo de proyectos y servicios de gestión de residuos sólidos;

- d) Desarrollo de un sistema de vigilancia epidemiológica en poblaciones y grupos de riesgo relacionados con la gestión integral de los desechos sólidos; y
- e) Promoción de la educación ambiental y sanitaria como preferencia a los grupos de riesgo.

**Art. 32.- Ámbito social.-**

- a) Construcción de una cultura de manejo de residuos sólidos a través del apoyo a la educación y toma de conciencia de los ciudadanos.
- b) Promoción de la participación ciudadana en el control social de la prestación de los servicios, mediante el ejercicio de sus derechos y sistemas regulatorios que garanticen su efectiva representación; y
- c) Fomento de la organización de los recicladores informales, con el fin de lograr su incorporación al sector productivo, legalizando sus organizaciones y propiciando mecanismos que garanticen su sustentabilidad.

A continuación nos referiremos a algunos artículos pertinentes a nuestro tema que se encuentran referidos en el siguiente título III, en el TULSMA actualizado en el 2002.

**8.3 Título III. Del Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional para la Gestión de Residuos**

**Art. 38.-** Forman parte integrante:

- a) El Ministerio de Agricultura y Ganadería;
- b) El Ministerio de Ambiente;
- c) El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda;
- d) El Ministerio de Energía y Minas;
- e) El Ministerio de Comercio Exterior Industrialización y Pesca;
- f) El Ministerio de Salud Pública;
- g) El Ministerio de Turismo;
- h) La Asociación de Municipalidades del Ecuador; e
- i) El Consorcio de Consejos Provinciales del Ecuador.

**Art. 39.- Atribuciones.-**

1. Asesorar al sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental respecto de la gestión de residuos;

2. Promover el reordenamiento jurídico;
3. Evaluar a nivel macro las políticas sectoriales;
4. Priorizar los temas de acción y los recursos que guardan relación con el tema de residuos en el Ecuador;
5. Coordinar la participación de las Instancias similares de otros ámbitos, niveles o sectores, en tanto sea preciso que se relacionen con el sector de los residuos;
6. Monitorear los proyectos sectoriales referentes a la gestión de residuos que se encuentran en marcha;
7. Desarrollar medidas o acciones orientadas a controlar los aspectos negativos de la gestión de residuos en el Ecuador;
8. Actuar coordinadamente frente a situaciones de emergencia;
9. Ejecutar un Plan Básico Anual , estableciendo metas, responsabilidades y compromisos tendientes a obtener un adecuado manejo de los residuos en el Ecuador; y
10. Reglamentar su operatividad con el fin de lograr un funcionamiento adecuado.

A continuación nos referiremos a algunos artículos pertinentes a nuestro tema que se encuentran referidos en el siguiente Título IV, en el TULSMA actualizado en el 2002.

#### **8.4 Título IV.** Reglamento de la ley de Gestión ambiental, prevención y control de la contaminación ambiental

**Art. 41.-Ámbito.-** El presente Título, establece los siguientes aspectos:

- a) Las normas generales nacionales aplicables a la prevención y control de la contaminación ambiental y de los impactos ambientales negativos de las actividades definidas por la Clasificación Ampliada de las Actividades Económicas de la versión vigente de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme CIIU, adoptada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos;
- b) Las normas técnicas nacionales que fijan los límites permisibles de emisión, descargas y vertidos al ambiente; y
- c) Los criterios de calidad de los recursos agua, aire y suelo, a nivel nacional.

**Art. 42.-Objetivos específicos:**

- a) Determinar, a nivel nacional, los límites permisibles para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado; emisiones al aire incluyendo el

ruido, vibraciones y otras formas de energía; vertidos, aplicación, o disposición de líquidos sólidos o combinación en el suelo; y

- b) Establecer los criterios de calidad de un recurso y criterios u objetivos de remediación para un recurso afectado.

**Art. 70.- Daños y perjuicios por infracciones ambientales.-** La aprobación de planes de manejo ambiental y otros estudios ambientales no será utilizada como pruebas de descargo en incidentes o accidentes de contaminación ambiental atribuibles a cualquier actividad, proyecto u obra. Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que representen a dichas actividades serán responsables por el pago de los daños y perjuicios y sanciones a que halla a lugar.

Si mediante una verificación o inspección realizada por la entidad ambiental de control o a través de una denuncia fundamentada técnica y legalmente, de acuerdo a lo establecido en el artículo 42 de la Ley de Gestión Ambiental se conociese de la ocurrencia de un incidente o situación que constituya una infracción flagrante al presente Texto Unificado de la Legislación Ambiental o regulaciones ambientales vigentes en el país, mientras se investiga y sanciona el hecho, la actividad, proyecto u obra deberá suspenderse.

**Art. 72.- Muestreo.-** En la toma de muestras se observarán a demás de las disposiciones establecidas en la Ley de Manejo Ambiental del Regulado (Programa de Monitoreo) las disposiciones sobre:

- a) Tipo y frecuencia de muestreo;
- b) Procedimientos o métodos de muestreo; y,
- c) Tipos de envases y procedimientos de preservación de la muestra de acuerdo a los parámetros a analizar ex situ, que deberán hacerse en base a las normas técnicas ecuatorianas o en su defecto a normas o estándares aceptados en el ámbito internacional, debiendo existir un protocolo de custodias de muestras.

**Art. 73.- Control de Calidad.-** Los procedimientos de control de calidad analítica y métodos de análisis empleados en la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos, control de los procesos de tratamiento, monitoreo y vigilancia de la calidad del recurso, serán los indicados en las respectivas normas técnicas ecuatorianas o en su defecto o estándares aceptados en el ámbito internacional. Los análisis se realizarán en los laboratorios acreditados. Las entidades de control utilizarán de tenerlos sus laboratorios.

**Art. 84.- Responsabilidad por descargas, emisiones y vertidos.-** Las organizaciones que recolecten o transporten desechos peligrosos o especiales, brinden tratamiento a las emisiones, descargas, vertidos o realicen la disposición final de desechos provenientes de terceros, deberán cumplir con el presente libro VI De la Calidad Ambiental y sus normas técnicas. Así mismo, deberán obtener las autorizaciones administrativas ambientales correspondientes de parte de la autoridad ambiental de control.



El productor o generador de descargas emisiones o vertidos, no queda exento de la presente disposición, y deberá responder conjunta y solidariamente con las organizaciones que efectúen para él las acciones referidas a este artículo la responsabilidad es solidaria e irrenunciable.

**Art. 85.- Responsabilidad por sustancias peligrosas.-** Aquellas actividades que almacenen, procesen o transporten sustancias peligrosas para terceros, deberán cumplir con el presente libro VI De la Calidad Ambiental y sus normas técnicas. El propietario de las sustancias peligrosas, no queda exento de la presente disposición y deberá responder conjunta y solidariamente con las organizaciones que efectúen para él las acciones referidas en este artículo. La responsabilidad es solidaria e irrenunciable.

**Art. 89.- Prueba de planes de contingencia.-** Los planes de contingencia deberán ser implementados, mantenidos, aprobados periódicamente a través de simulacros. Los simulacros deberán ser documentados y sus registros estarán disponibles para la entidad ambiental de control. La falta de registros constituirá prueba de cumplimiento de la presente disposición.

A continuación nos referiremos a algunos artículos pertinentes a nuestro tema que se encuentran referidos en el siguiente Título V, en el TULSMA actualizado en el 2002.

#### **8.5 Título V.** Reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos

**Art. 141.-** Sin perjuicio de las demás definiciones previstas en la Ley de Control de la Contaminación Ambiental y sus reglamentos, para la cabal comprensión y aplicación de este instrumento tómesese en cuenta una serie de definiciones reportadas al final de este capítulo en un vocabulario, que permiten la comprensión de los artículos.

**Art. 150.-** Todo generador de desechos peligrosos es el titular y responsable del manejo de los mismos hasta su disposición final, siendo de su responsabilidad:

1. Tomar medidas con el fin de minimizar la generación de residuos;
2. Almacenar los desechos en condiciones ambientales seguras, evitando su contacto con el agua y una mezcla entre ellos que sea incompatibles;
3. Disponer de instalaciones adecuadas para realizar el almacenamiento temporal de los desechos, con accesibilidad a los vehículos recolectores;
4. Realizar la entrega de los desechos para su adecuado manejo, únicamente a las personas autorizadas para el efecto por el MA o por las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva;
5. Inscribir su actividad y los desechos peligrosos que generan, ante la STPQP o de las autoridades seccionales que tengan la delegación respectiva, el cual remitirá la información necesaria al MA;

6. Llevar en forma obligatoria un registro del origen, cantidades producidas, características y destino de los desechos peligrosos, cualquiera que sea ésta, de los cuales realizará una declaración de forma anual ante la Autoridad Competente; esta declaración es única para cada generador e independiente del número de desechos e independiente del número de desechos y centros de producción. La declaración se identificará con un número exclusivo para cada generador. Esta declaración será juramentada y se lo realizará de acuerdo con el formulario correspondiente, el generador se responsabiliza de la exactitud de la información declarada, la cual estará sujeta a comprobación por parte de la Autoridad Competente;
7. Identificar y caracterizar los desechos peligrosos generados, de acuerdo a la norma técnica correspondiente; y,
8. Antes de entregar sus desechos peligrosos a un prestador de servicios , deberá demostrar ante la autoridad competente que no es posible aprovecharlos dentro de su instalación.

**Art. 151.-** Los proyectos de instalación de actividades nuevas que vayan a producir desechos peligrosos de acuerdo con los procesos de producción y las materias primas a utilizarse, de igual manera deberán presentar la declaración determinada en el numeral 5 del artículo precedente, la cual será requisito previo para la aprobación por parte de la Autoridad Competente.

Igualmente deberá realizar el estudio del impacto ambiental conjuntamente con los estudios de ingeniería, el cual es el requisito para su aprobación.

**Art. 152.-** El generador deberá informar de forma inmediata a la STPQP del MA, de accidentes producidos durante la generación y manejo de los desechos peligrosos. El ocultamiento de esta información recibirá la sanción prevista en este Reglamento.

**Art. 153.-** Dentro de esta etapa de la gestión, los desechos peligrosos deberán ser envasados, almacenados y etiquetados, en forma tal que no afecte la salud de los trabajadores y del ambiente, siguiendo para el efecto las normas técnicas pertinentes establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), o en su defecto por el MA en aplicación de las normas internacionales validadas en el país.

Los envases empleados en el almacenamiento deberán ser utilizados únicamente para ese fin y ser construidos de un material resistente, tomando en cuenta las características de peligrosidad y de incompatibilidad de los desechos peligrosos con ciertos materiales.

**Art.154.-** Los lugares para el almacenamiento temporal deben de cumplir con las siguientes condiciones mínimas:

1. Ser lo suficientemente amplios como para almacenar y manipular en forma segura los desechos y cumplir con todo lo establecido en las normas INEN;

2. El acceso a estos locales debe de ser restringido únicamente para el personal autorizado provisto de los implementos determinados en la norma de seguridad industrial y contar con la identificación correspondiente a su ingreso;
3. Poseer equipo y personal adecuado para la prevención y control de emergencias;
4. La instalación no debería permitir el contacto con agua; y,
5. Señalización apropiada con letreros alusivos a su peligrosidad, en lugares y formas visibles.

**Art. 155.-** Todo envase durante el almacenamiento temporal de desechos peligrosos deberá llevar la identificación correspondiente de acuerdo con las normas establecidas por las naciones unidas. La identificación será con marcas de tipo indeleble, legible y de un material resistente a la intemperie.

Los desechos peligrosos incompatibles no deberán ser almacenados en forma conjunta en un mismo recipiente y en una misma área.

**Art.156.-** El generador deberá llevar un libro de registro de los movimientos de entrada y salida de desechos peligrosos en su área de almacenamiento temporal, en donde se hará constar la fecha de los movimientos, su origen, cantidad y destino.

**Art. 157.-** El tiempo de almacenamiento va a estar en función de las características y tipo de desechos de acuerdo con la norma técnica correspondiente.

**Art. 158.-** Solo quienes obtengan la licencia ambiental de la Unidad Técnica del MA están autorizados para transportar desechos peligrosos. En este sentido, será una condición indispensable que el transportista acredite estar constituido legalmente para cumplir con esta actividad. Para tal efecto la STPQP coordinará el control de este requisito con la Policía Nacional y demás autoridades locales y nacionales competentes en esta materia de tránsito y de transporte.

Sin perjuicio de lo anterior el generador está obligado a notificar por medio del respectivo manifiesto, acerca del transporte de los desechos peligrosos al MA antes que se inicie esta actividad.

**Art. 159.-** Durante el traslado no se podrá realizar ninguna manipulación de los desechos que no sea la del traslado o que se encuentre legalmente autorizado. El transportista garantizará la identificación de los desechos durante el transporte.

**Art. 160.-** El transporte de desechos peligrosos será acompañado de un manifiesto de identificación entregado por el generador, condición indispensable para que el transportista pueda recibir y transportar dichos desechos. Estos deberán ser entregados en su totalidad y solamente, a las plantas de almacenamiento, reciclaje, tratamiento o disposición final debidamente autorizados que el generador haya puesto en el manifiesto.

Si por alguna situación especial o de emergencia los desechos no pudieren ser entregados en la planta de tratamiento, reciclaje, almacenamiento o disposición final

identificada en el manifiesto, el transportista deberá comunicar esta situación inmediatamente al generador para su atención al momento.

A continuación nos referiremos a algunos artículos pertinentes a nuestro tema que se encuentran referidos en el siguiente Título V, en el TULSMA actualizado en el 2002.

#### **8.6 Título VI. Régimen nacional para la gestión de productos químicos peligrosos**

**Art. 218.-** La gestión de Productos Químicos Peligrosos implica el cumplimiento de las disposiciones del Presente Decreto, para lo cual se realizarán los controles y pruebas que fueren necesarios, a través del Comité Nacional para la Gestión de Productos Peligrosos, el que está integrado por las siguientes frases:

- a) Abastecimiento, que comprende importación, formulación y fabricación;
- b) Transporte;
- c) Almacenamiento;
- d) Comercialización;
- e) Utilización; y,
- f) Disposición final.

**Art. 219.- Excepciones.-** Las disposiciones de este Régimen no rigen para los siguientes productos químicos:

- a) Productos químicos de utilización farmacéutica y medicamentos de uso humano y animal;
- b) Estupefacientes y sustancias sicotrópicas reguladas por el CONSEP, de acuerdo a la Ley sobre Sustancias Estupefacientes y Sicotrópicas; no se exceptúan las denominadas “precursoras”;
- c) Materiales radiactivos regulados por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, de acuerdo con la Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica y normas correspondientes;
- d) Aditivos alimentarios;
- e) Plaguicidas y demás productos químicos de uso agrícola regulados por la Ley para la Formulación, Fabricación, Importación, Comercialización y Empleo de Plaguicidas y Productos Afines de Uso Agrícola; y,
- f) Los materiales explosivos regulados por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

Las normas contenidas en este Decreto tendrán vigencia en todo aquello que no estuviere expresamente señalado en los cuerpos legales citados.

**Art. 221.- Objetivos.-**

- a) Controlar la importación, formulación, fabricación, transporte, almacenamiento, comercialización, utilización y disposición final de los productos peligrosos;
- b) Incrementar la Gestión de Productos Químicos Peligrosos en el país, sin obstaculizar el desarrollo de las actividades productivas;
- c) Normar la gestión de productos químicos en el Ecuador mediante la regularización del conjunto de actividades, sujetos y entidades involucradas, de tal forma que contribuyan efectivamente al mejoramiento de la seguridad ambiental de su gestión;
- d) Reglamentar el rol de los sujetos que intervienen en las distintas fases de la gestión de los productos químicos
- e) Articular la gestión de normas jurídicas relativas a la gestión de los productos químicos peligrosos y armonizar su estructura y su aplicabilidad; y,
- f) Disponer de un listado actualizado de todos los productos químicos que se importan, formulan, fabrican, transportan, almacenan, comercializan, utilizan y disponen en el Ecuador, sin menoscabo de lo que se refiere en el artículo 2.

**Art. 230- Del Registro de Productos Químicos.-** Para posibilitar la creación y actualización permanente de la Lista, es obligación de todas personas naturales o jurídicas que se dediquen a la importación, fabricación y formulación de productos químicos peligrosos, registrar cada uno de ellos en la Secretaría Técnica del Comité Nacional, que establecerá el procedimiento correspondiente a través del cual se cubrirán los costos administrativos asociados. Se prohíbe la importación, formulación, fabricación, comercialización y uso de productos químicos que no dispongan del registro correspondiente.

**Art. 231.- De las normas técnicas a cumplirse.-** Toda persona natural o jurídica que se dedique a la gestión total o parcial de productos químicos peligrosos, deberá ejecutar sus actividades específicas de acuerdo a las normas técnicas emitidas por el Comité Nacional y por el INEN, así como las normas internacionales legalmente aceptadas.

**Art. 232.- De la protección del personal.-** Toda persona natural o jurídica que se dedique a la gestión total o parcial de los productos químicos peligrosos deberá proporcionar a los trabajadores que entren en contacto con estos productos, el equipo de protección personal y colectiva necesario y suficiente para la labor a realizar, así como también la capacitación del uso seguro y eficiente de los productos químicos peligrosos.

**Art. 235.- Del etiquetado.-** Las etiquetas de los envases de los productos químicos peligrosos deben de contener la información indispensable para guiar claramente la

seguridad del personal y también de su gestión, enmarcándose por las normas elaboradas por el INEN.

**Art.- 236.- De las hojas de datos de seguridad.-** Toda persona que importe, formule, fabrique, transporte, almacenan, comercialice, productos químicos peligrosos, deberá entregar a los usuarios junto con el producto, la respectiva hoja de datos de seguridad en el idioma castellano, en las cuales deberá aparecer la información para su gestión segura incluyendo los riesgos y las medidas de mitigación en caso de accidentes. El formato unificado de las hojas de seguridad será establecido por el Comité Nacional.

**Art.137.- Del reenvase.-** Los Productos químicos Peligrosos pueden ser reenvasados por importadores y fabricantes debidamente inscritos, para lo cual deberán sujetarse a los requisitos técnicos correspondientes, de acuerdo con las características de peligrosidad y toxicidad de cada producto. Estos requisitos técnicos serán emitidos por el Comité Nacional. En ningún caso los envases que hayan contenido Productos Químicos Peligrosos podrán ser usados para envasar productos de uso humano y animal.

**Art. 238.- Del reciclaje.-** Todos los usuarios de productos químicos peligrosos, especialmente del sector industrial, deberán utilizar técnicas ambientales adecuadas que promuevan el reciclaje de los desechos y por tanto disminuyan la contaminación. El Comité Nacional y la Secretaría Técnica buscarán información sobre las tecnologías en estas materias y promoverán su difusión y aplicación.

**Art. 239.- De la eliminación de desechos o remanentes.-** Todas las personas que intervengan en cualquiera de las fases de la gestión de productos químicos peligrosos, están obligados en minimizar la producción de desechos o remanentes y a responsabilizarse por el manejo adecuado de éstos, de tal forma que no contaminen el ambiente. Los envases vacíos serán considerados como desechos y deberán ser manejados técnicamente. En caso comprobado de no existir mecanismos ambientalmente adecuados para la eliminación final de desechos o remanentes, estos deberán ser devueltos a los proveedores y podrán ser reexportados de acuerdo a las normas internacionales aplicables.

**Art.- 240.-** Los residuos de los productos químicos peligrosos que puedan permanecer en los alimentos, como consecuencia de la utilización de éstos en los procesos de la industria alimenticia ya sea humana o animal, deben sujetarse a ciertos límites máximos permisibles, que serían establecidos por el Ministerio de Salud Pública. A falta de límites nacionales deberán tomarse como referencia los establecidos por organismos internacionales como Codees Alimentarius (FAO/OMS) y los de la Oficina de Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos.

**Art. 241.- Del Control.-** El comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos a través de su Secretaría Técnica, tiene competencia para exigir el cumplimiento de las disposiciones del presente Decreto, para lo cual realizará los controles que fueren necesarios.

**Art. 243.- Infracciones.-**

- a) Dedicarse a la gestión total o parcial de productos químicos, si estos no están registrados en la lista del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos;
- b) Dedicarse a la gestión total o parcial de productos químicos, si la persona natural o jurídica no estuviera inscrita en la Secretaría Técnica del Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos;
- c) Dedicarse a la gestión total o parcial de productos químicos incumpliendo con los procedimientos establecidos por el Comité Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos;
- d) Proporcionar información falsa en el registro de un producto químico o en las hojas de seguridad;
- e) No proporcionar a los funcionarios, empleados o trabajadores que estén en contacto con productos químicos, el equipo de protección personal o colectiva adecuado para la labor a realizar, así como la capacitación del uso seguro y eficiente de productos químicos, en concordancia con lo establecido en el Código del Trabajo;
- f) Comercializar productos químicos en envases cuyas etiquetas no dispongan de la información indispensable para guiar la seguridad de su gestión y no cumplan con las normas elaboradas por el INEN;
- g) No entregar a los usuarios de los productos químicos las respectivas hojas de seguridad de los productos, en castellano; y,
- h) Permitir que se utilicen envases que hayan contenido productos químicos para reenvasar productos de uso y consumo humano, animal o vegetal.

**Art. 244.-** las personas que incurran en las infracciones señaladas en el artículo anterior, serán sancionadas de la siguiente manera:

- a) Las infracciones tipificadas en los literales a), b), c), e), y h) del artículo 243 serán sancionadas de acuerdo al Código Penal, Ley forestal y de Vida Silvestre, Ley de Gestión Ambiental y de las demás normas legales respectivas.
- b) La infracción tipificada en el literal d) del artículo 243 ocasionará la negación definitiva del Registro, dejando constancia en las listas de la Secretaría Técnica.

En el caso de infracciones tipificadas en los literales a), b), c), e), y h) del artículo 243, ocasionarán además, la anulación definitiva del registro de la persona natural o jurídica responsable.

Estas sanciones serán cumplidas sin perjuicio de las acciones civiles, penales y administrativas correspondientes.

A fin de que sirva de guía para la disposición de residuos peligrosos tales como los solventes, nos referiremos a las ordenanzas del Registro Oficial encontrados en el “Diagnostico para el Desarrollo de Política y Estrategia Nacional de Producción Mas Limpia” emitido por el Ministerio de Ambiente y Centro Ecuatoriano de P+L en Abril, 2004 y que corresponden al:

### **8.7 Municipio del Distrito Metropolitano de Quito**

- Registro Oficial 168, Ordenanza que incorpora el Capítulo IX “De la Evaluación de Impacto Ambiental” en el Título I del Libro II del Código Municipal, orden 94 emitida el 12/09/2003.

Esta Ordenanza establece el ámbito de aplicación y las actividades u obras de cualquier naturaleza y en general todas las acciones que vayan a ejecutar o adoptar cualquier proponente y que puedan causar impactos ambientales o representen algún tipo de riesgo para el ambiente. En el Art. 30.4, Obligatoriedad de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), establece que el proponente que vaya a emprender una acción o a ejecutar una obra, infraestructura, proyecto o actividad, en forma previa y como condición para llevarla a cabo, deberá someterla a una Evaluación de Impacto Ambiental o un Estudio de Impacto Ambiental (ESIA) y ponerla a consideración de la Unidad Administrativa encargada del Ambiente, para su trámite de aprobación, conforme a este capítulo.

- Gaceta Municipal No. 6, Publicada por la Secretaria general del Consejo Metropolitano de Quito, Ordenanza Metropolitana de Quito No. 031 emitida el 12/06/2002

En esta Ordenanza se expide como Anexo los valores máximos permisibles de los indicadores de contaminación y parámetros de interés sanitario para descargas líquidas y valores máximos permisibles para emisiones a la atmósfera.

Existen otras Leyes conexas como:

- Código Penal
- Código de Procedimiento Penal
- Ley Forestal y Áreas Naturales Protegidas
- Ley de Régimen Municipal
- Ley de Régimen del Distrito Metropolitano
- Ordenanzas Municipales en materia de prevención y control de contaminación ambiental y ordenamiento territorial.
- Del Decreto Ejecutivo 1802 del 1 de Junio de 1994, se desprenden “Las Políticas Básicas Ambientales”



- Del Registro Oficial N° 991 del 3 de Agosto de 1992, se desprenden “Las Norma para el Manejo de Desecho Sólidos”
- Del Registro Oficial N° 523 del 17 Septiembre de 1990, se desprende la Ley 108 de Sustancias Estupefacientes y Sicotrópicas en la cual podemos ver los solventes y productos químicos conocidos como precursores y son controlados por el CONCEP.

## VOCABULARIO

**Almacenamiento:** Acción de guardar temporalmente desechos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entrega al servicio de recolección, o se disponen de ellos.

**Confinamiento controlado o relleno de seguridad:** Obra de ingeniería para la disposición final de desechos peligrosos que garanticen su aislamiento definitivo y seguro.

**Convenio de Basilea:** Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. Suscrito el 22/03/89.

**Desechos:** Son las sustancias sólidas (sólidas, líquidas, gaseosas o pastosas) u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional vigente.

**Desecho peligroso:** Son desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contenga algún compuesto que tengan características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas o tóxicas, que representen un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

**Disposición final:** Es la acción de depósito permanente de los desechos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a la salud y al ambiente.

**Eliminación:** Se entiende cualquiera de las operaciones especificadas por la Autoridad Competente con el fin de disponer de manera definitiva los desechos peligrosos.

**Envasado:** Acción de introducir un desecho peligroso en un recipiente para evitar su dispersión o propagación, así como facilitar su manejo.

**Eliminador:** Toda persona natural o jurídica a la que se expida desechos peligrosos u otros desechos y que ejecute la eliminación de tales desechos.

**Generador:** Se entiende toda persona natural o jurídica, cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos, si esta persona desconocida, será aquella persona que este en posesión de esos desechos y/o los controle.

**Generación:** Cantidad de desechos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado.

**Líquidos libres:** Son líquidos que se separan fácilmente de la porción sólida del desecho.

**Manejo:** Se entiende por manejo las operaciones de recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento, reuso y/o reciclaje, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos, incluida la vigilancia de los lugares de disposición final.

**Manifiesto:** Documento Oficial por el que la Autoridad Ambiental competente y el generador mantienen un estricto control sobre el transporte y destino de los desechos peligrosos producidos dentro del territorio nacional.

**Manejo Ambiental Racional:** Se entiende la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

**Reciclaje:** Proceso de utilización de un material recuperado en el ciclo de producción en el que ha sido generado.

**Recolección:** Acción de transferir los desechos destinado de transportarlo a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento reciclaje, o a los sitios de disposición final

**Recursos:** Este reglamento se refiere al recurso agua, aire o suelo.

**Regeneración:** Tratamiento a que es sometido un producto usado o desgastado o efectos de devolverle las cualidades originales que permiten su reutilización.

**Regulado ambiental o regulado:** Toda persona natural o jurídica u organización de derecho público o privado cuya actividad en forma directa o indirecta, recaiga en el ámbito del presente Libro VI De La Calidad Ambiental.

**Reuso:** Proceso de reutilización de un material recuperado en otro sitio de producción distinto al que le dio origen o como bien de consumo.

**Transporte:** Cualquier movimiento de desecho a través de cualquier medio de transportación efectuado conforme a lo dispuesto en este reglamento.

**Tratamiento:** Acción de transformar los desecho por medio de la cual se cambian sus características.

## **CAPITULO 9**

### **IMPACTOS AMBIENTALES**

En este capítulo se enfocaran los impactos ambientales y su prevención, algunos de estos artículos se basan en un estudio realizado a las industrias productoras de resinas y plastificantes a nivel nacional debido a que los efluentes de este tipo de producción sintética varía en cuanto a sus características de acuerdo al producto que se elabora y que son una pauta para el control de la contaminación y de los impactos ambientales y su mitigación por esta razón son incluidos.

#### **9.1 Emisión al aire**

En la matriz causa-efecto se da una evaluación moderada a los impactos identificados, causados por las emisiones gaseosas. Los gases que se eliminan de las industrias de resinas sintéticas y plásticos, son productos de la combustión en las unidades de generación de energía.

Además, las emanaciones en la producción de resinas de celulosa (rayón), contienen disulfuro de carbono ( $CS_2$ ), en las diversas partes del proceso, principalmente en la formación del xantato y luego en viscosa. En general, se producen hidrocarburos volátiles, provenientes de los solventes utilizados en la producción de los diferentes tipos e resinas y plásticos.

#### **9.2 Contaminación del agua**

Los efluentes de la producción de resinas celulósicas, generalmente, son tratados con NaOH para neutralizar celulósicos biodegradables, sulfatos y metales pesados.

En la producción de resinas vinílicas, el efluente de la centrifugación contiene la mayoría de los contaminantes producidos por estas plantas: agentes en suspensión, agentes tensoactivos, catalizadores, pequeñas cantidades de monómero que no ha reaccionado y cantidades apreciables de partículas muy finas del polímero producido, con la consiguiente carga de demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y sólidos en suspensión.

Las dos fuentes importantes de aguas residuales en la producción de poliestireno son: el agua de reacción (medio de suspensión) y el agua de lavado. Hay una cantidad insignificante de pérdida por evaporación del agua de refrigeración.

Por cada kilogramo de polímero producido, se gastan aproximadamente  $12,57 \text{ dm}^3$  de agua, sin contar con la de refrigeración. El efecto contaminante del efluente es ligero,

dadas las pequeñas cantidades de aditivos (catalizadores y agentes de suspensión) utilizados en la polimerización por suspensión. También contribuye a ello, la temperatura relativamente baja que se necesita en el medio de reacción (49 - 82°C). Pueden hallarse presentes en el efluente del agua de reacción materias inorgánicas tales como carbonato de calcio, fosfato de calcio, talco, arcillas y silicatos.

En los procesos de producción de polietilenos de baja densidad, no se producen aguas residuales de contaminación considerable (menos de 10 mg/dm<sup>3</sup> DBO). El agua entra en contacto con el producto únicamente en el paso del refrigerador y del cortador. El análisis del agua típica de refrigeración muy recirculada reveló la existencia de un contenido total muy pequeño de carbono orgánico. Los procesos de polietileno de alta densidad tampoco producen aguas residuales de importancia. Las aguas residuales típicas del proceso contienen una DBO menor a 10 mg/dm<sup>3</sup>. Se podrían generar efluentes por riesgo potencial en el manejo incorrecto del proceso, fugas o reboses y el lavado de equipos e instalaciones.

Las plantas acrílicas, por lo general, vierten sus efluentes en colectores municipales. Esto origina problemas para los que se han buscado diversas soluciones, que van desde la instalación de plantas de tratamiento autónomas en circuito cerrado, hasta el tratamiento conjunto de aguas de lavado con aguas municipales.

En la producción de resinas alquídicas y poliésteres, se desprenden residuos de alguna importancia; son fracciones volátiles sin reaccionar de las materias primas, que aparecen en el agua de esterificación extraída, o en el agua de los lavadores, o que también se expulsan a la atmósfera. Además, hay residuos que quedan en las calderas y que se limpian con soluciones de sosa cáustica o con disolventes.

Los efluentes de importancia en la producción de resinas de urea y melanina son: agua introducida con las materias primas, agua formada en la reacción de condensación, soluciones de sosa utilizadas en la limpieza de los reactores y purgas de las torres refrigeración. La temperatura del agua residual es de unos 29 a 32 °C, y se caracteriza por la presencia de sólidos volátiles y solventes.

De la fabricación de resinas fenólicas se derivan residuos de importancia, como son; agua introducida con la materia prima, agua formada en la reacción de condensación, soluciones de sosa utilizada en la limpieza de los reactores y purgas del sistema de refrigeración. Las aguas descargadas tienen una temperatura de 29 a 32 °C; se caracterizan por fenoles, DBO, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos suspendidos. En la producción de resinas denominados "varias", generalmente no se vierten residuos acuosos.

### **9.2.1 Desechos sólidos**

Son pocos y no determinados en la producción de resinas sintéticas y plásticos. La información recolectada que permite la caracterización de residuos de destilación

En el procesamiento de resinas celulósicas, los recortes que se producen son, generalmente, mezclados con combustibles debido a su alto poder calorífico, enterrados en el botadero de basura para su disposición final o incinerados por La Cemento Nacional en los altos hornos.

La ubicación de ese tipo de plantas en un sector urbanizado provocaría una serie de alteraciones, por cuanto sus residuos, aunque no voluminosos, son tóxicos en pequeñas concentraciones.

### **9.2.2 Desechos líquidos**

La generación de aguas residuales en los procesos pueden provenir de las reacciones que ocurren durante el proceso y pueden estar compuestas por agua que ha sido separada de los solventes mediante separación por gravedad; ya que el agua es más densa que la mayoría de los solventes orgánicos, es drenada por el fondo de los tanques, junto con los sólidos.

Las aguas residuales generadas por procesos de producción de resinas exhiben un pH en el rango de 3.6 a 9.5; esto demuestra una alta concentración de DBO<sub>5</sub> y DQO.

## **9.3 Mitigación**

### **9.3.1 Control de dimensiones al aire**

Según el procedimiento de obtención de las resinas y plásticos, la polimerización es un proceso en fase cerrada y por calor. La polimerización por condensación, es un proceso químico en fase abierta, con alta manipulación de materias primas, catalizadores, solventes; se producen, además, productos secundarios de bajo peso molecular. Se debe poner atención en aquellos puntos en que la exposición es de alto riesgo. Muchos de estos materiales son inflamables.

Es recomendable la aplicación del control de las emisiones de combustión en unidades de producción de energía, mediante depuración y precipitadores electrostáticos.

### **9.3.2 Tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de los efluentes de resinas vinílicas, por sedimentación primaria, produce una reducción de menos del 1% en la DBO o DQO y una eliminación del 98% de los sólidos en suspensión, mientras que los lodos activados eliminan un 89% de la DBO y la demanda química de oxígeno (DQO) y un 98% de sólidos en suspensión, respectivamente.

Las plantas de acrílicos que generalmente descargan sus efluentes a los desagües municipales, crean problemas a los que se han dado varias soluciones. Entre ellos destaca el tratamiento de residuos en plantas en circuito cerrado, en los que el agua es sometida al mismo ciclo constantemente, o en plantas de tratamiento en las que se tratan, conjuntamente, con aguas municipales.

Un informe de tratamiento con lodos activados ha logrado la eliminación de un 85% de DBO.

Los residuos de resinas de poliéster y alquídicas se han tratado únicamente por dos métodos; la flotación y la utilización como material de relleno. Sin embargo, se mantiene

la opinión de que no hay un tratamiento adecuado para el agua residual de la producción de poliésteres.

El tratamiento del efluente líquido del procesamiento de resinas de urea y melanina, generalmente se realiza bien sea por descarga en lagunas poco profundas, o por incineración térmica, o también en plantas municipales. Las lagunas se diseñan sin rebosaderos, de modo que los únicos medios de reducción de volumen son la evaporación y la infiltración, con lo cual se experimentan malos olores. La incineración puede conducir a problemas de contaminación del aire, según el combustible utilizado y el rendimiento de la operación.

Los residuos de las resinas fenólicas se tratan en lagunas, mediante la extracción del fenol o por incineración térmica, también se vierten a plantas municipales de tratamiento sin fenol. Con la extracción de fenoles de una sola fase, normalmente se elimina alrededor del 96% de fenoles y el 100% de formaldehído. Se han realizado estudios que indican que los compuestos fenólicos, como el formaldehído, son biodegradables en procesos de tratamiento biológico de aguas municipales, siempre que mantengan sus concentraciones y bajos niveles de toxicidad (menos de 3 mg/dm<sup>3</sup> para el formaldehído y menos de 9,4 mg/dm<sup>3</sup> para el caso del fenol). Se debe controlar el pH.

Cuando la concentración del fenol es alta (más de 1,9 g/dm<sup>3</sup>), el procedimiento de eliminación se hace por extracción con solventes. La adsorción es efectiva para el tratamiento de fenoles en concentraciones intermedias. El uso de una resina de intercambio aniónico produce buenos resultados; además, la regeneración del adsorbente con hidróxido de sodio o ácido clorhídrico es posible para la recuperación de fenol.

Los vertidos que contienen disulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>) pueden resultar tóxicos para tratamientos biológicos.

#### **9.4 Cultura de almacenamiento**

**Los solventes son almacenados antes y después de su recuperación. Los solventes son transportados desde los recintos industriales, en camiones cisternas y/o tambores, hacia la planta de recuperación, donde son procesados y luego retornados al generador o vendidos a terceros para ser recuperados.**

En las empresas de recuperación de solventes para reuso como solvente estos son almacenados en contenedores con capacidad de 200 litros (tambores). El tiempo de almacenamiento de los tambores varía desde 48 horas hasta una semana; por este motivo, los tambores deben de llevar un registro de la empresa a la que pertenecen, fecha y hora de ingreso, lote, peso, volumen y el número al total del cual pertenecen.

Muchas de las empresas no llevan un control interno sobre el modo de almacenar los solventes provenientes de los diferentes procesos, más aún los trabajadores ignorantes sobre la cultura de almacenamiento o que por descuido llegan a colocar waipes, palos, tornillos y demás impurezas que ya no les son necesarias dentro de los tambores de almacenamiento.

Por estos motivos se les recomienda a las empresas iniciar un programa para almacenar de los residuos sólidos, residuos líquidos acuosos (por área de proceso) y

residuos líquidos de solventes (por área de proceso). Con su respectivo color de identificación para que pueda ser reconocido por el personal interno de la empresa.