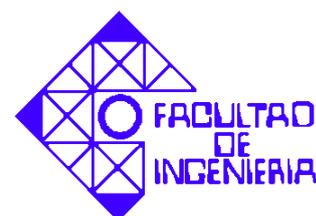




**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**FACTIBILIDAD DE SUSTITUCIÓN DEL SULFATO DE AMONIO COMO  
CATALIZADOR PARA LA FABRICACION DE PEGAMENTO DE  
CONTRACHAPADO DE UNA EMPRESA MADERERA IMAYA C.A**

Universidad de Carabobo

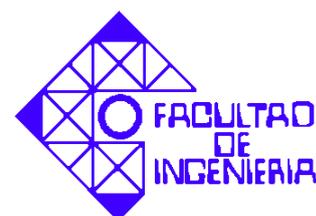
**TUTOR ACADEMICO:**  
**Dr. GILBERTO, PINTO**

**AUTOR:**  
**ORTIZ, Edgar**

Valencia 23 de Octubre de 2008



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**FACTIBILIDAD DE SUSTITUCIÓN DEL SULFATO DE AMONIO COMO  
CATALIZADOR PARA LA FABRICACION DE PEGAMENTO DE  
CONTRACHAPADO DE UNA EMPRESA MADERERA IMAYA C.A**

*Trabajo especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para  
optar al título de Ingeniero Químico*

TUTOR ACADEMICO:  
GILBERTO, PINTO

AUTOR:  
ORTIZ, Edgar

Valencia 23 de Octubre de 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajos firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Trabajo Especial de grado Titulado: *Factibilidad de sustitución del sulfato de amonio como catalizador para la fabricación de pegamento de contrachapado de una empresa maderera IMAYA C.A*, realizado por el Bachiller: Ortiz H. Edgar A. C.I: 10862444, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo y no nos hacemos responsables de su contenido, pero lo encontramos correcto en su forma y presentación.

---

Dr. Gilberto Pinto

**Presidente**

---

**Prof. Carlos Alvarado**  
**Jurado**

---

**Prof. Carlos Hernández**  
**Jurado**

Valencia, 23 de Octubre de 2008

A mi creador *Dios todopoderoso*, a mi virgencita *santa bárbara*, les quiero dedicar mi gran trabajo y esfuerzo, por ser mis guías en todo el camino de la carrera, por darme fortaleza en los momentos críticos, y protegerme en todo momentos en mi traslados largos y darme mucha salud.

A mis padres *nioska y Aníbal*, por darme la vida, por darme su gran apoyo, confianza y afecto sin ustedes no hubiese podido alcanzar esta meta.

A mis hermanos, *Alexis, Robert, Aníbal (chino)*, les doy las gracias por su apoyo, ayuda en todo momento, todos juntos como siempre, no creo que nadie nos pare.

A mis tías hermanas, *Emilia y yonny* y mi cuñada *jackeline* que siempre me han dado su apoyo, su confianza y ayuda que fue de gran importancia para llegar a lograrlo.

A *maría José* mi primita, sobrina ahijada por haber llegado a conformar nuestras vidas y siempre pendiente, en general los quiero a todos.

Al resto de mis familiares, no los nombrare porque son muchos, pero también les doy las gracias por todo, siempre han estado pendiente de mi en todo momento.

A mis amigos, *Alimar, Gaudy, los Luises Chacón, Gallardo y Castro, Tata, la chinita María, Mayra, Nidia, Jhoanil, Jhoana, Cristián, Carla, Cesar, Malena, Cielo, Adriana, Jhon, Flor, Raúl, Orangel, Daniela, Carlos, Víctor, Diorema, Maite, francisco, Ulises, Lilian, José salas, Arturo* aunque de seguro me faltaron por incluir pero igual les doy las gracias por su amistad a todos por su compañía que fue de gran ayuda para mi.

**Edgar Aníbal**

## **Agradecimientos**

A mi gran casa de estudio pionera en la formación de grandes profesionales la Universidad de Carabobo y en especial a la escuela de ingeniería Química, por brindarme todos los beneficios adquiridos, por su gran enseñanza, y abrirme los caminos hacia el futuro.

A mi dios todopoderoso, y a mi virgencita santa bárbara bendita, por haberme guiado en el camino, y por su ayuda a lograr esta meta.

A La gran empresa maderera IMAYA C.A. por haberme dado la oportunidad de desarrollar mi trabajo especial de Grado en la planta de fabricación de contrachapado.

A mi hermano por haber facilitado la gestión para el desarrollo de mi trabajo especial de grado.

Al Doctor, Gilberto Pinto, tutor Académico, por su gran apoyo, y orientación, y por haberme transmitido sus grandes conocimientos en todo el tiempo del desarrollo de este trabajo.

A la profesora, Directora, Olga Martínez, por su gran ayuda, sin su ayuda no hubiese podido lograr esta meta, mil gracias.

A Las secretarias del departamento de ingeniería Química, Trina, y Leyda, gracias por su ayuda en todo momento que lo necesite.

A los Profesores, Alberto pitre, Jesús Camacho, Sergio Pérez, Zulay niño, grandes profesores, gracias por sus enseñanzas adquiridas.

A los trabajadores y amigos, Raúl, Humberto, Mario, mil gracias por sus ayuda muy agradecidos de ustedes.

***Edgar Aníbal***

## RESUMEN

En condiciones normales de operación a nivel empresarial en la industria maderera, el sulfato de amonio es utilizado como catalizador, para disminuir el tiempo de entrecruzamiento de la resina úrea-formaldehído, que es empleada como pegamento entre las chapillas que conforman la lámina de contrachapado, lugar donde se produce el proceso de curado de la resina, formándose un adhesivo de gran resistencia. El presente trabajo tuvo como objetivo la sustitución del sulfato de amonio, debido a que no es eficiente en su totalidad y de poca disponibilidad para la empresa. La propuesta implementada fue la sustitución del sulfato de amonio por el cloruro de amonio, alternativa que resultó eficiente ya que con el uso de esta última sustancia se reduce el tiempo de secado de la lámina de contrachapado de 120 a 90 segundos, tomándose en cuenta que el estudio del comportamiento del catalizador actual y del propuesto en planta, fueron analizados en cuatro casos de operación, para determinar las condiciones óptimas de utilización del catalizador en la fabricación de las láminas de contrachapado, el cloruro de amonio fue más eficaz para el curado de la resina antes mencionada, y representó una disminución de costos de un 30% en su obtención, llevando a alcanzar un 58,3% de ahorro para la empresa. En conclusión el cambio propuesto representó una mejor alternativa de formulación ya que esta permite que el pegamento sea de calidad igual o superior al actualmente utilizado y el contrachapado se obtiene en un menor tiempo, lo cual genera un beneficio económico a largo plazo para la empresa.

## INDICE GENERAL

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1  |
| <b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....                                   | 4  |
| 1.1 Descripción del Problema.....   | 4  |
| 1.2 Formulación del Problema.....   | 5  |
| 1.2.1 Situación Actual.....   | 6  |
| 1.2.2 Situación Deseada.....  | 6  |
| 1.3 Objetivos.....  | 7  |
| 1.3.1 Objetivo General.....   | 7  |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....  | 7  |
| 1.4 Justificación.....  | 7  |
| 1.5 Limitaciones.....   | 8  |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....                                   | 9  |
| 2.1 Antecedentes.....   | 9  |
| 2.2 Descripción del producto.....   | 11 |
| 2.3 Descripción de los materiales que componen el producto.....                       | 12 |
| 2.3.1 Chapilla cara.....  | 12 |
| 2.3.2 Chapilla contracara.....  | 12 |
| 2.3.3 Chapilla travesera.....   | 12 |
| 2.3.4 Pegamento.....  | 12 |
| 2.4 Proceso de fabricación de la lámina de contrachapado.....                         | 12 |
| 2.5 Definición y clasificación de las resinas.....                                    | 20 |
| 2.5.1 Materiales elásticos o elastómeros tipo caucho.....                             | 21 |
| 2.5.2 Materiales fibrosos.....  | 21 |
| 2.5.3 Materiales plásticos.....   | 21 |
| 2.5.4 Procesos de polimerización de la resina.....                                    | 22 |
| 2.6 Usos y aplicaciones de las resinas.....   | 23 |
| 2.7 Definición y características de las resinas úrea – formaldehído.....              | 23 |
| 2.8 Síntesis de la resina úrea – formaldehído.....                                    | 24 |
| 2.9 Mecanismo de reacción para la formación de la resina úrea – formaldehído<br>..... | 25 |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 2.10  | Proceso de reacción.....   | 28        |
| 2.11  | Influencia del pH sobre el mecanismo de reacción.....  | 29        |
| 2.12  | Reacción de cannizaro.....   | 30        |
| 2.13  | Cloruro de amonio.....   | 31        |
| 2.14  | Sulfato de amonio.....   | 33        |
| 2.15  | Duración de la madera.....   | 33        |
| 2.16  | Conceptos básicos para el estudio de una factibilidad económica.....   | 35        |
| <b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>      |  | <b>37</b> |
| 3.1   | Metodología Empleada.....  | 37        |
| <b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b> |  | <b>42</b> |
| 4.1   | Preparación de catalizador y proceso general de obtención de la lámina...  | 42        |
| 4.2   | Evaluación del catalizador.....  | 42        |
| 4.3   | Proceso de secado de la chapa.....   | 45        |
| 4.4   | Reacción del catalizador con la unidad repetitiva de la resina.....  | 46        |
| 4.5   | Actividad realizada aplicando el catalizador a implementar cloruro de amonio.....                                    | 48        |
| 4.6   | Evaluación de la factibilidad económica de la propuesta a implementar...   | 50        |
| 4.7   | Cálculo de factibilidad económica utilizando el catalizador de cloruro de amonio y añadiéndole agua a la resina..... | 50        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                          |  | <b>52</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                       |  | <b>54</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                           |  | <b>55</b> |
| <b>APENDICES.....</b>                             |  | <b>57</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| TABLA 2.1 Solubilidad del cloruro de amonio en agua.....   | 32 |
| TABLA 3.1 Posibles catalizadores que pudiesen sustituir al sulfato de amonio de acuerdo a sus características fisicoquímicas.....          | 39 |
| TABLA 3.2 Tabla de procedimientos generales para los diferentes caso aplicados al proceso de formulación del pegamento.....                | 39 |
| TABLA 4.1 Resultados obtenidos usando como catalizador el sulfato de amonio.....   | 43 |
| TABLA 4.2 Resultados obtenidos usando como catalizador el sulfato de amonio utilizando agua en la resina como diluyente.....               | 44 |
| TABLA 4.3 Resultados obtenidos utilizando el catalizador a implementar cloruro de amonio .....   | 44 |
| TABLA 4.4 Tabla de costo y consumo anual de la materia prima.....  | 45 |
| TABLA 4.5 Resultados obtenidos utilizando el catalizador a implementar cloruro de amonio, utilizando agua en la resina como diluyente..... | 50 |
| TABLA 4.6 Tabla de comparación de la situación actual y la propuesta.....  | 51 |
| TABLA 4.7 Indicadores económicos utilizados para la rentabilidad del proyecto.....   | 51 |

## INDICE DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| FIGURA 2.1  | Ensamble de la lámina de contrachapado.....                              | 11 |
| FIGURA 2.2  | Lugar de extracción de las rolas a procesar.....                         | 13 |
| FIGURA 2.3  | Almacenamiento de trazas de madera por especies.....                     | 13 |
| FIGURA 2.4  | Fosas de calentamiento para ablandar la madera.....                      | 14 |
| FIGURA 2.5  | Descortezado de las rolas a procesar.....                                | 14 |
| FIGURA 2.6  | Proceso de torneado para la obtención de chapillas.....                  | 15 |
| FIGURA 2.7  | Proceso de corte plano de la madera decorativa.....                      | 15 |
| FIGURA 2.8  | Proceso de secado de las láminas de madera.....                          | 16 |
| FIGURA 2.9  | Tanque de almacenamiento del pagamento.....                              | 16 |
| FIGURA 2.10 | Proceso de encolado de las láminas de contrachapado.....                 | 17 |
| FIGURA 2.11 | Ensamble de las láminas antes de entrar a la prensa.....                 | 17 |
| FIGURA 2.12 | Proceso de prensado de paquete de láminas.....                           | 18 |
| FIGURA 2.13 | Proceso de encuadramiento de la lámina.....                              | 18 |
| FIGURA 2.14 | Proceso de lijado y calibración de la zona superficial de la lámina..... | 19 |
| FIGURA 2.15 | Revisión y clasificación según su características.....                   | 19 |
| FIGURA 2.16 | Almacenamiento y ensamblado de las láminas en paletas.....               | 20 |
| FIGURA 2.17 | Medios de distribución de las láminas.....                               | 20 |
| FIGURA 2.18 | Mecanismo de polimerización de la resina úrea – formaldehído.....        | 27 |
| FIGURA 2.19 | Proceso de condensación de la resina úrea – formaldehído.....            | 27 |
| FIGURA 2.20 | Mecanismo de reacción para la formación de polimeros.....                | 29 |
| FIGURA 2.21 | Formulado en forma global proceso de polimerización de la resina.....    | 29 |
| FIGURA 2.22 | Muestra de cloruro de amonio.....  | 31 |
| FIGURA 2.23 | Estructura de la celulosa.....   | 34 |



### *INTRODUCCIÓN*

La úrea – formaldehído forman la resina de tipo termoestable que se utiliza para la formulación del pegamento que es uno de los componentes principales para la fabricación de las láminas de contrachapado

Un adhesivo se puede definir como una sustancia capaz de sujetar dos cuerpos mediante la unión de sus superficies. La junta de unión formada, parecida a un film o película, puede ser resistente a la tracción mecánica y a la agresión química y ser estable frente a la acción atmosférica, temperatura y tiempos de uso.

En la actualidad, no existen adhesivos todo propósito, que combinen todas las propiedades deseadas; siendo necesario llegar a un equilibrio entre su cohesión tenacidad, fortaleza, durabilidad, resistencia a la corrosión y tardío envejecimiento.

La utilización industrial de adhesivos sintéticos va en aumento, ya que presenta mejoras frente a otro tipo de sujeciones de origen mecánico y pueden ser aplicados a superficies de naturaleza y condición física muy variadas.

Las reacciones de entrecruzamiento de sistemas adhesivos, durante el proceso de curado, están constituidas por un conjunto de reacciones altamente complejas por lo cual resulta difícil establecer con certeza los mecanismos de reacción que operan debido a la insolubilidad de los productos y a la variabilidad de estas reacciones, que son muy dependientes de las condiciones del proceso de curado.

Con el estudio del mecanismo de reacción de la formación y entrecruzamiento de la resina de úrea- formaldehído, se puede entender como efectuar cambios en la formulación la base del pegamento de curado.

La función de este trabajo se plantea como objetivo principal estudiar la factibilidad de sustitución del sulfato de amonio como catalizador en la formulación del pegamento utilizado en la fabricación de contrachapado en una empresa maderera.



## INTRODUCCIÓN

---

Para lograr el objetivo planteado se procede a utilizar una serie de pasos para darle una secuencia lógica a la investigación, la cual se recoge en una monografía estructurada en 5 capítulos que incluye el planteamiento del problema, en el capítulo I;

El marco teórico, desarrollado en el capítulo II. En el capítulo III, se presenta la metodología a seguir para alcanzar los objetivos planteados. Se presentan los resultados y discusión en el capítulo IV, y por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones en el capítulo V.



### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En esta sección se presenta la situación actual del proceso bajo estudio y los objetivos de la investigación que proponen la mejora del mismo.

#### **1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:**

La empresa estudio IMAYA C.A, se dedica a la compra- venta de maderas en rolas y aserradas, así como la fabricación de láminas de contrachapado compuesto y panforte. Cuenta con tres líneas de producción, es una empresa que se encarga de la fabricación de láminas de contrachapado, son productos de uso decorativos los cuales, son insumos básicos para los trabajos de carpintería en general, para la elaboración de puertas, paredes entre otros. Esta ubicada en la carretera panamericana a 275 Km. vía morón San Felipe Edo Yaracuy.

La empresa maderera IMAYA C.A, fabricante de contrachapado, es una empresa que tiene un amplio espacio en la comercialización de sus productos como lo son, láminas de contrachapado y panforte, los cuales son distribuidos en todo el territorio nacional, gozando de una gran conformidad de sus clientes, por su calidad y confiabilidad de sus productos y su posición en el mercado.

Debido al mercado exigente y competitivo, dado que la demanda de productos madereros se ha incrementado, la empresa desea hacer unas mejoras sustanciales es en el proceso de obtención de contrachapado; como muestra de las mismas se planteó la modificación de la formulación del pegamento usado en el proceso de obtención de láminas de contrachapado.

El contrachapado es un producto de crecimiento continuo, lo que amerita que la empresa tenga que hacer mejoras en el proceso de su obtención para así aumentar su producción, manteniendo su calidad.

En la formulación del pegamento para la fabricación de contrachapado se usan la úrea y el formaldehído, lo que conlleva a la formación de un polímero, que al ser diluido en agua baja su viscosidad apreciablemente, por lo que la empresa tomó la decisión de añadir harina de trigo como agente reológico, lo que permite aumentar la viscosidad del pegamento y



Formar una capa uniforme del mismo entre las láminas de la madera, de forma tal que, se pueda tener un mayor agarre y una mayor compactación entre ellas al momento del prensado.

En la empresa, la principal materia prima son las rolas de maderas de diferentes tipos de árboles, y se utilizan además, láminas de maderas ya procesadas importadas de Brasil.

La resina úrea-formaldehído ha sido utilizada como pegamento en la elaboración de contrachapado, para lo cual se modifica normalmente con agua, harina de trigo, polvo de madera, emulsificantes y endurecedores, mezclados previamente, para formar una mezcla encolante de alta viscosidad, que se le aplica a la chapilla a través de rodillos de gomas y luego, por procesos de prensado en caliente, se logra el efecto aglutinante. En la producción de aglomerados se adiciona a la resina, pequeñas cantidades de agua y ceras en emulsión, lo que da como resultado un material aglomerado sólido.

Para la empresa, uno de los principales productos que posee mayor demanda y que representa el 55% de las ventas es la lámina de contrachapado. La capacidad máxima instalada en la planta es de 4000 laminas/ días, y con el uso de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sulfato de amonio como el catalizador del pegamento, la cantidad de láminas producidas es de 1500 láminas/ días, lo cual trae como consecuencia que la empresa no pueda cumplir con la producción programada mensual.

En consecuencia, la empresa se ve en la necesidad de introducir mejoras en el proceso de elaboración del contrachapado a través de la reformulación de su catalizador que permita aumentar su productividad.

### **1.2.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

La empresa hace una inversión considerable en la compra de sulfato de amonio, usado como catalizador para el pegamento necesario en la fabricación de la láminas de contrachapado; sin embargo, considerando que este compuesto tiene otros usos, tales como la fabricación de explosivos, su comercialización al mayor tiene normativas restrictivas; además, el uso de este compuesto no permite alcanzar adecuadamente la capacidad instalada en la empresa. Es por ello que se está buscando alternativas que permitan su sustitución, sin que se desmejore el proceso y la calidad de los productos fabricados por la empresa caso estudio.



### **1.2.1- SITUACION ACTUAL:**

La empresa maderera IMAYA C.A, de esta investigación, emplea en la fabricación de su producto principal, como es el contrachapado, un pegamento conformado por una mezcla de úrea-formaldehído, formando una resina que es diluida en agua; pero, debido a su baja viscosidad las láminas de madera utilizada en la fabricación de contrachapado absorben el pegamento, quedando una película muy delgada en la superficie, lo que inhibe la compactación entre las láminas.

Generalmente, la empresa utiliza harina de trigo en la mezcla, lo que aumenta la viscosidad del pegamento y permite formar, entre las láminas, una capa superficial de mayor espesor, lo que aumenta el agarre entre ellas al momento de prensado.

Considerando que, dependiendo del espesor de la lámina, el tiempo de su producción varía, el pegamento utilizado, debe contener un catalizador (sulfato de amonio), el cual es utilizado, primordialmente, para disminuir el tiempo de curado del pegamento, y así obtener el producto final en un menor tiempo. Sin embargo, el tiempo consumido, actualmente, por cada lámina que pasa por una prensa es elevado comparado con los parámetros establecidos. Establecidos en la producción del producto final, por lo que se desea disminuir ese tiempo sin afectar la misma.

### **1.2.2.- SITUACIÓN DESEADA:**

La empresa maderera desea evaluar la sustitución del catalizador empleado para que el producto final de contrachapado se obtenga en menor tiempo, sustituyendo el sulfato de amonio como agente del curado en la mezcla de la resina utilizada, por otro catalizador, que garantice la eficiencia de la proceso y se pueda disminuir el tiempo de curado de la chapa y aumentar la producción.

### **1.3.-OBJETIVOS:**

#### **1.3.1.- OBJETIVO GENERAL:**



Evaluar la factibilidad de sustitución del sulfato de amonio como catalizador para la fabricación del pegamento de contrachapado, de una empresa maderera, tal de reducir el tiempo de curado del pegamento y aumentar la producción.

### 1.3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Establecer los posibles catalizadores de acuerdo a sus características fisicoquímicas que pudiesen sustituir al sulfato de amonio, a efecto de ser utilizados en el proceso en estudio.
2. Evaluar las características finales de la resina úrea-formaldehído con el catalizador seleccionado, a fin de garantizar un producto final de calidad.
3. Comparar la actividad del catalizador propuesto con respecto al actual y determinar la influencia sobre la producción.
4. Determinar la factibilidad económica de la sustitución del catalizador, a fin de establecer la rentabilidad del cambio propuesto.

### 1.4.- JUSTIFICACIÓN:

Para la empresa maderera es de gran importancia el desarrollo de esta investigación, ya que la implementación de la solución a la problemática que actualmente posee, pudiera permitir que la empresa tenga un aumento en su producción, disminuyendo el tiempo de producción. La finalización de la investigación con resultados, satisfactorios representa un

Un aporte importante como trabajo de grado para la Universidad de Carabobo, en la rama de polímeros utilizados como pegamentos activos en la fabricación de contrachapado.



Para finalizar, para el autor es de gran importancia el desarrollo de este trabajo, ya que permite el contacto directo con el medio empresarial, que es más que una ayuda para las mejoras de conocimientos, permite un desarrollo, tanto personal como intelectual y a su vez, concluir satisfactoriamente el trabajo especial de grado para así optar por el título de Ingeniero Químico.

### **1.5.- LIMITACIONES:**

El desarrollo de este trabajo tiene como límite más importante que en la implementación del nuevo catalizador se tendría que parar el proceso, por determinados períodos de tiempo, lo que puede afectar la producción actual.

La empresa está ubicada fuera de la ciudad de Valencia, lo que puede limitar consultas rápidas con especialistas en el área o la búsqueda de información directa.



## II.- Marco Referencial.

### 2.1 - ANTECEDENTES:

Berostegui, Maria A; Rivas Joan, (2001). **Evaluación de los factores que afectan la estabilidad de la resina úrea-formaldehído en medio acuoso. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.**

En este trabajo de investigación se evalúan los parámetros que afectan la estabilidad en el tiempo, de la resina úrea-formaldehído, en medio acuoso. De acuerdo a los resultados obtenidos por esta investigación, los factores que afectan la estabilidad de productos durante el almacenamiento son: la temperatura de operación, viscosidad, y relación molar. La estabilidad de la resina úrea-formaldehído se favorece a medida que la temperatura de almacenamiento es menor.

Esta investigación permite establecer el comportamiento de esta resina frente a varios factores, y la capacidad de reaccionar frente a sustancias endurecedoras.

Ortiz, H., Robert A; Peña, Jacqueline. (2001). **Mejoras en el proceso de fabricación de contrachapado en una empresa maderera. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.**

El objetivo de esta investigación es mejorar el proceso en la línea de contrachapado, aplicando métodos técnicos de ingeniería, con el fin de aumentar la producción y que el producto final sea de mayor calidad.

Tomando como partida este trabajo, se propone como mejora del proceso bajo estudio la sustitución del catalizador lo cual ayudaría a optimizar el proceso de producción, cuyo propósito primordial es aumentar la producción.

Brea, L, Susana; Castillo J, Olga R. (1992). **Mejoras del proceso de operación de un planta de condensado úrea-formaldehído. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.**



La realización de esta investigación fue dirigida a las acciones de mejoras del proceso de condensado úrea-formaldehído, con el propósito de mejorar el proceso de producción de la resina en una empresa fabricante de la resina, desarrollando formas de operación que permiten la estabilización del proceso, con el fin de garantizar el cumplimiento y constancia de las especificaciones del producto.

Esta investigación permitió entender el comportamiento, a nivel industrial, de las resinas úrea-formaldehído, que en la presente investigación se utiliza como pegamento para la fabricación de contrachapado.

Vázquez, G; López, Suevos, F. (2005), **Adhesivos fenol-úrea-formaldehído modificados con taninos para contrachapados de uso exterior. Depto de Ingeniería Química, Universidad de Santiago de Compostela, España.**

El presente trabajo estudió la formulación y las características de adhesivos fenol-úrea-formaldehído-taninos, para su aplicación a tableros contrachapados de eucalipto de uso exterior, aplicando un método de copolimerización, a temperatura ambiente, de taninos de corteza de pinus pinaster.

Esta investigación ayudó a entender como actúa la formulación que ellos aplican en la fabricación de los adhesivos, lo cual es uno de los propósitos que se quiere llegar en la reformulación planteada del nuevo pegamento, empleando un nuevo catalizador, y llegar a reducir el tiempo de secado de la lámina de contrachapado.

Rubio, A.; Maria, Virginia. (2002) **Formulación y curado de resinas fenol- formaldehído tipo resol, con sustitución parcial del fenol por lignosulfonatos modificados. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Complutense, Madrid España.**

Este trabajo nos dio referencias de la resina fenol- formaldehído, el tipo de polímero y la amplia variedad de aplicación y el uso específico de éstos como adhesivos en la fabricación de tableros, aglomerados y contrachapados, y primordial para nuestro desarrollo. De este trabajo se obtiene información de los posibles catalizadores para el proceso de curado de la resina úrea-formaldehído.



## 2.2- Descripción del producto – estudio (láminas de contrachapado)

La lámina de contrachapado es de gran importancia para la fabricación de puertas, ventanas, muebles paredes entre otras, lo cual permite ilustrar un buen acabado decorativo. Esta lámina constituye un insumo básico para los trabajos de carpintería en general.

La lámina es de forma rectangular. Sus dimensiones son de 2.20 m de largo, 1.22 m de ancho y 4 mm de espesor. Dependiendo de otros requerimientos, el ancho de las láminas pueden variar de 0.72 m; 0.82 m; 0.92 m; 1.02 m, manteniendo el mismo largo.

La lámina esta formada por tres tipos de chapillas de madera; de las cuales, dos constituyen las chapillas de primera calidad, de 1 mm de espesor cada una, que conforman la cara y la contracara, siendo estas los extremos superior e inferior, respectivamente y la chapilla de segunda calidad, denominada travesero, de 2 mm de espesor, constituye el núcleo o el centro de la lámina de contrachapado, cuya dirección de las fibras es perpendicular entre sí. En la figura 2.1 se muestra el ensamble de la lámina de contrachado.

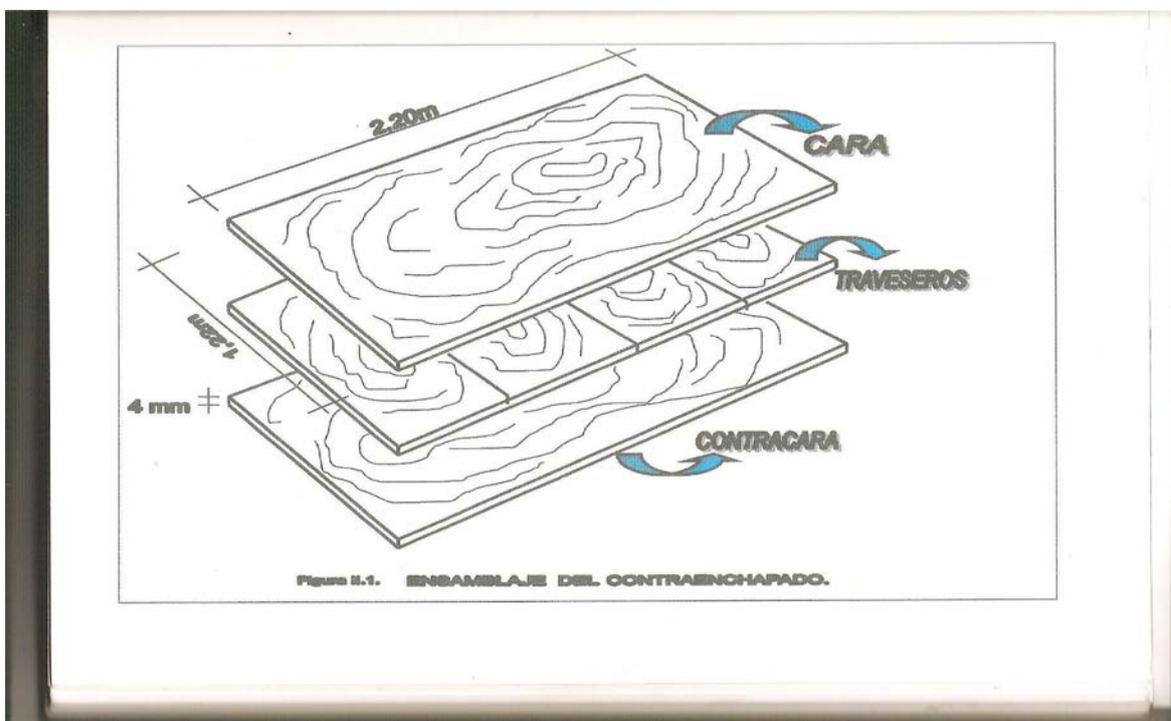


Figura 2.1 Ensamblaje de la lámina de contrachapado (Elaboración propia)



### **2.3- Descripción de los materiales que componen el producto - estudio**

#### **2.3.1- Chapilla cara**

Representa el lado externo de la lámina de contrachapado, cuya fibra va en dirección longitudinal a la lámina y se destina como lado decorativo, libre de defectos, rayas, entre otras, con base a la cual se juzga la calidad de la lámina. Se obtiene mediante el corte tangencial de la rola en el torno y la trancha, con espesor de 1 mm. Son, en su mayoría, elaboradas dentro de la empresa y eventualmente, importadas.( ver figura 2.1)

#### **2.3.2- Chapilla contracara**

Es el reverso de la lámina, cuya condición permite algunos defectos representando el lado inferior de la lámina de contrachapado. Es elaborado, en la misma empresa. Su espesor es de 1 mm.(ver figura 2.1)

#### **2.3.3- Chapillas traveseras**

Son el núcleo o la parte interna de la lámina de contrachapado, colocada entre la chapillas cara y contracara. Se obtiene mediante el desvastado tangencial de las rolas, con un espesor de 2 mm, su condición permite defectos.(ver figura 2.1)

La unión de estas tres chapillas forman las láminas de contrachapado.

#### **2.3.4- Pegamento**

Denominado cola en frío, se obtiene de la mezcla de una resina urea - formaldehído, harina de trigo, un catalizador y agua en condiciones adecuadas, lo cual origina una mezcla muy espesa. Es colocado en la chapilla travesera, lo cual permite la unión con las chapillas caras. (Hernández, 2001).

### **2.4- Proceso de Fabricación de Láminas de Contrachapado.**

El proceso se inicia en el bosque, con rigurosos programas de manejo forestal, orientados a satisfacer las necesidades productivas, sin descuidar el medio natural.



**Figura 2.2 Lugar de extracción de las rolas a procesar (Edimca, 2006)**

### **ACOPIO DE MATERIA PRIMA**

La labor de acopio se realiza durante el 60% del año (por razones climáticas), permitiendo el abastecimiento continuo de la faena productiva. Aquí las trozas de madera son agrupadas por especies y mantenidas bajo riego permanente por aspersion, evitando así la proliferación de microorganismos que atacan la madera. De esta forma se logra mantener las trozas en perfectas condiciones.



**Figura 2.3 Almacenamiento de trozas de madera por especies. (Edimca, 2006)**

### **MACERADO**

Las trozas son sumergidas en grandes pozas de maceración con agua caliente, con el objeto de producir el ablandamiento de las fibras de la madera, facilitando así su posterior procesamiento.



**Figura 2.4 Fosa de calentamiento para ablandar la madera (Edimca, 2006)**

### **DESCORTEZADO**

Mediante este proceso las trozas son preparadas para entrar en la línea de producción. El descortezado permite optimizar el proceso de desenrollado, proveyendo una troza libre de corteza.



**Figura 2.5 Descortezado de las rolas a procesar. (Edimca, 2006)**

### **DESENROLLADO**

Mediante este proceso de torneado, se obtiene chapas desenrolladas de madera, que constituyen las capas que forman los contrachapados.



**Figura 2.6** Proceso de torneado para la obtención de chapillas. (Edimca, 2006)

## LAMINADO

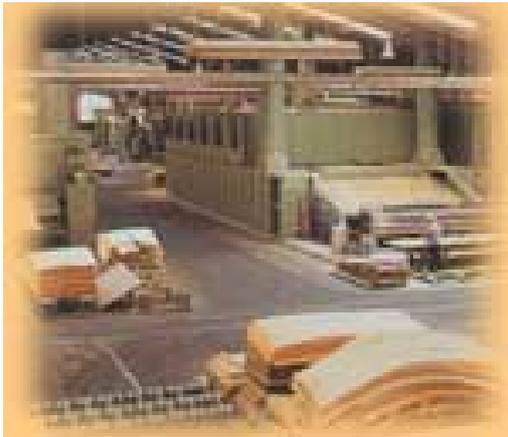
Completada la etapa de macerado, se realiza el proceso de corte plano en las maderas decorativas. Mediante este proceso se obtienen finas chapas decorativas de madera laminada.



**Figura 2.7** Proceso de corte plano en la madera decorativa. (Edimca, 2006)

## SECADO

Después de la obtención de las láminas de madera, se procede a su secado hasta lograr niveles inferiores al 12% de humedad.



**Figura 2.8** Proceso de secado de las láminas de madera. (Edimca, 2006)

### TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL PEGAMENTO

Después de haber pasado las 24 horas para una dilución total de la resina en agua, es utilizada extrayéndose cada 20 litros del tanque de almacenamiento.



**Figura 2.9** Tanque de almacenamiento del pegamento.(IMAYA, 2008)

### ENCOLADO

Las láminas secas son unidas entre sí mediante el proceso de encolado. Se utiliza adhesivos con resina úrea formaldehído que son impregnadas mediante el uso de rodillos encoladores.



Figura 2.10 Proceso de Encolado de las láminas de contrachapado. .(IMAYA, 2008)

### ARMADO DE LA LÁMINA

Las láminas encoladas son alternadas con láminas secas y dispuestas con fibras perpendiculares entre ellas; de esta forma, se consigue un grueso paquete de láminas, listo para entrar a la etapa de prensado.

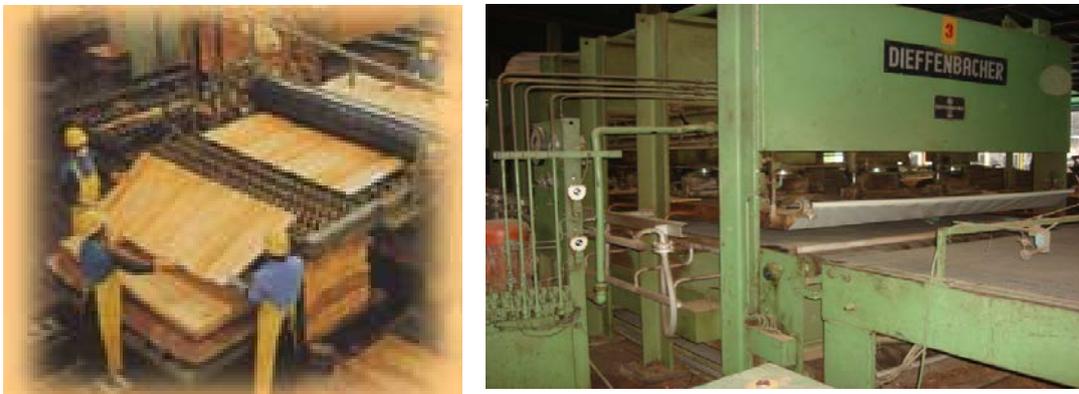


Figura 2.11 Ensamble de las láminas antes de entrar a la prensa.(IMAYA, 2008)

### PRENSADO

En esta etapa los paquetes de láminas son sometidos al proceso de prensado, donde factores claves como presión, tiempo y temperatura son cuidadosamente manejados hasta la obtención de la lámina.



**Figura 2.12** Proceso de prensado en paquete de la lámina de contrachapado.(IMAYA, 2008)

### **ESCUADRADO**

Posteriormente, la lámina es dimensionada a la medida estándar, quedando sus cantos perfectamente perpendiculares a sus caras y totalmente escuadrado.



**Figura 2.13** Proceso de encuadramiento de la lámina de contrachapado.(Edimca, 2006)

### **LIJADO**

La superficie de las láminas es pulida con una lijadora-calibradora, con la que se les da la terminación superficial requerida.



**Figura 2.14** Proceso de lijado y calibración de la zona superficial de la lámina. .(IMAYA, 2008)

## CLASIFICACIONES

Las láminas son revisadas meticulosamente y clasificadas según sus características, bajo normas internacionales.



**Figura 2.15** Revisión y Clasificación según su característica.(Edimca,2006)

## ALMACENAMIENTO

Las láminas clasificadas son almacenadas y embaladas en unidades denominadas "PALLET" o "bultos", permitiendo un fácil transporte y un adecuado almacenamiento.



**Figura 2.16 Almacenamiento y embalado de las láminas en paletas.(Edimca,2006)**

## **DISTRIBUCION**

Los productos de Enchapes Decorativos y Bosques Tropicales se exportan y distribuyen localmente, a través de una selecta red de Distribuidores.



**Figura 2.17 Medios de distribución del producto terminado(Edimca,2006)**

### **2.5- Definición y clasificación de las resinas.**

Una resina es un polímero, es decir, una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples, llamadas monómeros. Las uniones de los monómeros es

Por medio de enlaces químicos, fundamentalmente covalentes, según el proceso químico llamado polimerización.



La conformación del polímero esta determinada por la forma y flexibilidad de las unidades monoméricas individualmente consideradas; así como también, por la magnitud de las fuerzas que actúan sobre ellas. (Rivas, 2001)

Las resinas son clasificadas de la siguiente forma:

**2.5.1- Materiales elásticos o elastómeros, tipo caucho.** Son los polímeros capaces de sufrir con facilidad, grandes elongaciones reversibles, a bajas fuerzas tensoras, para lo cual se requiere de cierto grado de reticulación. Esto amerita que el polímero sea completamente amorfo y que tenga bajas fuerzas intermoleculares, de modo de obtener alta movilidad entre las cadenas.

**2.5.2- Materiales fibrosos.** Son aquellos que poseen una disposición ordenada de sus moléculas, favoreciendo intensas fuerzas intermoleculares entre cadenas, por lo cual sufren pequeñas elongaciones.

**2.5.3- Materiales plásticos.** Constituyen un caso intermedio entre los dos materiales anteriores, y se dividen en:

- **Termoplásticos:** los cuales sufren cambios reversibles con la temperatura y están formados por moléculas con funcionalidad mayor o igual que dos que conducen a productos de cadena lineal (la mayoría de estos polímeros pueden ablandarse y hacer que tomen nuevas formas por la aplicación de calor y presión) y ramificadas, perteneciendo a este grupo los plásticos de celulosa, caseína, betún y resinas acrílicas, vinílicas o de estireno, etc.
- **Termoestables:** Cuyos cambios por temperatura son irreversibles y están formados por moléculas trifuncionales que dan productos de cadena ramificada y entrecruzadas (la estructura reticular que se extiende a través del artículo final es estable al calor y no se puede hacer fluir o fundir), incluyendo en este grupo resinas fenol-formol, fenol-furfural, melamina-formol, úrea-formol, etc.



La separación entre materiales elásticos, fibrosos y plásticos no es clara y un mismo polímero, según las condiciones de trabajo, presión y temperatura, puede adoptar una disposición u otra. (Rivas, 2001).

### **2.5.4- Procesos de polimerización de las resinas.**

Los procesos de polimerización fueron divididos por Flory (1953) y Carothers (Mark 1940) en dos grupos conocidos como polímeros de condensación y de adición o, en una terminología más precisa, polimerización por pasos y de reacción en cadena. (COWIE, 1991)

En la de polimerización por pasos, se combinan unidades monoméricas sucesivas, produciéndose normalmente una pequeña molécula, como la de agua, por cada unidad de monómero que se añade a la cadena del polímero. En la formación del polímero es necesario empezar con reactivos que contengan dos o más grupos funcionales (por ejemplo, -OH, COOH, NH<sub>2</sub>). Generalmente, se emplean dos reactivos distintos. Si se mezclan los monómeros producidos se pueden obtener copolímeros de diversas naturalezas.

En la polimerización de en cadena, los monómeros se añaden unos a otro para producir un polímero cuyo peso molecular es la suma de los pesos de las unidades monoméricas que lo constituyen. Estos polímeros están constituidos por unidades de monómeros que contienen enlaces múltiples y generalmente se emplea un sólo monómero.

Para obtener homopolímeros o monómeros diferentes, obteniéndose copolímeros, en estos polímeros, la cadena esta formada por átomo de carbono, unidos todos por enlaces simples; el enlace en base a cada carbono es tetraédrico, por lo que la cadena es en zigzag. Dependiendo de cómo se forme la cadena de polímero, contendrá esencialmente solo cadenas rectas, o podrá tener algunas ramificaciones cortas.

Con algunas excepciones, los polímeros formados por reacciones en cadena contienen solamente átomos de carbono en la cadena principal (polímeros d homocadenas),



mientras que los polímeros obtenidos por reacciones por pasos pueden tener otros átomos, cuyo origen está en los grupos funcionales del monómero, como parte de la cadena (polímero de heterocadena).(Rivas,2001).

### **2.6- Usos y aplicaciones de las resinas.**

Existe un gran número de aplicaciones para las diversas resinas que existen actualmente en el mercado.El uso de Las resinas fenólicas en los (Plásticos reforzados con fibra de vidrio) (P.R.F.V). Es relativamente reciente y su aplicación se hace a presiones de moldeo del orden de los 70 a 100 kg/m<sup>2</sup>. Su importancia radica en el hecho que su empleo permite realizar elementos en (P.R.F.V), de mayor rigidez que con cualquier otra resina y en su capacidad de conservar sus excelentes propiedades mecánicas, incluso a temperaturas muy elevadas. Son, además, resistentes a la llama y autoextinguentes.

Otras resinas son las furánicas. Su característica más relevante radica esencialmente, en su resistencia a los productos químicos y en particular a los álcalis, a los solventes orgánicos y a los ácidos inorgánicos, existen aplicaciones de la fibra mineral y fibra.

De vidrio. Los productos del formaldehído con melamina y úrea son usados como aditivos creadores de enlaces en la fibra de vidrio en los productos de estambre.

Las resinas melamínicas se emplean para moldes de altas presión (de 70 a 140 kg/mm<sup>2</sup>, aún cuando puede utilizarse para presiones bajas, alrededor de 20 kg/mm<sup>2</sup>) y como en el caso de las resinas fenólicas, debe eliminarse el solvente antes de inicial el proceso que conduce al endurecimiento. Su característica primordial es su estabilidad dimensional y su buena resistencia al calor, que la sitúan en el rango de 150°C a 200°C, con posibilidades de soportar temperaturas altas por largos períodos. Además poseen muy buena rigidez dieléctrica, gran consistencia de aislamiento.(Rivas, 2001)

### **2.7- Definición y características de las resinas úrea- formaldehído.**



Aminoplasto es el nombre genérico de las resinas sintéticas que se fabrican por la condensación entre la úrea y el formaldehído, por la acción de catalizadores. Esta reacción se conoce desde 1884, cuando Holzer aisló por primera vez la metilúrea, pero no tuvo ningún interés comercial, hasta en 1918, cuando fue presentada por Hans John, obteniéndose una resina con bajo contenido de formaldehído libre y alta capacidad de reaccionar con sustancias endurecedores. Los aminoplastos son estables con respecto al alcohol, éter, bencina, ácidos minerales y aceites, pero no lo son con respecto a los ácidos fuertes. Su disolvente en estado líquido, es el agua y por si mismo, son incoloros e inalterables a la luz. Cuando son endurecidos puros, sin agregados, presentan un color blanquecino. (CHURION, 1987).

Generalmente, la resina no se utiliza pura, sino mezcladas con agregados la idea de esto tiene por objeto producir una combinación que pueda ser moldeada satisfactoriamente, a un costo.

Un agregado es una sustancia que añadida a la resina produce mezclas, homogéneas que pueden ser subsecuentemente moldeadas. Este relleno permite modificar las propiedades térmicas y mecánicas, del objeto a fabricar. El tipo de resinas a utilizar juega un papel muy importante en cuanto a su compatibilidad con el agregado, así como también la forma final del producto.

### **2.8- Síntesis de la resina úrea- formaldehído.**

La reacción de úrea con formaldehído incluye etapas de condensación y reacciones competitivas de diferente índole. Aun hoy, el conocimiento pleno de esta química no se ha logrado. Sin embargo, la mayoría de los investigadores y estudiosos de estas reacciones coinciden en lo siguiente: en solución alcalina, la úrea reacciona con uno o mas moles de formaldehído para formar monometilolurea (MMU) y luego, dimetilolúrea (DMU). (BALLESTEROS, 1992).



De acuerdo a estudios en cromatografía de papel, los compuestos principales en una resina úrea-formaldehído de bajo grado de polimerización son: úrea, metilolúrea, dimetilolúrea, metilénúrea ( $\text{H}_2\text{NCO-NH-CH}_2\text{-NHCONH}_2$ ) y dimetilentiúrea ( $\text{H}_2\text{N-CO-NH-CH}_2\text{-NHCO-NH-CH}_2\text{-NHCO-CH}_2$ ), siendo todos ellos solubles en agua. A medida que aumenta la unidad repetitiva del polímero, disminuye su miscibilidad en agua y la resina tiende a volverse insoluble.

La formación de metilolúrea se lleva a cabo por reacciones de equilibrio bimoleculares semejantes. Las velocidades de reacción son directamente proporcionales a la concentración de los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ .

Hay agentes de curado que actúan a temperatura ambiente aunque hay algunos que actúan en forma tan lenta que un entrecruzamiento efectivo podría requerir años. En la práctica, el tiempo de gelación, esto es, el período en el cual la resina es manejable, puede variar en un amplio intervalo, lo cual es muy útil por la posibilidad que presenta de elegir la formulación más idónea en cada caso. (Rivas, 2001).

### **2.9- Mecanismo de reacción para la formación de la resina úrea- formaldehídos:**

Los polímeros de úrea- formaldehído han encontrado utilización práctica principalmente en la forma de ramificados poliméricos; normalmente, la polimerización se realiza en dos operaciones separadas. La primera consiste en la formación de una resina soluble, fusible y de bajo peso molecular, y la segunda operación involucra reacciones de curado, las cuales conducen a productos con alto grado de polimerización.

Cabe destacar que las resinas por sí mismas, no presentan ninguna propiedad técnica útil hasta que no sean endurecidas efectivamente, mediante reacciones químicas que sufren principalmente los dobles enlaces presentes. Su estructura química ha de ser transformada en un entramado o red tridimensional, constituida por enlaces covalentes en todas las direcciones

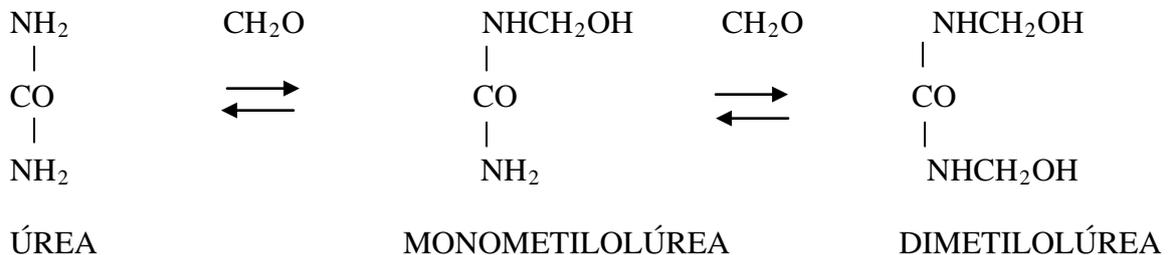


lo cual se denomina reticulación, entrecruzamiento o curado. Puesto que las resinas base son lineales, es preciso, normalmente en el momento de la aplicación, añadir un agente de entrecruzamiento adecuado que transforme el polímero lineal soluble, en un polímero entrecruzado insoluble e infusible. Debido al proceso de curado ocurre un endurecimiento de la resina.(Rivas, 2001)

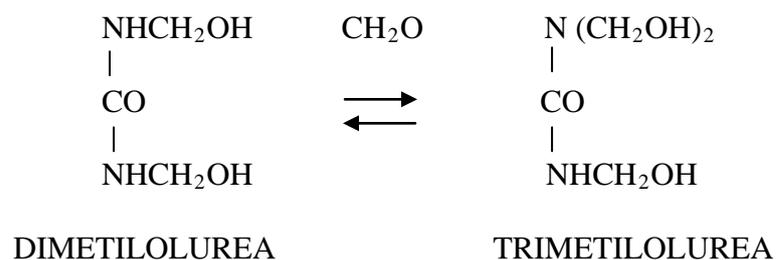
### FORMACIÓN DE LA RESINA ÚREA-FORMALDEHÍDO

Los procesos de polimerización que conducen a la formación de macromoléculas por condensación de moléculas más simples (monómeros), proceden por mecanismos variados, en este trabajo se estudiarán uno en particular, la formación de la resina úrea-formaldehído.

Las reacciones que ocurren en el proceso son de dos tipos:

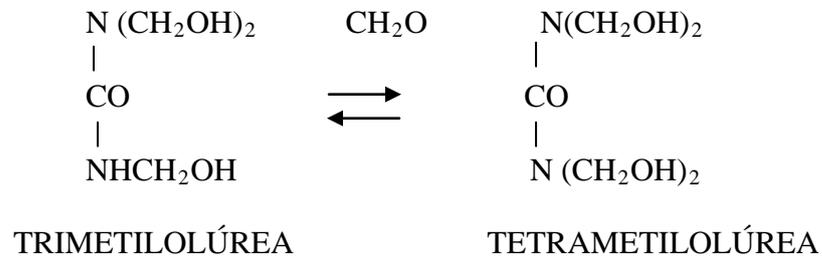


Aunque no ha sido aislada, se cree que la trimetiloúrea también se forma bajo estas condiciones y se ha inferido su presencia por estudios cromatográficos, en soluciones que contienen mas de 2 moles de formaldehído por 1 mol de úrea.





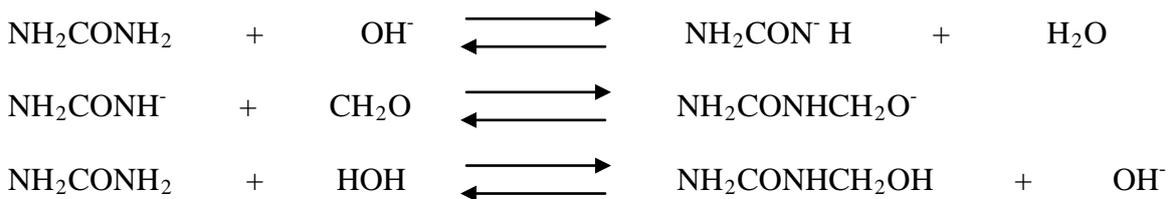
Adicionalmente, la tetrametilourea se ha detectado en soluciones altamente alcalinas de úrea-formol:



**Figura 2.18- Mecanismos de polimerización de la resina úrea-formaldehído. (Rivas, 2001).**

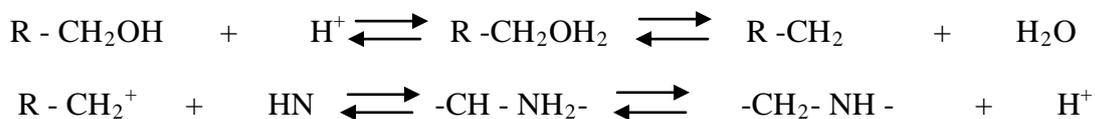
Sin embargo, la tetrametilourea no parece formarse bajo las condiciones usadas normalmente en la preparación de la resina. Así, después de la reacción inicial, una solución resinosa típica contiene mono, di, y trimetilourea junto con úrea y formol libre. La cantidad relativa de estos componentes dependerá de las condiciones de reacción.

El mecanismo por el que probablemente se producen las reacciones de metilolación mencionadas, es el siguiente:



**Figura 2.19- Proceso de condensación de la resina úrea-formaldehído (Faravelli, 1976)**

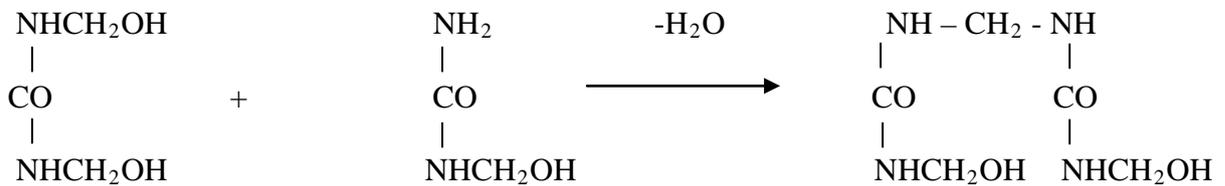
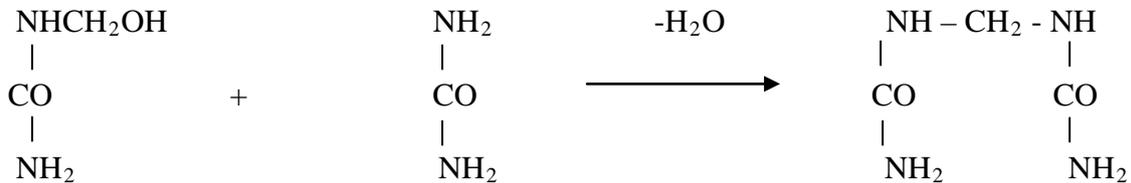
Condensación de metilourea. En la segunda etapa de la preparación de la resina, la reacción se continúa bajo condiciones ácidas. Se cree que la condensación ocurre entre los grupos metilol y el grupo amino, para formar enlaces metileno según el siguiente mecanismo:



Tomando como R= NH<sub>2</sub>CONH



Puesto que una típica solución resinosa incluye varias especies las cuales contienen metilol y grupo amino, varios compuestos metilén pueden resultar de este tipo de condensación:



El concentrado urea-formaldehído obtenido en el proceso en estudio constituye el producto de la primera etapa del mecanismo y consiste en el producto incoloro y viscoso, formando cuando la fase acuosa se vuelve muy viscosa se somete a evaporación para eliminar el agua liberada.

En esta etapa de polimerización el mecanismo propuesto involucra la adición del doble enlace del grupo carbonilo polar del formaldehído, realizada en medio ácido, que cataliza la reacción y favorece la posterior eliminación de agua, paso que se repiten a modo de un proceso iterativo.

### 2.10- PROCESO DE REACCIÓN:

Las etapas que se repiten y que conducen a la formación del polímero.





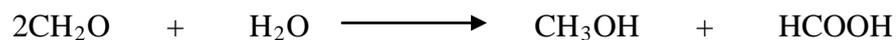
con el formaldehído, es bien conocido que a pH 7 o mayores, se promueve la reacción de hidroximetilolación, mientras que a pH menores que 7, se promueve la formación de puentes metilenos. (BREA, 1992)

A fin de tener un mejor control de la reacción, en la práctica, es habitual condensar la úrea y el formaldehído primero, en condiciones básicas o neutras y luego, polimerizar en condiciones ácidas.

Como esta condensación es sensible al pH, es necesario controlarlo con precisión durante la reacción. Esto es especialmente importante bajo condiciones alcalinas, en la que el pH tiende a caer a medida que la condensación procede. Esta disminución en el pH se atribuye esencialmente a la reacción de Cannizaro que sufre el formaldehído.

### 2.12- Reacción de cannizaro:

En soluciones alcalinas y en medio altamente ácido, el formaldehído puede pasar espontáneamente por una reacción de auto reducción: (MEYER,.1979).



La reacción en medio alcalino comprende el ataque nucleofílico del ion metilenglicol  $\text{HOCH}_2\text{O}^-$  sobre el carbono de otra molécula de formaldehído mostrada, por una disminución intramolecular del intermediario, la reacción de cannizaro es la reacción de descomposición predominante de las soluciones alcalinas.

### Temperatura

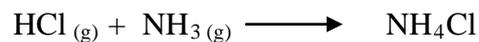
La temperatura de reacción es un factor importante en la producción de resinas con propiedades diferentes, ya que esta ejerce una influencia crucial sobre la viscosidad del producto. Con el aumento de la temperatura la velocidad global se incrementa y por ende, el



peso molecular y el tamaño de las partículas, ya que el factor determinante del aumento de la velocidad global, es el incremento en la constante de la velocidad de propagación.(Rivas, 2001).

### 2.13- (CLORURO DE AMONIO)

**El cloruro de amonio o cloruro amónico:** es una sal de amonio, cuya fórmula química es  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . La síntesis del cloruro amónico se produce a partir de vapores de cloruro de hidrógeno y amoníaco:



**Propiedades físicas:** En estado sólido, la coloración varía entre incoloro y blanco(ver figura 2.6). Es inodoro e higroscópico en diversas formas; su punto de sublimación es de  $350\text{ }^\circ\text{C}$ ; su densidad relativa (agua=1) es 1,5. La presión de vapor que genera es de 0,13 KPa a  $160\text{ }^\circ\text{C}$  , Su masa molecular es de 53,49 g/mol. El cloruro amónico eleva la acidez al incrementar la concentración de hidrogeniones ( $\text{H}_3\text{O}^+$ )

**Peligros químicos:** La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo humos tóxicos e irritantes, de óxidos de nitrógeno, amoníaco y cloruro de hidrogeno; la disolución en agua produce un ácido débil (ver tabla 2.1). Reacciona violentamente con nitrato amónico y clorato potásico, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona con ácidos concentrados para formar cloruro de hidrógeno y bases fuertes para formar amoníaco.

(NIOSH 1999.)

Ataca al cobre y sus compuestos. Se almacena separado de nitrato amonico, clorato potasico, ácidos, álcalis, sales de plata. Se recomienda tenerlo en lugar seco.



**TABLA 2.1 SOLUBILIDAD DEL CLORURO DE AMONIO EN AGUA (NIOSH, 1999)**

| Temperatura (°C) | Solubilidad en agua (g/100 g) |
|------------------|-------------------------------|
| 0                | 29.7                          |
| 20               | 54.6                          |
| 40               | 57.5                          |
| 60               | 61.0                          |
| 80               | 66.1                          |
| 100              | 73.0                          |



Cloruro amónico

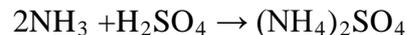
**FIGURA 2.22- MUESTRA DEL CLORURO DE AMONIO (NIOSH, 1999)**



### 2.14- (SULFATO DE AMONIO)

**Sulfato de amonio:** importante sustancia química utilizada como fertilizante sintético nitrogenado. Su fórmula es  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . En las primeras décadas del siglo XX se produjo una escasez de fertilizantes nitrogenados de origen natural. Un fracaso en la producción de fertilizantes nitrogenados sintéticos podría haber conducido a una hambruna a escala mundial. En la actualidad, el sulfato de amonio es el fertilizante más utilizado. Se fabrica en grandes.

Cantidades a partir de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), producido por el proceso Haber, y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), producido por el método de contacto:



El sulfato de amonio se suele obtener en forma de cristales incoloros, que son fáciles de manipular y de distribuir en las tierras de labor.

Contiene un 21% de nitrógeno. Se disuelve en agua con facilidad, por lo que actúa rápidamente. No obstante, desaparece pronto de los campos y va a parar a los cursos de agua, lo que puede provocar la contaminación del agua, incluyendo la eutrofización. El uso de sulfato de amonio puede alterar la acidez o alcalinidad (el valor del pH) del suelo, por lo que su utilización debe ser cuidadosamente controlada. (NIOSH, 1999)

### 2.15- Duración de la madera

La madera es, por naturaleza, una sustancia muy duradera. Si no la atacan organismos vivos puede conservarse cientos e incluso miles de años. Se han encontrado restos de maderas utilizadas por los romanos casi intactas gracias a una combinación de circunstancias que las han protegido de ataques externos. (Grayter, 1984)



## SECADO DE LA MADERA

La madera recién cortada contiene gran cantidad de agua, de un tercio a la mitad de su peso total. El proceso para eliminar esta agua antes de procesar la madera se llama secado, y se realiza por muchos motivos. La madera seca es mucho más duradera que la madera fresca; es mucho más ligera y por lo tanto más fácil de transportar; tiene mayor poder calorífico, lo que es importante si va a emplearse como combustible; además, la madera cambia de forma durante el secado y este cambio tiene que haberse realizado antes de serrarla.

La madera puede secarse con aire o en hornos; con aire tarda varios meses, con hornos unos pocos días. En ambos casos, la madera ha de estar apilada para evitar que se deforme, y el ritmo de secado debe controlarse cuidadosamente, es una materia prima importante para la industria química. Cada año se reducen a pasta enormes cantidades de madera, que se reconstituye de forma mecánica para hacer papel, Otras industrias se encargan de extraer algunos componentes químicos de la madera, como taninos, pigmentos, Pinturas y barnices, gomas, resinas y aceites, y de modificar estos constituyentes.

Además de agua, el componente principal de la madera es la celulosa. De la gran cantidad de celulosa que se utiliza para fabricar rayón y nitrocelulosa, una parte se extrae del algodón, pero la mayor parte se obtiene de la madera, también se utiliza la madera, sin separar la celulosa de la lignina, para obtener otros productos químicos mediante procesos determinados. . (Grayter, 1984)

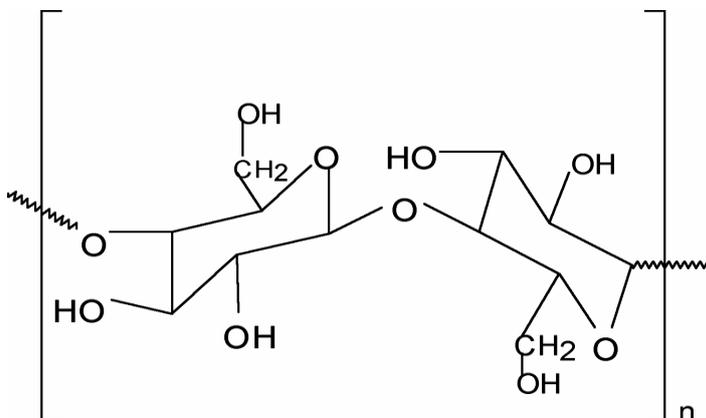


Figura 2.23- Estructura de la celulosa.



Como se puede ver en la figura 2.23 la estructura de la celulosa que contiene iones oxidrilo en toda su molécula, capaces de interactuar con otros componentes químicos.

Las interacciones por puentes de hidrógeno que se originan en la celulosa son de dos tipos y dependen de la posición del grupo OH en las unidades de glucosa, por ello pueden presentarse enlaces de hidrogeno en la misma molécula, entre los grupos hidroxilos de las unidades de glucosa adyacentes originando enlaces por puentes de hidrogeno intramolecular. Como se menciono anteriormente sobre la madera que su principal componente es la celulosa. (Grayter, 1984)

### **2.16- CONCEPTOS BASICOS PARA EL ESTUDIO DE UNA FACTIBILIDAD ECONOMICA:**

#### **➤ INVERSION INICIAL**

Representa la estructura de costos que se hacen al iniciar la implementación del proyecto para el funcionamiento de este, analizando el capital fijo y el capital de trabajo. Se considera el capital fijo, aquellos gastos llamados gastos de estructura, todos los que se mantienen invariables o se modifican sólo como consecuencia de cambios en la capacidad productiva de la empresa: compras de equipos y materiales, transportes y fletes de equipos, instalación de estos, impuesto por adquisición, transporte y seguro de transporte, costos de arranque y pruebas, imprevistos, etc. El capital de trabajo se representa por los diferentes inventarios y el efectivo en caja que se encuentra disponible. . (OCANDO, 2007)

#### **➤ COSTOS OPERACIONALES**

Los costos operacionales son aquellos que guardan una relación directamente proporcional con el nivel de producción; como el combustible o energía utilizada, mano de obra directa, fuerza motriz, comisiones servicios, mantenimientos y repuestos etc.(OCANDO, 2007)

#### **➤ VALOR ACTUAL (V.A)**

El valor actual es el valor de la inversión en el momento cero, descontando todos sus ingresos y egresos a una determinada tasa, que refleja las expectativas de retornos depositadas en el proyecto. Indica un monto que representa la ganancia que se podría tomar como adelantado al comenzar un proyecto, considerando la tasa de corte establecida. .(OCANDO, 2007)



### ➤ EQUIVALENTE ANUAL (E.A)

Se toma como procedimiento mediante el cual se transforman las condiciones financieras aplicadas a un préstamo a su equivalente anual, cualesquiera que sea la forma de liquidación, es decir, para préstamos de tipos de interés y comisiones diferentes, al igual plazo, una vez calculados sus correspondientes E.A, el resultado es comparable para un equivalente anual lógico. (OCANDO, 2007)



### Marco metodológico.

#### 3.1- Metodología empleada

Esta sección se presenta una descripción del marco metodológico y compuestos utilizados en la empresa, para el estudio de factibilidad de sustitución del sulfato de amonio como catalizador en la formulación del pegamento usado para la fabricación de contrachapado.

Las siguientes actividades, que se muestran a continuación, corresponden al procedimiento a seguir para alcanzar cada uno de los objetivos planteados:

##### **3.1.1- Estableciendo los posibles catalizadores de acuerdo a sus características fisicoquímicas que pudiesen sustituir al sulfato de amonio, a efecto de ser utilizados en el proceso en estudio.**

- Por medio de una investigación documental en libros, manuales, revistas, Internet y consultas a expertos se lograrán adquirir los conocimientos necesarios para establecer las posibles sustancias que pudieran sustituir a los catalizadores preparados a partir de sulfato de amonio.
- Una vez establecido cuales sustancias químicas pudieran ser usadas, se efectuará un análisis de las propiedades fisicoquímicas, de las mismas, que permita su caracterización y así, poder escoger la que se adapte al proceso bajo estudio.
- A través de una matriz de selección se determina el catalizador adecuado a implementar.
- Se realizan los ensayos experimentales bajos las condiciones establecidas.

##### **3.1.2- Evaluando las características finales de la resina úrea-formaldehído con el catalizador seleccionado, a fin de garantizar un producto final de calidad.**

- Intercambio de ideas con el personal que opera en el proceso de elaboración del producto para conocer a cabalidad el proceso de producción.



- Se analizan los registros de producción, lotes aprobados y rechazados, teniendo en cuenta la temperatura de salida de la prensa y a la entrada a la lijadora, donde concluye el producto terminado.
- Análisis del comportamiento de los últimos lotes de producción de contrachapado para verificar su calidad.
- Se estudia el comportamiento del catalizador sustituto en la resina úrea- formaldehído.
- Seguimiento de la producción de los lotes a estudiar, aplicando el catalizador sustituto.
- Seguimiento del producto final y almacenamiento de los lotes bajo estudio.

### **3.1.3- Comparando la actividad del catalizador nuevo con respecto al actual y determinar la influencia sobre la producción.**

- Establecer variables del proceso.
- Mediciones de las variables involucradas.
- Análisis de los resultados obtenidos a partir de las mediciones de las variables.
- Realización de los ensayos experimentales bajo las condiciones establecidas en los casos que se presentan en la tabla N° III.1

Se realiza la evaluación económica de las propuestas seleccionadas, con el propósito de determinar los beneficios para la empresa, verificar la efectividad del cambio del catalizador propuesto. Aplicando los modelos de rentabilidad de valor actual (V.A) y el método de equivalente anual (E.A)

A continuación en la tabla III presentamos los posibles catalizadores que pudiesen sustituir al sulfato de amonio, tomando en cuenta sus características fisicoquímicas, donde el cual entre los 3 propuestos fue elegido el cloruro de amonio.



**TABLA 3.1- POSIBLES CATALIZADORES QUE PUDIESEN SUSTITUIR A EL SULFATO DE AMONIO, DE ACUERDO A SUS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS**

| CATALIZADORES     | PROPIEDADES QUÍMICAS | PROPIEDADES FÍSICAS  | TOXICIDAD  |
|-------------------|----------------------|--|--|
| ACIDO CLORHIDRICO | Acido fuerte         | Soluble en agua, se disocia casi completamente en agua   | Muy corrosivo, y acido, irritante en los ojos y la piel        |
| ACIDO SULFURICO   | Acido fuerte         | Soluble en agua, reacciona violentamente en presencia de ella, y produce desprendimiento de calor. | Altamente corrosivo y acido, irritante en los ojos y la piel   |
| CLORURO DE AMONIO | Sal                  | Soluble en agua, Reacciona violentamente en presencia de nitratos y cloratos.                      | Produce humos tóxicos al ser calentado intensamente o al arder |

**TABLA 3.2- TABLA DE PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LOS DIFERENTES CASOS APLICADOS AL PROCESO DE FORMULACIÓN DEL PEGAMENTO**

| Casos         | Catalizador implementado            | Condición del pegamento      |
|---------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <b>Caso 1</b> | Sulfato de amonio<br>$(NH_4)_2SO_4$ | Sin diluir en agua           |
| <b>Caso 2</b> | Sulfato de amonio<br>$(NH_4)_2SO_4$ | Diluido en 20 Litros de agua |
| <b>Caso 3</b> | Cloruro de amonio<br>$NH_4Cl$       | Sin diluir en agua           |
| <b>Caso 4</b> | Cloruro de amonio<br>$NH_4Cl$       | Diluido en 20 Litros de agua |

Cantidad de Catalizador: 0,5 Litros de catalizador en 20 Litros de pegamento.



**PROCEDIMIENTOS GENERALES EN LOS CASOS 1 y 3:**

**Metodología para la formulación del pegamento empleado en la fabricación de láminas de contrachapado.**

- a) Preparación con una anterioridad de 24 h a su uso en el proceso, de la mezcla del catalizador bajo evaluación, para lo cual se toman 2 kg del catalizador y se disuelven en 20 L de agua.
- b) El pegamento se prepara mezclando la cantidad apropiada de la resina úrea-formaldehído con la cantidad de agua necesaria, de acuerdo a la formulación.
- c) Para inicio del proceso de curado se toma 20 L de pegamento antes fabricado, se le añade 0,5 L del catalizador, y para darle mayor viscosidad al pegamento, se le añade harina de trigo.

**PROCEDIMIENTOS GENERALES EN LOS CASOS 2 y 4:**

**Metodología para la formulación del pegamento empleado en la fabricación de láminas de contrachapado (Dilución del pegamento original)**

- Para dar inicio al proceso de curado, se toman 20 L de pegamento antes fabricado de acuerdo a lo descrito en los casos 1 y 3, se le añaden 20 L de agua y posteriormente 0,5 L del catalizador original, y para darle mayor viscosidad al pegamento, se le añade harina de trigo.

**PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA LOS CUATRO CASOS PARA LA FABRICACION DE LÁMINAS DE CONTRACHAPADO**

- a) Previamente ya formulado el pegamento se procede a la fabricación de las láminas de contrachapado.
- b) Ajustar la temperatura y la presión en el proceso de secado y prensado.



- c) Verificar que las chapillas estén en buen estado y que hayan pasado por el proceso de secado.
- d) Proceder a colocar el pegamento antes fabricado, en el recipiente que va a suministrar el pegamento a los rodillos, por donde pasaran los retazos de madera que van colocados en la parte inferior de la lámina de contrachapado.
- e) Ya colocadas la chapilla inferior en la mesa de soporte, se colocan los traveseros con las veretas en forma perpendicular ya pasados por los rodillos, para darle resistencia en toda la superficie de la lámina, se coloca la chapilla superior para así completar el ensamblado de la lámina de contrachapado.
- f) Ensambladas las 5 láminas se proceden a pasar a la prensa con un tiempo mínimo de 75 S y un tiempo máximo de 150 S.
- g) Pasado el tiempo de prensado se aplica el proceso de torsión para verificar que las láminas hayan quedado bien compactadas.



### RESULTADOS Y DISCUSIONES.

#### 4.1- Preparación de catalizador y proceso general de obtención de la lámina.

En la siguiente sección se presentan los resultados obtenidos, mediante la aplicación de los siguientes pasos del marco metodológico, para cada uno de los objetivos planteados, con el propósito de llegar a una alternativa de solución. La evaluación del pegamento se presenta en los cuatro casos de estudio, que se detallan a continuación.

El catalizador se preparó disolviendo 2 kg de sulfato de amonio  $[\text{NH}_4 (\text{SO}_4)_2]$ , En 20 L de agua, proceso que tardó 24 h, para la disolución completa y agitación continua, (caso 1 y 2) con sulfato de amonio y (caso 3 y 4) con cloruro de amonio.

Por cada 20 L de resina úrea-formaldehído se agregó medio litro del catalizador preparado con anterioridad. Para que la chapilla no absorbiese totalmente el pegamento antes de entrar a la prensa, se le añade harina de trigo, para así aumentar su viscosidad, y se forme una capa uniforme de pegamento entre la chapilla y los traveseros. El curado de la resina comienza a partir de los 353 K, con tiempo de prensado que oscila entre 75 hasta 150 S, a una temperatura fija de 383 K. Posteriormente, se realiza proceso de torsión de la lámina para verificar la compactación de la misma.

#### 4.2- Evaluación del catalizador.

**Caso 1:** En esta situación se someten las láminas de contrachapado al prensado, utilizando la mezcla de pegamento conformada por úrea-formaldehído (resina), harina de trigo. y el catalizador utilizado por la empresa actualmente, como es el sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , obteniéndose los siguientes resultados.



**TABLA 4.1 RESULTADOS OBTENIDOS USANDO COMO CATALIZADOR EL SULFATO DE AMONIO  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  (CASO 1)**

| Tiempo de operación (s) | Cantidad de láminas | Resultados   |
|-------------------------|---------------------|--|
| 75                      | 5                   | 4 láminas totalmente curadas y 1 lámina con desperfecto. |
| 90                      | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas                         |
| 120                     | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas                         |
| 150                     | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas                         |

Temperatura de operación: 383 K

Presión de operación: 230 bar.

**Caso 2:** Se someten las láminas de contrachapado a prensado, utilizando los materiales anteriormente mencionados, con la excepción que a 20 L de resina úrea- formaldehído, se le añaden 20 L de agua, para rendimiento la resina, utilizando el catalizador actual (sulfato de amonio). Los resultados fueron desfavorables comparados con los obtenidos en el caso 1. A 75 S comienza el proceso de curado a las condiciones de operación. La presencia de agua para este caso, retarda el entrecruzamiento y no permite el agarre de los diferentes componentes de la lámina debiéndose aumentar el tiempo de prensado para, de alguna manera asegurar que la lámina cumpla con las especificaciones de calidad. Esto, por supuesto, encarece el proceso en sí. Y cuando se procedió a realizar el proceso de prueba de torsión de la lámina las chapillas se despegaron totalmente, los resultados fueron los siguientes:



## Capítulo IV: Resultados y discusiones

**TABLA 4.2 RESULTADOS OBTENIDOS USANDO EL CATALIZADOR ACTUAL COMO ES EL SULFATO DE AMONIO  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (UTILIZANDO AGUA EN LA RESINA COMO DILUYENTE) (CASO 2)**

| Tiempo de operación (s.) | Cantidad de láminas | Resultados                  |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 75                       | 5                   | Las 5 láminas en mal estado |
| 90                       | 5                   | Las 5 láminas en mal estado |
| 105                      | 5                   | Las 5 láminas en mal estado |

$V_{\text{H}_2\text{O}} = 20$  litros adicionales de dilución del pegamento.

Temperatura de operación: 383 K

Presión de operación: 230 bar

**Caso 3:** En esta situación se someten las láminas de contrachapado al prensado, utilizando la mezcla de pegamento conformada por úrea-formaldehído (resina), harina de trigo y el catalizador a implementar, como es el cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), en sustitución del catalizador actual, sulfato de amonio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ], obteniéndose los siguientes resultados:

**TABLA 4.3 RESULTADOS OBTENIDOS USANDO CATALIZADOR A IMPLEMENTAR CLORURO DE AMONIO  $(\text{NH}_4\text{Cl})$  (CASO 3)**

| Tiempo de operación (s.) | Cantidad de láminas | Resultados                       |
|--------------------------|---------------------|----------------------------------|
| 75                       | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas |
| 90                       | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas |
| 120                      | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas |
| 150                      | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas |

Temperatura de operación: 383 K

Presión de operación: 230 bar



## Capítulo IV: Resultados y discusiones

**Caso 4:** En esta sección se somete las láminas de contrachapado a prensado, utilizando los materiales anteriormente mencionados, con la excepción que a 20 L de resina urea-formaldehído, se le añaden 20 L de agua para diluir la resina, utilizando el catalizador a implementar, como lo es el cloruro de amonio  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Los resultados fueron favorables en un menor tiempo de prensado, y cuando se procedió a realizar. El proceso de prueba de torsión de la lámina, las chapillas se pegaron totalmente. Los resultados fueron los siguientes:

**TABLA 4.4 RESULTADOS OBTENIDOS OPERANDO CON EL CATALIZADOR A IMPLEMENTAR COMO ES EL CLORURO DE AMONIO ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) (UTILIZANDO AGUA EN LA RESINA COMO DILUYENTE) (CASO 4)**

| Tiempo de operación (Seg.) | Cantidad de láminas | Resultados  |
|----------------------------|---------------------|---|
| 75                         | 5                   | 3 láminas totalmente curadas, y 2 láminas con desperfecto de traveseros |
| 90                         | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas  |
| 105                        | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas  |
| 150                        | 5                   | Las 5 láminas totalmente curadas  |

$V_{\text{H}_2\text{O}} = 20$  litros adicionales de dilución del pegamento.

Temperatura de operación: 383 K

Presión de operación: 230 bar

### 4.3- Proceso de secado de la chapa

El secado de las chapas se realizó en dos estufas, provisto con un sistema de transporte a base de rodillos y un sistema de calentamiento, por medio de aceite térmico, que circula por serpentines o tubos radiadores de calor, con entrada de aire en sentido perpendicular al flujo

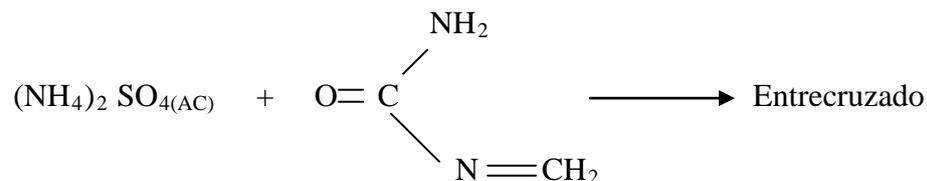


de la chapa. En una estufa se seca la chapa de 4 mm de espesor, utilizando temperaturas de 383 a 400 K y un tiempo de secado de 15 a 20 minutos; en la otra estufa, se seca la chapa de 9 mm de espesor, utilizando temperaturas similares y un tiempo de secado de 55 a 60 minutos. El contenido de humedad final de la chapa de ambos espesores fue de 5 a 7 %, a lo que se considera adecuado para la producción de contrachapados

#### 4.4.- Reacción del catalizador con la unidad repetitiva de la resina

Utilizando la unidad repetitiva mostrada en la (figura 2.5, capítulo 2), se tratará de explicar como actúa el catalizador en el proceso de curado, para la formación del polímero, y añadiéndole el catalizador actual como es el sulfato de amonio, nos queda de esta manera:

Caso 1: Uso de Sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$



Unidad repetitiva de la resina

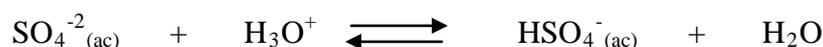
**Figura 4.1- Reacción del catalizador mas la unidad repetitiva de la resina**

El sulfato de amonio se descompone en ion amonio e ion sulfato.



**Figura 4.2- Descomposición del sulfato de amonio**

Cuando en el proceso de fabricación de contrachapado se utiliza sulfato de amonio como catalizador, añadiéndose agua. a la resina,



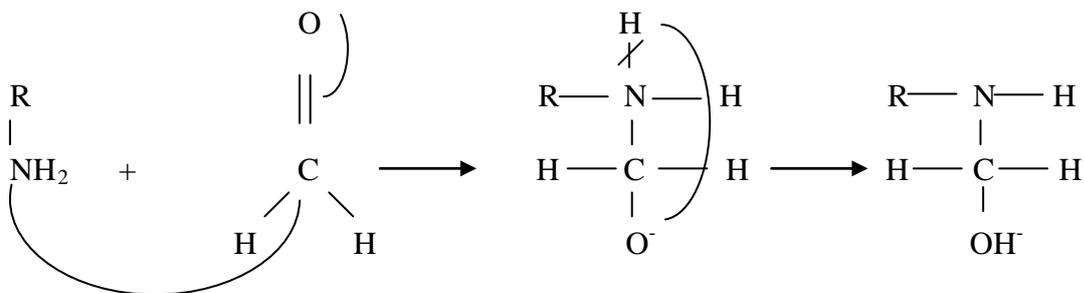
**Figura 4.3- Reacción del sulfato mas los iones hidronio**



El ion sulfato actúa con los iones hidronio ver figura 4.3, formándose bisulfato mas agua, lo que no va a permitir la compactación suficiente entre la madera y el pegamento cuando ya haya alcanzado su curado, ya que no forman una reacción suficientemente fuerte entre las moléculas de la resina y la madera.

Luego del proceso de polimerización de la resina, ella pasa por una serie de etapas para llegar a su curado quedándonos una estructura ver (figura 2.3, cap 3).

La cual se lleva a cabo de acuerdo al siguiente posible mecanismo de reacción.



**Figura 4.4- Mecanismo de reacción de la formaldehído**

Como se puede ver en la (figura 4.4) reacciones, el nitrógeno de la amina contiene un par de electrones no compartidos, con lo cual ataca el carbono carbonilo del formaldehído, quedando el carbono carbonilo saturado y actúa sobre el doble enlace y quedando un enlace simple por lo general. Por su carga negativa el oxígeno recibe al hidrógeno formando el ion oxidrilo disponible.

Este producto, al ser utilizado como catalizador en la resina, no actúa de manera efectiva, debido a la presencia del agua y del sulfato que no permiten el enlace suficientemente fuertes entre las moléculas de la resina y la madera, dando como resultado que no se produzca una compactación efectiva del pegamento y la madera, ya que no se produce un enlace fuerte entre la molécula de la dimetilúrea y el sulfato.

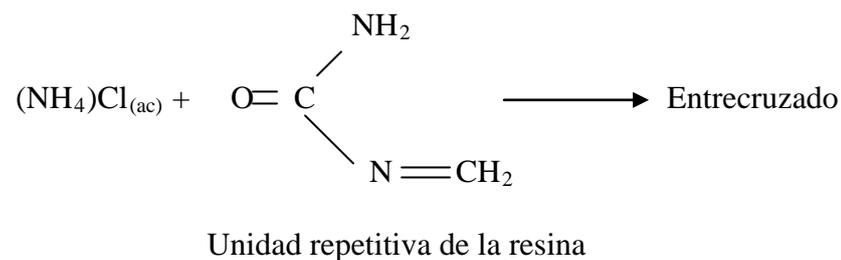


Cuando el sulfato de amonio es utilizado sin añadirle agua a la resina actúa de manera adecuada en un intervalo de tiempo de 75 S hasta 150 S, en la prensa que acelera el curado, debido a que no hay presencia de agua en exceso y en el proceso de entrecruzamiento y secado el agua se va eliminando y el bisulfato actúa por medio efecto de la formación de puentes de hidrógeno, enlaces suficientemente fuertes que permite la interacción de la resina con la madera. Y se obtiene un producto adecuado en el tiempo previsto.

### 4.5- Actividad realizada aplicando el catalizador a implementar (cloruro de amonio $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

En este caso se utilizó el cloruro de amonio como catalizador como posible sustituto del sulfato de amonio; primero, sin colocarle agua a la resina, para estudiar el efecto del catalizador sin dilución en el tiempo considerado, dando un resultado efectivo en las diferentes corridas que se realizaron desde 75 S hasta 150 S de tiempo, observándose una fuerte adhesión del pegamento sobre la madera.

Las posibles reacciones presentes son:



**Figura 4.5- Reacción del catalizador a implementar más la unidad repetitiva de la resina**

El cloruro de amonio se descompone en medio acuoso (ver figura 4.6) y produciendo el ion amonio y el ion cloruro:

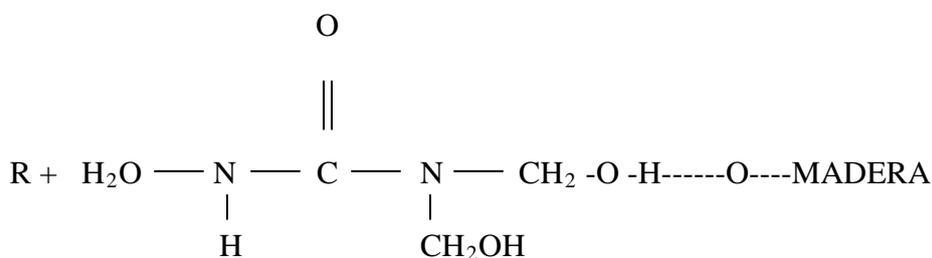


**Figura 4.6- Descomposición del cloruro de amonio**



Al añadirlo a la resina, como catalizador de curado se obtuvo el efecto esperado, en el tiempo bajo consideración. Es hacer notar que incluso el entrecruzamiento ocurre a los comienzos del prensado, cosa que no se observaba con el sulfato.

Cuando la resina diluida con la misma cantidad de agua, como en el caso anterior, se nota que el pegamento con este catalizador sigue actuando adecuadamente en el tiempo bajo consideración. La presencia de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  provoca una disminución del pH cercado un medio ácido, lo que aumenta la velocidad de la reacción de curado, a 383 K. La interacción del pegamento con la madera puede explicarse considerando, en forma genérica, la composición química de este material.(ver figura 2.23). La madera esta constituida por cadenas de celulosas, además de otros compuestos. Los grupos hidroxilos de la celulosa interactúan con compuestos polares, tales los que se encuentran en la resina úrea-formaldehído, como se esquematiza a continuación.



**Figura 4.7- Mecanismo de reacción en la formación de puente de hidrogeno de la madera con la resina.**

En la reacción correspondiente ocurre, la formación de un puente de hidrógeno entre, las moléculas de la resina y la madera (ver figura 4.7).

Como la celulosa es un polímero lineal con uniformidad en el tipo monómero y tipo enlace. El tamaño de las cadenas es usualmente especificado como grado de polimerización. Lo que hace que las moléculas de la resina catalizada interactué con la moléculas de la madera, formando un producto de gran resistencia, duradero y de gran compactación.



### 4.6- Evaluación de la factibilidad económica de las propuestas a implementar

Se realizó un estudio general de la factibilidad económica para evaluar las propuestas seleccionadas, bajo los escenarios de precios actuales y estadísticas de probables eventos que causan la implementación de estas propuestas. Se establecieron consideraciones de entrada necesarias para realizar dicha evaluación, como el periodo de estudio fijado, por la empresa y los flujos monetarios, considerados para el estudio de rentabilidad, inversión inicial, costos operacionales e ingresos brutos. Para efectos de depreciación se utilizó un modelo “línea recta”.

Para el desarrollo de este trabajo no se consideró una inversión inicial como tal ya que la inversión en el proyecto se asumió como cero porque no se diseñaron equipos, se implementaron equipos adicionales para la el desarrollo de este proyecto.

La tasa de corte utilizada para realizar el estudio fue de un 25%, y es fijada por criterio de la empresa.

Una vez que fueron precisadas la tasa de corte se realizaron los cálculos correspondientes, generando un valor positivo de valor actual para la propuesta del cambio del catalizador en cual se traduce que la propuesta representa una ganancia para la empresa.

### 4.7 Cálculo de factibilidad económica utilizando el catalizador actual y el catalizador a implementar

**TABLA 4.5- TABLA DE COSTOS Y CONSUMO ANUAL DE LA MATERIA PRIMA.**

| <b>Materia prima</b>               | <b>Precios (Bs.)</b> | <b>Consumo anual(Kg./años)</b> | <b>Consumo anual(Bs.)</b> |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| <b>Resina (úrea- formaldehído)</b> | 2120 (Bs. /kg.)      | 240.000                        | 508.800.000               |
| <b>Harina de trigo</b>             | 140.000(Bs./saco)    | 840(sacos/años)                | 117.600.000               |
| <b>Sulfato de amonio</b>           | 1784.5 (Bs./ kg.)    | 300                            | 535.530                   |
| <b>Cloruro de amonio</b>           | 1376                 | 300                            | 412.800                   |

Los cálculos específicos típicos (ver apéndice)



**TABLA 4.6- TABLA DE COMPARACION DE LA SITUACION ACTUAL Y LA PROPUESTA.**

| Condición        | Producción de<br>( láminas/ años) | Beneficio<br>(BsF / años) |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Situación actual | 360.000                           | 39.600.000                |
| Propuesta        | 504.000                           | 55.440.000                |

Aplicando los métodos de rentabilidad de la propuesta de sustitución del catalizador se calculó el valor actual (VA), resultando: 34.491.106 BsF y el equivalente anual (EA), arrojándonos un valor de 128.255.178 BsF, tomando 5 años de planeación.

**TABLA 4.7- INDICADORES ECONOMICOS UTILIZADOS PARA LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO**

| <b>Propuesta</b>              | <b>Valor actual ( V.A )<br/>BsF</b> | <b>Equivalente anual (E.A)<br/>BsF</b> |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|
| <b>Cambio del catalizador</b> | 34.491.106                          | 128.255.178                            |

Una vez completado el estudio económico, se puede decir que el proyecto de sustitución del catalizador, es sumamente rentable, debido a que los cálculos de los indicadores económicos utilizados valor actual ( $VA > 0$ ) y el equivalente anual ( $EA > 0$ ) los que indica y verifica la rentabilidad para la empresa la sustitución del catalizador.



En ésta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones más importantes a las que se llegaron una vez culminado el trabajo.

## 5.1 CONCLUSIONES.

1. Se demostró que el cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) es más efectivo que el sulfato de amonio ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ) como catalizador para el curado de la resina úrea-formaldehído que conforma el pegamento para la fabricación de contrachapado.
2. El tiempo de secado o curado de la resina úrea – formaldehído, utilizado en la empresa se disminuyó de 120 S a 90 S, utilizando como catalizador el cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).
3. Cuando se colocó exceso de agua en la resina, utilizando el sulfato de amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), se produce el curado pero el producto terminado sale defectuoso debido a que no hay una suficiente compactación entre el pegamento y la chapa de madera.
4. Cuando se colocó exceso de agua en la resina utilizando el cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), se produce el curado con un producto terminado de calidad en un rango de tiempo 75 S hasta 150 S )
5. El rango de temperatura para el secado del pegamento con catalizador de cloruro de amonio es (363 K hasta los 393 K) y sin catalizador la temperatura debe ser hasta los 463 K para que se produzca el curado.
6. Implementando el catalizador propuesto la producción de láminas de contrachapado aumentaría de 1500 láminas a 2100 láminas.
7. Las ganancias de la empresa iría desde 39.600.000 Bs F a 55.440.000 Bs F.



- 
8. La aplicación del proyecto de sustitución del nuevo catalizador es una alternativa rentable, obteniendo valores positivos para el valor actual (34.491.106 BsF) y el equivalente anual (128.255.178 BsF).
  9. La propuesta planteada es una mejor alternativa a aplicar, de acuerdo a las mediciones económicas, es realizar un cambio del catalizador para mejor producto, y mayor producción.



---

## 5.2 RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda hacer mantenimiento continuo a los rodillos transportadores del pegamento, para que los traveseros tengan mayor contacto y puedan salir suficientemente impregnados del pegamento.
2. Es aconsejable un reordenamiento de los operarios para que tengan mayor espacio y destreza en el ensamblaje de las láminas antes de entrar a la prensa.
3. Se sugiere realizarle mantenimiento continuo a los equipos donde se mezcla y se deposita el pegamento ya que parte del pegamento solidificado de días anteriores pueden llegar al rodillo y entorpecer el proceso.
4. Se sugiere implementar más métodos y equipos para verificar el producto terminado, para así garantizar un producto de gran resistencia y calidad.

## REFERENCIAS

- 1.- BREA, Susana. (1992). **Mejoras en el proceso de operación de una planta Condensado urea-formaldehído.** Trabajo especial de grado. Universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería Química Venezuela.
- 2.- Ballesteros, Otto. (1992). **Estudio del desarrollo de resinas de urea-Melamina-Formaldehído que presenta baja emisión del formaldehído.** Trabajo especial de grado universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de ingeniería Química Venezuela.
- 3.- Berotegui, Maria. A; Rivas Joan. (2001). **Evaluación de los factores que afectan La estabilidad de la resina urea-formaldehído en medio acuoso.** Trabajo especial de grado universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de ingeniería Química Venezuela.
- 4.- Ortiz, Robert; Peña .Jacqueline. (2001). **Mejoras en el proceso de Fabricación de contrachapado en una empresa maderera.** Trabajo especial de grado universidad de Carabobo. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería Industrial Venezuela.
- 5.- George O. Dian.(2002). **Principles of polymerization.** Wiley- intercience, 5ta edición, city university of New York.
- 6.- Masterton, William. (1979). **Química General Superior.** 4ta Edición. Editorial interamericana.
- 7.- Celano Jorge A; Jacobo Guillermo. (2004). **Estudios de la producción de paneles de madera compensada.** Universidad Nacional del Nordeste.
- 8.- D Zavala; Valdivia Acevedo. (2004). **Transferencia de calor y su efecto en el proceso de prensado de tableros de contrachapado.** Universidad Autónoma Chapingo. México.

9.- Justo Lisperguer; Cynthia Droguett. (2002). **Caracterización del curado de resinas urea-formaldehído por calorimetría diferencial de barrido**. Departamento de química, facultad de ciencias, Universidad de Bio Bio. Concepción Chile.

## **CÁLCULO TÍPICO DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA**

### **COSTOS DE PROCESOS DE MATERIA PRIMA.**

La empresa actualmente hace una compra de resina úrea-formaldehído de 15000 Kg cada 15 días, que tomándose 5 días a la semana de trabajo continuo arroja un consumo mensual de 20000 Kg.

#### **Consumo de la resina (urea-formaldehído).**

$(15000 \text{ Kg./ } 15 \text{ días}) * (20 \text{ días/mes}) * (20000 \text{ kg/mes}) * (12 \text{ meses/año}) = 240.000 \text{ kg/año.}$

Tomando 5 días de trabajo a la semana (lunes- viernes).

La empresa compra el Kg. de resina a un precio de 2120 bolívares a la empresa fabricadora.

#### **Costo de la resina (urea-formaldehído).**

El costo de la resina es 2120 Bs/kg.

$(240.000 \text{ kg/año}) * (2120 \text{ Bs/kg}) = 508.800.000 \text{ Bs./año.}$

El consumo de harina de trigo por la empresa es de 70 sacos mensuales y cada saco tiene un valor de 140.000 bolívares lo que cada saco contiene 45 Kilogramos.

#### **Consumo de harina de trigo = (70 sacos/ mes).**

Cantidad en kg / saco = (45kg / saco).

Costo de la harina = (140000Bs/ saco).

#### **Consumo anual.**

$(70 \text{ saco/mes}) * (12 \text{ meses/ } 1 \text{ año}) = 840 \text{ saco/ año.}$

$(840 \text{ saco/año}) * (140.000 \text{ Bs. /saco}) = 117.600.000 \text{ Bs/año.}$

El consumo anual de sulfato de amonio por la empresa es de 5 sacos cada 5 meses y cada saco contiene 25 Kilogramos y cada saco tiene un valor 44612,5 bolívares.

**Consumo de sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  = (5saco/5meses).**

Cantidad en kg/saco = (25kg/ saco).

Precio del saco= 44612,5 Bs.

Costo del sulfato de amonio = 1784.5 Bs/ kg.

**Consumo anual.**

$(25 \text{ kg /saco}) * (12 \text{ saco/ año}) = 300\text{kg /año.}$

$(1784.5\text{Bs / kg}) * (300 \text{ kg/ año}) = 535350\text{Bs / año.}$

El precio de la láminas vendida al publico por la empresa es de 110.000 bolívares

**Precio de la lamina al publico = 110.000 Bs / lámina.**

Producción diaria láminas por la empresa = 1500 láminas/ días.

$(1500 \text{ láminas / días}) * (5 \text{ días / semana}) * (4 \text{ semanas / mes}) * (12 \text{ meses / años})$

= 360.000 láminas / años.

$(360.000 \text{ láminas / años}) * (110.000 \text{ Bs / láminas}) = 39.600.000.000 \text{ Bs / años.}$

El tiempo de operación en la prensa utilizada por la empresa es de 120 segundos.

**Costo y consumo de la propuesta de cloruro de amonio como nuevo catalizador:**

Reducción de tiempo de operación en la prensa de 90 segundos.

La producción de láminas aumentaría a 2100 láminas / días.

Tomando como 5 días de trabajo a la semana.

$(2100 \text{ láminas/días}) * (5 \text{ días / semana}) * (4 \text{ semanas / mes}) * (12 \text{ meses / año})$

= 504.000 láminas / año.

**Producción de láminas en bolívares al año.**

$(504.000 \text{ láminas/ año}) * (110.000\text{Bs / láminas}) = 55.440.000.000 \text{ Bs/ año.}$

**Costo del cloruro de amonio es:** 1376 Bs/ kg.

**Monto en consumo anual.**

Precio del saco= 34400Bs saco

$(25 \text{ kg /saco}) * (12 \text{ saco/ año}) = 300\text{kg /año}$

$$(300 \text{ kg/ año}) * (1376 \text{ Bs / kg}) = 412800 \text{ Bs / año.}$$

**Ganancias en bolívares por láminas fabricadas:**

$$(55.440.000.000 \text{ Bs / año}) - (39.600.000.000 \text{ Bs / año}) = (15.840.000.000 \text{ Bs / año})$$

**Cantidad en bolívares por ahorro de catalizador:**

$$(535.350 \text{ Bs / año}) - (412.800 \text{ Bs / año}) = (122.550 \text{ Bs / año})$$

$$\text{Cantidad ahorrada} = (15.840.000.000 \text{ Bs / año}) + (122.550 \text{ Bs / año})$$

$$= (15.840.122.000 \text{ Bs / año}).$$

Para la implementación de nuevo catalizador se contratan dos operadores extra donde un operador en la empresa gana 1.500.000 Bs / mes.

$$(1.500.000 \text{ Bs / mes}) * (12 \text{ meses / año}) = 18.000.000 \text{ Bs / año.}$$

$$(18.000.000 \text{ Bs / año}) * (2) = 36.000.000 \text{ Bs / año.}$$

$$\text{Flujo monetario total} = (15.840.122.000 \text{ Bs / año}) - (36.000.000 \text{ Bs / año})$$

$$= 15.804.122.000 \text{ Bs / año.}$$

**CÁLCULO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA UTILIZANDO EL CATALIZADOR DE CLORURO DE AMONIO Y AÑADIENDOLE AGUA A LA RESINA.**

Añadiéndose 20 litros de agua a la resina produce un ahorro para la empresa de:

$$(15000 \text{ kg / mes}) * (12 \text{ meses/ año}) = 180.000 \text{ kg/año.}$$

$$(180000 \text{ kg/año}) * (2120 \text{ Bs/kg}) = 38160000 \text{ Bs / año.}$$

Ahorro total anual en la resina:

$$(508.800.000 \text{ Bs/año}) - (381.600.000 \text{ Bs / año}) = 127.200.000 \text{ Bs/ año.}$$

**Tabla. Toxicología del Cloruro de Amonio (nh<sub>4</sub>cl)**

|                       | Efectos agudos                     | Efectos crónicos               |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Contacto con la piel  | Enrojecimientos                    | No hay información disponibles |
| Contacto con los ojos | Enrojecimientos                    | No hay información disponibles |
| Inhalación            | Tos.                               | No hay información disponibles |
| Ingestión             | Nauseas, dolor de cabeza , Vómitos | No hay información disponibles |
|                       |                                    |                                |
| Otros                 | No hay información disponibles     |                                |

**Limites de Aceptación.**

**Limites en aire de lugar de trabajo:** (s/ RES. 444/91) CMP: (Humos) 10 mg/m<sup>3</sup> CMP-CPT: 20mg/m<sup>3</sup>.

**Límites biológicos:** (s/ RES. 444/91): No disponibles

**Equipos de protección personal.**

**Protección respiratoria:** Sí, ventilación (no si es polvo), extracción localizada o protección respiratoria.

**Protección de manos:** Sí, se recomienda guantes protectores.

**Protección de ojos:** Sí, utilizar anteojos de protección de seguridad.

**Protección de cuerpo:** No.

### **Manipulación y almacenamiento.**

**Condiciones de manipulación:** Evitar la dispersión del polvo, No comer, beber ni fumar durante el trabajo, lavarse las manos antes de comer.

**Condiciones de almacenamiento:** Debe ser almacenado separado de: nitrato amónico, clorato potásico, ácidos bases fuertes, sales de plata, cobre y compuestos. Mantener en lugar seco.

### **Medidas de derrames y/o fuga.**

**Precauciones personales:** Respirador de filtro P2 contra partículas nocivas.

**Método de limpieza:** Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante.

### **Medidas a tomar en caso de contacto con el producto- primeros auxilios.**

**En general:** En todos los casos de utilizar los primeros auxilios, derivar al médico.

**Contacto con la piel:** Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.

**Contactos con los ojos:** Enjuagar con agua abundante durante varios minutos, (quitar los lentes de contacto si se puede hacer con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

**Inhalación:** Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.

### **Tabla. Propiedades Físicoquímica del Sulfato de Amonio.**

|                                       |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| <b>Temperatura de ebullición, °C</b>  | 235                          |
| <b>Temperatura de fusión, °C</b>      | Se descompone a 280°C        |
| <b>Presión de vapor,(mmHg A 20°C)</b> | No disponible                |
| <b>Densidad Relativa</b>              | 1,77                         |
| <b>Densidad de vapor(Aire=1)</b>      | No disponible                |
| <b>Solubilidad en agua,g/ml</b>       | 41,22g/100g de agua a 253 °C |

**Datos de Reactividad:** Sustancia estable, condiciones a evitar a altas temperaturas y materiales incompatibles, puede estallar si se mezcla con oxidantes, tales como nitrato de Potasio, nitrito de potasio, y clorato de potasio. Descomposición de productos peligrosos como humos de amoníaco, óxido de azufre, y óxido nitrosos. Y no ocurre polimerización peligrosa.

**Tabla. Riesgos para la Salud y primeros Auxilios**

|   |  |
|---|--|
| <b>Ingestión accidental:</b>                              | Puede causar trastornos gastrointestinales, debe beber agua o leche, los síntomas incluyen dolor abdominal, solicitar asistencia médica.         |
| <b>Contacto con los ojos</b>                              | Irritación y ardor en los ojos, visión, lavar suavemente con agua durante 15min abriendo ocasionalmente los párpados, solicitar atención médica. |
| <b>Contacto con la piel</b>                               | Irritación y enrojecimiento en la piel, lavar con agua corriente durante 15min, al mismo tiempo quitarse la ropa contaminada y calzados.         |
| <b>Absorción</b>  | No identificado, no se dispone información   |
| <b>Inhalación</b>   | Irritación en las vías tractorespiratoria, traslade a un lugar con ventilación adecuada, si respira con dificultad suministrar oxígeno.          |
| <b>Sustancias químicas consideradas como cancerígenas</b> | No.  |

**Tabla. Composición de ingredientes que conforman la resina utilizadas actualmente en la empresa.**

| <b>Composición</b> |                                | <b>% En Peso</b> | <b>Limites de exposición</b> |
|--------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|
|                    | Resina de urea<br>Formaldehído |                  | 61                           |
| Agua               |                                | 36               | No asignado                  |
| Formaldehído       |                                | <2               | 0.7 p.p.m                    |
| Metanol            |                                | <1               | 200,0 p.p.m                  |

**Tabla Riesgo para la salud y efectos de exposición.**

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Limites de exposición</b> | Formaldehído 100% de inhalación LD50 10 p.p.m/LCLO(Humanos) = 34mg/Kg.  |
| <b>Contacto con la piel</b>  | Puede causar irritación y dermatitis por contacto frecuente y prolongado.   |
| <b>Contacto con los ojos</b> | Puede causar severa irritación y lagrimeo.  |
| <b>inhalación</b>            | Causa irritación de las vías respiratorias. En caso extremos puede generar bronquitis y/o laringitis.   |
| <b>ingestión</b>             | Causa sensación d quemaduras en las vías digestivas, nauseas y desmayos.  |
| <b>Carcinógeno</b>           | El formaldehído ha sido clasificado por la nacional toxicology program (NTP) y la internacional Agency for research on cáncer (ARC), como carcinógeno potencial. Cuando se expone a altas temperaturas. |

**Tabla. Características y propiedades Fisicoquímicas de la resina urea – formaldehido**

|                            |                         |                            |  |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| <b>Punto de ebullición</b> | 98°C                    | <b>Sustancia volátiles</b> | 35% en peso                                  |
| <b>Presión de vapor</b>    | 20mmHg a 25°C           | <b>Rata evaporación</b>    | Menor que el acetato de butilo               |
| <b>Densidad de vapor</b>   | Mas pesado que el aire. | <b>Punto de fusión</b>     | No aplicable                                 |
| <b>Peso especifico</b>     | 1,27 (agua=1)           | <b>Apariencia y olor</b>   | Liquido translucido o turbio de olor picante |
| <b>Solubilidad en agua</b> | Parcial                 | -----                      | -----  |

**Tabla. Efectos de reactividad de la resina.**

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Estabilidad de la resina</b>       | Estable  |
| <b>Incompatibilidad</b>               | Ácidos débiles y fuertes                             |
| <b>Condiciones que deben evitarse</b> | Contacto con ácidos y temperaturas superiores a 25°C |
| <b>Productos de descomposición</b>    | Formaldehído y Metanol                               |
| <b>Riesgo de polimerización</b>       | Si puede ocurrir                                     |

El formaldehído ha sido clasificado según SARA Titulo III Regulaciones (40 CFR bajo condiciones normales, esta resina no representa peligro, pero si se manejan grandes volúmenes, en un local cerrado o a elevadas temperatura se deben tomar

precauciones para evitar posibles exposiciones a vapores de formaldehído y/o metanol.  
(370) como crítico y crónico.

**Tabla. Manejo almacenamiento y precauciones especiales**

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Protección Respiratoria</b> | Mascara cara completa con línea de aire independiente o con cartuchos para vapores orgánicos deben utilizarse para evitar la inhalación durante su manipulación. |
| <b>Ventilación</b>             | Proveer ventilación local con extracción.  |
| <b>Guantes protectores</b>     | Guantes de material sintético (Neopreno o PVC)   |
| <b>Protección de los ojos</b>  | Protección facial o monolentes químicos  |
| <b>Otras precauciones</b>      | Duchas de seguridad deben existir en los sitios de trabajo   |
| <b>Almacenamiento</b>          | En lugares frescos y ventilados a una temperatura no mayor de 25 °C, Evitar el contacto directo.   |
| <b>Otras</b>                   | La polimerización de esta resina, generalmente ocasiona emisiones de formaldehído.   |

**Tabla. Equipos involucrados para la fabricación de la lámina de contrachapado.**

| CÓD | EQUIPO               | DESCRIPCION   |
|-----|----------------------|---|
| TD  | TORNO DESENROLLADOR  | Cantidad : 1<br>Marca: Privasa<br>Longitud útil: 2,70 m<br>Diámetro Máximo: 1,80 m<br>Espesor a cortar: 0,05 a 5 cm.<br>Sistema del torno: hidráulica<br>Potencia del motor principal: 100 hp |
| EB  | ENROLLADOR DE BOBINA | Motor: corriente continúa. 100 hp<br>Almacén de Bobinas cargadas 2 Pisos:<br>2.<br>Almacén de Bobinas Vacías<br>(retorno):1.<br>Bobinas metálicas con rodamiento<br>Blindado: 12.             |
| CZ  | CIZALLA              | Marca: Angelo Cremona.<br>Tipo: automática.<br>Corte: automático Células<br>fotoeléctricas.<br>Capacidad: 200 Golpes/ min.  |
| Sc  | SECADOR              | Marca: Tromag.<br>Tipo: 128/50.<br>Ancho útil de trabajo : 2,80 m<br>Largo útil de trabajo: 18 m.   |

**Tabla Equipos involucrados para la fabricación de la lámina de contrachapado. (Cont)**

|     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| Sc  | SECADOR          | Superficie de secado : 100 m<br>Necesidad caloríficas: 900000 kcal/hr<br>Rendimiento: 2,50 m <sup>3</sup> /h<br>Humedad en chapas (inicial): 70%<br>Humedad en chapas (final): 10%                         |
| PR2 | PRENSA MONOPLATO | Marca: Simpelkan<br>Tipo: 10 pisos<br>Dimensiones: 2,60*1,32 m   |
| PR1 | PRENSA CONTINUA  | Marca: Dieffenbacher<br>Temperatura : 100- 110 °C<br>Presión Hidráulica :190-210 kg/cm <sup>2</sup><br>Tiempo de prensado: 2,5-3,0 min.<br>Tiempo de cargar: 0,2 min.<br>Tiempo de descargar: 0,2 min.     |
| C   | CALDERA          | Marca: Konus<br>Tipo de aceite: térmico<br>Potencia calorífica: 2500000 kcal/h<br>Combustible: Fuel-oil ó Diesel<br>Accesorios: Intercambiador de calor.<br>Armario de maniobras, quemador de dos mecheros |
| G1  | GUILLOTINA 1     | Marca: Jhom<br>Ancho de corte: 2,60 m  |
| G2  | GUILLOTINA 2     | Marca: Dresan<br>Ancho de corte:2.50 m   |

**Tabla Equipos involucrados para la fabricación de la lámina (Cont).**

|     |                          |  |
|-----|--------------------------|--|
|     | JUNTADORA DE<br>CHAPILLA | Marca: Kuper<br>Tipo: de hilo<br>Bancada:1,30 m  |
| Ec  | ENCOLADORAS              | Marca: Burkler<br>Bancada:1,30 m   |
| Es  | ESCUADRADORA             | Marca: Cremona<br>Tipo: de 3 discos  |
| Cza | CIZALLA                  | Marca: Dresan<br>Tipo: de cuchilla<br>Longitud de cuchilla: 4 m<br>(Preparación de chapas)   |
| Lj  | LIJADORA                 | Marca : S. Cremona<br>Tipo: de contacto<br>Ancho útil: 1,80 m  |
| S   | SIERRAS                  | Marca: Armenta<br>Diámetro de volante: 1,40 m<br>Velocidad angular: 1800 rev/min<br>Ancho de llantas: 206 mm<br>Altura de corte:180 cm |

**Tabla. Herramientas utilizadas para la elaboración de las láminas de contrachapado.**

| <b>HERRAMIENTAS</b> | <b>CARACTERISTICAS Y USO</b>  |
|---------------------|---|
| Tobo                | Envases plásticos de forma cilíndrica, para trasladar el pegamento.   |
| Mesa Móvil          | Elaborada con hierro de 2,00 m de largo, 1,30 m de ancho y 40 cm de alto, con mango de empuje de 1,50 m de alto, se utiliza para trasladar la ruma de chapillas.      |
| Soporte de Bobina   | Formada por una estructura metálica con rieles de traslado de bobinas, se utiliza para colocar las Bobinas.   |
| Bobinas             | Se utilizan para enrollar las chapillas   |
| Mesa fija           | Mesa de hierro de forma rectangular con dimensiones de 2.50 m de largo y 1.50 m de ancho y 1.50 m de alto. Se utiliza para ensamblar las láminas que van a la prensa. |
| Mascarilla          | De material flexible tipo filtro. Se utiliza para evitar la inhalación del aserrín.   |
| Adhesivos           | Cinta utilizada en la máquina juntadora para mantener unidos los extremos de las chapillas  |
| Tanque de pega      | Tanque de hierro en forma cilíndrica. Se utiliza para elaborar y almacenar el pegamento utilizado en la máquina encoladora.   |