

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“DISEÑO DE UN PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN
DE TABLEROS QUE SE UTILIZARÁN COMO MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN”**

Presentado por:

MARIELA DEL C. ROJAS H.

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
requisito

parcial para optar al título de:

INGENIERO QUÍMICO

Puerto La Cruz, diciembre de 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“LOS TRABAJOS DE GRADO SON EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar presente en cada momento de mi vida; tú mi Señor, me ayudas en los instantes mas difíciles y me das fuerzas para continuar. Sin ti no encontraría la paz, la tranquilidad y la valentía que necesito para lograr cada proyecto de vida. Tú me ayudaste en mis pasos y me guiaste hasta donde con tanto esfuerzo he logrado llegar.

... Gracias mi Dios...!

A la Universidad de Oriente, por formar en su gran mayoría a jóvenes con enormes deseos de superación. Ésta, nuestra casa mas alta se convierte para muchos de nosotros en un segundo hogar, llenándonos de retos que poco a poco, pero con mucha certeza logramos superar, siendo sus profesores los guías principales en nuestra formación académica y personal. Ellos nos dan las herramientas principales para que en el futuro seamos personas de bien profesionalmente.

...Gracias Universidad de Oriente...!

Al señor Luis Salazar, por ser mi segundo asesor y animarme a emprender junto a él este viaje de ideas y conocimientos que nos ha llevado al logro de una parte de este gran proyecto. Por enseñarme que cuando se quiere, se puede sin importar la magnitud de nuestras ideas. Por haber sido uno de los pilares de mi proyecto y estar siempre, justo cuando más necesité de su valiosa ayuda.

...Gracias Sr. Luis...!

A la profesora Maritza Millán, no solo por ser mi asesor académico, sino también por ser consejera y amiga. usted profesora, con su sabiduría, alegría y optimismo nos enseña que hay muchas soluciones para un solo problema, y que no hay que dejar que las dudas nos venzan. Por compartir y convertir sus conocimientos en una herramienta indispensable en cualquier proyecto de vida; por ser una mujer emprendedora y digna de admiración.

...Gracias Prof. Maritza...!

A mis padres y hermanos, ustedes tuvieron la paciencia, el amor, la sabiduría y todas las herramientas necesarias para lograr hacer de mí una persona de bien, con metas y logros que poco a poco he podido alcanzar. Me dieron oportunidades cuando mas las necesite dándome con cada una de ellas una lección de vida. Sin ustedes no sería lo que soy hoy por hoy.

...Gracias padres y hermanos...!

A mi esposo e hijo, porque cada uno a su manera me han animado a continuar y a terminar esta meta propuesta, llenándome cada día de ideas y planes que en un futuro quisiera emprender con ustedes; son mis motivos para surgir y seguir adelante.

...Gracias Juancito y Abigail...!

A todas aquellas personas como familiares y amigos, por haber sido parte importante en la culminación de mi carrera. Ustedes estarán siempre en mi corazón y en aquellos recuerdos buenos y malos que formaron parte de esta etapa de mi vida; amigos, queda demostrado que la competencia sana nos ayuda a superarnos a nosotros mismos.

...Gracias a todos...!

RESUMEN

En este trabajo se diseñó un proceso tecnológico para la fabricación de tableros que se utilizarán como materiales de construcción. Para ello se utilizaron tres tipos de material fibroso como lo son el aserrín, el bagazo de caña, papel/cartón, y otras materias primas como la lignina alcalina y material plástico. Se hizo un mezclado de la materia prima mediante calentamiento para la homogeneización del material, y posteriormente la mezcla fue prensada para obtener las probetas a las cuales se les realizaron los ensayos físico-mecánicos (compresión, densidad, absorción de agua e hinchamiento en espesor); con estos resultados se logró obtener la probeta con mejores características, siendo su formulación 50% aserrín, 35% material plástico y 15% lignina. En el caso de la absorción de agua e hinchamiento en espesor se presume que las variables que influyen son la presión y la temperatura de prensado; en la propiedad de la resistencia a la compresión influye la dirección de las fibras, y en el caso de la densidad se presume que influyen la molienda del material fibroso, la presión de prensado, la cantidad de lignina y plástico agregado. Luego se procedió a seleccionar los equipos que permitirían la fabricación de los tableros a nivel industrial, según los procedimientos requeridos en el laboratorio y se presentó un diagrama de flujos del proceso. Sucesivamente se realizó un estimado de costos clase IV, basado en el porcentaje de costos de equipos entregados en donde la inversión total de capital resultó ser de 16.642.632,95 Bs.F. Como complemento se calculó la factibilidad económica del proyecto en donde la ganancia por tablero vendido es de 33,09 Bs.F produciéndose 266.418,06 tableros por año, dando como resultado que la tasa interna de retorno (TIR) fue de 56,60%, y que el periodo de recuperación de la inversión o tiempo de pago dinámico es de 2,77 años, indicando que el proyecto es factible siempre y cuando se obtenga la lignina a su costo de producción.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iv
CONTENIDO	v
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
Capítulo 1	i
INTRODUCCIÓN	i
Objetivos	3
<i>Objetivo general</i>	3
<i>Objetivos específicos</i>	3
Capítulo 2	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. <i>Antecedentes</i>	4
2.2. <i>Conocimientos generales sobre la lignina</i>	5
2.2.1. Fuentes primarias	6
2.2.2. Nomenclatura	7
2.2.3. Propiedades y composición.....	8
2.2.4. Ligninas de sulfito	9
2.2.4.1. Utilización de la lignina al sulfito	10
2.2.5. Ligninas alcalinas	11
2.2.5.1. Fabricación de la lignina alcalina	12
2.2.5.2. Propiedades y usos de las ligninas alcalinas.....	12

2.2.6. Ligninas comerciales	14
<i>2.3. Material fibroso</i>	<i>14</i>
2.3.1. Cartón.....	14
2.3.2. Papel	15
2.3.2.1. Tipos de papel	15
2.3.3. Bagazo de caña.....	15
2.3.4. Aserrín	16
<i>2.4. Sustancias o aditivos.....</i>	<i>16</i>
2.4.1. Ácido sulfúrico	16
2.4.2. Urea.....	16
2.4.2.1. Propiedades de la urea	17
2.4.2.2. Solubilidad de la urea	17
2.4.2.3. Usos y aplicaciones	17
2.4.3. Ácido acético	18
2.4.3.1. Aplicaciones del ácido acético	18
2.4.4. Glicerina	19
2.4.5. Ácido succínico.....	20
2.4.5.1. Propiedades del ácido succínico	20
2.4.6. Parafina	20
<i>2.5. Resina y plástico</i>	<i>21</i>
2.5.1. Tipos de plásticos.....	21
<i>2.6. Estimaciones del costo de capital.....</i>	<i>22</i>
2.6.1. Estimación de la inversión de capital.....	24
2.6.1.1. Porcentaje del costo del equipo entregado	24
<i>2.7. Cálculo de la factibilidad económica.....</i>	<i>25</i>
2.7.1. Tasa de retorno porcentual estándar de la inversión (TR)	26
2.7.2. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	27

2.8. Diagramas de flujo en Ingeniería Química	27
2.8.1. Diagramas en bloques.....	28
2.8.2. Diagramas simplificados de los equipos del proceso	28
2.8.3. Diagramas detallados de equipos	29
2.8.4. Diagramas de instrumentación y proceso	29
2.8.5. Diagrama de distribución de equipos e instalaciones (Lay-out)..	30
2.9. Patentes utilizadas	30
2.9.1. Manufactura de resina a partir de lignina	30
2.9.1.1. Extracto	30
2.9.2. Preparación del material para el tablero. Material fibroso: aserrín, cartón, bagazo, etc.	33
2.9.3. Material plástico hecho de una mezcla de polímeros	35
2.9.3.1. Extracto	35
2.9.3.2. Fondo de la invención	36
2.9.3.3. Descripción de la personificación	37
2.9.3.4. Personificación	38
2.10. Ensayos físicomecánicos	38
2.10.1. Resistencia a la compresión.....	38
2.10.2. Absorción de agua e hinchamiento en espesor.....	39
2.10.3. Densidad	41
Capítulo 3	43
DESARROLLO DEL TRABAJO.....	43
3.1. Obtención de la formulación adecuada	43
3.1.1. Equipos, materiales y sustancias utilizadas	43
3.1.1.1. Equipos.....	43
3.1.1.2. Materiales	44
3.1.1.3. Sustancias	45

3.1.2. Fabricación de la primera muestra del tablero.....	45
3.1.3. Preparación de la segunda muestra del tablero	45
3.1.4. Preparación de la tercera muestra del tablero.....	46
3.2. <i>Análisis de las propiedades fisicomecánicas</i>	54
3.3. <i>Selección de los equipos que permitirán la fabricación de los tableros</i>	55
3.3.1. Diagrama de flujo del proceso tecnológico requerido para la fabricación de los tableros	55
3.3.2. Descripción de los equipos a utilizar en el proceso tecnológico	56
3.3.3. Etapas de preparación del material antes de llegar al extrusor..	57
3.3.4. Localización de los equipos dentro de la planta (Lay-out de equipos)	58
3.3.5. Localización del área disponible para la instalación de la planta	58
3.4. <i>Realización de un estimado de costos (Clase IV) del proceso tecnológico diseñado</i>	58
3.4.1. Costo del equipo entregado.....	59
3.4.2. Estimación de la inversión total de capital del proyecto	59
3.4.3 Estudio de la factibilidad económica.....	62
3.4.4. Costos directos de producción	62
3.4.4.1. Cálculos con el costo de producción de la lignina	63
3.4.4.1.1. Materia prima.....	63
3.4.4.1.2. Mano de obra directa.....	64
3.4.4.1.3. Servicios básicos.....	65
3.4.4.1.4. Mantenimiento y reparaciones.....	65
3.4.4.1.5. Suministro para las operaciones	65
3.4.4.1.6. Gastos de laboratorio	66
3.4.4.2. Costos fijos	66
3.4.4.2.1. Depreciación.....	66

3.4.4.3. Costos indirectos de producción.....	67
3.4.4.3.1. Mano de obra indirecta	67
3.4.4.3.2. Gastos de administración	67
3.4.4.4. Comparación entre el costo del producto elaborado con el proceso industrial diseñado y el precio de venta en el mercado.....	67
3.4.4.1.2. Mano de obra directa.....	68
3.4.4.1.3. Servicios básicos.....	68
3.4.4.1.4. Mantenimiento y reparaciones.....	69
3.4.4.1.5. Suministro para las operaciones	69
3.4.4.1.6. Gastos de laboratorio	69
3.4.4.2. Costos fijos	70
3.4.4.2.1. Depreciación.....	70
3.4.4.3. Costos indirectos de producción.....	70
3.4.4.3.1. Mano de obra indirecta	70
3.4.4.3.2. Gastos de administración	71
3.4.4.4. Comparación entre el costo del producto elaborado con el proceso industrial diseñado y el precio de venta en el mercado.....	71
3.4.4.5. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).....	72
3.4.4.6. Cálculo del tiempo de pago dinámico (n)	73
3.4.4.7. Cálculos con el costo de venta de la lignina	73
3.4.4.7.1. Materia prima.....	73
3.4.4.7.2. Mano de obra directa.....	74
3.4.4.7.3. Servicios básicos.....	74
3.4.4.7.4. Mantenimiento y reparaciones.....	74
3.4.4.7.5. Suministro para las operaciones	75
3.4.4.7.6. Gastos de laboratorio	75
3.4.4.8. Costos fijos	75
3.4.4.8.1. Depreciación.....	75
3.4.4.9. Costos indirectos de producción.....	76

3.4.4.9.1. Mano de obra indirecta	76
3.4.4.9.2. Gastos de administración	76
3.4.4.10. Comparación entre el costo del producto elaborado con el proceso industrial diseñado y el precio de venta en el mercado.....	77
Capítulo 4	79
DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
4.1. <i>Discusión de resultados</i>	79
4.1.1. Obtención de la formulación adecuada.....	79
4.1.2. Análisis de las propiedades físico-mecánicas.....	76
4.1.3. Selección de los equipos que permitirán la fabricación de los tableros	82
4.1.4. Realización de un estimado de costos (Clase IV) del proceso tecnológico diseñado	82
4.1.5. Estudio de la factibilidad económica	83
4.2. <i>Conclusiones</i>	87
4.3. <i>Recomendaciones</i>	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	1
AUTOR (ES):	1
PALÁBRAS O FRASES CLAVES:.....	1
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	2
RESUMEN (ABSTRACT):	2
CONTRIBUIDORES:.....	3
FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:.....	3
LENGUAJE. SPA.....	3

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	4
ARCHIVO (S):	4
ALCANCE	4
ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)	4
TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)	4
TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:	4
NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:	4
ÁREA DE ESTUDIO:	4
INSTITUCIÓN:	4
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	5
DERECHOS	5
POR LA SUBCOMISION DE TESIS	5

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Contenidos típicos de lignina de maderas americanas	7
Tabla 2.2	Principales fabricantes de lignina.....	14
Tabla 2.3	Propiedades físicas de la urea.....	17
Tabla 2.4	Solubilidad de la urea.....	18
Tabla 2.5	Factores relativos para la estimación de inversión de capital para los diversos rubros, basados en el costo del equipo entregado	26
Tabla 2.6	Valores de las propiedades físico-mecánicas de la madera asociadas a cada clase.....	42
Tabla 3.1	Porcentaje en masa de lignina, material plástico y fibroso utilizado en la fabricación de las probetas	47
Tabla 3.2	Datos necesarios para el cálculo de la resistencia a la compresión	49
Tabla 3.3	Valores necesarios para el cálculo de la resistencia a la absorción de agua e hinchamiento en espesor	52
Tabla 3.4	Dimensiones y peso de las probetas	53
Tabla 3.5 a)	Costo de los equipos entregados correspondientes al proceso tecnológico diseñado para la fabricación de los tableros.....	60
Tabla 3.5 b)	Costo de los equipos entregados correspondientes al proceso tecnológico diseñado para la fabricación de los tableros.....	60
Tabla 3.6	Costos asociados a la compra de equipos en el extranjero según el porcentaje del costo del equipo a importar	61
Tabla 3.7	Total de costos de los equipos entregados.....	61
Tabla 3.8	Diversos rubros considerados para la estimación de la inversión total de capital, basados en el costo del equipo entregado	63
Tabla 3.9	Costos de producción anual.....	71

Tabla 4.1 Resistencia a la compresión de las muestras de los tableros en distintas unidades	73
Tabla 4.2 Valores de porcentaje de hinchamiento en espesor y absorción de agua para las probetas seleccionadas.....	74
Tabla 4.3 Volumen de las probetas y densidad de las mismas	75
Tabla 4.4 Propiedades de las tres mejores muestras	75
Figura 4.7 Porcentaje de absorción de agua en función del porcentaje de material plástico utilizado en los tres tipos de fibra.	78
Tabla 4.5 Estimación de la inversión de capital de los diversos rubros, basada en el costo de los equipos entregados	84
Tabla 4.6 Costos de producción en función del costo de venta del tablero en el mercado, basados en el costo de producción de la lignina	85
Tabla 4.7 Costos de producción en función del costo de venta del tablero en el mercado, basados en el costo de venta de la lignina.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.9 Diagrama de flujo del proceso para la fabricación de los tableros	57
Figura 4.1 a) Tablero hecho con papel y cartón como material fibroso, b) Tablero hecho con bagazo de caña como material fibroso.....	71
Figura 4.2 a) Tablero hecho siguiendo el procedimiento de la figura 3.3, b) Tablero hecho siguiendo el procedimiento de la figura 3.4.....	71
Figura 4.3 Probetas representativas de la tercera muestra del tablero.....	71
Figura 4.4 Porcentaje de hinchamiento en espesor en función del porcentaje de material plástico utilizado en los tres tipos de fibra.	76
Figura 4.5 Porcentaje de hinchamiento en espesor en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.	77
Figura 4.6 Porcentaje de hinchamiento en espesor en función del porcentaje de fibra utilizado en los tres tipos de material fibroso.	77
Figura 4.8 Porcentaje de absorción de agua en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.	78
Figura 4.9 Porcentaje de absorción de agua en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.	79
Figura 4.10 Densidad en función del porcentaje de material plástico utilizado en los tres tipos de fibra.....	80
Figura 4.11 Densidad en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.	80
Figura 4.12 Densidad en función del porcentaje de fibra utilizado en los tres tipos de material fibroso.....	81

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la civilización, se ha empleado la madera por poseer características muy convenientes para su uso como material estructural. Algunas de éstas son: facilidad de conformación, bajo peso específico, apariencia agradable y buenas propiedades mecánicas, térmicas y acústicas, etc. Al contrario de la mayoría de los materiales estructurales, la madera tiene resistencia a tensión superior a la de compresión, aunque esta última es también aceptablemente elevada (Peña y Rojas, 2006).

Éstas y otras propiedades, han dado a la madera un campo de aplicación muy variado, especialmente como material de construcción. Hoy en día, sin embargo, la aparición de nuevos materiales con mejores propiedades o más económicos, han desplazado en muchos casos a la madera de sus aplicaciones tradicionales. Otro factor muy importante que ha llevado a la reducción en el uso de la madera ha sido la escasez de bosques provocada por la deforestación (Peña y Rojas, 2006).

A principio de los 90, los compuestos de madera y resinas, fabricados con residuos de madera y resinas recicladas, se han utilizado como alternativas económicas y no perjudiciales para el ambiente en plataformas; en componentes como barandas, blindajes, revestimientos exteriores, molduras y adornos, marcos de ventana y puertas; y en pequeñas estructuras como bancos de parque. Industrialmente las resinas han sido utilizadas como pegamento en la fabricación de papel Kraft y cartón, se utilizó en la preparación de mezclas de ácido bencílico en agua con el objetivo de disminuir el consumo de este ácido en el revelado de las fotos, en productos desinfectantes y ambientadores por sus cualidades emulsificantes, en la obtención de emulsiones asfálticas dedicadas a la pavimentación de

vías y como aditivos con acción plastificante y reductora de agua para morteros y hormigón (Comité técnico ASTM, 2007).

Con la finalidad de disminuir el uso de la madera en la industria de la construcción y de promover el uso de un nuevo material que sirva como sustituto de ésta, se ha planteado en este proyecto como objetivo principal el diseño de un proceso tecnológico para la fabricación de tableros que serán utilizados en la construcción. Para ello será necesario obtener la formulación adecuada para la fabricación de los tableros combinando los aditivos necesarios para la fabricación del plástico fibroso, a los cuales se les harán análisis físico-mecánicos para observar los efectos producidos por el tipo de material fibroso y de los aditivos utilizados. Esto ayudará en la selección de los equipos que permitan la elaboración de los tableros, realizando un estimado de costos para el proceso de fabricación final seleccionado.

OBJETIVOS

Objetivo general

▲ Diseñar un proceso tecnológico para la fabricación de tableros que se utilizarán como materiales de construcción.

Objetivos específicos

1. Obtener la formulación adecuada para la fabricación de los tableros.
2. Analizar los efectos producidos por el tipo de material fibroso y los aditivos utilizados en las propiedades físico-mecánicas del tablero.
3. Seleccionar los equipos que permitirán la fabricación de los tableros.
4. Realizar un estimado de costos (clase IV) del proceso tecnológico diseñado para la fabricación de tableros.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Velásquez (2002) logró fabricar tableros de fibras sin aditivos de calidad comercial a partir de *Miscanthus sinensis*, planta que fue pretratada con vapor, posteriormente se secó, molió y prensó para formar los tableros. Optimizó tanto las condiciones del pretratamiento como las del prensado para mejorar las condiciones mecánicas de éstos. También verificó que la adición, de hasta un 30 %, de lignina Kraft a los tableros mejora algunas propiedades mecánicas sin deteriorar las demás características.

Navarro (2005) utilizó residuos sólidos plásticos HDPE (polietileno de alta densidad), como envases de leche y fibra de estopa de coco para la fabricación de aglomerados, los cuales fueron analizados y sometidos a diferentes pruebas de laboratorio con el objeto de conocer las características físico-mecánicas, para con ello llegar a ser utilizados como materiales alternos en la vivienda e introducir en el mercado un producto con mejores cualidades o similares a los ya existentes.

Contreras, Owen, Cloquell, Contreras y Garay (2006), realizaron mejoras al diseño de producto y proceso de manufactura de tableros aglomerados de partículas de caña brava (*Gynerium sagittatum*) y adhesivo fenol - formaldehído (FF), con resinosidad (R) de 10 % y 13 %. Determinaron resultados positivos en el diseño del producto, del proceso de manufactura y valores en las propiedades físicas y mecánicas. Para Venezuela, la propuesta de elaborar tableros a partir de caña brava y otras gramíneas fue innovadora y permitió, entre otros, disminuir la presión industrial sobre la frontera forestal en pro del desarrollo sostenible, además, repotenciaría la

industria de tableros, abriría nuevos centros de producción industrial en zonas rurales aportando beneficios sociales y económicos para las comunidades adyacentes una vez establecidas las plantaciones de caña brava.

Villegas (2007) realizó el diseño conceptual de un proceso tecnológico para la obtención de lignina utilizando el desecho líquido (licor negro) de una planta procesadora de papel.

Este trabajo se diferencia de los anteriores pues pretende la realización de tableros para la construcción, donde se utilizará como aditivo principal lignina alcalina. Este polímero natural servirá como material aglomerante en sustitución de las resinas sintéticas como las utilizadas en la fabricación de contra enchapados. Una vez obtenida la formulación, se realizarán los ensayos mecánicos correspondientes, se presentará el modelo tecnológico adecuado y se realizará el estudio de costos para el diseño de dicho proceso.

2.2. Conocimientos generales sobre la lignina

Lignina, palabra proveniente del latín “lignum”, que significa leño; es después de la celulosa, el principal componente de la madera. Está íntimamente asociada a la celulosa en el tejido leñoso y es probable que esté químicamente ligada con la celulosa, carbohidratos u otros componentes (Kroger, 2002). La lignina es un componente esencial de los tallos de los árboles arborescentes de gimnospermas y angiospermas en los cuales se encuentra en cantidades que varían entre el 15 y el 30 %. Sin embargo, La lignina no se restringe solamente a plantas arborescentes sino se encuentran también en constituyentes integrales de la pared celular en todas las plantas vasculares incluyendo las variedades herbáceas (Herbert y Capetillo, 2008).

Su estructura química en la madera sigue siendo desconocida; pero cuando se separa de otras sustancias, la lignina es una sustancia polimérica

que tiene grupos hidroxilos y metoxilos. Existen muchos tipos de ligninas, con propiedades y composiciones variables según el origen de la lignina y al tratamiento al que se la ha sometido. Los líquidos residuales de la industria de la pulpa de madera son la fuente principal de la pequeña porción de ligninas que se están usando. De esta fuente se obtienen ligninas, lignato de sodio y sulfonatos de lignina (lignosulfonatos) en forma de líquidos pardos o polvos de pureza muy variable. Las ligninas sirven como aglutinantes, como rellenos y como extendedores. Otros usos son su conversión en vanilina, en materiales curtientes, en dispersantes para reforzar materiales de relleno para caucho (Kroger, 2002).

La lignina es un polímero natural heterogéneo, de carácter aromático, constituyente característico de las plantas, el cual está formado por unidades de tipo fenilpropano sustituidas y usualmente asociado a la celulosa y a las hemicelulosas. La multifuncionalidad química de la lignina imparte a ésta propiedades muy variadas y permiten un apreciable número de transformaciones químicas (Cruz, Dopico, Figueredo, Rodríguez y Martínez, 1997).

Los químicos han conocido la existencia de la lignina desde hace más de un siglo, pero sólo en los últimos 30 o 40 años se han hecho estudios intensos de sus propiedades y se inició su utilización. La mayor parte de los primeros trabajos se encaminaron a establecer la constitución de la lignina y se dedicó poco tiempo a estudios detallados de su utilidad (Kroger, 2002).

2.2.1. Fuentes primarias

Los árboles son la fuente más abundante de lignina. Tanto la corteza como la madera contienen lignina. Las maderas de coníferas, que son las maderas blandas, suelen contener lignina en un promedio del 28 %, mientras que las maderas de los árboles de hojas caducas (árboles que renuevan hojas todos los años), que son las maderas duras, tienen un promedio de 24

%. La mayor parte de la lignina de la madera se encuentra en la sustancia incrustante que está entre las fibras, las laminillas intermedias; parece que existe alguna lignina dentro de las fibras y en las paredes de las células (Kroger, 2002).

La cantidad de lignina varía según la especie de árbol y aún en árboles de la misma especie (tabla 2.1). El contenido de lignina varía también con otros muchos factores: la madera de verano tiene más lignina que la de primavera; las células radiales tienen más lignina que el tejido ordinario de la madera; el corazón de la madera contiene más lignina que la albura (parte más externa del leño del árbol, situada inmediatamente debajo de la corteza), y los árboles maduros tienen más lignina que los jóvenes. La lignina se produce, pues, en cantidades enormes en la naturaleza (Kroger, 2002).

Tabla 2.1 Contenidos típicos de lignina de maderas americanas
(<http://www.gtiuruguay.com>)

Coníferas	%	No coníferas	%
Pino blanco del oeste	26,4	Tiemblo	17,3
Pino mohoso	26,6	Sauce	22,0
Abeto rojo	26,6	Nogal	23,4
Abeto blanco	26,6	Arce	23,5
Pino amarillo del oeste	26,7	Roble blanco	24,1
Abeto balsámico	30,1	Eucaliptus	25,1
Cedro amarillo	31,3	Balsa	26,5
Pinabete del Canadá	31,5	-----	----

2.2.2. Nomenclatura

El término lignina se usaba ya a comienzos del siglo XIX, y se designó primero a la sustancia de la madera misma y después a toda la porción que

no era celulosa. Al progresar los conocimientos y la destreza de los químicos, se identificaron y separaron diversas sustancias en la parte no celulósica de la madera: carbohidratos, taninos, resinas, alcoholes, otros compuestos orgánicos, y el residuo siguió llamándose lignina. A medida que se fueron separando más sustancias y se fueron acumulando datos sobre este residuo, los químicos se convencieron de que sus propiedades eran muy específicas para considerarlo como un grupo de sustancias estrechamente relacionadas, tal vez un polímero de una molécula de lignina definida, y ésta es la opinión que prevalece actualmente. Para muchos, el término lignina es todavía aplicado a un residuo. Así, cuando se analiza la pulpa, todo el material insoluble en ácido sulfúrico al 72 % se designa como “lignina” (Kroger, 2002).

2.2.3. Propiedades y composición

La lignina realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas. Por ejemplo, posee un importante papel en el transporte interno de agua, nutrientes y metabolitos. Proporciona rigidez a la pared celular y actúa como puente de unión entre las células de la madera, creando un material que es notablemente resistente a los impactos, compresiones y flexiones. Realmente, los tejidos lignificados resisten el ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular (León, 2010).

Las ligninas son polímeros insolubles en ácidos y en álcalis fuertes, que no se digieren ni se absorben y tampoco son atacados por la microflora del colon. Pueden ligarse a los ácidos biliares y otros compuestos orgánicos (por ejemplo, colesterol), retrasando o disminuyendo la absorción en el intestino delgado de dichos componentes. El grado de lignificación afecta notablemente a la digestibilidad de la fibra. La lignina, que aumenta de manera notable en la pared celular de la planta con el curso de la

maduración, es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad de los polisacáridos fibrosos (León, 2010).

Las ligninas aisladas experimentalmente o que se encuentran en el comercio son sólidos friables, por lo general polvos, sin forma cristalina visible, ni aún en el microscopio electrónico. Según su origen, tienen densidades de 1,3 a 1,4, y un índice de refracción de 1,6. Su color suele ser pardo, aunque experimentalmente se han logrado ligninas muy claras. Las ligninas son insolubles en agua, en ácidos minerales fuertes y en hidrocarburos. Su insolubilidad en ácido sulfúrico al 72 % es la base de una prueba cuantitativa para distinguirlas de la celulosa y otros carbohidratos en maderas y pulpas de madera. Las ligninas comerciales son solubles en soluciones alcalinas acuosas, y algunas son también solubles en muchos compuestos orgánicos oxigenados y en aminas. Por el calor, las ligninas no se funden, sino que se reblandecen y después se carbonizan. La composición elemental de las ligninas varía entre el 61-65 % de carbono; 5-6,2 % de hidrógeno, y el resto oxígeno. El calor de combustión se ha cifrado en 6278 kcal./kg. Las ligninas parecen consistir en una mezcla de polímeros de un monómero de peso molecular 840-880 (Kroger, 2002).

2.2.4. Ligninas de sulfito

Las ligninas de esta clase son Binderine, Glutrin, Goulac, Maracell, Marasperse, Maratan y Maratex. Esto no quiere decir que todas ellas tengan propiedades semejantes, sino sólo que tienen un origen común; esto es: el líquido residual sulfitado de las fábricas de pulpa por el procedimiento del sulfito y el ácido. En realidad, la mayoría de ellas no contienen lignina, sino solamente derivados sulfónicos (Kroger, 2002).

En el proceso al sulfito se utiliza un ácido de cocción que resulta de una combinación de ácido sulfuroso libre y ácido sulfuroso combinado como bisulfito de magnesio (procedimiento al bisulfito de magnesio). En el proceso

al sulfito el líquido de cocción penetra en la madera en el sentido longitudinal de las fibras, que corresponde al sentido longitudinal de las astillas. Tras la penetración, la lignina se reduce en el proceso de cocción propiamente dicho, adoptando una forma soluble al agua que permite su eliminación en el lavado. Los productos de degradación de los hidratos de carbono se encuentran en el líquido de cocción en forma de azúcares (Grupo SAPPI, 2004).

Las maderas usadas en el procedimiento al sulfito son mezclas muy variables de maderas de coníferas y de árboles de hoja caduca; la composición depende del punto donde está instalada la fábrica, del costo de la madera para pulpa, de las especificaciones de la pulpa y de otras consideraciones variables. La base usada puede ser calcio, magnesio, sodio o amoníaco. Durante la cocción, las sustancias incrustantes de la madera, entre ellas la lignina, se disuelven dejando en libertad a la celulosa, y el líquido sulfítico gastado se arroja a las corrientes de aguas cercanas (Kroger, 2002).

2.2.4.1. Utilización de la lignina al sulfito

El líquido residual al sulfito se usa como aglomerante para los caminos de tierra; para la fabricación de adhesivos, especialmente para el recubrimiento de pisos, y como adhesivo para machos en fundiciones. Tienen funciones en curtiduría y en muchos de los casos en los cuales pueden funcionar como adhesivos, relleno o dispersante. Cuando el transporte es un factor importante, el líquido residual sulfítico se neutraliza y se evapora hasta obtener un jarabe espeso con 50 % de sólidos. Los sulfonatos de lignina separados del líquido sulfítico residual también tienen diversos usos, de los cuales el más notable es su conversión en vanilina. Los sulfonatos de lignina se usan como humedecedores y dispersantes de mezclas acuosas de pigmentos, como las papillas de arcilla en la industria

cerámica, y para mezclar negro de humo en la industria del caucho (Grupo SAPPI, 2004).

2.2.5. Ligninas alcalinas

Las ligninas obtenidas de los líquidos residuales de los procedimientos al sulfato y a la soda en la fabricación de la pasta para papel se llaman “ligninas alcalinas”. A veces se distinguen “ligninas de sulfato” y “ligninas de soda”. Son ejemplos de lignina de soda los productos Meadol y Tomlinit. Indulin es una lignina derivada del procedimiento al sulfato. El líquido de desecho del que se extraen las ligninas alcalinas se conoce como “licor negro”. Como el procedimiento al sulfato ácido, la madera se descortiza y se desmenuza. Luego se cuece en un líquido fuertemente alcalino de 1 a 3 horas a 170-180 °C; las condiciones dependen de las especificaciones de la pulpa. Por lo general, se disuelve más del 50 % de la madera (Kroger 2002).

Las fábricas de pulpa al sulfato (“Kraft”) usan principalmente maderas de coníferas, en general diversas clases de pinos. Estas maderas se cuecen con una solución al 10 % de una mezcla de hidróxido de sodio con 20 moles de sulfuro de sodio. Las fábricas de pulpa de la soda usan principalmente maderas de árboles no coníferos; la cocción se realiza en una solución al 10 % de hidróxido de sodio, y algunas fábricas añaden un poco de azufre para formar algo de sulfuro de sodio. El sodio y el azufre del licor negro valen demasiado para tirarlos y se recuperan evaporando el líquido, calcinando el concentrado y extrayendo de las cenizas carbonato de sodio y sulfuro de sodio. La madera contiene lignina, celulosa y diversas hexosas y pentosas, que son hemicelulosas. Sólo quedan en la pulpa de celulosa cantidades residuales de lignina y hemicelulosas; el resto de estas sustancias está disuelto en el agua negra (Caraballo, 2009).

2.2.5.1. Fabricación de la lignina alcalina

La lignina se obtiene del licor negro en un proceso de dos fases. En la primera, se reduce la elevada alcalinidad del líquido de desecho a un punto en el cual se separa una cantidad suficiente de lignato de sodio. En la segunda, el lignato de sodio separado es refinado o más acidulado para dar lignina. El licor negro contiene entre 1,25 y 1,7 toneladas de sólidos por tonelada de pulpa (base, 10 % de humedad). Se presenta con una concentración de sólidos de 15-18 %, o más, antes de la evaporación. Este líquido puede usarse directamente para obtener lignina, o se evapora hasta que contiene 50-55 % de sólidos. El lignato de sodio separado puede convertirse en lignina reduciendo su pH con ácido sulfúrico a un valor de 2-3. El producto lavado y seco puede purificarse en grado elevado (Caraballo, 2009).

2.2.5.2. Propiedades y usos de las ligninas alcalinas

Las ligninas alcalinas son polvos de color pardo con punto de fusión o de aglutinación próximo a la temperatura a que podría esperarse que empezara la descomposición. Sin embargo, hay diferencias en el punto de aglutinación entre las ligninas alcalinas, diferencias que se consideran importantes para usos en compuestos de moldeo. Como la mayoría de las otras ligninas, las ligninas alcalinas son insolubles en agua, en hidrocarburos y en ácidos inorgánicos. Son solubles en soluciones alcalinas acuosas, en muchos compuestos orgánicos oxigenados y en muchas aminas. Las ligninas alcalinas pueden esterificarse, nitrarse, mercuriarse, halogenarse y oxidarse fácilmente. Reaccionan bien con fenoles, aminas, aldehídos, sulfuros y sulfitos. Pueden producirse materiales aromáticos por fusión alcalina y por hidrogenación a presión (Kroger, 2002).

Se ha propuesto el uso de la lignina en adhesivos, para pegar chapas de madera en la fabricación de maderas contrachapadas, como adsorbente

en gases y soluciones acuosas y puede regenerarse para volverla a usar. Los acumuladores eléctricos tienen una vida mucho más larga y una capacidad mayor, especialmente a temperaturas bajas, cuando se incorpora lignina en las pastas de plomo o en los separadores. Se ha citado el empleo de aglutinantes de lignina para briquetas, artículos cerámicos, machos de fundición. Los cementos fluyen mejor y con menos agua cuando se incluyen derivados de lignina solubles como agentes peptizantes y dispersantes. Hay inhibidores de corrosión, especialmente para tubos de calderas, basados en una fina película de lignina. Los detergentes hechos con las sales solubles de lignina son compatibles con jabones y eficaces en aguas duras. Los agentes dispersantes hechos con soluciones alcalinas acuosas de lignina tienen varias aplicaciones. Desfloculan las arcillas en cerámica y los pigmentos en las composiciones de látex de caucho (Caraballo, 2009).

Los lodos de perforación mejoran agregándoles lignina. Las soluciones de lignina reducen la viscosidad de los lodos y hacen bajar el punto de gel. En virtud de su naturaleza coloidal, la lignina tiene una acción selladora excelente sobre la pared del orificio y forma barreras impermeables al agua, pero que hace desaparecer el petróleo. Los plásticos y las planchas laminadas con lignina han ocupado a muchos investigadores. La lignina puede hacerse reaccionar con aldehídos de manera muy parecida a como reaccionan las sustancias fenólicas, de modo que puede usarse lignina en lugar de una parte de los compuestos fenólicos en las resinas fenol-formaldehído. Para la fabricación de productos laminados, se hacen láminas de pulpa rellena de lignina en una máquina para la fabricación de papel y después se unen aplicando calor y presión, sirviendo la lignina como resina. Los productos de caucho que utilizan lignina como relleno de refuerzo han despertado un considerable interés. Tanto el caucho natural como los sintéticos a los que se incorpora lignina, muestran propiedades comparables

al caucho con negro de humo. Las composiciones de caucho con lignina son más ligeras y de colores más claros (Kroger, 2002).

2.2.6. Ligninas comerciales

Las ligninas se obtienen como subproductos de procesos relacionados con la celulosa u otros productos primarios. Los usos que se han encontrado hasta ahora para la lignina pueden ser satisfechos por las propiedades de las ligninas procedentes de esas fuentes secundarias. En Estados Unidos los principales fabricantes de ligninas comercialmente disponibles se presentan en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Principales fabricantes de lignina (Kroger, 2002)

Ligninas comerciales	
Al sulfito	Alcalina
Binderine	Meadol
Glutrin	Tomlinite
Goulac	Indulin
Maracell	-----
Maratan	-----
Marasperse	-----
Maratex	-----

2.3. Material fibroso

2.3.1. Cartón

El cartón es una variante del papel compuesta por varias capas de éste, que combinadas y superpuestas le dan su característica rigidez. Es el material más utilizado en el desarrollo de envases debido a su versatilidad, su bajo costo, además de ser un material con naturaleza reciclable. Esto lo coloca por encima de muchos otros materiales que no tienen estas características (Oriol, 1851).

2.3.2. Papel

El papel es un producto elaborado con fibras vegetales de celulosa, formando láminas muy finas. La mayoría de estos productos tienen una vida útil muy corta, y una vez usados se convierten en basura (Papale, 1998).

2.3.2.1. Tipos de papel

- ▲ Papel de primer uso. Convencional: es el fabricado a partir de celulosa de madera con un proceso productivo muy contaminante.
- ▲ Papel reciclado: es aquel que se fabrica con papel usado, sin embargo, éste puede estar blanqueado con cloro y ser tan contaminante como el papel de primer uso.
- ▲ Papel ecológico: es el que garantiza su fabricación con un mínimo de impacto ambiental. No utiliza cloro en su blanqueo.
- ▲ Papel ecológico y reciclado: reúne las características de los dos anteriores y es la mejor elección desde el punto de vista ambiental.

2.3.3. Bagazo de caña

Es un residuo fibroso que constituye, con el etanol gaseoso, un desecho importante de la industria azucarera. El bagazo de caña está constituido por fibras lignocelulósicas que forman paredes de celda, con humedad absorbida y condensada, varios extractos y algunos componentes minerales. Estos componentes pueden variar para diferentes partes y especies de la planta. La composición media puede estar en torno a los siguientes valores: celulosa 20-45 %, hemicelulosa 25-50 %, y lignina 10-30 %. El bagazo es un material de granulometría y formas variables (Katz, 2006).

2.3.4. Aserrín

Es madera en polvo generada en los procesos de transformación y de corte. Se genera fundamentalmente en la fabricación de muebles y carpintería (CONFEMADERA, 2004).

2.4. Sustancias o aditivos

2.4.1. Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico al 100 % es un líquido incoloro, inodoro, denso y viscoso. Esto se refiere al monohidrato, el cual puede ser considerado con una composición equimolecular de agua y trióxido de azufre. Éste pierde trióxido de azufre en el calentamiento hasta que, aproximadamente a los 338 °C, resulta un ácido de 98,3 %. Es soluble en todas las proporciones en agua, produciendo una gran cantidad de calor. Una libra de ácido sulfúrico al 100 % diluido a 90 % libera 80 Btu y diluido a 20 % libera 300 Btu. Es muy fuerte y corrosivo para la vida de los materiales estructurales, posee punto de ebullición alto y se puede emplear para producir ácidos volátiles como HCl y HCN. Es un agente oxidante suave, no se puede usar para preparar HBr o HI, concentrado y en caliente disuelve al Cu, y es deshidratante. El ácido sulfúrico es capaz de disolver grandes cantidades de trióxido de azufre, produciendo varios grados de oleum. Cuando estas soluciones (ácido sulfúrico-óxido sulfúrico) son mezcladas con agua, el oxido se combina con agua, formando mas ácido sulfúrico (García, Olmo, Teijón y García, 1996).

2.4.2. Urea

También conocida como carbamida, carbonildiamida o ácido arbamídico, es el nombre del ácido carbónico de la diamida, cuya fórmula química es $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Es una sustancia nitrogenada producida por algunos seres vivos como medio de eliminación del amoníaco, el cual es altamente tóxico para ellos. En los animales se halla en la sangre, orina, bilis y sudor. La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco.

Comercialmente la urea se presenta en gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la aplicación (Hopp, 1994).

2.4.2.1. Propiedades de la urea

La urea es una sustancia no peligrosa, no tóxica, no cancerígena y tampoco es inflamable aunque si es levemente irritante en contacto en los ojos y piel. Es explosivo si se mezcla con agentes reductores fuertes, como hipoclorito y por termo descomposición, produce gases inflamables y tóxicos (NH_3 y CO_2). En la tabla 2.3 se presentan las propiedades físicas de la urea (Hopp, 1994).

2.4.2.2. Solubilidad de la urea

Es muy soluble en agua, alcohol y amoníaco. Poco soluble en éter y otros a temperatura ambiente. En la tabla 2.4 se presentan la solubilidad de la urea y de otros químicos (Beyer y Walter, 1986).

2.4.2.3. Usos y aplicaciones

Los principales usos de la urea son (*Beyer y Walter, 1986*):

- ▲ Fertilizante.
- ▲ Fertilización foliar.
- ▲ Industria química y plástica.
- ▲ Producción de resinas.

Tabla 2.3 Propiedades físicas de la urea (*Beyer y Walter, 1986*)

Peso molecular	60,06 g/mol
Densidad	768 kg./m ³
Punto de fusión	132,7 °C
Calor de fusión	5,78 a 6 cal/g
Calor de combustión	2531 cal/g. Humedad crítica relativa (a 30 °C): 73 %

Acidez equivalente a carbonato de calcio	84 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de urea)
Índice de salinidad	75,4
Calor de disolución en agua	57,8 cal/g. (endotérmica)
Energía libre de formación a 25 °C	47120 cal/mol (endotérmica)

Tabla 2.4 Solubilidad de la urea (Beyer y Walter, 1986).

Temperatura (°C)	Gramos/100g
20	52
30	62,5
60	71,5
80	80
100	88
Alcohol	Gramos/100g
Metanol	27,7
Etanol	7,2
n-propanol	3,6
Isobutanol	2,3

2.4.3. Ácido acético

Es un líquido higroscópico, que solidifica a 16,6 °C, incoloro y de olor punzante (a vinagre). Es soluble en agua, etanol, éter, glicerina, acetona, benceno, y tetracloruro de carbono. Es insoluble en sulfuro de carbono. Se obtiene por oxidación, a partir de alcohol etílico. Este ácido (CH₃COOH) ocupa dentro de la química orgánica un lugar preponderante, similar al que posee el ácido sulfúrico en la industria química pesada (Mayer, 1987).

2.4.3.1. Aplicaciones del ácido acético

Las principales aplicaciones del ácido acético son (Beyer y Walter, 1986):

- ▲ Producción de acetato de sodio y como agente de extracción de antibióticos en industria medicinal.
- ▲ Neutralizante y vehículo en los procesos de teñido en industria textil. Vehículo de tinción en industria del cuero.
- ▲ Como agente neutralizante y para la formación de perácidos en industria química.
- ▲ Como agente acidulante y para la preparación de ésteres frutales en la industria alimenticia.
- ▲ En la producción de ácido monocloroacético.
- ▲ En la producción de acetatos.
- ▲ Ingrediente de compuestos adhesivos.
- ▲ Ingrediente de lacas especiales para la industria aeronáutica.
- ▲ En la industria fotográfica, para la elaboración de películas.
- ▲ Ingrediente de insecticidas y germicidas.

2.4.4. Glicerina

Es el trialcohol ($C_3H_8O_3$) más importante y se encuentra como componente esencial de los glicéridos en casi todas las grasas animales y aceites vegetales. Fue descubierto por Scheele en 1779 en la hidrólisis del aceite de oliva. Es un líquido incoloro y de sabor dulce, que se disuelve en agua y alcohol en todas las proporciones, pero no en éter. Totalmente anhidra y solidifica formando cristales. Las aplicaciones de la glicerina son muy variadas, en la farmacia se utiliza en la preparación de pomadas, pastas dentífricas y cosméticos, se utiliza en los líquidos de frenos hidráulicos como anticongelante, en la industria de los explosivos para la fabricación de nitroglicerina o dinamita, y se utiliza, además, en la fabricación de resinas (Beyer, Barluenga y Walter, 1987).

2.4.5. Ácido succínico

Este ácido se encuentra en el ámbar y en algunas resinas, en algunos lignitos y en numerosas plantas. Fisiológicamente participa como producto intermedio en el ciclo del ácido cítrico (Beyer, Barluenga y Walter, 1987).

2.4.5.1. Propiedades del ácido succínico

El ácido succínico ($C_4H_6O_4$) cristaliza en láminas, con punto de fusión de 185 °C, sus sales se llaman succinatos. Por calentamiento se transforma, con pérdida de agua, en anhídrido succínico con punto de fusión de 120 °C, que se utiliza ocasionalmente en síntesis; por destilación rápida del succinato amónico resulta la succinimida (Beyer, Barluenga, Walter, 1987).

2.4.6. Parafina

La cera de parafina ($C_{25}H_{52}$) se encuentra por lo general como un sólido ceroso, blanco, inodoro, carente de sabor. Es insoluble en agua, aunque si es soluble en éter, benceno, y algunos esteres. La parafina no es afectada por los reactivos químicos más comunes, pero se quema fácilmente. La cera pura de parafina es un extremadamente buen aislante eléctrico, su resistividad eléctrica toma valores en el rango 10^{13} y 10^{17} ohm metro³. Esto es mejor que la resistividad de la mayoría de los otros materiales excepto algunos plásticos (por ejemplo el teflón). La cera de parafina es un material excelente para almacenar calor, que tiene una capacidad calorífica de 2,14–2,9 J g⁻¹ K⁻¹ y un calor de fusión de 200–220 J/g.⁶ Esta característica es aprovechada en la modificación de placas de material de construcción, como las de cartón yeso; la parafina es vaciada o inyectada en la placa, donde se derrite durante el día, absorbiendo calor, y se solidifica después, durante la noche, liberando calor. La parafina tiene varias otras aplicaciones. Se utiliza para fabricar papel parafinado para empacar alimentos y otros productos; para fabricar papel carbón; para impermeabilizar tapas de corcho o plástico, maderas,

municiones; como aislante en conductores eléctricos; para fabricar lápices grasosos, bujías y múltiples artículos (Parry, 1974).

2.5. Resina y plástico

Se entiende por resina cualquiera de las resinas naturales modificadas químicamente o sintéticos polimerizados físicamente similares, incluyendo los materiales termoplásticos y los termorígidos, siendo este último utilizado con los estabilizadores, pigmentos y otros componentes para formar plásticos. Los plásticos son materiales artificiales (sintéticos) obtenidos de los productos del petróleo, del gas natural y también de los productos de partida carbón, cal, aire y agua. La designación de sintético se emplea también para materiales que se desarrollan por modificación de otros naturales. Puesto que las materias sintéticas en cualquiera de las etapas de su elaboración se deforman plásticamente, se denominan plásticos. Estos son materiales macromoleculares obtenidos por conversión química (síntesis). Están compuestos esencialmente por los elementos carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), cloro (Cl), azufre (S) y silicio (Si). Los plásticos se diferencian de los productos tradicionales por su poca densidad, su resistencia a la corrosión y estabilidad frente a las sustancias químicas, a los vegetales y animales dañinos, sus buenas propiedades aislantes de la electricidad, poca conductividad del calor y buenas propiedades mecánicas (Billmeyer, 2004).

2.5.1. Tipos de plásticos

Por sus propiedades mecánicas y su comportamiento frente al calor, los plásticos se dividen en termoplásticos, termoestables y elastómeros (Billmeyer, 2004):

▲ Termoplásticos

Son los que se ablandan al calentarlos y se vuelven a endurecer al enfriarse. Constan de moléculas filiformes que casi siempre están desordenadas o amontonadas como una tela de fieltro.

▲ Termoestables

Son plásticos que una vez endurecidos ni siquiera con mucho calor se vuelven a reblandecer o fundir. Están constituidos por macromoléculas formadas por lo general mediante policondensación de distintos productos previos. Al contrario que los termoplásticos, que están formados por moléculas filiformes en los termoestables, las macromoléculas constituyen una red espacial.

▲ Elastómeros

Son plásticos con propiedades elásticas. Se deforman con facilidad, pero al desaparecer la fuerza que actúa sobre ellos recuperan la forma original. Los elastómeros se diferencian de los demás plásticos elásticos en los que su elasticidad como la de la goma depende mucho de la temperatura.

2.6. Estimaciones del costo de capital

Las estimaciones de los costos en una etapa de prediseño (también llamada estimaciones del orden de magnitud, de estudio y preliminar) requieren información mucho menos detallada que las estimaciones en firme, como la definitiva y la detallada. Sin embargo, esas estimaciones previas al diseño son extremadamente importantes para decidir si un proyecto determinado ha de seguir su curso y para la comparación de las diversas

alternativas posibles (Peters y Timmerhaus, 1993). Los estimados de costos sirven de base a la gerencia de proyectos para (Blank y Tarquin, 2000):

1. Evaluación de factibilidad en su fase conceptual.
2. Análisis de rentabilidad económica.
3. Selección de opciones entre diversas alternativas de inversión.
4. Aprobación presupuestaria.
5. Definición de estrategias de financiamiento.
6. Comparación de ofertas en las licitaciones.

La estimación del capital a invertir para un proceso varía desde una estimación preliminar, basada en planos y especificaciones, completa. Entre estos dos extremos de estimaciones de inversión capital, pueden existir muchas otras clases de estimaciones, cuya exactitud varía de acuerdo con el grado de desarrollo del proyecto (Peters y Timmerhaus, 1993):

▲ **Estimación del orden de magnitud o estimación relativa (clase V)** basada en datos previos sobre costos similares. Exactitud probable de esta estimación: por encima de ± 30 por ciento.

▲ **Estimación de estudio (clase IV)** basada en el conocimiento de los equipos más importantes. Exactitud probable de esta estimación: hasta un ± 30 por ciento.

▲ **Estimación preliminar (clase III)** se basa en suficiente información como para que se pueda preparar un presupuesto. Exactitud probable de esta estimación: dentro del ± 20 por ciento.

▲ **Estimación definitiva (clase II)** que se basa en información casi completa pero es anterior a los diseños y especificaciones definitivas. Exactitud probable de esta estimación: dentro del ± 10 por ciento.

▲ **Estimación detallada (clase I)** basada en los planos definitivos, especificaciones y estudios del terreno. Exactitud probable de esta estimación: dentro del ± 5 por ciento.

2.6.1. Estimación de la inversión de capital

Se pueden usar diversos métodos para estimar la inversión de capital. La elección del método depende de la cantidad de información detallada disponible y la exactitud que se desee obtener (Peters y Timmerhaus, 1993). En la tabla 2.5 se presentan los factores que se utilizan para la estimación de inversión de capital, basada en el costo de compra del equipo o equipos principales.

2.6.1.1. Porcentaje del costo del equipo entregado

Para la estimación de la inversión de capital fijo o total se requiere la determinación del costo del equipo entregado. Los restantes rubros del costo directo de la planta se estiman como porcentajes del costo de los equipos entregados. Los componentes adicionales de la inversión de capital se basan en porcentajes promedio del costo directo total de la planta, en los costos totales directo e indirecto o en la inversión total del capital (Peters y Timmerhaus, 1993).

Los porcentajes utilizados al hacer una estimación de este tipo deben determinarse sobre la base del tipo de proceso, de la complejidad del diseño, de los materiales de construcción necesarios, de la localización de la planta, de la experiencia previa y otros rubros que dependen de la planta que se considera. La estimación mediante un porcentaje del costo del equipo entregado se utiliza comúnmente para la estimación preliminar y la de estudio. Los mejores resultados se obtienen cuando se aplica a proyectos que se parecen, en su estructura, a otros que corresponden a una planta recientemente construida. En el caso de plantas comparables de capacidad

diferente, este método permite a veces estimaciones muy exactas (Peters y Timmerhaus, 1993).

2.7. Cálculo de la factibilidad económica

Los estudios de factibilidad económica incluyen análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto. Con los análisis de costo/beneficio, todos los costos y beneficios de adquirir y operar cada sistema alternativo se identifican y se hace una comparación entre ellos. Primero se comparan los costos esperados de cada alternativa con los beneficios esperados para asegurarse que los beneficios excedan a los costos. Después la proporción costo/beneficio de cada alternativa se compara con la proporción costo/beneficio de las otras alternativas para identificar la alternativa que sea más atractiva en su aspecto económico.

El estudio de factibilidad se basará en la documentación técnica de la inversión, en donde se valorará la variante seleccionada desde el punto de vista técnico y económico, se analizará la conveniencia y factibilidad de su ejecución y se precisarán los esquemas de negociación y comercialización, así como los cronogramas de ejecución. El estudio de factibilidad será el documento donde queden plasmados todos aquellos parámetros e indicadores que se necesitan; éstos serán precisos, confiables y con un desarrollo de las proyecciones económicas y financieras que le permitan a la alta dirección tomar decisiones sobre la conveniencia o no de la inversión (Peters, Timmerhaus, 1993).

Algunas de las principales herramientas y metodologías que se utilizan para medir la factibilidad de un proyecto son (Blank y Tarquin, 2000):

Tabla 2.5 Factores relativos para la estimación de inversión de capital para los diversos rubros, basados en el costo del equipo entregado (Peters y Timmerhaus, 1993)

Rubro	Porcentaje de costo del equipo entregado para planta que procesa		
	Sólidos	Sólidos y fluidos	Fluidos
Costos directos			
Equipo adquirido y entregado	100	100	100
Instalación del equipo adquirido	45	39	47
Instrumentación y controles (instalados)	9	13	18
Cañerías y tuberías (instaladas)	16	31	66
Instalaciones eléctricas (colocadas)	10	10	11
Obras civiles (incluyendo servicios)	25	29	18
Mejoras del terreno	13	10	10
Instalaciones de servicios (montadas)	40	55	70
Terreno (si es necesario adquirido)	6	6	6
Costo directo total de la planta	264	293	346
Costos indirectos			
Ingeniería y supervisión	33	32	33
Gastos de construcción	39	34	41
Total de costos directos e indirectos de la planta	336	359	420
Honorarios del contratista (aproximadamente el 5% de los costos directos e indirectos de la planta)	17	18	21
Eventuales (alrededor del 10% cc de los costos directos e indirectos de la planta)	34	36	42
Inversiones de capital fijo	387	413	483
Capital de trabajo (alrededor de 15% de la inversión total de capital)	68	74	86
INVERSIÓN TOTAL DE CAPITAL	455	487	569

2.7.1. Tasa de retorno porcentual estándar de la inversión (TR)

$$= \text{-----} \times$$

(Ec. 2.1)

2.7.2. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

$$\text{PRI, años} = \frac{\text{Inversión total inicial}}{\text{Ganancia anual}}$$

(Ec. 2.2)

En la actualidad, la tasa de retorno y el periodo de recuperación de la inversión se determina mediante el valor actual de una anualidad, que se define como el valor que tendría que ser invertido actualmente con una tarifa de interés compuesto i para rendir una cantidad total al final de la anualidad igual a la cantidad de la anualidad. La letra P representa el valor actual de una anualidad ordinaria. La letra A representar el pago periódico uniforme hecho durante periodos discretos de n en una anualidad ordinaria (Peters y Timmerhaus, 1993).

$$\left[\frac{(\quad)}{(\quad)} \right]$$

(Ec. 2.3)

2.8. Diagramas de flujo en Ingeniería Química

Existen variados tipos de diagramas de flujo, que reflejan un grado creciente de precisión (o disminución de la incertidumbre), necesario a lo largo de un proyecto. Se clasifican bajo distintos nombres, según sea la fuente de información, y su estructura se basa en símbolos que no han sido del todo estandarizados (en concreto, cada biblioteca de símbolos suele ser única y reflejan, de la mejor forma posible, el equipo físico de cada caso). Se habla de (Herrera, 2000):

- ▲ Diagramas en bloques
- ▲ Diagramas simplificados del equipo
- ▲ Diagramas detallados del equipo

- ▲ Diagramas de instrumentación
- ▲ Diagramas de distribución de equipos e instalaciones (Lay-out)

2.8.1. Diagramas en bloques

Los diagramas en bloques son, prácticamente, ideogramas de proceso, en términos principalmente fundamentales. Es decir, si se desea separar un compuesto "A" de una solución, simplemente se dispondrá una caja negra que corresponde a un proceso de separación; que tal proceso sea factible y que exista la tecnología necesaria es asunto de etapas posteriores. En cuanto la factibilidad se resuelve, la caja es reemplazada por un equipo concreto, en un tipo de diagrama posterior.

2.8.2. Diagramas simplificados de los equipos del proceso

Es el diagrama de ingeniería más simple (es decir, no de carácter fundamental), donde se muestran en forma de iconos, los equipos necesarios para una planta de proceso y la interconexión entre ellos se representa por líneas que enlazan un equipo con otro.

Este diagrama es apenas un pequeño paso más detallado que el diagrama de flujo conceptual, consistente de simples cajas de funcionalidad, sin mayor preocupación sobre la forma específica de los transportes necesarios. Pero en este diagrama de los equipos del proceso se captura, sin embargo, cada equipo necesario para cumplir la funcionalidad de la caja negra y los sistemas de transporte, al menos de materiales. En cada equipo se especifican los grados de conversión, las eficiencias y otros parámetros gruesos que reflejan el requisito de diseño de cada uno. El ingeniero que desarrolla este diagrama sabe, previamente, que los equipos que ha puesto en el diagrama existen o que se les puede construir; sin embargo, no ha realizado cálculos precisos de las dimensiones, materiales de construcción, costos detallados, etc.

2.8.3. Diagramas detallados de equipos

Este diagrama incluye las tuberías del proceso, las válvulas, los desagües, las desviaciones, las ventilaciones, los reciclos y todos los equipos de proceso. El diagrama detallado no suele ser necesario para la estimación inicial de costos; su aporte es valioso, más bien, en el cálculo afinado de costos de la planta. En este nivel de detalle, los costos se estiman por coeficientes globales, nacidos de la empírica. Por ejemplo, conocida la inversión en los equipos principales (desde el punto de vista de la inversión, es decir, los más grandes y costosos), se estiman los costos de: instalaciones eléctricas; instrumentación; servicios de calor y frío; canalizaciones, operación; de mantención; etc. mediante coeficientes (15 %, 20 %, 5 %, etc.).

2.8.4. Diagramas de instrumentación y proceso

Este diagrama especifica tanto la conexión hidráulica de un equipo con otro en forma precisa (diámetro y longitud de cañerías o canaletas, pérdidas de carga asociadas a singularidades, etc.) como los aparatos que permiten el manejo concreto del proceso. En muchos casos se pueden indicar los requisitos de instrumentación en los propios diagramas simplificados, pero, si la instrumentación es compleja, resulta necesario desarrollar un diagrama más detallado, destacando todos los reguladores e instrumentos.

El diagrama de instrumentación, junto al diagrama simplificado de equipos, recibe el nombre de diagrama de instrumentación y proceso, referido habitualmente como el **P&ID** (representando la abreviación de *piping and instrumentation diagram*). Todos los diagramas anteriores son valiosos si disminuyen progresivamente la incertidumbre asociada a un proceso y si son útiles para generar los planos de detalle que corresponden a las etapas finales del diseño del proyecto.

2.8.5. Diagrama de distribución de equipos e instalaciones (Lay-out)

Conocidos los equipos principales y las instalaciones de servicio necesarias (por ejemplo, si deben llegar camiones de despacho de productos, se deberá considerar el área necesaria para su entrada, salida y maniobras de carga o descarga), se desarrolla un diagrama que especifique donde está cada equipo y donde está cada instalación (estacionamiento de ejecutivos, garaje, caldera, subestación eléctrica, casino, sala cuna, etc.). Este diagrama se suele conocer como el lay-out del proyecto o de la planta. Su precisión incide sobre la precisión de la estimación de costos de terrenos y sobre las pérdidas de carga asociadas a los equipos (las cotas pueden significar que se deban instalar bombas de impulsión que, de variar la localización de equipos, se podrían ahorrar).

2.9. Patentes utilizadas

Las patentes referidas a continuación son libres y pueden ser utilizadas como referencia.

2.9.1. Manufactura de resina a partir de lignina

Para la manufactura se utiliza el procedimiento de la siguiente norma (Wallace, 1940):

2.9.1.1. Extracto

Esta invención se relaciona con la fabricación de resinas de lignina; yabarca los métodos para convertir la lignina en resinas útiles en donde la lignina recuperada se reacciona con suficiente ácido carboxílico polibásico orgánico para formar las resinas complejas que contienen una pluralidad de grupos del éter además de los grupos del éster que así se

forman, la reacción que es efectuada a veces en la presencia de alcoholes, ventajosamente los alcoholes polibihídricos los cuales son reactivos con la lignina y el ácido polibásico y con los productos de esa reacción y que aumentan la complejidad de las resinas formadas; y abarca mucho más lejos las resinas complejas que las resinas así obtenidas, dichas resinas siendo solubles en varios solventes orgánicos oxigenados y fundibles, vienen a ser útiles en la fabricación de plásticos y composiciones líquidas de revestimiento.

Al igual es bien sabido, que una substancial porción de un material de fino tejido vegetal de una planta vegetal tal como el cáñamo, el yute, las mazorcas de maíz, la madera, la paja, etc., es lignina. La lignina está en gran parte conjuntamente con la celulosa en la forma de ser llama lignocelulosa. La lignina es un nombre de grupo para los componentes principales del no-celulosa de la fibra de madera.

Ahora se ha descubierto que la lignina se puede convertir en resinas útiles, reaccionándolo con los ácidos carboxílicos polibásicos orgánicos, el producto de la reacción que es una resina compleja que contiene una pluralidad de grupos del éter además de los grupos del éster formados por la esterificación del ácido polibásico por los hidroxilos de la lignina. La lignina no resinosa se puede convertir en resinas valiosas calentándola con una cantidad de ácido policarboxílico orgánico suficiente para formar un producto resinoso de reacción complejo, el calentamiento es continuado hasta fundirse, se obtiene una resina soluble al ser enfriada.

Generalmente, solo una cantidad menor de ácido es requerida y la lignina provee la mayor porción de las resinas obtenidas; esto, por supuesto, siendo químicamente combinado la reacción en el producto resultante. Esta reacción de la lignina con el ácido y la resinificación que resulta, ocurre fácilmente en las temperaturas de 150 y 210 °C.; y generalmente a partir de 6 a 8 horas a tales temperaturas de calentamiento son suficientes para

producir una resina que tiene un grado de acidez bajo, esto es la causa de que mayor ácido entre en combinación. Por supuesto, la temperatura y el tiempo de calentamiento dependen algo del ácido policarboxílico orgánico empleado y la proporción de eso con respecto a una lignina dada a ser resinada.

Los ejemplos siguientes son encarnaciones ilustrativas de la invención genérica y las varias modificaciones de eso que se describió anteriormente.

▲ Ejemplo 1

Este ejemplo ilustra la recuperación de lignina de un licor negro de soda comercial que tiene una densidad de 13,8° Baumé y un contenido sólido 16,1 %. A esta negra sustancia se le agrega el ácido sulfúrico, éste se agrega en un cociente de 45 libras de ácido sulfúrico diluidas con 90 libras de agua para cada 1000 libras de licor negro. La mezcla se reposa por cerca de 16 horas hasta que toda la lignina se precipita y se coagula suficientemente para permitir la separación. La lignina se filtra y se lava con 150 libras de agua acidificadas con el ácido sulfúrico a pH 3,5. La lignina se revuelve con el agua acidificada. Se seca y se muele la lignina lavada. Aproximadamente 45 libras de lignina seca se obtienen de las cantidades indicadas.

▲ Ejemplo 6

Este ejemplo ilustra la formación de una sustancia resinosa por la reacción de la lignina del licor proveniente del proceso de la soda según lo descrito en el ejemplo No. 1, con un alifático, ácido polibásico en la presencia del alcohol dihidrico. Etilenglicol se utiliza para disolver la lignina, 75 porciones de lignina que es utilizada con 15 porciones del glicol. La mezcla se calienta a una temperatura de 150 °C. por dos horas.

En el final de este tiempo se agregan 25 porciones de ácido succínico y el calentado se continúa a 150 °C por un período de 5 horas. Se forma una

resina resistente de color oscuro y flexible. A este punto la resina es soluble en los usuales solventes de lignina, estos son los alcoholes monohídricos y polihídricos, ésteres, cetonas, etc. El calentamiento continuado en 180 °C. convierte la resina en una forma insoluble.

▲ Ejemplo 7

Este ejemplo es ilustrativo de la formación de la sustancia resinosa reaccionando la lignina recuperada del licor, del proceso de la según lo descrito en el ejemplo 1 con un ácido ftálico, polibásico en la presencia de un alcohol polihídrico, así que 50 porciones de lignina (el ejemplo 1) se mezclan con 20 porciones de glicerina y la mezcla es calentada a 210 °C. por un período de 2 horas. Entonces la mezcla se refresca a 150 °C. y 30 porciones de ácido succínico son agregadas. La temperatura se levanta a 200 °C. y se continúa por un período de 3 horas con la agitación constante. A este punto la resina producida es de color oscuro, muy resistente, y flexible, soluble en cetonas, alcoholes, y ésteres. El calentamiento continuado la convierte en una forma infundible e insoluble.

2.9.2. Preparación del material para el tablero. Material fibroso: aserrín, cartón, bagazo, etc.

Este procedimiento se relaciona con los plásticos, particularmente con los plásticos de lignina y se presenta a continuación (Geller, 1942).

El material fibroso crudo tal como aserrín se ha tratado hasta ahora en un baño, generalmente de agua, en donde el baño forma el entorno de dispersión. Ciertas objeciones se presentan del uso de los compuestos de agua o de producto químico cuando están utilizados en una solución acuosa. Un objeto importante del método es proporcionar un proceso mejorado para producir plástico fibroso en donde un paso del proceso implica el uso de un baño no acuoso como entorno de dispersión. Un segundo objeto importante

es proporcionar, un método, o entorno de dispersión que consiste en un baño no acuoso químicamente inerte con respecto al material fibroso básico usado en la producción de este plástico.

Un tercer objeto importante es proporcionar un método novedoso que utiliza un hidrocarburo inerte tal como parafina como entorno de dispersión en la producción de este plástico fibroso. Con lo que se dijo y lo que se dirá, en general el proceso consiste en un método basado en producir un material plástico fibroso que se explicará completamente a continuación.

En general para este método es necesario suficiente cantidad de hidrocarburo que esté caliente, el calor deberá ser suficiente para derretir el hidrocarburo ya que este último, normalmente está en forma sólida. A este baño se agregó el material fibroso tal como aserrín y la mezcla se agita para producir una dispersión substancialmente uniforme del material fibroso en el baño, el uso del calor deberá ser continuo. Durante la agitación, la urea se agrega lentamente en suficiente cantidad para ablandar el material fibroso y para aumentar su flexibilidad. Entonces un porcentaje pequeño de una mezcla de ácidos acético y sulfúrico se agrega bajo condiciones de agitación y calor.

El uso de la agitación y del calor se continuará por cierto tiempo, después se agrega una cantidad de porciones de resina de lignina. La mezcla con la resina agregada se mezcla a fondo, después de lo cual se para la agitación y el material sólido se permite asentar mientras que el calor todavía se aplica. Entonces el hidrocarburo flotante se quita y la pulpa restante se lava a fondo con agua caliente hasta que todo el medio de dispersión sea quitado de la pulpa. Para moldear la pulpa purificada se agrega, ácido acético y resina de lignina, los ingredientes son mezclados bien, después de lo cual la masa se moldea bajo presión y calor. Con un ejemplo específico de este método, el siguiente procedimiento obtiene un producto con resultados excelentes:

En un baño fundido de un hidrocarburo de parafina (parafina) agregar 100 gramos de aserrín, de madera aserrada o de otro material lignocelulósico. Agitar la mezcla lentamente agregando 2-6 gramos de urea. Agregar 3 mililitros de una mezcla de ácido, compuesto de 1 parte al 96 % de ácido sulfúrico y 4 partes al 98 % de ácido acético. Mantener la mezcla en un estado fundido y agitar por 10 a 15 minutos, se agrega de 1-3 % de lignina pura. Se mezcla a fondo, permitiendo que la madera se asiente, y separada la parafina, se lava la pulpa a fondo con agua caliente.

Para el moldeado, agregar al material purificado 1/2-1 % de ácido acético al 98 % y 3-4 % de lignina. Mezclar a fondo y moldear. Para mejorar la resistencia, mezclar el material purificado mencionado con 1/3 del volumen, del material, idénticamente tratada a excepción del tiempo de cocción en el baño de parafina, el cual es mucho más corto, siendo a partir de 4-7 minutos. Moldeando a temperaturas de 240-330 °F. Es apropiado el uso de vapor a baja presión. Moldeando a presión-2000-5000 libras por pulgada cuadrada. Al plástico así producido se le pueden incorporar otros plásticos del tipo fenol formaldehído u otros para dar el efectos deseados. También se puede cubrir con otras resinas, si se desea.

2.9.3. Material plástico hecho de una mezcla de polímeros

Otra patente utilizada es la del material plástico hecho de una mezcla de polímeros que se detalla a continuación (Nägelle, 2003):

2.9.3.1. Extracto

Un material plástico hecho de la mezcla de polímeros, dicho material se caracteriza por contener por lo menos un polímero natural de lignina-base, en detalle, basado en la lignina alcalina producida durante la extracción de la celulosa, y por lo menos uno u otro polímero sintético o natural que aumente la resistencia al impacto, excluir proteínas. La inventiva de este material

plástico está en sus excelentes características. Es biodegradable debido al contenido de polímero natural y el tener un grado considerable, en el equilibrio ecológico del balance del CO₂ neutral. La mezcla de polímeros se puede utilizar ventajosamente en lugar de la madera o de los materiales de madera.

2.9.3.2. Fondo de la invención

La invención se refiere a un material plástico hecho a partir de la mezcla de polímeros y de su uso.

La mezcla usada consiste en diversos polímeros que son producidos generalmente mezclándose en una masa fundida que es muy importante en el proceso de producción del plástico. La combinación de diversos polímeros permite, en detalle, combinar características de los componentes que son favorables para el uso previsto del plástico o acentuar las características del material deseado de un componente, mientras que compensa las características de los materiales indeseados, del otro componente hasta cierto punto, en dependencia del cociente que se mezcla. Es posible proporcionar materiales plásticos con características que se pueden ajustar al uso técnico apropiado.

Los materiales plásticos que consisten en polímeros sintéticos se utilizan con frecuencia para producir mercancías comerciales efímeras. El reciclaje es muy costoso, en detalle porque la separación de los diversos materiales plásticos es difícil. Este hecho y la necesidad de ahorrar los recursos de aceite mineral limitados de los cuales las materias primas de plástico sintético se obtienen, conduce al deseo de sustituir los polímeros sintéticos por los polímeros naturales. Esto apunta al hecho de que la idea es aún más atractiva por el factor que al quemarse los materiales plásticos sintéticos, producen cantidades considerables de CO₂, acompañados a menudo por emisiones tóxicas.

En contraste además, los polímeros de materias primas naturales tienen un equilibrio ecológico neutral de CO₂, al quemarse estos polímeros naturales no lanzan más CO₂ a la atmósfera que se retira durante el creciente aumento de las materias primas. Por otra parte, en detalle, los polímeros naturales biológicos degradables o compuestos, son de interés primario porque pueden ser degradados generalmente sin residuos y considerablemente en un rato más corto que la mayoría de los polímeros sintéticos.

2.9.3.3. Descripción de la personificación

El material plástico puede incluir además fibras sintéticas de refuerzo (fibras de vidrio, poliamida, aramida o de carbón) así como fibras naturales de refuerzo (fibras de lino, sisal, celulosa, madera, de miscanthus o de cáñamo) que aumentan la fuerza extensible del material. Se prefiere el uso de fibras naturales de refuerzo debido al equilibrio neutral de CO₂ y el uso de fibras de cáñamo debido a la alta fuerza extensible que resulta. Las fibras se pueden agregar directamente a un extrusor al mezclar los componentes del polímero.

Una fuerza adicional extensible creciente se puede alcanzar, alternativamente o adicionalmente, cuando en particular, la quitina de la tierra, se agrega al material plástico inventado. Según lo mencionado arriba, el material plástico inventado es conveniente para muchos usos. Es conveniente como sustituto de los materiales de madera o de la madera en si debido a sus variadas características, color y consistencia. Debido al buen aislamiento del calor y características fono aislantes, el material plástico es particularmente conveniente para la producción de componentes estructurales tales como perfiles, para ventanas o marcos de puerta, para recubrir puertas en interiores etc. Los perfiles huecos convencionales, para las ventanas producidos con PVC duro, con refuerzos de aluminio insertados

representan un problema ambiental considerable con respecto a la disposición, puesto que el metal compuesto y el material plástico es muy difícil de separar sustancialmente y por lo tanto difícil de reciclar.

2.9.3.4. Personificación

Una mezcla de 30 % de lignina pulverizada, 20 % de polietileno y 50% de fibras pulverizadas de cáñamo se procesan a 170 °C. y se forma a 1500 bar en un proceso de moldeado por inyección. El cuerpo formado por el moldeado por inyección tiene una fuerza de impacto mejorado comparado a la de un compuesto puro de fibra con lignina y de una estabilidad UV creciente comparado al de piezas formadas con polietileno puro. La fuerza de impacto aumenta a partir del 2 a 5 kJ/mm² a 5 a 30 kJ/mm². Al mismo tiempo, la disminución de la rigidez comparada a la de los compuestos puros de lignina, de aproximadamente 4000 a 7000 N/mm² a 2000 a 4000 N/mm² aproximadamente. Esta rigidez es sin embargo suficiente para muchos usos técnicos.

2.10. Ensayos físicomecánicos

2.10.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la fuerza necesaria para aplastar un material, y se define mediante la siguiente expresión (Seymour y Carraher, 1995):

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Masa} \times \text{aceleración de la gravedad}}{\text{Área de sección transversal}} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

La resistencia a la compresión se puede calcular dividiendo la fuerza de compresión máxima por el área del material. Esta resistencia o capacidad de una muestra para resistir cargas de aplastamiento, se mide aplastando una

muestra cilíndrica según la norma ASTM-D695. El material de ensayo se monta en un instrumento de compresión. Uno de los pistones avanza a velocidad constante. La resistencia a la compresión máxima es igual a la carga que causa la rotura del material dividida por la sección transversal mínima. Puesto que hay muchos materiales que no se rompen en compresión, se registran normalmente las resistencias que causan una deformación determinada (Seymour y Carraher, 1995).

La resistencia a compresión paralela a la fibra de la madera es elevada, tomando valores característicos en la madera clasificada de 160 a 230 kp/cm^2 ; mientras que la resistencia a compresión perpendicular a la fibra es muy inferior. Los valores de la resistencia a compresión de la madera paralela a las fibras, son muy importantes para la utilización de la misma como material de construcción, en piezas como pilares, entramados, etc. Las fibras de la madera, al comprimirse en la dirección del eje longitudinal, se comportan como un largo tubo hueco impedido de flexarse lateralmente por las células adyacentes, pero lo puede hacer interiormente; por lo tanto la resistencia es menor que cuando se estiran (Pérez, 2009).

La compresión perpendicular a la fibra tiene importancia especialmente por el esfuerzo producido en las zonas de apoyo de las vigas. Si se comprimen en dirección perpendicular a la fibra se aplastan los tubos y su resistencia es mucho menor (Pérez, 2009).

2.10.2. Absorción de agua e hinchamiento en espesor

El principio del método se fundamenta en la determinación de la absorción de agua calculando el aumento en la masa y el hinchamiento en espesor de las probetas después de la inmersión total en agua durante 24 horas \pm 15 minutos. Para ello puede emplearse la norma UNE 31794. Las probetas son cuadradas de 50 mm de lado. Estas se pesan con una precisión de 0,01 g. Seguidamente, se mide el grueso en el centro de la

probeta con una aproximación de 0,01 mm. Luego se colocan las probetas verticalmente y separadas unas de otras en un recipiente que contiene agua destilada con un pH neutro y una temperatura de 20 °C (Velásquez, 2002).

Los tableros han de estar sumergidos unos 20 mm por debajo de la superficie del agua durante 24 h ± 15 min. Se sacan las probetas del agua y se colocan horizontalmente sobre hojas de celulosa de tal manera que se les retire el agua en exceso. Durante los 10 minutos siguientes, se pesan las probetas y se les mide el espesor como al comienzo. El porcentaje de absorción de agua se calcula con la siguiente fórmula:

$$W A = \frac{(M_1 - M_0)}{M_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 2.5})$$

donde:

WA: porcentaje de absorción de agua (%)

M1: peso después de la inmersión en agua (g)

M0: peso inicial de la probeta (g)

El porcentaje de hinchamiento en espesor se calcula mediante esta fórmula:

$$T S = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 2.6})$$

donde:

TS: porcentaje de hinchamiento en espesor (%)

L1: espesor después de la inmersión (cm)

L0: espesor inicial de la probeta (cm)

2.10.3. Densidad

Con el objetivo de determinar la relación entre la masa en gramos, de una probeta y su volumen puede emplearse la norma UNE 32394 para tableros de fibras duros. Las probetas se han de acondicionar tal como se indica en la norma UNE 56-734, es decir, se mantienen a 20 °C y con una humedad relativa de 65% hasta que alcancen la humedad de equilibrio. Cuando la probeta ya está acondicionada se pesa con una precisión de 0,1 g. Se mide el espesor de la probeta en la intersección de las diagonales. Posteriormente se mide la longitud en el centro y de igual manera se determina el ancho. Con estas medidas se calcula el volumen de la probeta con una precisión de 0,1 cm³ (Velásquez, 2002). En resumen, la densidad de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\rho = \left(\frac{m}{v} \right) \times 1000 \quad (\text{Ec. 2.7})$$

donde:

ρ : densidad (kg. /m³)

m: peso de la probeta (g)

v: volumen de la probeta (cm³)

En la tabla 2.6 se muestran algunos valores de las propiedades físico-mecánicas de la madera para cada clase. La letra C o D hace referencia a la inicial del término en inglés para denominar el grupo de especies, C: <<coniferous>> y D: <<desiduous>>. El número que acompaña a la letra C o D es la resistencia característica a flexión expresada en Nw/mm². Así por ejemplo, una clase resistente C18 tiene una resistencia característica a flexión de 18 Nw/mm² obtenida en ensayo normalizado (Arriaga, 2003).

Tabla 2.6 Valores de las propiedades fisico-mecánicas de la madera asociadas a cada clase (Arriaga, 2003)

Clase resistente		Propiedades			
		Compresión paralela (Nw/mm ²)	Compresión perpendicular (Nw/mm ²)	Densidad Característica (kg./m ³)	Densidad media (kg./m ³)
Frondosas	D40	26	8,8	590	700
	D50	29	9,7	650	780
	D60	32	10,5	700	840
	D70	34	13,5	900	1080
Coníferas y chopo (varias especies de álamos)	C14	16	4,3	290	350
	C16	17	4,6	310	370
	C18	18	4,8	320	380
	C22	20	5,1	340	410
	C24	21	5,3	350	420
	C27	22	5,6	370	450
	C30	23	5,7	380	460
	C35	25	6	400	480
	C40	26	6,3	420	500
	D30	23	8	530	640
	D35	25	8,4	560	670
	D40	26	8,8	590	700
	D50	29	9,7	650	780
	D60	32	11	700	840
	D70	34	13,5	900	1080

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Obtención de la formulación adecuada

Para el logro de este objetivo fue necesaria la fabricación de distintas muestras del material con el cual pudiese ser fabricado el tablero. Para ello fue necesario el uso de patentes diseñadas en los Estados Unidos de América (Geller, 1942; Nägelle, 2003 y Wallace, 1940), las cuales tienen en común el uso de lignina como materia prima. Cabe destacar que se utilizó lignina alcalina obtenida a nivel experimental en el Laboratorio de Estudios Ambientales (UDO-Departamento de Ingeniería Química). Los ensayos fisicoquímicos fueron realizados en el laboratorio de Tecnología Industrial perteneciente al Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO).

3.1.1. Equipos, materiales y sustancias utilizadas

Para realizar las muestras de los tableros a las cuales se les aplicarían los ensayos fisicoquímicos, se emplearon los siguientes equipos, materiales y sustancias:

3.1.1.1. Equipos

- ▲ Balanza digital, marca DENVER instrument, modelo APX-200, apreciación 0,0001 g, capacidad 200 g.
- ▲ Hornilla eléctrica, marca HOT PLATE, modelo YQ-1010, temperatura máxima 500 °C, voltaje 100 v, 50/60 Hz.
- ▲ Licuadora, marca Oster, modelo 450-21, 2 velocidades, potencia 600 v.
- ▲ Mezclador eléctrico, marca ARROW, voltaje 115 v, corriente alterna 60 Hz., 2 ampere, modelo 1750, serial nº cp0105096.

▲ Prensa hidráulica, marca FORNEY, modelo LT-30-3, serial 78153, presión 0-500 Kg.

▲ Prensa manual, marca CARVER laboratory press. Fabricada por: Fied S. Carver INC. Hydraulic Equipment, New Jersey, USA.

3.1.1.2. Materiales

- ▲ Pipetas graduadas de 5 y 10 ml.
- ▲ Matraz erlenmeyer de 100 ml.
- ▲ Cilindros graduados de 10, 50 y 100 ml.
- ▲ Beakers de 50, 100, 1000 y 2000 ml.
- ▲ Vidrio de reloj.
- ▲ Embudo.
- ▲ Beakers de 50, 100, 1000 y 2000 ml.
- ▲ Vidrio de reloj.
- ▲ Embudo.
- ▲ Agitador.
- ▲ Espátula.
- ▲ Piceta.
- ▲ Soporte universal.
- ▲ Lentes protectores.
- ▲ Guantes.
- ▲ Tapa boca.
- ▲ Termómetro, rango 10 – 230 °C.
- ▲ Cartón.
- ▲ Papel de periódico.
- ▲ Bagazo de caña.

- ▲ Aserrín.
- ▲ Plástico de desecho.

3.1.1.3. Sustancias

- ▲ Lignina.
- ▲ Agua destilada.
- ▲ Ácido sulfúrico al 98 %.
- ▲ Acido acético al 96 %.
- ▲ Parafina sólida.
- ▲ Urea.
- ▲ Acido succínico.
- ▲ Glicerina.

3.1.2. Fabricación de la primera muestra del tablero

En la elaboración de este material se usó la patente nº 2366781 (Geller, 1942). Los ensayos físicos y mecánicos no fueron determinados para este tipo de material debido a las características físicas observadas en el tablero, aunque las fibras utilizadas se entrecruzaron, no hubo una buena adhesión del material, no se dieron las características plastificantes que se esperaban y por ende, el material resultó ser poco resistente al agua; siendo esta última, una característica importante en el material resultante. En el capítulo 4 se tiene la figura 4.1 donde se puede observar el material obtenido.

3.1.3. Preparación de la segunda muestra del tablero

Debido a que no se obtuvieron los resultados esperados en la muestra anterior, se procedió a usar la patente nº 2209289, tomando como referencia los ejemplos 6 y 7 (Wallace, 1940). Esto debido a que los reactivos a usar en

esta patente fueron difíciles de obtener y solo se logró conseguir los utilizados en los ejemplos referidos anteriormente.

Una vez obtenidas las muestras de los tableros, se procedió a agregarle material fibroso a la mezcla para luego establecer las diferencias en cuanto a las propiedades físico-mecánicas de éstas. Las porciones agregadas en los ejemplos 6 y 7 fueron variables dependiendo del tipo de fibra utilizada. La única variante en cuanto a la materia prima fue la utilización de material fibroso (cartón, papel, bagazo de caña, aserrín), añadido 5 minutos antes de pasar toda la mezcla al molde, tiempo que se obtuvo luego de varias pruebas realizadas. Este tiempo es suficiente para que todas las fibras se incorporen a la resina y no se carbonicen, obteniendo al final del mezclado un material homogéneo en cuanto a su aspecto físico.

Una vez hechas las muestras de los tableros se tiene como resultado materiales con características plásticas y de bajo peso, por lo que pudieran tener muy buena resistencia a la absorción de agua, poseer bajo hinchamiento en espesor y baja densidad. Antes de realizarle al material las pruebas mencionadas anteriormente, se procedió a realizar el ensayo de compresión a cada una de ellas, obteniendo resultados muy negativos, esto debido a que los materiales al recibir poca presión se quebraron.

3.1.4. Preparación de la tercera muestra del tablero

Para la fabricación de la tercera muestra del tablero se procedió a realizar directamente las probetas que servirían para realizar los ensayos físico-mecánicos. Para ello se tomó como información la patente n° 6509397 (Nägelle, 2003) referida al uso de un polímero natural con un polímero sintético y la adición de fibras. Como esta patente no indica una forma específica de fabricar el material, utilizando la información allí presentada se diseñó el procedimiento de la figura 3.6 mezclando los materiales en distintas proporciones para cada muestra como indica la tabla 3.1. El proceso de

selección de las muestras dependió en primer lugar, del aspecto físico del material una vez listo y de los ensayos de compresión realizados a cada una de las probetas.

Tabla 3.1 Porcentaje en masa de lignina, material plástico y fibroso utilizado en la fabricación de las probetas

Muestra	% Mat. plástico	% Lignina	% Fibra
21	40	30	30 (Aserrín)
22	30	35	35 (Aserrín)
41	20	30	50 (Aserrín)
43	34	33	33 (Aserrín)
91	35	15	50 (Aserrín)
94	30	20	50 (Aserrín)
A	35	15	50 (Bagazo de caña)
B	30	20	50 (Bagazo de caña)
C	40	30	30 (Bagazo de caña)
D	20	30	50 (Bagazo de caña)
E	34	33	33 (Bagazo de caña)
F	30	35	35 (Bagazo de caña)
G	35	15	50 (Papel/cartón)
H	30	20	50 (Papel/cartón)
I	40	30	30 (Papel/cartón)
J	20	30	50 (Papel/cartón)
K	34	33	33 (Papel/cartón)
L	30	35	35 (Papel/cartón)

Los ensayos de compresión fueron realizados en el Centro de Investigaciones Tecnológicas de Oriente (CITO), ubicado en la Zona Industrial Los Montones, Barcelona, estado Anzoátegui, bajo la norma ASTM-D695. Para este ensayo se hizo uso de una prensa hidráulica, marca FORNEY. La probeta es colocada entre las dos placas de la prensa siendo la superior, una placa móvil. A una velocidad constante la probeta es

presionada hasta obtener una deformación notable, es en ese momento en donde se observa la fuerza aplicada a la probeta.

Al deformarse la probeta, se detiene la prensa y se lee el peso aplicado (tabla 3.2), que luego serviría para calcular la resistencia a la compresión, esta propiedad puede expresarse en distintas unidades como: Pa, kp/cm^2 y Nw/mm^2 . Para calcular ésta se aplica la ecuación 2.4 (Seymour y Carraher, 1995):

$$= \frac{\times}{\text{-----}}$$

Haciendo uso de la ecuación con la muestra 21 y tomando los datos de la tabla 3.2, se tiene:

$$\frac{\times}{\text{-----}}$$

Este mismo procedimiento se realiza para los datos de las muestras restantes, dando como resultado los mostrados en la tabla 4.1. Cabe destacar que las muestras excluidas (alrededor de 22 muestras) tuvieron un peso aplicado menor a 100 kg., y daría como resultado de resistencia a la compresión menor a 2 Nw/mm^2 ; valores por debajo de éste no representan una buena propiedad. Por lo que se decidió excluirlas y no realizarle los ensayos físicos faltantes.

Tabla 3.2 Datos necesarios para el cálculo de la resistencia a la compresión

Muestra	Diámetro (cm)	Área x 10⁴ (m²)	Peso aplicado (kg.)
21	2,31	4,19	110
22	2,41	4,56	170
41	2,37	4,41	180
43	2,37	4,41	190
91	2,37	4,41	550
94	2,41	4,56	310
A	2,36	4,37	430
B	2,57	5,19	340
C	2,45	4,71	120
D	2,36	4,37	170
E	2,49	4,87	200
F	2,52	4,99	190
G	2,41	4,37	430
H	2,42	4,60	550
I	2,56	4,71	120
J	2,62	4,37	170
K	2,44	4,87	200
L	2,53	4,99	190

Para los ensayos de absorción de agua e hinchamiento en espesor se fabricaron las probetas seleccionadas en los ensayos de compresión (tabla 3.2) siguiendo el mismo procedimiento de la figura 3.6. Debido a la falta de instrumentos de trabajo, las probetas no pudieron acondicionarse como lo indica la norma UNE (Velásquez, 2002), pero se logró acondicionarlas con medidas de largo y diámetro de aproximadamente 1 pulgada. Para las pruebas se tomaron el peso y el espesor (diámetro) de las probetas antes de

sumergirlas en agua destilada por un tiempo de 24 horas \pm 15 minutos; luego se introdujeron a unos 20 milímetros por debajo de la superficie del agua.

Luego de este tiempo se sacan y se dejan reposar durante 10 minutos sobre un papel de celulosa para retirar el exceso de agua, se pesan y se miden nuevamente. Los datos para los cálculos correspondientes se muestran en la tabla 3.3, siendo M_0 , L_0 y H_0 medidas de peso, espesor del diámetro y espesor de la altura respectivamente tomados antes de sumergir las probetas, M_1 , L_1 y H_1 medidas de peso, espesor del diámetro y espesor de la altura respectivamente tomadas después de sumergir las probetas en agua.

Para el cálculo del porcentaje de absorción de agua se utiliza la ecuación 2.5:

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

Si calculamos el porcentaje de absorción de agua para la muestra 21, tomando los valores de la tabla 3.3 se tiene que:

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

Se realiza el mismo procedimiento para las demás muestras. Los resultados pueden observarse en la tabla 4.2. Para el cálculo del porcentaje de hinchamiento en espesor se hizo uso de la ecuación 2.6:

$$\frac{\quad}{\quad}$$

Calculando ésta propiedad para la muestra 21 tomando los datos de la tabla 3.3, se tiene:

$$\left(\frac{\quad - \quad}{\quad} \right) \times$$

Puesto que el hinchamiento en espesor de la probeta no se produce sólo en el diámetro de ésta, se calculó también ésta propiedad para la altura de la probeta haciendo uso de la misma ecuación pero ajustada a lo que se está calculando:

Entonces, haciendo los cálculos para la muestra 21 y tomando los datos de la tabla 3.3 se tiene que:

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

El mismo procedimiento se realiza para el resto de las muestras y los resultados se muestran en la tabla 4.2.

Para calcular la densidad de las probetas se hizo uso de la ecuación 2.7. Por falta de la especificación de la norma UNE 32394 para tableros de fibras duras, se procedió a tomar las dimensiones de las muestras realizadas, tomando en cuenta que las probetas son de forma cilíndrica. Los valores para calcular el volumen de cada probeta se muestran en la tabla 3.4.

Para el cálculo del volumen de la probeta se tiene la ecuación Π , donde: $\Pi= 3,1416$; r es el radio de la probeta y h es la altura de la misma. Con esta ecuación y los datos correspondientes a cada probeta se calculó el volumen y los valores se muestran en la tabla 4.3. Ahora, para el cálculo de la densidad se tiene la ecuación 2.7:

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right)$$

Tabla 3.3 Valores necesarios para el cálculo de la resistencia a la absorción de agua e hinchamiento en espesor

Muestra	Antes de sumergir en agua			Después de sumergir en agua		
	M ₀ (g)	L ₀ (cm)	H ₀ (cm)	M ₁ (g)	L ₁ (cm)	H ₁ (cm)
21	8,78	2,31	2,33	9,27	2,32	2,37
22	10,12	2,41	2,36	10,51	2,43	2,38
41	8,68	2,37	2,47	10,23	2,38	2,49
43	9,67	2,37	2,48	10,48	2,39	2,49
91	9,78	2,37	2,6	10,47	2,43	2,63
94	8,08	2,41	2,43	9,5	2,43	2,45
A	9,56	2,36	2,53	10,18	2,43	2,56
B	8,63	2,57	2,6	9,96	2,59	2,62
C	8,85	2,45	2,37	9,26	2,47	2,40
D	9,15	2,36	2,46	9,98	2,37	2,48
E	9,76	2,49	2,54	10,48	2,51	2,55
F	9,54	2,52	2,48	9,93	2,55	2,50
G	9,16	2,36	2,49	9,87	2,43	2,53
H	9,36	2,42	2,54	10,24	2,42	2,56
I	8,69	2,45	2,6	9,21	2,47	2,64
J	9,03	2,36	2,43	9,97	2,37	2,46
K	9,17	2,49	2,45	10,06	2,51	2,47
L	8,98	2,52	2,5	9,48	2,55	2,53

Introduciendo los valores correspondientes a la muestra 21 en la ecuación 2.7 y los resultados se muestran en la tabla 4.3, se tienen lo siguiente:

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \right) \quad \text{—}$$

Para seleccionar la probeta que contenga la formulación adecuada se debe tomar en cuenta la resistencia a la compresión, el hinchamiento en espesor y la absorción de agua en este mismo orden de importancia. Este

orden se debe a que la resistencia a la compresión es una característica importante a la hora de saber si un material es bueno para ser utilizado en la construcción, el hinchamiento en espesor le indica que tanto se puede expandir el material en cuanto a su estructura, y la absorción de agua es una variable que se puede controlar. Las probetas, además de absorber de cierta cantidad de agua debido a la permeabilidad del material contienen poros como consecuencia del procedimiento utilizado para su fabricación. Entonces, se puede decir que la absorción de agua puede ser reducida empleando mecanismos más sofisticados para la elaboración de las probetas.

Tabla 3.4 Dimensiones y peso de las probetas

Muestra	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Radio (cm)	Peso (g)
21	2,33	2,31	1,155	8,78
22	2,36	2,41	1,205	10,12
41	2,47	2,37	1,185	8,68
43	2,48	2,37	1,185	9,67
91	2,6	2,37	1,185	9,78
94	2,43	2,41	1,205	8,08
A	2,53	2,36	1,18	9,56
B	2,6	2,57	1,285	8,63
C	2,37	2,45	1,225	8,85
D	2,46	2,36	1,18	9,15
E	2,54	2,49	1,245	9,76
F	2,48	2,52	1,26	9,54
G	2,49	2,41	1,205	9,16
H	2,54	2,42	1,21	9,36
I	2,6	2,56	1,28	8,69
J	2,43	2,62	1,31	9,03
K	2,45	2,44	1,22	9,17
L	2,5	2,53	1,265	8,98

Aclarado esto, se toma como parámetros importantes la resistencia a la compresión y el hinchamiento en espesor teniendo en cuenta que la absorción de agua se puede reducir. Si se observa la tabla 4.1 referida a los valores de la resistencia a la compresión, se debe tomar en cuenta el valor mas alto ya que eso indica que la probeta pudo resistir un máximo de peso aplicado y eso es un aspecto positivo, como se tiene tres tipos de materiales fibrosos se puede escoger la mejor probeta por cada uno de estos (tabla 4.4).

3.2. Análisis de las propiedades fisicomecánicas

Las propiedades físico-mecánicas se ven afectadas por diversos factores como la temperatura y presión de prensado, las fibras utilizadas, su tamaño, la cantidad de lignina y material plástico añadido. En el caso del hinchamiento en espesor (TS), éste no se ve afectado por el tamaño del material fibroso, y tampoco por el tipo, la cantidad de fibra utilizada, la cantidad de lignina y material plástico añadido. Ahora, se presume que lo que si puede afectar a esta propiedad es la temperatura de prensado; a una elevada temperatura de prensado la lignina se funde y logra fluir formando enlaces adhesivos estables lo que favorece a la disminución del hinchamiento en espesor (TS).

Al igual que el hinchamiento en espesor, la absorción de agua (WA) no se ve afectada por el tamaño del material fibroso, tampoco por el tipo de éste, por las cantidades de fibras y aditivos añadidos. La molienda tampoco afecta esta propiedad puesto que no modifica la naturaleza del material. Según Velásquez, 2002, se presume que a una temperatura de prensado alta y a una presión de prensado moderada-baja las fibras se encuentran distantes unas de otras existiendo pocos puntos de contacto entre ellas, entonces cuando se aumente la temperatura la lignina logra fundirse formando nuevos puntos de unión aumentando el número de enlaces

responsables de la disminución de la absorción de agua; una presión de prensado muy alta no forma nuevos puntos de contacto y puede llevar al deterioro de la estructura interna del material disminuyendo la resistencia de esta propiedad.

En cuanto a la compresión, ésta está influenciada por la dirección de las fibras por lo que la alineación de las fibras, ya sea paralela o perpendicularmente, aumenta o disminuye la resistencia a la compresión del material fabricado. Otra característica que influiría en la resistencia a la compresión según Arriaga, 2003, sería el contenido de humedad existente en el material; cuando la humedad es menor al 30 % la resistencia quedaría positivamente afectada, pero al haber un aumento por encima de este valor dicha propiedad no varía. Cuanto mayor sea el peso específico del material mayor será su resistencia a la compresión, lo que convierte a esta propiedad proporcional a la densidad del material.

Según Velásquez, 2002, la densidad se ve afectada por la molienda de la fibra; si se muele la fibra, esta puede contener aire que contribuye a la disminución de la densidad por la formación de burbujas en el material, la temperatura de prensado no tiene influencia en ésta pero un aumento en la presión de prensado si aumenta la densidad, y un aumento en la cantidad de lignina produce un aumento en dicha propiedad.

3.3. Selección de los equipos que permitirán la fabricación de los tableros

3.3.1. Diagrama de flujo del proceso tecnológico requerido para la fabricación de los tableros

Para la fabricación de los tableros no se siguió un proceso específico debido a que las muestras fueron hechas a nivel de laboratorio y de forma manual, por lo que en la figura 3.9 se presenta un diagrama del proceso propuesto para la fabricación de éstos a nivel industrial.

3.3.2. Descripción de los equipos a utilizar en el proceso tecnológico

A continuación se hará una breve descripción de los equipos a utilizar en proceso tecnológico para la fabricación de los tableros:

- **Desfibrador:** es una máquina que rompe la madera en fibras y virutas. Se usa en la fabricación de aglomerados, piezas de hormigón, tableros, en extracción de fibras para textiles, industria alimentaria, etc..
- **Ventilador aspirador:** son máquinas rotativas, robustas y versátiles que mueven aire, virutas, polvos y diversos gases en múltiples aplicaciones industriales.
- **Porta saco, rasga saco y tolva:** son elementos que permiten la fácil manipulación de los materiales recibidos en sacos para su almacenado y drenaje hacia otros procesos.
- **Pesaje y mezclado:** equipo que dosifica las proporciones de los materiales y los mezcla según la formulación.
- **Aglomerador:** equipo que compacta el material en pastillas para su mejor procesamiento.
- **Generador de aire caliente:** equipo que alimenta al deshumidificador.
- **Deshumidificador:** equipo que reduce el contenido de agua en el material.
- **Extrusora:** equipo que permite el moldeado del material según las especificaciones requeridas.
- **Módulos de enfriamiento:** permiten el enfriamiento del material una vez salido de la extrusora.
- **Equipo cortador:** equipo que corta el material ya listo según las dimensiones requeridas por el fabricante.
- **Mesa de empacado:** permite el debido empacado del material completamente listo para su almacenamiento y distribución.

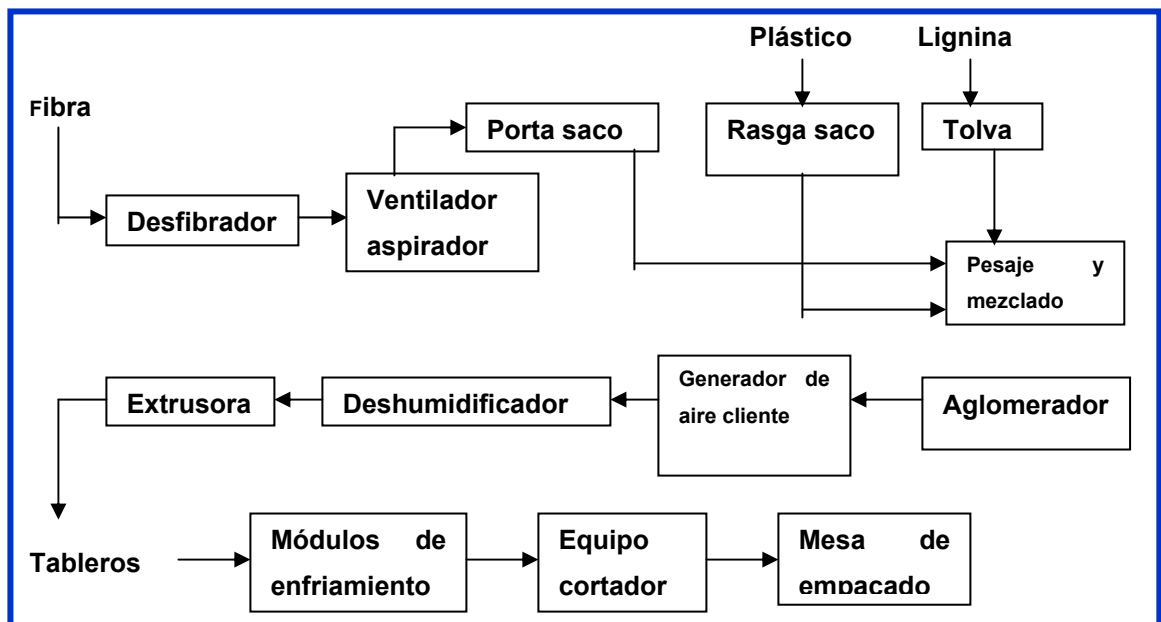


Figura 3.9 Diagrama de flujo del proceso para la fabricación de los tableros

3.3.3. Etapas de preparación del material antes de llegar al extrusor

Antes de empezar el proceso productivo, las fibras a utilizar deberán pasar por un tratamiento de trituración previo para alcanzar la granulometría apropiada. Luego deberán seguirse las siguientes etapas:

Etapas de preparación del material antes de llegar al extrusor

Etapas de preparación del material antes de llegar al extrusor. Solo en el caso de las fibras, pasarán previamente por un triturador; los otros materiales podrán suministrarse directamente a los equipos de almacenaje.

Etapas de preparación del material antes de llegar al extrusor. Se pesan las proporciones para dosificar el material y después se mezcla para alcanzar la formulación deseada, todo esto se hace en el equipo dosificador.

Etapas de preparación del material antes de llegar al extrusor. Aquí el material ya dosificado se compacta usando solo presión para formar pelotillas que luego pasaran al

deshumidificador. El material se compacta para que se obtenga un secado homogéneo del material.

Etapa 4. Secado del material. Esta etapa la conforman el equipo deshumidificador, compuesto por la tolva de carga y la unidad generadora de calor que será la que alimentará la tolva para secar el material que estará contenido en ella, retirando la humedad hasta alcanzar un 1% y así estar lista para pasar al extrusor. Éste porcentaje se debe a que es el valor de humedad óptimo para evitar quiebres ó grietas en el material ya terminado.

3.3.4. Localización de los equipos dentro de la planta (Lay-out de equipos)

Una vez conocidos los equipos principales se desarrolla un diagrama (figura 3.16) que especifique donde estará cada equipo y áreas de trabajo (área de servicios de planta, área de administración, laboratorio y servicios menores, área de trabajos especiales, área de material terminado, área de taller y mantenimiento, área de insumos).

3.3.5. Localización del área disponible para la instalación de la planta

Tomando en cuenta que una de las materias primas (aserrín) se necesita en mayor proporción que las demás, se propone instalar la planta en la población de San Mateo, estado Anzoátegui, ya que ésta posee dos aserraderos que nos puede suplir del aserrín necesario para el proceso. En la figura 3.17 se muestra un plano con la ubicación del área disponible para la instalación de la planta.

3.4. Realización de un estimado de costos (Clase IV) del proceso tecnológico diseñado

3.4.1. Costo del equipo entregado

En las tablas 3.5 a) y 3.5 b) se presentan los estimados de costos de los equipos entregados basándose en las cotizaciones enviadas por los fabricantes, esto con el fin de obtener una aproximación del costo cercana a la existente en el mercado. Algunos equipos están cotizados en dólares, se hizo la conversión a bolívares fuertes tomando en cuenta que 1 dólar equivale a 2,60 Bs.F. para la importación de maquinarias y equipos según la gaceta oficial n° 39.342 de la República Bolivariana de Venezuela.

Ahora, como los costos de éstos equipos (tabla 3.5 b) fueron suministrados por la empresa PLASTEC USA, ubicada en Miami, Florida, Estados Unidos de America, con sucursal en Caracas, Venezuela; se deberá tomar en cuenta los gastos por servicios de traslado del equipo, así como los costos de introducción al país. Para obtener información sobre estos gastos, fue necesario dirigirse al Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria (SENIAT), ubicado en la avenida Raúl Leoni, Guanta, estado Anzoátegui, y por medio de una entrevista informal con uno de los trabajadores se logró conocer que los costos asociados a la compra de equipos en el extranjero se pueden calcular mediante el porcentaje del costo del equipo a importar, según la tabla 3.6.

El costo de los equipos a importar sería de 1.943.600,00 dólares, que equivalen a 5.053.360,00 Bs.F. El 35 % de éste monto es de 1.768.676,30 Bs.F, entonces el costo total de los equipos a importar sería: $(5.053.360,00 + 1.768.676,30)$ Bs.F. = 6.822.036,30 Bs.F. El total de costos de los equipos entregados se muestran en la tabla 3.7.

3.4.2. Estimación de la inversión total de capital del proyecto

Existen distintos métodos para estimar la inversión total de capital del proyecto, de los cuales podemos mencionar (Peters y Timmerhaus, 1993): estimación detallada de cada rubro, estimación mediante costos unitarios,

factores de Lang, exponente que se aplica a la relación entre las capacidades de plantas similares, costo de inversión por unidad de capacidad de producción, índices de rotación y porcentaje del costo del equipo entregado; siendo este último el más usado cuando se hace una estimación de estudio ó preliminar del proyecto.

Tabla 3.5 a) Costo de los equipos entregados correspondientes al proceso tecnológico diseñado para la fabricación de los tableros

Cantidad	Equipo	Precio unitario (Bs.F.)	Precio total (Bs.F.)
1	Desfibrador (anexo D.5)	250.000,00	250.000,00
1	Ventilador aspirador (anexo D.6)	25.000,00	25.000,00
2	Porta saco	2.500,00	5.000,00
3	Rasga saco (Anexo D.7)	2.400,00	7.200,00
1	Tolva	3.000,00	3.000,00
Costo de los equipos entregados (Bs.F)			290.200,00

Tabla 3.5 b) Costo de los equipos entregados correspondientes al proceso tecnológico diseñado para la fabricación de los tableros

Cantidad	Equipo	Precio total (\$ EUA)
1	Aspirador	930.200,00
1	Pesaje y mezclado	
1	Aglomerador	
1	Equipo deshumidificador	
1	Extrusora	509.930,00
1/1	Boquilla/ Reactor	95.500,00
2	Módulos de enfriamiento	264.970,00
1	Equipo cortador	
1	Mesa de empacado	
-----	Ingeniería y supervisión	143.000,00
Costo de los equipos entregados (\$)		1.943.600,00

Tabla 3.6 Costos asociados a la compra de equipos en el extranjero según el porcentaje del costo del equipo a importar

Costos asociados a la compra de equipos en el extranjero	Porcentaje del costo del equipo (%)
Costo por empaque, transporte a puerto y gastos de aduana	3
Transporte marítimo o aéreo	5
Seguros	1
Arancel	15
Gastos de puerto y agente aduanal	3
Transporte interno	3
Repuestos de arranque	3
Servicios del vendedor	2
Total	35

Tabla 3.7 Total de costos de los equipos entregados

Descripción de costos	Costos (Bs.F.)
Costo de los equipos entregados (tabla 3.5 a))	290.200,00
Costo de los equipos entregados (tabla 3.5 b)) + 35 % (1.768.676,30 Bs.F)	6.822.036,30
Total costo de los equipos entregados (Bs.F)	7.112.236,30

Para la aplicación de este método es necesario saber el costo total del equipo entregado, aquellos rubros del costo directo de la planta pueden ser estimados como porcentajes del costo de los equipos entregados (tabla 4.5), y los componentes adicionales de la inversión de capital pueden ser basados en porcentajes promedio del costo directo total de la planta, en los costos totales directos e indirectos o en la inversión total de capital. En la tabla 3.8 se indica la inversión total de capital ajustada basada en el costo de los

equipos entregados, tomando en cuenta el tipo de material que procesa la planta (sólidos), las instalaciones necesarias, gastos de construcción y otros.

3.4.3 Estudio de la factibilidad económica

En el estudio de la factibilidad económica es necesario conocer y determinar aquellos factores que ayudan a determinar si un proyecto es rentable o no. Esos factores son la tasa de retorno porcentual estándar de la inversión, TR (ecuación 2.1) y el periodo de recuperación de la inversión, PRI (ecuación 2.2). Para el cálculo de estos factores es necesario estimar los costos de producción de la planta, que incluyen los costos directos, fijos e indirectos de producción. Los costos directos están relacionados al volumen de producción de la planta, los costos fijos son valores que permanecen prácticamente constantes, no varían mucho con las modificaciones del ritmo de producción; y los costos indirectos son aquellos que incluyen los gastos necesarios para servicios de rutina de la planta.

3.4.4. Costos directos de producción

Antes de sacar los costos de materia prima, se debe acotar que la producción máxima de la planta, de acuerdo al modelo de la extrusora (TC96) será de 1180 kg/h lo que equivalen a 6.419.200 kg/año (anexo C.3), constituidos por 50% fibra, 35% plástico y 15% lignina. La planta tendrá 2 turnos de operación de 8 horas cada uno.

×

×

×

Se debe señalar que la lignina tiene dos costos: el costo de producción y el costo de venta.

3.4.4.1. Cálculos con el costo de producción de la lignina

3.4.4.1.1. Materia prima

En el caso en estudio, existen tres tipos de materia prima: lignina, material plástico y aserrín. Estas tienen un costo de adquisición; en el caso de la lignina, se puede asumir que la planta extractora de lignina venderá el 15 % de la lignina requerida anualmente al precio de costo de producción, este costo es de 4,98 Bs.F. por cada 300 kg de lignina (Villegas, 2007). Entonces, como se requieren 962.880 kg/año, el costo anual de este producto sería de 15.983,81 Bs.F./año. En el caso del aserrín, la tonelada está cotizada en 400,00 Bs.F. (anexo D.2), como se requieren 3.209,60 ton/año; ésta podría tener un costo aproximado de: 1.283.840,00 Bs.F. Para el plástico, se obtuvo la mejor oferta en 4,55 Bs.F/kg. (anexo D.3), como se requieren 2.246.720 kg. /año, éste tendría un costo anual de 10.222.576,00 Bs.F. Entonces el costo total por materia prima sería de 11.522.399,81 Bs.F/año.

Tabla 3.8 Diversos rubros considerados para la estimación de la inversión total de capital, basados en el costo del equipo entregado (Peters y Timmerhaus, 1993)

Rubro	% del costo de equipo entregado
Costos directos	
Equipo adquirido y entregado	100
Instalación del equipo adquirido	40
Instrumentación y controles (instalados)	9
Cañerías y tuberías (instaladas)	8
Instalaciones eléctricas (colocadas)	7
Obras civiles (incluyendo servicios)	10

Mejoras del terreno	7
Instalaciones de servicios (montadas)	10
Terreno	3
Costo directo total de la planta	194
Costos indirectos	
Ingeniería y supervisión	10
Gastos de construcción	10
Total de costos directos e indirectos de la planta	214
Honorarios del contratista (aproximadamente el 5 % de los costos directos e indirectos de la planta)	10
Eventuales (alrededor del 10 % de los costos directos e indirectos de la planta)	10
Inversión de capital fijo	234
Inversión total de capital	234
Capital de trabajo; alrededor de 15% de la inversión total de capital	

3.4.4.1.2. Mano de obra directa

En el caso de una industria química (como es este caso), la mano de obra representa aproximadamente el 15 % del costo total del producto (Peters y Timmerhaus, 1993). Tomando en cuenta que el precio de venta de un tablero hecho con las mismas medidas del que se desea fabricar (0,25 m x 0,30 m x 3,50 m = 0,2625 m³) es de 178,00 Bs.F según la empresa distribuidora (anexo D.4), se tomará éste como precio de venta referencial para la comercialización de los tableros, pero con la diferencia de que según el diseño de este trabajo (anexo C.4), el tablero poseerá 0,02 m³ de volumen. Se puede considerar que la empresa trabaje de lunes a viernes y realice una parada debido a mantenimientos y factores de operación, quedando operativa 254 días al año; entonces, para un año de producción se tiene:

Entonces, el costo por mano de obra directa sería de 7.113.354,67 Bs.F/año, que representa el 15 % del monto calculado anteriormente.

3.4.4.1.3. Servicios básicos

Esta sección comprende todos los costos de los servicios como vapor, electricidad, agua para el proceso, etc. El costo de estos servicios en las plantas químicas comunes se encuentra entre 10 y 20 % del costo total del producto (Peters y Timmerhaus, 1993). En este caso puede tomarse un valor promedio del 15 % siendo éste igual que el costo por mano de obra directa. Entonces el costo por servicios básicos es de:

×

3.4.4.1.4. Mantenimiento y reparaciones

Para mantener una planta en eficientes condiciones de operación se requieren considerables gastos en mantenimiento y reparaciones. En las industrias de proceso, el gasto anual por este concepto representa el 6 % de la inversión de capital fijo (Peters y Timmerhaus, 1993). Establecida la inversión de capital fijo en 1.422.447,26 Bs.F. (tabla 4.5), el 6 % de este monto quedaría en:

×

3.4.4.1.5. Suministro para las operaciones

En toda operación de fabricación o producción se requiere varios suministros para que el proceso funcione eficientemente. Entre esos

suministros se encuentran planos y diagramas, lubricantes, útiles de conserjería, etc. El costo anual de este rubro se encuentra alrededor del 15 % del costo total de mantenimiento y reparaciones (Peters y Timmerhaus, 1993). Entonces, el costo por suministro para las operaciones representa la cantidad de:

$$\times \quad .$$

3.4.4.1.6. Gastos de laboratorio

En este ítem se incluye el costo de los ensayos de laboratorio para el control de las operaciones y el control de la calidad de los productos. Este costo puede situarse en un promedio del 15 % del costo de la mano de obra directa (Peters y Timmerhaus, 1993), siendo este costo de:

$$\times \quad .$$

3.4.4.2. Costos fijos

3.4.4.2.1. Depreciación

El valor de la depreciación se calcula mediante la ecuación (Blank y Tarquin, 2000):

$$\text{-----} \quad \text{(Ec. 3.1)}$$

donde:

V: valor original de la propiedad al comienzo del periodo de la vida útil (Bs.F).

Vs: valor de recuperación de la propiedad al finalizar la vida útil (Bs.F).

n: vida útil de la propiedad (años).

Se _____ estima que la vida útil de los equipos estaría en un promedio de 10 años y que una vez finalizado este tiempo el valor de recuperación será cero, siendo estos valores típicos de una industria química, el valor de la depreciación sería:

$$\frac{(\quad)}{\quad} =$$

3.4.4.3. Costos indirectos de producción

3.4.4.3.1. Mano de obra indirecta

Éste representa el 30 % del costo de mano de obra directa (Peters y Timmerhaus, 1993), es decir:

×

3.4.4.3.2. Gastos de administración

Representan el 15 % de los costos de mano de obra total, es decir, mano de obra directa e indirecta (Peters y Timmerhaus, 1993). Entonces, el costo por gastos de administración sería:

$$\times \left(\quad + \quad \right)$$

3.4.4.4. Comparación entre el costo del producto elaborado con el proceso industrial diseñado y el precio de venta en el mercado

Para calcular el costo por cada unidad del producto (tablero) se aplica el siguiente procedimiento: se determina el peso de cada tablero usando la densidad de la madera y los m³ de cada uno, luego con la producción diaria de material y el peso de cada tablero se determina la cantidad de tableros diarios a producir, esto multiplicado por la cantidad de días operativos de la

planta da la cantidad de tableros producidos por año, por ultimo se divide el total de costos de producción (tabla 3.9) entre la cantidad de unidades del producto fabricado; es decir:

3.4.4.1.2. Mano de obra directa

En el caso de una industria química (como es este caso), la mano de obra representa aproximadamente el 15 % del costo total del producto (Peters y Timmerhaus, 1993). Tomando en cuenta que el precio de venta de un tablero hecho con las mismas medidas del que se desea fabricar (0,25 mm x 0,30 m x 3,50 m = 0,02625 m³) es de 178,00 Bs.F según la empresa distribuidora (anexo D.4), se tomará éste como precio de venta referencial para la comercialización de los tableros, pero con la diferencia de que según el diseño de este trabajo (anexo C.4), el tablero poseerá 0,02 m³ de volumen. Se puede considerar que la empresa trabaje de lunes a viernes y realice una parada debido a mantenimientos y factores de operación, quedando operativa 254 días al año; entonces, para un año de producción se tiene:

Entonces, el costo por mano de obra directa sería de 7.113.354,67 Bs.F/año, que representa el 15 % del monto calculado anteriormente.

3.4.4.1.3. Servicios básicos

Esta sección comprende todos los costos de los servicios como vapor, electricidad, agua para el proceso, etc. El costo de estos servicios en las plantas químicas comunes se encuentra entre 10 y 20 % del costo total del producto (Peters y Timmerhaus, 1993). En este caso puede tomarse un valor promedio del 15 % siendo éste igual que el costo por mano de obra directa. Entonces el costo por servicios básicos es de:

×

3.4.4.1.4. Mantenimiento y reparaciones

Para mantener una planta en eficientes condiciones de operación se requieren considerables gastos en mantenimiento y reparaciones. En las industrias de proceso, el gasto anual por este concepto representa el 6 % de la inversión de capital fijo (Peters y Timmerhaus, 1993). Establecida la inversión de capital fijo en 1.422.447,26 Bs.F. (tabla 4.5), el 6 % de este monto quedaría en:

×

3.4.4.1.5. Suministro para las operaciones

En toda operación de fabricación o producción se requiere varios suministros para que el proceso funcione eficientemente. Entre esos suministros se encuentran planos y diagramas, lubricantes, útiles de conserjería, etc. El costo anual de este rubro se encuentra alrededor del 15 % del costo total de mantenimiento y reparaciones (Peters y Timmerhaus, 1993). Entonces, el costo por suministro para las operaciones representa la cantidad de:

×

3.4.4.1.6. Gastos de laboratorio

En este ítem se incluye el costo de los ensayos de laboratorio para el control de las operaciones y el control de la calidad de los productos. Este costo puede situarse en un promedio del 15 % del costo de la mano de obra directa (Peters y Timmerhaus, 1993), siendo este costo de:

×

3.4.4.2. Costos fijos

3.4.4.2.1. Depreciación

El valor de la depreciación se calcula mediante la ecuación (Blank y Tarquin, 2000):

(Ec. 3.1)

donde:

V: valor original de la propiedad al comienzo del periodo de la vida útil (Bs.F).

Vs: valor de recuperación de la propiedad al finalizar la vida útil (Bs.F).

n: vida útil de la propiedad (años).

Se estima que la vida útil de los equipos estaría en un promedio de 10 años y que una vez finalizado este tiempo el valor de recuperación será cero, siendo estos valores típicos de una industria química, el valor de la depreciación sería:

$$\frac{(\quad)}{\quad} =$$

3.4.4.3. Costos indirectos de producción

3.4.4.3.1. Mano de obra indirecta

Éste representa el 30 % del costo de mano de obra directa (Peters y Timmerhaus, 1993), es decir:

×

.

3.4.4.3.2. Gastos de administración

Representan el 15 % de los costos de mano de obra total, es decir, mano de obra directa e indirecta (Peters y Timmerhaus, 1993). Entonces, el costo por gastos de administración sería:

$$\times \left(\quad + \quad \right)$$

3.4.4.4. Comparación entre el costo del producto elaborado con el proceso industrial diseñado y el precio de venta en el mercado

Para calcular el costo por cada unidad del producto (tablero) se aplica el siguiente procedimiento: se determina el peso de cada tablero usando la densidad de la madera y los m³ de cada uno, luego con la producción diaria de material y el peso de cada tablero se determina la cantidad de tableros diarios a producir, esto multiplicado por la cantidad de días operativos de la planta da la cantidad de tableros producidos por año, por ultimo se divide el total de costos de producción (tabla 3.9) entre la cantidad de unidades del producto fabricado; es decir:

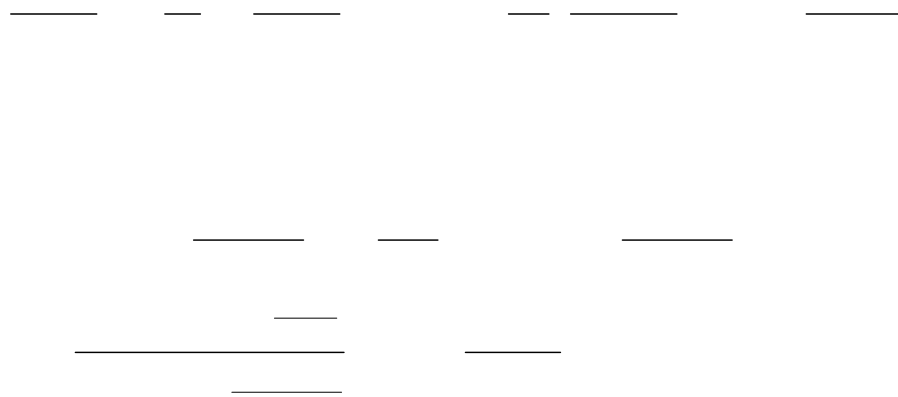


Tabla 3.9 Costos de producción anual

Materia prima	11.506.416,00
Costo de producción	Costo (Bs.F)
Gastos directos	7.113.354,67

Servicios básicos	7.113.354,67
Mantenimiento y reparaciones	85.346,84
Suministro para las operaciones	12.802,03
Gastos de laboratorio	1.067.003,20
Total costos directos	26.898.277,41
Costos fijos	
Depreciación	355.611,82
Total costos fijos	355.611,82
Costos indirectos	
Mano de obra	2.134.006,40
Gastos de administración	1.387.104,16
Total costos indirectos	3.521.110,56
Total costos de producción (Bs.F)	30.774.999,79

Se estima vender un tablero por debajo del precio del mercado (150,00 Bs.F), y a éste precio se le resta el costo por unidad del producto elaborado, se tiene la ganancia por tablero vendido, es decir:

Ahora, con la ganancia por tablero vendido (33,09 Bs.F.) multiplicada por la cantidad de producto anual, se obtiene la ganancia anual de venta del producto:

3.4.4.5. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

Este factor puede ser calculado mediante la ecuación 2.3 siendo A, la ganancia anual calculada anteriormente y a la cual se le suma la depreciación ($8.815.773,61 + 711.223,63 = 9.526.997,24$ Bs.F), la inversión total de capital estaría representada por la letra P, valor tomado de la tabla

4.5 (16.642.632,95 Bs.F.), n sería el número de años de vida útil de los equipos (10 años) Sustituyendo estos valores en la ecuación, y con el uso de una calculadora Hp 50g, se despeja la tasa de retorno de la inversión (i) quedando:

$$\left[\frac{(\quad)}{(\quad)} \right]$$

3.4.4.6. Cálculo del tiempo de pago dinámico (n)

Este factor también se calcula mediante la ecuación 2.3, con la diferencia de que el período de recuperación de la inversión o tiempo de pago dinámico estará representado por la letra n. Para los cálculos fijamos una tasa mínima atractiva de retorno (i) de cinco puntos por encima de la tasa de interés ofrecida por el banco (anexo C.5), es decir, la tasa de interés ofrecida por el banco es de 24%, entonces la tasa mínima atractiva la fijamos en 29%; los valores de A y P son los mismos usados anteriormente:

$$\left[\frac{(\quad)}{(\quad)} \right]$$

3.4.4.7. Cálculos con el costo de venta de la lignina

3.4.4.7.1. Materia prima

Para la lignina, se tiene un costo de venta estimado en 11,50 Bs.F/kg. (Villegas, 2007). Entonces, como se requieren 962.880 kg/año, el

costo anual de este producto sería de 11.073.120,00 Bs.F./año. En el caso del aserrín, la tonelada está cotizada en 400,00 Bs.F. (anexo D.2), como se requieren 3.209,60 ton/año; ésta podría tener un costo aproximado de: 1.283.840,00 Bs.F. Para el plástico, se obtuvo la mejor oferta en 4,55 Bs.F/kg. (anexo D.3), como se requieren 2.246.720 kg. /año, éste tendría un costo anual de 10.222.576,00 Bs.F. Entonces el costo total por materia prima sería de 22.579.536,00 Bs.F/año.

3.4.4.7.2. Mano de obra directa

La mano de obra representa aproximadamente el 15 % del costo total del producto (Peters y Timmerhaus, 1993). Con las consideraciones tomadas en la sección 3.4.4.1.2; entonces, para un año de producción se tiene:

Entonces, el costo por mano de obra directa sería de 7.113.354,67 Bs.F/año, que representa el 15 % del monto calculado anteriormente.

3.4.4.7.3. Servicios básicos

El costo de estos servicios en las plantas químicas comunes se encuentra entre 10 y 20 % del costo total del producto (Peters y Timmerhaus, 1993). En este caso puede tomarse un valor promedio del 15 % siendo éste igual que el costo por mano de obra directa. Entonces el costo por servicios básicos es de:

×

3.4.4.7.4. Mantenimiento y reparaciones

En las industrias de proceso, el gasto anual por este concepto representa el 6 % de la inversión de capital fijo (Peters y Timmerhaus, 1993). Establecida la inversión de capital fijo en 1.422.447,26 Bs.F. (tabla 4.5), el 6 % de este monto quedaría en:

$$\times \quad .$$

3.4.4.7.5. Suministro para las operaciones

El costo anual de este rubro se encuentra alrededor del 15 % del costo total de mantenimiento y reparaciones (Peters y Timmerhaus, 1993). Entonces, el costo por suministro para las operaciones representa la cantidad de:

$$\times \quad .$$

3.4.4.7.6. Gastos de laboratorio

Este costo puede situarse en un promedio del 15 % del costo de la mano de obra directa (Peters y Timmerhaus, 1993), siendo este costo de:

$$\times \quad .$$

3.4.4.8. Costos fijos

3.4.4.8.1. Depreciación

El valor de la depreciación se calcula mediante la ecuación (Blank y Tarquin, 2000):

$$\text{-----} \quad \text{(Ec. 3.1)}$$

donde:

V: valor original de la propiedad al comienzo del periodo de la vida útil (Bs.F).

Vs: valor de recuperación de la propiedad al finalizar la vida útil (Bs.F).

n: vida útil de la propiedad (años).

Se estima que la vida útil de los equipos estaría en un promedio de 20 años y que una vez finalizado este tiempo el valor de recuperación será cero, siendo estos valores típicos de una industria química, el valor de la depreciación sería:

$$\frac{(\quad)}{\quad} =$$

3.4.4.9. Costos indirectos de producción

3.4.4.9.1. Mano de obra indirecta

Éste representa el 30 % del costo de mano de obra directa (Peters y Timmerhaus, 1993), es decir:

$$\times \quad .$$

3.4.4.9.2. Gastos de administración

Representan el 15 % de los costos de mano de obra total, es decir, mano de obra directa e indirecta (Peters y Timmerhaus, 1993). Entonces, el costo por gastos de administración sería:

$$\times (\quad + \quad)$$

3.4.4.10. Comparación entre el costo del producto elaborado con el proceso industrial diseñado y el precio de venta en el mercado

Para calcular el costo por cada unidad del producto (tablero) se aplica el siguiente procedimiento: se determina el peso de cada tablero usando la densidad de la madera y los m³ de cada uno, luego con la producción diaria de material y el peso de cada tablero se determina la cantidad de tableros diarios a producir, esto multiplicado por la cantidad de días operativos de la planta da la cantidad de tableros producidos por año, por ultimo se divide el total de costos de producción (tabla 3.9) entre la cantidad de unidades del producto fabricado; es decir:

$$\frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Cantidad de unidades del producto fabricado}} = \text{Costo por unidad}$$

Como se estima vender un tablero por debajo del precio del mercado (150,00 Bs.F), y cada tablero producido tiene un costo por encima de éste, no se obtendría ganancia alguna por la venta del producto y el proyecto no resultaría factible. Por lo que es recomendable impulsar el proyecto referente a la planta extractora de lignina (Villegas, 2007) para que ésta sea la surtidora de la materia prima al costo de producción; dando como resultado, la factibilidad del proyecto estudiado en este trabajo de investigación.

Tabla 3.10 Costos de producción anual

Costo de producción	Costo (Bs.F)
Costos directos	
Materia prima	22.579.536,00
Mano de obra	7.113.354,67
Servicios básicos	7.113.354,67
Mantenimiento y reparaciones	85.346,84
Suministro para las operaciones	12.802,03
Gastos de laboratorio	1.067.003,20
Total costos directos	37.971.397,41
Costos fijos	
Depreciación	355.611,82
Total costos fijos	355.611,82
Costos indirectos	
Mano de obra	2.134.006,40
Gastos de administración	1.387.104,16
Total costos indirectos	3.521.110,56
Total costos de producción (Bs.F)	41.848119,79

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Discusión de resultados

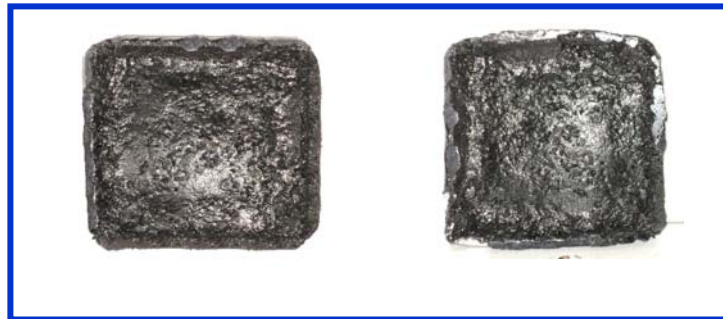
4.1.1. Obtención de la formulación adecuada

En la fabricación de la primera muestra del tablero (figura 4.1) se tuvieron inconvenientes debido a la escasa adhesión del material fibroso con los aditivos, aunque se siguió el mismo procedimiento usado en la patente (Geller, 1942), los resultados no fueron los esperados, el desmoronamiento del material no permitió practicarle los ensayos físico-mecánicos correspondientes. Con respecto a la segunda muestra del tablero, se tomaron dos ejemplos de otra patente (Wallace, 1940), las cuales no incluían material fibroso; este último fue agregado como parte del experimento. Aunque el material aparentemente logró una buena plastificación (figura 4.2) no se lograron realizar los ensayos de compresión debido a sus características quebradizas, estos materiales deben estar hechos para aguantar impactos ya que serán utilizados en la construcción y no conviene colocar en el mercado un material que pueda quebrarse con facilidad. Por ende, tampoco fue necesario hacerle los demás ensayos físico-mecánicos, aunque los resultados de algunos de estos pudiesen ser muy buenos. También cabe mencionar que las sustancias y aditivos utilizados en las patentes anteriores son costosos (ácido sulfúrico, ácido succínico), y el costo es un factor importante en el estudio de un proyecto.



**Figura 4.1 a) Tablero hecho con papel y cartón como material fibroso,
b) Tablero hecho con bagazo de caña como material fibroso**

Una vez hechas las probetas que representan la tercera muestra del tablero (figura 4.3) se realizaron los cálculos correspondientes a las propiedades físico- mecánicas, siendo el primero de ellos la resistencia a la compresión.



**Figura 4.2 a) Tablero hecho siguiendo el procedimiento de la figura 3.3,
b) Tablero hecho siguiendo el procedimiento de la figura 3.4**



Figura 4.3 Probetas representativas de la tercera muestra del tablero

En la tabla 4.1 se pueden observar los valores de la resistencia a la compresión en distintas unidades siendo las muestras 91, A y H las que poseen un valor más alto en comparación con otras. Estas muestras están formadas por 50 % fibra y 50 % entre lignina y material plástico como es referido en la patente utilizada. La fabricación de las muestras no fue hecha de manera que se permitiera una determinada alineación del material fibroso, en este caso sólo del aserrín y del bagazo de caña, por lo que si se compara los valores de resistencia a la compresión reflejados en la tabla 2.6 con los de las muestras seleccionadas (tabla 4.1), podemos presumir que la tendencia de alineación de las fibras con respecto a las probetas es perpendicular o que no tienen alineación específica. Hay que recordar que la primera propiedad que hay que tomar en cuenta para escoger la formulación adecuada es la de la resistencia a la compresión.

Las siguientes pruebas realizadas fueron las de absorción de agua e hinchamiento en espesor. Los resultados de estos ensayos se muestran en la tabla 4.2.

Tomando en cuenta los valores de estas propiedades para la probeta 91 (aserrín), se observa que no se encuentran entre el más alto o más bajo de éstos; la probeta A (bagazo de caña) posee el valor más alto en cuanto al hinchamiento en espesor pero uno de los más bajos en absorción de agua, mientras que la probeta H (papel/cartón) posee el valor más bajo en cuanto al hinchamiento en espesor, pero uno de los más altos en absorción de agua.

Las mencionadas probetas son las que poseen mejor resistencia a la compresión, razón por la cual fueron las principales tomadas en cuenta aunque los valores de hinchamiento en espesor y absorción de agua pudieran no ser los mejores. Se debe recordar que debido al método usado para la fabricación de las probetas, éstas contienen espacios vacíos o poros que son los principales responsables de los valores de las propiedades antes mencionadas, al igual que el mecanismo de prensado y/o el método de

calentamiento. Lo ideal sería que el material absorbiera lo mínimo de agua y esto se logra empleando las herramientas necesarias para una adecuada fabricación de los tableros.

Tabla 4.1 Resistencia a la compresión de las muestras de los tableros en distintas unidades

Muestra	Resistencia a la compresión		
	Pa	kp/cm ²	Nw/mm ²
21	2574819,77	26,25	2,57
22	3655888,54	37,25	3,66
41	4002708,13	40,80	4,00
43	4225080,81	43,06	4,23
91	12230497,07	124,67	12,23
94	6666620,28	67,96	6,67
A	9643230,77	98,30	9,64
B	6429701,05	65,54	6,43
C	2497049,71	25,45	2,50
D	3812440,07	38,86	3,81
E	4029112,67	41,07	4,03
F	3737064,81	38,09	3,74
G	9247247,49	94,26	9,25
H	11730325,63	119,58	11,73
I	2287069,84	23,31	2,29
J	3093317,15	31,53	3,09
K	4195932,12	42,77	4,20
L	3707581,18	37,79	3,71

Tabla 4.2 Valores de porcentaje de hinchamiento en espesor y absorción de agua para las probetas seleccionadas

Muestra	TS %	WA %	TS_H %
21	0,43	5,58	1,72
22	0,83	3,85	0,85
41	0,42	17,86	0,81
43	0,84	8,38	0,40
91	0,53	7,06	1,15
94	2,83	17,57	0,82
A	2,97	6,49	1,19
B	0,78	15,41	0,77
C	0,82	4,63	1,27
D	0,42	9,07	0,81
E	0,80	7,38	0,39
F	1,19	4,09	0,81
G	2,97	7,75	1,61
H	0,00	9,40	0,79
I	0,82	5,98	1,54
J	0,42	10,41	1,23
K	0,80	9,71	0,82
L	1,19	5,57	1,20

La densidad de las muestras fabricadas (tabla 4.3) indica que el material es liviano, siendo el mayor valor de ellas (a excepción de la probeta 22) aún menor que el valor de la densidad promedio de la madera (900 kg./m³). En la tabla 4.4 se tienen las propiedades de las tres mejores muestras para la fabricación de los tableros tomando como la principal propiedad la resistencia a la compresión, influyendo en ella la alineación de las fibras, que es un aspecto que se puede variar con el uso de un proceso adecuado.

En cuanto a la absorción de agua, se sabe que una variable que se puede controlar si se disminuye la cantidad de espacios vacíos en la muestra, objetivo que se logra con buen mecanizado del material. El

hinchamiento en espesor y la resistencia a la compresión son características propias del material fabricado que depende mucho de la temperatura, del mecanismo de prensado y de la interacción que existe entre los materiales que forman la mezcla.

Tabla 4.3 Volumen de las probetas y densidad de las mismas

Muestra	Volumen (cm³)	Densidad (kg./m³)
21	9,76	899,13
22	10,77	940,03
41	10,90	796,59
43	10,94	883,87
91	11,47	852,66
94	11,08	728,92
A	11,07	863,82
B	13,49	639,85
C	11,17	792,06
D	10,76	850,30
E	12,37	789,09
F	12,37	771,27
G	11,36	806,44
H	11,68	801,16
I	13,38	649,35
J	13,10	689,27
K	11,46	800,45
L	12,57	714,50

Tabla 4.4 Propiedades de las tres mejores muestras

Muestra	Resistencia a la compresión(Nw/mm²)	TS %	WA %	TS_H %	ρ (kg./m³)
91	12,23	0,53	7,06	1,15	852,66
A	9,64	2,97	6,49	1,19	863,82
H	11,73	0,00	9,40	0,79	801,16

Cabe destacar que las probetas fueron hechas de forma manual lo que indica que usando las herramientas adecuadas se pueden obtener mejores resultados. Lo cierto es que estas tres muestras están formadas por 50 % material fibroso y 50 % que incluye lignina y plástico. Aclarado todo lo anterior, se decidió que la formulación adecuada para la fabricación de los tableros debe contener: 50 % de aserrín, 35 % de material plástico y 15 % de lignina alcalina (probeta 91), siendo esta formulación distinta a la referida por Nägelle, 2003, pero con resultados muy aceptables entre los que fueron reportados por Velásquez, 2002.

4.1.2. Análisis de las propiedades físico-mecánicas

Las probetas fabricadas fueron sometidas a diversos ensayos físico-mecánicos para verificar si los aditivos utilizados y el tipo de material fibroso tenían algún tipo de influencia en dichas propiedades. Después de realizados los ensayos, se obtuvieron los datos que nos permitieron la realización de las figuras (tablas 3.1, 4.2 y 4.3).

A continuación se muestran las figuras 4.4, 4.5 y 4.6, donde se muestra el hinchamiento en espesor (TS) en función del porcentaje de material plástico, lignina y material fibroso respectivamente.

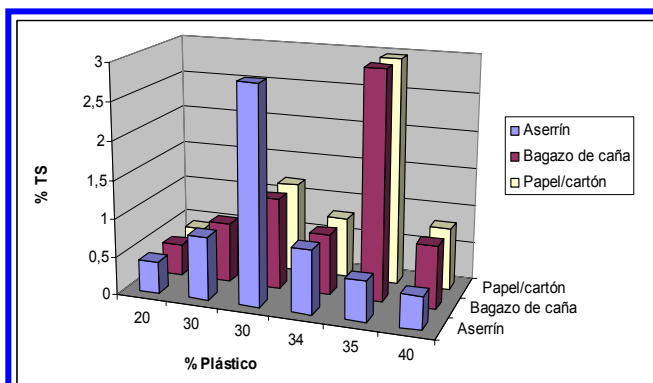


Figura 4.4 Porcentaje de hinchamiento en espesor en función del porcentaje de material plástico utilizado en los tres tipos de fibra.

En la figura 4.4 se observa que el hinchamiento en espesor (en el caso del aserrín), tiene una tendencia ascendente, logrando alcanzar un punto máximo (30% plástico) y luego desciende, no siendo éste el mismo comportamiento con respecto a los otros dos materiales fibrosos. Mientras que en las figuras 4.5 y 4.6 no se tiene ninguna tendencia específica, se nota un comportamiento desordenado lo cual nos corrobora que esta propiedad (TS) no depende del tipo y cantidad de material fibroso, ni de la cantidad de aditivos utilizados. Para la elaboración de las figuras solo se usan los valores de hinchamiento en espesor referidos al diámetro de la probeta y no los referidos a la altura de éstas (TS_H).

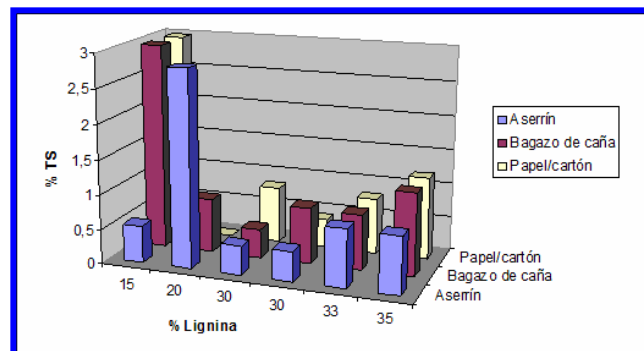


Figura 4.5 Porcentaje de hinchamiento en espesor en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.

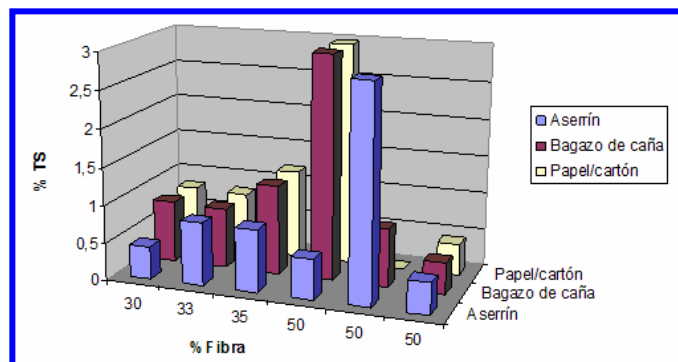


Figura 4.6 Porcentaje de hinchamiento en espesor en función del porcentaje de fibra utilizado en los tres tipos de material fibroso.

En el caso de la absorción de agua (WA), el tamaño de las fibras no guardan relación con los resultados obtenidos ya que la molienda no afecta la naturaleza del material; aclarando que la molienda fue hecha para el uso del material fibroso y no para ser una variable en estudio; tampoco influyen en esta propiedad el tipo de fibras, la cantidad de éstas y de los aditivos utilizados. Esto se puede observar en las figuras 4.7, 4.8 y 4.9 respectivamente.

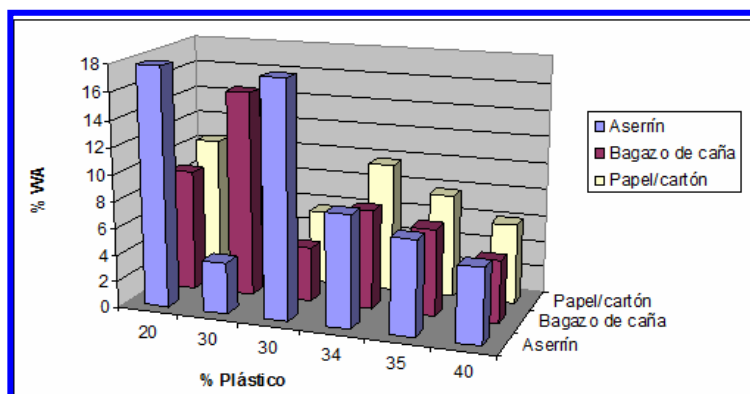


Figura 4.7 Porcentaje de absorción de agua en función del porcentaje de material plástico utilizado en los tres tipos de fibra.

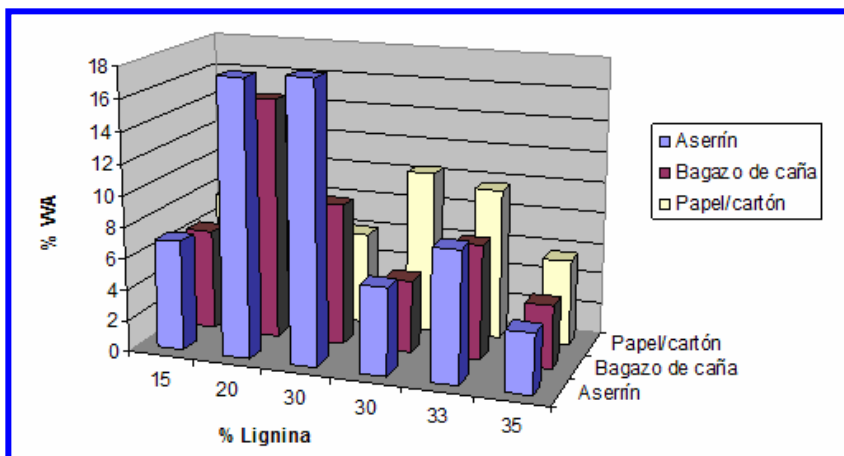


Figura 4.8 Porcentaje de absorción de agua en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.

En la figura 4.7 se puede observar que la absorción de agua (WA) tiende a disminuir cuando se usa una cantidad de plástico mayor a 34%, pero no se puede asegurar que se mantendrá ese comportamiento ya que, usando un 30% de plástico la absorción de agua es mucho menor, lo que contradice el comportamiento anterior. En las figuras 4.8 y 4.9 tampoco existe un comportamiento que indique que la propiedad aumente o disminuya en función de las otras variables, lo que nos da pie a reforzar la idea de que la mejora de esta propiedad está en la temperatura de prensado, variable que no fue objeto de estudio debido a la falta de un equipo adecuado.

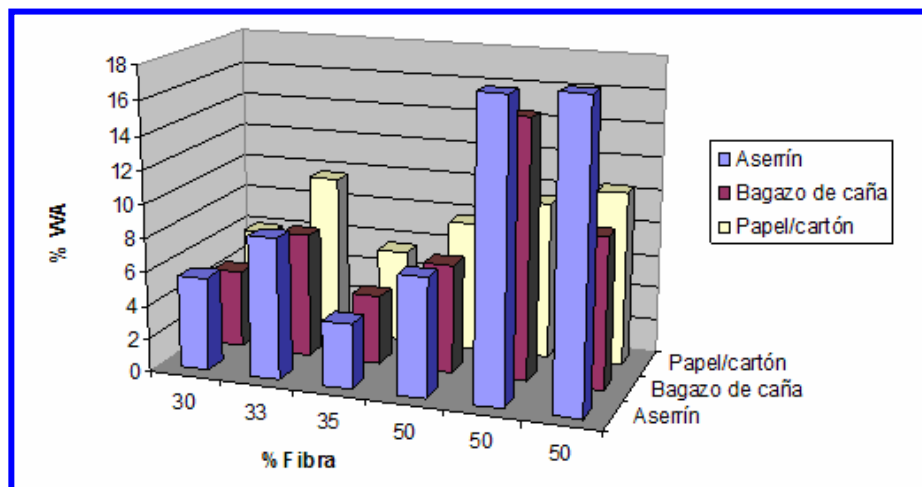


Figura 4.9 Porcentaje de absorción de agua en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.

En cuanto a la densidad, teóricamente, solo está influenciada por la molienda, la presión de prensado (variables que no fueron estudiadas por falta de equipos adecuados) y la cantidad de material plástico y lignina agregada. A continuación se muestran las figuras 4.10, 4.11 y 4.12.

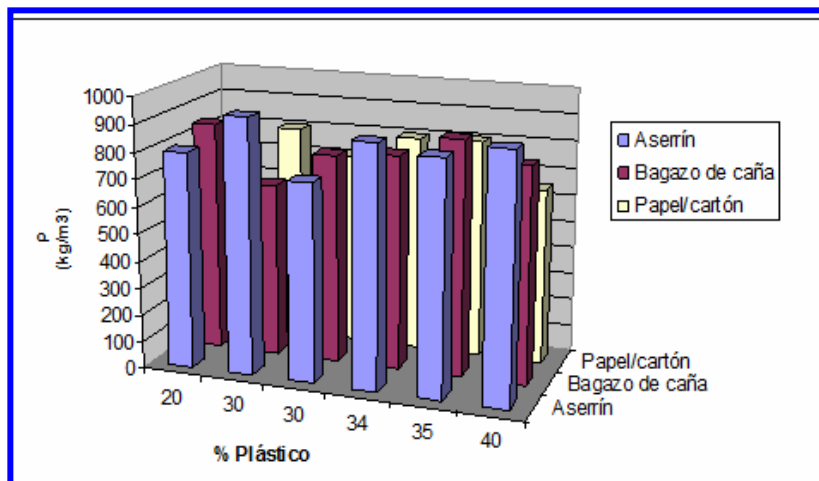


Figura 4.10 Densidad en función del porcentaje de material plástico utilizado en los tres tipos de fibra.

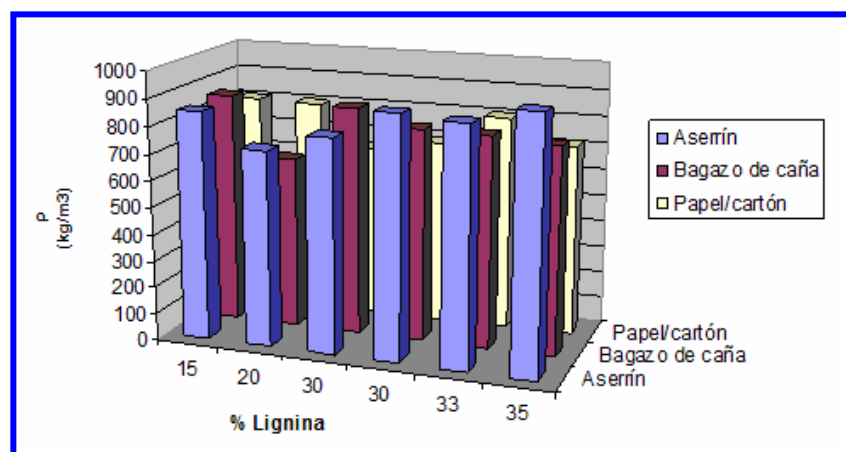


Figura 4.11 Densidad en función del porcentaje de lignina utilizado en los tres tipos de fibra.

En la figura 4.10 se observa que no hay ningún orden específico que indique que la densidad aumente o disminuya en función de la cantidad de material plástico; teóricamente la densidad depende principalmente del

contenido de material fibroso en el compuesto, y del tipo de plástico. En la figura 4.11 se puede observar que en el caso del aserrín, la densidad aumenta levemente en función de la lignina, lo que no ocurre con el resto del material fibroso; por lo que existe una contradicción con lo que se explica en la teoría. El material fibroso no tiene influencia en la densidad, lo se observa en la figura 4.12, quizás si se hubiese hecho distintos ensayos con la molienda del material, se hubiese podido observar los cambios que producían en dicha propiedad.

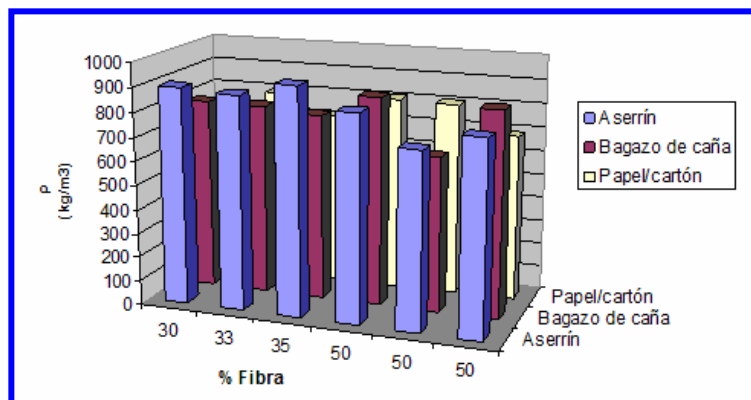


Figura 4.12 Densidad en función del porcentaje de fibra utilizado en los tres tipos de material fibroso.

En el caso de la resistencia a la compresión no se tiene una alineación específica de las fibras debido al método de fabricación del material, por ende los valores de compresión de las probetas seleccionadas (tabla 4.4), que aunque son valores bajos están dentro del rango de lo citado por Arriaga, 2003. Lo ideal sería lograr una alineación paralela de las fibras para aumentar el valor de la resistencia a la compresión y tener una mejor calidad del material.

Existen muchos factores que influyen en las características físico-mecánicas del material fabricado y que dieron como resultado que la formulación de la probeta con mejores resultados (91), según este proyecto,

no coincidiera con la formulación establecida en la patente de Nägelle, 2003. Se debe recordar que la patente sirvió de guía para la fabricación del material y que las condiciones de fabricación usadas en ella no fueron las mismas que se usaron en esta investigación. Factores como temperatura de prensado, presión aplicada al fabricar el material y la molienda del material fibroso no pudieron ser aplicados en sus diferentes escalas debido a la falta de equipos; con un buen control de esos factores se puede continuar con el estudio y lograr fabricar un material con mejores características y muy resistente para su aplicación en la construcción.

4.1.3. Selección de los equipos que permitirán la fabricación de los tableros

La selección de los equipos que se usarán en la fabricación de los tableros a nivel industrial fue basada en los requerimientos según el procedimiento utilizado en el laboratorio para la fabricación de las muestras, tomando en cuenta que el equipo principal (extrusora) tiene una capacidad máxima de procesamiento de material de 1180 kg. /h, equivalentes a 6.419,20 ton/año. El diseño de los equipos no fue necesario ya que en el mercado existen maquinarias que pueden ser utilizadas para tal fin y que solo con saber el tipo de material y el proceso a utilizar, se encontraron las necesarias para instalar la línea de producción que cumpla con las expectativas del fabricante.

4.1.4. Realización de un estimado de costos (Clase IV) del proceso tecnológico diseñado

Para la estimación de la inversión total de capital se utilizó el método del porcentaje del equipo entregado por ser el más usado en el estudio de un proyecto, tomando como costos bases de los equipos principales los solicitados a los fabricantes por medio de cotizaciones.

La inversión total de capital fue estimada en 16.642.632,95 Bs.F (tabla 4.5), siendo éste un valor cuantioso pero justificado por la automatización del proceso, la calidad de los equipos, de la materia prima a utilizar y del producto a obtener. También hay que acotar que este es un proyecto innovador en nuestro país y que la inversión de capital aquí estimada será bien justificada.

4.1.5. Estudio de la factibilidad económica

Para el estudio de la factibilidad económica del proyecto se determinaron los costos directos e indirectos de producción en cuanto al costo de producción y de venta de la lignina. Se determinó el total de estos costos (tabla 4.6) para luego hallar el costo por unidad de producto elaborado por la planta fabricadora de tableros y compararlo con el costo del producto en el mercado. Estos valores son de gran utilidad para corroborar la factibilidad económica del proyecto; los valores de ésta y de los costos antes mencionados se muestran en la tabla 4.6. En donde se puede observar que el proyecto es altamente factible si se obtiene la lignina al costo de su producción; se tienen altas ganancias por tablero vendido con una tasa de retorno de mas de 50 % y en donde el período de recuperación de la inversión es menor a 3 años; si se adquiere la lignina a su costo de venta, aumenta el costo de producción del tablero, obteniendo ganancias negativas dando como resultado un proyecto no factible. Por estas razones se considera éste un buen proyecto siempre y cuando se logre impulsar paralelamente el proyecto para la construcción de la planta extractora de lignina, también hay que resaltar que la ubicación de esta planta en San Mateo, estado Anzoátegui será de gran beneficio para la población ya que estaría contribuyendo a mayores fuentes de empleos directos e indirectos, aparte de que se cuenta con dos aserraderos que serían los surtidores del aserrín, que es la materia prima que se utiliza en mayor cantidad

disminuyendo los costos de producción por el transporte del material. Esta planta dará a la población de San Mateo un resurgimiento social y económico ya que contará con la primera fábrica de éste tipo en toda Venezuela y Latinoamérica.

Tabla 4.5 Estimación de la inversión de capital de los diversos rubros, basada en el costo de los equipos entregados

Rubro	% del costo de equipo entregado	Costo (Bs.F)
Costos directos		
Equipo adquirido y entregado	100	7.112.236,30
Instalación del equipo adquirido	40	2.844.894,52
Instrumentación y controles (instalados)	9	640.101,27
Cañerías y tuberías (instaladas)	8	568.978,91
Instalaciones eléctricas (colocadas)	7	497.856,54
Obras civiles (incluyendo servicios)	10	711.223,63
Mejoras del terreno	7	497.856,54
Instalaciones de servicios (montadas)	10	711.223,63
terreno	3	213.367,09
Costo directo total de la planta	194	13.797.738,43
Costos indirectos		
Ingeniería y supervisión	10	711.223,63
Gastos de construcción	10	711.223,63
Total de costos indirectos de la planta	214	1.422.447,26
Honorarios del contratista (aproximadamente el 5 % de los costos directos e indirectos de la planta)	10	711.223,63
Eventuales (alrededor del 10 % de los costos directos e indirectos de la planta)	10	711.223,63
Inversión de capital fijo	234	1.422.447,26
Inversión total de capital	234	16.642.632,95
Capital de trabajo (alrededor de 15% de la inversión total de capital)		2.496.394,94
Costo total estimado para instalar la planta (Bs.F)		19.139.027,89

Tabla 4.6 Costos de producción en función del costo de venta del tablero en el mercado, basados en el costo de producción de la lignina

Total de costos de los equipos entregados (Bs.F)	7.112.236,30
Total de costos de producción anual (Bs.F)	31.146.595,41
Inversión total de capital (Bs.F)	16.642.632,95
Capital de trabajo (Bs.F)	2.496.394,94
Costo total estimado para instalar la planta (Bs.F)	19.139.027,89
Costo total de producción (Bs.F/tablero)	116,91
Precio de venta (Bs.F/tablero)	150,00
Ganancia por unidad (Bs.F/tablero)	33,09
Ganancia anual (Bs.F)	8.815.773,61
TIR (%)	56,60
n (años)	2,77

Tabla 4.7 Costos de producción en función del costo de venta del tablero en el mercado, basados en el costo de venta de la lignina

Total de costos de los equipos entregados (Bs.F)	7.112.236,30
Total de costos de producción anual (Bs.F)	42.203.731,60
Inversión total de capital (Bs.F)	16.642.632,95
Capital de trabajo (Bs.F)	2.496.394,94
Costo total estimado para instalar la planta (Bs.F)	19.139.027,89
Costo total de producción (Bs.F/tablero)	158,41
Precio de venta (Bs.F/tablero)	-----
Ganancia por unidad (Bs.F/tablero)	-----
Ganancia anual (Bs.F)	-----
TIR (%)	-----
n (años)	-----

4.2. Conclusiones

1. Realizados los ensayos físico-mecánicos, la probeta que obtuvo la formulación adecuada según el método de fabricación utilizado en esta investigación tiene la siguiente formulación: 50 % aserrín, 35 % de material plástico y 15 % de lignina.
2. La cantidad de material fibroso o el tipo de éste, la cantidad o el tipo de aditivos utilizados no tienen influencia en las propiedades de absorción de agua (WA) e hinchamiento en espesor (TS).
3. La densidad es una propiedad que varía en función de la cantidad de lignina y plástico agregado.
4. Los valores de la resistencia a la compresión demuestran que las probetas tienen una alineación perpendicular de las fibras, o que incluso no tienen ninguna alineación en específico; el valor de esta propiedad en la probeta 91 es muy aceptable ($12,23 \text{ N/mm}^2$).
5. El valor de la densidad de la probeta con mejores resultados es de $852,66 \text{ kg/m}^3$, siendo este valor menor que el de la densidad promedio de la madera (900 kg/m^3), por lo cual puede considerarse un material relativamente ligero.
6. Se hizo la selección de los equipos necesarios para la fabricación de los tableros a nivel industrial capaces de procesar $6.419.200 \text{ kg/año}$, quedando entre ellos: la máquina desfibradora, un ventilador aspirador, los equipos de almacenaje de materia prima como la tolva, el rasga saco y el porta saco; el equipo de pesaje y mezclado, el aglomerador, el generador de aire caliente, el equipo deshumidificador, y por último, la extrusora. Una vez terminado el

material se tendría el equipo cortador, los módulos de enfriamiento y la mesa de empacado.

7. Se realizó un estimado de costos clase IV del proceso diseñado, en donde el costo de los equipos entregados resultó ser de 7.112.236,30 Bs.F. y la inversión total de capital fue de 16.642.632,95 Bs.F.

8. Se determinó la factibilidad del proyecto para el costo de producción de la lignina, en donde se tendrá una ganancia anual de 8.815.773,61 Bs.F, siendo la tasa de retorno de la inversión de 56,60 % y el periodo de recuperación de la inversión o tiempo de pago dinámico de 2,77 años.

9. Para el costo de venta de la lignina el proyecto no es factible.

4.3. Recomendaciones

1. Realizar nuevas investigaciones en donde se hagan estudios acerca de la influencia de la temperatura y presión de prensado, así como de la molienda del material fibroso sobre las propiedades físico-mecánicas del material fabricado, ya que estas variables no fueron objeto de estudio en este trabajo de grado.
2. Realizar nuevos ensayos con el tipo de material fabricado, para incluir otros tipos de fibras como fibra de vidrio y de carbón que pudiesen ayudar al aumento de la resistencia del material.
3. Hacer un análisis estadístico a las probetas fabricadas para garantizar que en la escogencia de la mejor formulación, este contemplada la forma de fabricación y el estudio de otras variables, y no limitar la selección de la probeta por el resultado de una propiedad fisicoquímica.
4. Verificar la existencia en el mercado latinoamericano de equipos que puedan cumplir con los requerimientos de este proceso, para así reducir los costos y obtener una mayor ganancia.
5. Promover el proyecto referente a la planta extractora de lignina, ya que con él se lograría impulsar con más facilidad el proyecto planteado en este trabajo de grado.
6. Ayudar a la divulgación de este proyecto con las diferentes organizaciones civiles y gubernamentales para lograr la puesta en marcha de esta planta, ya que en el futuro aportará muchos beneficios a la economía y a la sociedad en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

Arriaga, F. y otros. (2003). **“Madera aserrada estructural”**. Editorial AITIM. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve>

Beyer, H., Barluenga, J. y Walter, W. (1987). **“Manual de Química Orgánica”**. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Septiembre, 2008).

Caraballo, V. **“Proceso productivo de celulosa”**. Recuperado de: <http://www.uicnchile.terra-australis.org> (Febrero, 2009).

Beyer, H. y Walter, W. (1986). **“Manual de química orgánica”**. Editorial Reverté. Barcelona, España. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Noviembre, 2010).

Billmeyer, F. (2004). **“Ciencia de los polímeros”**. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Octubre, 2008).

Blank, L. y Tarquin, A. **“Ingeniería económica”**. 4^{ta} edición. Editorial McGraw-Hill. Santa Fe de Bogotá, Colombia (2000).

Catálogo Ineal. **“Equipamentos periféricos para la industria plástica (Ineal)”**. Recuperado de: <http://www.ineal.com.br> (Enero 2010).

Comité técnico ASTM. (2007). **“Materiales modernos para la construcción”**. Recuperado de: http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/Q307/q307p_sepconstruction.html (Agosto, 2008).

CONFEMADERA. (2004). **“Guía sobre la recuperación de residuos de madera”**. Editada por la Confederación Española de Epresarios de la Madera (CONFEMADERA) Recuperado de: <http://www.maderasmanuelmosquera.com/descargas/guia-recuperacion-madera.pdf> (Octubre, 2008).

Contreras, W., Owen, M., Cloquell, V., Contreras, Y. y Garay, D. (2006). **“Diseño de tableros de partículas de caña brava y adhesivo fenol-**

formaldehído (R 10 % / R 13 %)". Recuperado de: <http://www.articlearchives.com/revista-forestal-latinoamericana> **(Septiembre, 2008)**.

Cruz, R., Dopico, D., Figueredo, J., Rodríguez, M. y Martínez G. **(1997)**. **"Uso de la lignina de bagazo con fines medicinales"**. Volumen 14, n° 1. Sistema de Bibliotecas (SISBIB). Recuperado de: http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/Medicina_Experimental/v14_n1/lignina_bagazo.htm **(Septiembre, 2008)**.

García, J., Olmo, R., Teijón, J. y García, C. **(1996)**. **"Química: teoría y problemas"**. Editorial Tébar Flores. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> **(Noviembre, 2010)**.

Geller, B. **(1942)**. **"Plastics and method of making same"**. Patente 2366781. Recuperado de: <http://www.freepatentsonline.com/2366781.html>. **(Octubre 2008)**.

Grupo SAPPi. **(2004)**. **"La fabricación del papel"**. Recuperado de: <http://www.sappi.com/NR/rdonlyres/614DB7A4-51DE-45DD-8C30-B476F9B78C5C/0/ThePaperMakingProcessSpanish.pdf> **(Febrero, 2009)**.

Herbert, L. y Capetillo, A. **"Lignina"**. Recuperado de: <http://www.smiyucatan.org/wp-content/uploads/2008/06/lignina.pdf> **(Septiembre, 2008)**.

Herrera, L. **"Instrumentacion de procesos industriales"**. Recuperado de: http://www.cabierta.uchile.cl/libros/l_herrera/iq54a/introduc.htm **(Febrero 2009)**.

Hopp, V. **(1994)**. **"Fundamentos de tecnología química"**. Editado en español por Editorial Reverté. España. *Recuperado de:* <http://www.books.google.co.ve> **(Noviembre, 2010)**.

Katz, E. (2006). **“Valorización del bagazo de caña de azúcar: las biotecnologías al servicio de la industria papelera”**. Fichas científicas. Recuperado de: http://www.ird.fr/es/textes/fas_252_es (Octubre, 2008).

Kroger, A. (2002). **“Lignina”**. Grupo de Trabajo Interactivo Uruguay (GTI). Recuperado de: <http://www.gtiuruguay.com/lignina.htm> (Septiembre, 2008).

León, J. (2010). **“Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera”**. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Morelia, Michoacan, México. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Consideraciones-tecnologicas-de-la-madera.pdf> (Noviembre, 2010).

Mayer, L. (1987). **“Métodos de la industria química”**. Editorial Reverté. <http://www.books.google.co.ve> (Noviembre, 2010).

Nägele, H. (2003). **“Plastic material made from a polymer blend”**. Patent 6509397. Recuperado de: <http://www.freepatentsonline.com/6509397.html>. (Octubre 2008).

Navarro, F. (2005). **“Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de plástico de alta densidad y fibra de estopa de coco”**. Tesis de Maestría en Arquitectura, Universidad de Colima, Coquimatlán, México. Recuperado de: <http://www.scholar.google.co.ve> (Septiembre, 2008).

Oriol, J. (1851). **“Diccionario de materia mercantil, industrial y agrícola”**. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Noviembre, 2010).

Papale, S. (1998). **“El “papel” de la vida”**. Recuperado de: <http://www.nuevatierra.com/papel1.htm> (Octubre, 2008).

Parry, R. (1974). **“Química: fundamentos experimentales”**. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Octubre, 2008).

Peña, S. y Rojas I. (2006). **“Tecnología de la madera”**. 3^{ra} edición. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Agosto, 2008).

Pérez, M. **“Método para la evaluación del efecto de las vibraciones en entresijos de madera”**. Facultad de Construcciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. Recuperado de: <http://www.universidadypatrimonio.net> (Febrero 2009).

Peters, M. y Timmerhaus, K. **“Plant design and economics for chemical engineers”**. 4^{ta} edición. Editorial McGraw-Hill, USA (1993).

Poblete, H. y Vargas, R. (2006). **“Relación entre densidad y propiedades de tableros HDF producidos por un proceso seco”**. Artículo de Maderas, Ciencia y tecnología. Recuperado de: <http://www.redalyc.uaemex.mx/pdf/485/48580304.pdf> (Septiembre, 2010).

Seymour, R. y Carraher, C. (1995). **“Introducción a la química de los polímeros”**. III edición. Editorial Reverté. Barcelona, España. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Febrero 2009).

Velásquez, J. (2002). **“Producción de tableros de fibras a partir de Miscanthus sinensis”**. Tesis de Doctorado en Ingeniería Química, Universidad Rovira i Virgili, Tarragona, España. Recuperado de: <http://www.scholar.google.co.ve> (Septiembre, 2008).

Villa, M. (2007). **“Manual de practicas. Química general”**. 2^{da} edición. Universidad de Medellín. Medellín, Colombia. Recuperado de: <http://www.books.google.co.ve> (Septiembre, 2010).

Villegas, C. **“Diseño de un proceso tecnológico para la obtención de lignina utilizando el desecho líquido (licor negro) de una planta procesadora de papel”**. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Oriente, Puerto La Cruz (2007).

Wallace, F. (1940). **“Manufacture of resins from lignin”**. Patente 2209289. Recuperado de: <http://www.freepatentsonline.com/2209289.html>. (Octubre 2008).

“Extrusora”. Recuperado de: <http://www.plastico.com/tp/formas/68945/Linea%20TC86> (Junio 2010).

“Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela”. (2010).
Editorial Imprenta Nacional. Caracas, Venezuela. Recuperado de:
<http://www.cdc.fonacit.gob.ve> **(Junio 2010).**

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	"DISEÑO DE UN PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS QUE SE UTILIZARÁN COMO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Rojas H. Mariela del C.	CVLAC: V-16.478.459 E MAIL: marielarojas83@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

LIGNINA

TABLERO

PROPIEDADES

FIBRA

PLÁSTICO

PATENTES

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS	
	INGENIERÍA QUÍMICA

RESUMEN (ABSTRACT):

En este trabajo se diseñó un proceso tecnológico para la fabricación de tableros que se utilizarán como materiales de construcción. Para ello se utilizaron tres tipos de material fibroso como lo son el aserrín, el bagazo de caña, papel/cartón, y otras materias primas como la lignina alcalina y material plástico. Se hizo un mezclado de la materia prima mediante calentamiento para la homogeneización del material, y posteriormente la mezcla fue prensada para obtener las probetas a las cuales se les realizaron los ensayos físico-mecánicos (compresión, densidad, absorción de agua e hinchamiento en espesor); con estos resultados se logró obtener la probeta con mejores características, siendo su formulación 50% aserrín, 35% material plástico y 15% lignina. En el caso de la absorción de agua e hinchamiento en espesor se presume que las variables que influyen son la presión y la temperatura de prensado; en la propiedad de la resistencia a la compresión influye la dirección de las fibras, y en el caso de la densidad se presume que influyen la molienda del material fibroso, la presión de prensado, la cantidad de lignina y plástico agregado. Luego se procedió a seleccionar los equipos que permitirían la fabricación de los tableros a nivel industrial, según los procedimientos requeridos en el laboratorio y se presentó un diagrama de flujos del proceso. Sucesivamente se realizó un estimado de costos clase IV, basado en el porcentaje de costos de equipos entregados en donde la inversión total de capital resultó ser de 16.642.632,95 Bs.F. Como complemento se calculó la factibilidad económica del proyecto en donde la ganancia por tablero vendido es de 33,09 Bs.F produciéndose 266.418,06 tableros por año, dando como resultado que la tasa interna de retorno (TIR) fue de 56,60%, y que el periodo de recuperación de la inversión o tiempo de pago dinámico es de 2,77 años, indicando que el proyecto es factible siempre y cuando se obtenga la lignina a su costo de producción.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Millán S., Maritza	CVLAC:	v-4.009.400			
	E_MAIL	mjmillans@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Ochoa, Osvaldo	CVLAC:	v-3.995.379			
	E_MAIL	ochoa.osvaldo@gmail.com			
	E_MAIL	osvaldochoa@hotmail.com			
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Parra, Frank	CVLAC:	v-8.265.531			
	E_MAIL	frankparrag@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA
-----	-----	-----

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.Mariela Rojas.doc	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L M N O
P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z . 0 1 2
3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

INGENIERO QUÍMICO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PREGRADO

ÁREA DE ESTUDIO:

QUÍMICA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE/ NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado: _____
"LOS TRABAJOS DE GRADO SON EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS
FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO
RESPECTIVO, EL CUAL LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO
UNIVERSITARIO". _____

Rojas H. Mariela del C.

AUTOR

AUTOR

AUTOR

Millán S., Maritza

TUTOR

Ochoa, Osvaldo

JURADO

Parra, Frank

JURADO

Salas, Yraima

POR LA SUBCOMISION DE TESIS