



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
TEXTIL

TEMA

**“DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA
BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN.”**

Autora:

NELLY MARISOL PIAÚN CHÁVEZ

Director:

MSc. WILLIAM RICARDO ESPARZA ENCALADA

Ibarra, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR D LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		171834884-8	
APELLIDOS Y NOMBRES		PIAÚN CHÁVEZ NELLY MARISOL	
DIRECCIÓN		San Antonio de Ibarra	
EMAIL		marymar1608@gmail.com	
TELÉFONO FIJO	062 932 920	TELÉFONO MÓVIL	0984292955
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	“DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN”		
AUTOR	PIAÚN CHÁVEZ NELLY MARISOL		
FECHA	03 de enero de 2019		
PROGRAMA	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE SE OBTA	INGENIERÍA TEXTIL		
DIRECTOR	MSc. WILLIAM RICARDO ESPARZA ENCALADA		

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de enero de 2019.

LA AUTORA:



Firma

Nombre: Nelly Marisol Piaún Chávez

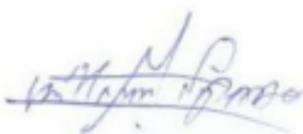
DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

MSc. William Esparza Director de la tesis de grado desarrollada por la señorita Estudiante Piaún Chávez Nelly Marisol.

CERTIFICA

Que el proyecto de Tesis de Grado con el Título “DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN”, ha sido realizado en su totalidad por la señorita Estudiante Nelly Marisol Piaún Chávez bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniera Textil. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todas las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.



MSc. William Esparza
DIRECTOR

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por regalarme lo más valioso que una mujer puede anhelar, mi hermosa familia.

A mi esposo quien ha sido el pilar principal para que pueda seguirme formando como profesional, por su apoyo incondicional.

A mis hijos Belén y David quienes son el motor y los que le dan sentido a mi vida ellos son la inspiración para seguir luchando día tras día.

A mis padres por el ejemplo de perseverancia y la constancia que los caracterizan, por los valores y la motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

AGRADECIMIENTO

*A Dios quien me permite despertar y seguir luchando cada día de mi vida.
A Franklín quien fue el impulsor para que yo continué con mis estudios, por los ánimos y el ejemplo de desarrollo profesional a seguir, por su apoyo moral y económico en todo momento.*

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis docentes: Master Ingeniero Darwin Esparza, Ingeniero Elvis Ramírez y a todos los profesionales que tuve durante mi etapa universitaria por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi profesión y sobre todo por su amistad, de manera especial al Master Ingeniero William Esparza tutor del proyecto de investigación, quien ha guiado con su paciencia y su rectitud.

A mis compañeras por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que jamás olvidare.

A todos quienes estuvieron conmigo en esos momentos de indecisión, por los consejos y esas palabras de ánimo que me hicieron ver la vida desde otro punto de vista.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE
CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>CAPITULO I.....</i>	<i>1</i>
<i>INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>1</i>
<i>1.1. Antecedentes</i>	<i>3</i>
<i>1.2. Importancia</i>	<i>4</i>
<i>1.3. Objetivo general</i>	<i>5</i>
<i>1.4. Objetivos específicos</i>	<i>5</i>
<i>1.5. Características del sitio del proyecto</i>	<i>5</i>
<i>CAPITULO II</i>	<i>7</i>
<i>MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1. Generalidades.....</i>	<i>7</i>
<i>2.2. Bambú</i>	<i>8</i>
<i>2.3. Propiedades de la fibra de bambú.....</i>	<i>9</i>
<i>2.3.1. Propiedades físicas</i>	<i>9</i>
<i>2.3.2. Propiedades mecánicas.....</i>	<i>10</i>

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.3.3. Usos del bambú	11
2.4. Polímeros generalidades	12
2.4.1 Polímeros naturales	14
2.4.1.1 Características Polímeros naturales	15
2.4.2 Polímeros sintéticos	16
2.4.2.1 Obtención de polímeros sintéticos.....	16
2.4.2.2 Características polímeros sintéticos	16
2.5. Disolución de los polímeros	17
2.6. Reacciones de polimerización	18
2.6.1 Polimerización por adición.....	19
2.6.2 Polimerización por condensación.....	19
2.7. Definición de celulosa	20
2.7.1 Propiedades físicas y químicas de la celulosa	20
2.7.2 Obtención de la celulosa.....	21
2.8. Base de celulosa.....	24
2.9. Compuestos químicos disolventes	24
2.9.1 Definición de compuesto químico	24
2.9.2 Propiedades químicas	25
2.9.3 Propiedades físicas	25

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.9.4	<i>Obtención de los compuestos químicos</i>	26
2.9.5	<i>Compuestos químicos inorgánicos</i>	27
2.9.6	<i>Compuestos químicos orgánicos</i>	27
2.9.7	<i>Aplicaciones</i>	27
2.9.7.1	<i>Compuestos inorgánicos</i>	27
2.9.7.2	<i>Compuestos orgánicos</i>	29
2.10.	<i>Métodos de disolución de la base de celulosa</i>	30
2.10.1	<i>Disolución de la celulosa</i>	30
2.10.2	<i>Xantato de celulosa</i>	32
2.10.3	<i>Método con disulfuro de carbono</i>	33
2.10.3.1	<i>Descripción</i>	34
2.10.3.2	<i>Propiedades físicas y químicas</i>	34
2.10.3.3	<i>Efectos sobre la salud</i>	35
2.10.4	<i>Método con n-óxido de n-metilmorfolina</i>	35
2.10.4.1	<i>Propiedades físico-químicas</i>	37
2.10.4.2	<i>Usos de N metil Morfolina</i>	37
2.10.4.3	<i>Riesgos</i>	37
2.10.5	<i>Método con dimetilacetamida/ cloruro de litio</i>	38
2.10.5.1	<i>Propiedades físicas dimetilacetamida</i>	38

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.10.5.2 <i>Aplicaciones de dimetilacetamida</i>	39
2.10.5.3 <i>Propiedades físicas y químicas del cloruro de litio</i>	40
2.10.5.4 <i>Aplicaciones del cloruro de litio</i>	41
CAPÍTULO III	43
3. METODOLOGÍA.....	43
3.1. Métodos de la investigación	43
3.2. Diseño muestral	44
3.2.1 <i>Selección de las muestras</i>	45
3.3. Metodología de campo	48
3.3.1 <i>Disolución de la base de celulosa de bambú por el método metilmorfolina</i>	48
3.3.2 <i>Disolución de la base de celulosa de bambú por el método metilmorfolina/ cloruro de Litio</i>	55
3.4. Métodos y técnicas estadísticas utilizadas.....	59
3.5. Procesamiento de datos	59
CAPÍTULO IV	61
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	61
4.1. Resultados.....	61
4.1.1 <i>Disposición de tubos para la máquina autoclave</i>	61
4.1.2 <i>Pesos de las muestras de base de celulosa de bambú</i>	61

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

4.1.3 <i>Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina</i>	62
4.2. <i>Análisis y Evaluación de Resultados</i>	64
4.2.1 <i>Análisis estadístico de los parámetros utilizados para la disolución de la base de celulosa de bambú</i>	64
4.2.1.1 <i>Análisis estadístico de los porcentajes de NaOH, Metilmorfolina y de H₂O de las pruebas realizadas con el método de disolución con metilmorfolina</i>	64
4.2.1.2 <i>Análisis estadístico de los porcentajes de NaOH, Cloruro de Litio, Metilmorfolina y de H₂O de las pruebas realizadas con el método de disolución con metilmorfolina/ cloruro de litio</i>	66
4.3. <i>Diagramas de las muestras realizadas en la investigación</i>	68
4.3.1 <i>Análisis comparativo de las muestras realizadas en el método de disolución con metilmorfolina</i>	68
4.3.2 <i>Análisis comparativo de las muestras realizadas en el método de disolución con metilmorfolina/cloruro de litio</i>	69
4.3.3 <i>Diagrama general de todas las muestras realizadas en la investigación</i>	70
CAPÍTULO V.....	73
5. <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	73
5.1. <i>Conclusiones</i>	73
5.2. <i>Recomendaciones</i>	74

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Edificio, carrera de ingeniería Textil y laboratorio de análisis de textiles</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3. Representación (a) molecular y (9) desarrollo del polietileno</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4. Copolímeros</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5. Clasificación de los polímeros de acuerdo con su estructura y al tipo de monómeros que lo forman.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6. Estructura química de la celulosa y de la soda celulosa</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Estructura química de la soda celulosa y del xantato sódico de celulosa</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8. Etapas de la investigación.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 9. Flujograma muestral completo.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10. . Diagrama de la relación de porcentajes de NaOH, Metilmorfolina, H₂O y tiempo de maceración del NaOH del método de disolución de metilmorfolina</i>	<i>69</i>
<i>Figura 11. Diagrama de la relación de porcentajes de NaOH, Metilmorfolina, Cloruro de litio, H₂O y tiempo de maceración del NaOH del método de disolución de metilmorfolina/ cloruro de litio</i>	<i>70</i>
<i>Figura 12. Diagrama general de todas las muestras realizadas</i>	<i>71</i>

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variaciones de los parámetros utilizados en el métodos de disolución de la base de celulosa	45
Tabla 2. Número de muestras realizadas en el método metilmorfolina y en el método metilmorfolina/cloruro de litio.	48
Tabla 3. Muestras de la disolución de la base de celulosa aplicando en método de metilmorfolina.	50
Tabla 4. Muestras de la disolución de la base de celulosa aplicando en método de metilmorfolina/Cloruro de Litio	56
Tabla 5. Descripción de las muestras realizadas.....	62
Tabla 6. Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina	63
Tabla 7. Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina / cloruro de litio.....	64
Tabla 8. Análisis estadístico de las pruebas realizadas aplicando el método de disolución con metilmorfolina.....	65
Tabla 9. Test de Normalidad de las pruebas realizadas con el método de disolución metilmorfolina	66
Tabla 10. Análisis estadístico de las pruebas realizadas aplicando el método de disolución con metilmorfolina.....	67
Tabla 11. Test de Normalidad de las pruebas realizadas con el método de disolución metilmorfolina/ cloruro de litio	68

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de base de celulosa de bambú.....	87
Anexo 2. Peso de las muestras	87
Anexo 3. Peso del hidróxido de sodio	88
Anexo 4. Medición del volumen de agua	88
Anexo 5. Medición del volumen del metilmorfolina.....	89
Anexo 6. Colocación del hidróxido de sodio a la base de celulosa.....	89
Anexo 7. Colocación del agua.....	90
Anexo 8. Macerado del hidróxido de sodio.....	90
Anexo 9. Colocación del metilmorfolina en la solución.....	91
Anexo 10. Colocación de la solución en los tubos	91
Anexo 11. Tubos en la máquina Autoclave.....	92
Anexo 12. Extracción de los tubos	92
Anexo 13. Enfriamiento de los tubos	93
Anexo 14. Disolución de la celulosa de bambú.....	93
Anexo 15. Obtención de base de celulosa de bambú.....	94
Anexo 16. Peso de las muestras	94
Anexo 17. Peso del hidróxido de sodio	95
Anexo 18. Medición del volumen de agua	95
Anexo 19. Medición del volumen del metilmorfolina.....	96
Anexo 20. Medición del cloruro de litio.....	96
Anexo 21. Colocación del hidróxido de sodio a la base de celulosa.....	97

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 22. Colocación del agua.....	97
Anexo 23. Macerado del hidróxido de sodio.....	98
Anexo 24. Colocación del metilmorfolina en la solución.....	98
Anexo 25. Colocación del cloruro de litio en la solución.....	99
Anexo 26. Colocación de la solución en los tubos.....	99
Anexo 27. Tubos en la máquina Autoclave.....	100
Anexo 28. Extracción de los tubos.....	100
Anexo 29. Enfriamiento de los tubos.....	101
Anexo 30. Disolución de la celulosa de bambú.....	101

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

RESUMEN

Esta investigación está basada en la determinación de un proceso adecuado para disolver la base de celulosa de bambú para su posterior extrusión.

La industria textil una de las más grandes en el Ecuador y por ende la que mayor mano de obra requiere y conjuntamente la utilización de fibras para llevar a cabo sus procesos de elaboración de productos textiles, siendo actualmente las fibras sintéticas las de mayor consumo mismas que son perjudiciales con el ambiente debido a la cantidad excesiva de químicos que se emplean en sus diferentes procesos.

Sin embargo hoy en día está en auge el uso de las fibras naturales, como las fibras de bambú que poseen propiedades físicas y químicas que la hacen una de las fibras naturales más llamativas dentro de la industria textil.

En los procesos de obtención de la fibra de bambú, uno de ellos es la disolución de la base de celulosa del bambú para su posterior extrusión, para lo cual se realizó dos métodos de disolución de la base de celulosa, en el primero los parámetros que se evaluaron fueron, tiempo de macerado, concentración de NaOH, concentración de Metilmorfolina, , concentración de H₂O; en el segundo método los parámetros que se evaluaron fueron tiempo de macerado, concentración de NaOH, concentración de Cloruro de Litio, concentración de H₂O. Obteniendo mejores resultados el método de Metilmorfolina.

Para comprobar que los resultados obtenidos si se asemejan a lo deseado se analizó los datos finales en el programa past 3.

Palabras clave: fibra de bambú, base de celulosa, disolución.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

SUMMARY

This research is based on the determination of an adequate process to dissolve the bamboo cellulose base for its subsequent extrusion.

The textile industry is one of the largest in Ecuador and therefore the one that requires the most labor and together the use of fibers to carry out its processes of manufacturing textile products, currently synthetic fibers are the most consumed They are harmful to the environment due to the excessive amount of chemicals used in their different processes.

However, today the use of natural fibers is growing, such as bamboo fibers that possess physical and chemical properties that make it one of the most striking natural fibers in the textile industry.

In the processes of obtaining bamboo fiber, one of them is the dissolution of the bamboo cellulose base for its subsequent extrusion, for which two methods of dissolution of the cellulose base were carried out, in the first one the parameters that were evaluated, macerate time, NaOH concentration, Methylmorpholine concentration, H₂O concentration; In the second method, the parameters that were evaluated were maceration time, NaOH concentration, Lithium Chloride concentration, H₂O concentration. The Methylmorpholine method obtained better results.

To verify that the results obtained if they resemble the desired, the final data in the past 3 program was analyzed.

Keywords: bamboo fiber, cellulose base, dissolution

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil es generalmente la que mayor mano de obra requiere y sin duda alguna es la más automatizada por las constantes innovaciones que conlleva la elaboración de los productos textiles, particularmente en los países desarrollados debido a que “las tres funciones básicas como: girar, tejer y terminar, se emprenden a menudo en plantas integradas, con maquinaria sofisticada” (Villanueva, 2015).

“La industria textil y de la confección es en la actualidad la más universal de todas las industrias de manufacturas y utiliza la mayor fuerza de trabajo de todas las empresas de manufacturas existentes en el mundo” (Córdova, 2005, p.3)

FashionUnited (2016) en su publicación Innovación textil: Tejidos para un futuro más sostenible afirma que:

Desde el origen de la civilización los tejidos naturales han formado parte de las sociedades, utilizando fuentes de origen vegetal, como el algodón o el cáñamo, o animal, como la lana o la seda. Sin embargo, con la revolución industrial comenzó a mecanizarse una industria que hasta ese momento había sido artesanal y se empezaron a introducir nuevos tipos de tejidos que ya no provenían directamente de la naturaleza y que habían sufrido ciertas transformaciones químicas para lograr su obtención.

Así pues, el paso hacia las fibras sintéticas tiene una relación directa con la propia evolución del ser humano quien a través de la innovación tecnológica ha conseguido crear nuevas fibras textiles e incluso mejorar las propiedades de las ya existentes. Sin embargo, este proceso de investigación y mejora ha

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

con llevado unos costes altísimos tanto a nivel social como medioambiental que deben tenerse en cuenta para evolucionar hacia una industria textil más sostenible (p. 1)

Hace años atrás, la industria textil está dando un giro total para lograr un cambio serio en sus procesos de producción utilizando el crecimiento de la tecnología con la finalidad de lograr nuevos materiales que acarreen el menor efecto para el medio ambiente y a su vez, que la calidad de vida de las personas involucrados en su producción sea mejor.

En este sentido, (FashionUnited, Innovación Textil: Tejidos para un futuro más sostenible, 2016) menciona a Piñatex que ha conseguido crear un tipo de tejido natural, con un aspecto similar al cuero, a partir del uso de las fibras originadas de las hojas de piña.

De igual manera (Johnston & Hallet, 2010) manifiestan que las fibras de bambú se considera una de las nuevas fibras naturales textiles, mismas que son desarrolladas por la Universidad de Pekín, es tomada como la mejor opción ya que es una fibra accesible, amigable con el ambiente y algunas de sus propiedades se asemejan a las de la fibra de algodón, inclusive se le añaden características y cualidades excepcionales.

En su tesis Espinosa (2013) manifiesta que hoy en día el mercado que más mueve el capital dentro de nuestro país es la industria textil, varias provincias se dedican a elaborar productos textiles con gran aceptación nacional e internacional, por eso hoy en día la visión general de las empresas o fábricas textiles es mantener en constante innovación sus productos, desde hace varios años atrás se vienen buscando alternativas sustentables y amigables con el ambiente además de ofrecer productos innovadores al consumidor.

Por eso se considera a estas nuevas fibras un indicador de la realidad actual en la que poco a poco el consumidor está demandando un cambio hacia un modelo de producción más responsable y consciente.

Sin duda, cada vez es más usual hallar compañías que han convertido la sostenibilidad en el punto de su labor empresarial a través de la investigación y la tecnología con la finalidad de lograr un futuro más prometedor para la industria textil.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

1.1. Antecedentes

Espinosa (2013) en el capítulo II de su tesis Desarrollo Textil en el Ecuador manifiesta que:

Los inicios de la industria textil ecuatoriana se remontan a la época de la colonia, cuando la lana de oveja era utilizada en los obrajes donde se fabricaban los tejidos.

Posteriormente, las primeras industrias que aparecieron se dedicaron al procesamiento de la lana, hasta que a inicios del siglo XX se introduce el algodón, siendo la década de 1950 cuando se consolida la utilización de esta fibra. Hoy por hoy, la industria textil ecuatoriana fabrica productos provenientes de todo tipo de fibras, siendo las más utilizadas el ya mencionado algodón, el poliéster, el nylon, los acrílicos, la lana y la seda (p.18)

Las fibras textiles a lo largo de la historia han ocupado un lugar muy importante para la civilización ya que satisfacen una de las necesidades básicas del hombre: la de vestir. Para ello los hombres recurrían a la naturaleza, más precisamente a las plantas y a los animales con el fin de obtener materia prima. Mediante técnicas artesanales se preparaban hilados y tejidos para la confección de ropa. Si bien contaban con pieles y cueros, los materiales que eran hilados y tejidos les resultaban más frescos y les permitían mayor movilidad. (Esparza, 1999).

Hoy en día las fibras que mayor acogida están teniendo son las de origen natural por las propiedades y características significativas cuando se habla de proteger el ecosistema (PEDRO & VELAZCO , 2011) mencionan que:

El bambú, como una fibra natural, crece en muchos de los bosques biológicamente diversos que se encuentran localizados en el sudeste asiático, América Central y del Sur, y en el Caribe. La mayoría de la pulpa de bambú que se consume en el mundo hoy, proviene de bosques naturales. De acuerdo con la información reportada por la industria del papel, la demanda global anual de pulpa está alrededor de 1.46 millones de toneladas, de las cuales cerca del 80% proviene de China e India. Pero esto no es una casualidad, debido a que estos países tienen los bosques de bambú tratados con programas muy serios de conservación y manejo sostenibles (p.28).

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

En el Ecuador existe una gran cantidad de plantaciones de bambú pero todavía no existe una compañía o empresa que se dedique a la fabricación de la fibra de bambú, por esta razón quienes ya conocen de los beneficios que ofrece dicha fibra la importan de otros países que son denominados los pioneros en la producción de fibra de bambú.

De allí la idea de poder determinar un proceso adecuado para la disolución de la base de celulosa de bambú como se lo demuestra en el anexo 14, con la finalidad de que posteriormente se lo pueda extruir y posiblemente se logre la obtención de la fibra de bambú en el Ecuador, con esta iniciativa se pretende que una de las tantas fibras naturales como es la fibra de bambú pueda reemplazar y disminuir el uso de las fibras sintéticas, mismas que no son muy amigables con el ambiente. Además de considerarse una buena opción para el crecimiento y desarrollo económico y social del país

1.2. Importancia

La industria textil tiene como finalidad satisfacer una de las necesidades vitales del hombre, como es el vestir se podría decir que es igual de importante a la alimentación y a la vivienda. Su alcance es enorme desde el punto de vista histórico, pues ha sido la base del desarrollo económico de casi todos los países del mundo (Villareal, s.f).

Es importante mencionar que esta gran industria abarca un sinnúmero de procesos químicos muy contaminantes para la naturaleza, sobre todo cuando hablamos de los procesos de obtención de las fibras sintéticas. Por ello la iniciativa de poder determinar un proceso adecuado de disolución de la base de celulosa del bambú para que posteriormente sea utilizado como materia prima en la fabricación de fibra textil de bambú, se considera un proyecto sustentable y amigable con el ambiente, debido a que el bambú crece de forma natural y no se involucra ningún tipo de pesticidas en sus cultivos.

Prieto (2009) afirma que una hectárea de bambú produce 10 veces más fibra que la hectárea de algodón y necesita menos agua. El uso de la fibra de bambú por sus propiedades excepcionales se está haciendo comercialmente muy atractiva ante los ojos del consumidor.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

En la presente investigación se pretende definir un proceso adecuado de disolución de la base celulosa de bambú para su posterior extrusión, se basará en estudios previos de la base de celulosa, donde se aplicará pruebas con métodos de disolución y sus componentes químicos que actuarán en la reacción.

Se persigue que esta determinación sea el sustento para futuras experimentaciones de laboratorio. Además esta investigación ayudará como fuente de información para las personas que se encuentran inmersas en el mundo de la industria textil.

1.3. Objetivo general

Determinar un proceso adecuado para disolver la base de celulosa de bambú para su posterior extrusión.

1.4. Objetivos específicos

Analizar la bibliografía de los procesos de disolución, mediante la búsqueda de información, para seleccionar el proceso adecuado.

Determinar el proceso adecuado de disolución con los métodos apropiados, para ejecutar el proceso de extrusión.

Obtener una solución homogénea de base de celulosa de bambú, útil como materia prima para su posterior extrusión.

1.5. Características del sitio del proyecto

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura cantón Ibarra, sector Azaya en las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago en los laboratorios textiles de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte, ubicación que se encuentra graficada en la figura 1.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

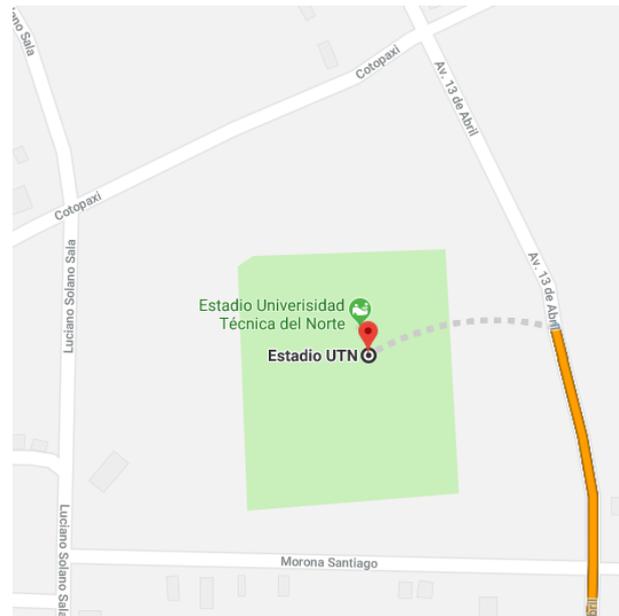


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación

Fuente: Piaún, 2018

El laboratorio está provisto con equipos de última tecnología, lo cual garantiza los servicios a empresas públicas, privadas y todo el público, se realiza pruebas físicas y químicas a todo tipo de textiles, estas pruebas son realizadas bajo normas que certifican la calidad de los textiles.

Entre los equipos y materiales que se encuentran en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil y los que se empleó para la realización de esta investigación tenemos: la máquina de tintura autoclave, la balanza electrónica, vasos de precipitación, probetas, vidrio reloj, etc. Como se lo puede apreciar en los anexos 5, 18 y 28.



Figura 2. Edificio, carrera de ingeniería Textil y laboratorio de análisis de textiles

Fuente: Piaún, 2018

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

El bambú forma parte de la tradición de la humanidad por haber sido uno de los primeros materiales directos utilizados en la elaboración de papel, además aporta significativamente a la economía rural y genera ingresos económicos por los procesos industriales y comerciales de productos y subproductos que se exportan elaborados a base del bambú, como lo manifiesta Aguirre. “El bambú ha sido desde hace siglos una planta muy importante para muchos pueblos del mundo en su proceso de desarrollo, debido a su abundancia, su facilidad de trabajarlo y a sus diferentes características para todo tipo de usos” (Martínez S. , 2015).

El bambú pertenece a la gran familia de las gramíneas y su crecimiento es muy rápido. Este produce más oxígeno y captura más CO₂ que cualquier otra planta o árbol, siendo así muy amigable con el ambiente y hoy en día se ha convertido en un producto muy comercializado por la variedad de usos. (Proyecto Corpei – CBI, 2003) afirma que:

La guadua ha sido una compañera de la humanidad desde épocas muy tempranas pero en el siglo XXI se cree que dejará de ser un material de uso local y de bajo costo para pasar a ser un producto industrializado de reconocimiento global.

Países como Colombia, Ecuador, Brasil y recientemente en Costa Rica, han comenzado a darle uso a la guadua en sectores industriales, sobre todo en el campo de la construcción, creación de muebles y papel.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

La guadua se conoce con el nombre científico de *Guadua angustifolia*, que abarca un total aproximado de 30 especies que crecen en todos los países de América.

Esta gramínea alcanza hasta 30 mts de altura y 22 cm de diámetro; es considerada el tercer bambú más grande del mundo, superada solo por dos especies asiáticas: *Dendrocalamus Giganteus* y *Dendrocalamus Sinicus*.

La variedad que se está cultivando en Ecuador es *Guadua Angustifolia*, conocida como Caña Brava. Esto se debe a que este tipo de caña es apta para los distintos factores climáticos del Ecuador.

El cultivo de la guadua permite a las comunidades abastecerse de productos derivados de los guaduales y mejorar sus ingresos, siendo un cultivo altamente rentable y sostenible. (p. 2)

2.2. Bambú

El bambú es una de las plantas más admiradas en el mundo. Pertenece a la familia de las gramíneas su nombre científico es *Guadúa Angustifolia*, se distingue por tener un tallo largo y redondo, crece de manera natural en todos los continentes. Existen más de mil trecientas especies de bambú y una gran parte de ellas tarda años en florecer. Todos los bambúes florecen con su diámetro definitivo y buscan ganar altura a lo largo de tres meses. Por lo general, crecen de manera silvestre y forman verdaderos bosques (Cala, 2015).

La presencia del bambú en el mundo ha sido muy importante para el desarrollo de los seres humanos especialmente para los sectores rurales, la contribución que hace el bambú a la industria es muy reconocida y mencionada, por haber sido una de las primeras materias primas utilizadas en la elaboración de papel, además este recurso ha cambiado la historia de la humanidad al haber aportado a mejorar la comunicación y educación en el mundo (Añazco, 2015).

En el Ecuador existen diferentes tipos de guaduas debido a que es un país que ofrece una gran variedad de climas ProEcuador (2016) afirma que:

Gracias a la biodiversidad del Ecuador, el país posee una gran variedad de géneros de bambúes dentro de sus cuatro regiones naturales, contando con 44 especies nativas de bambúes, de las cuales 11 son endémicas. La especie *Guadua*

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

angustifolia Kunt, también conocida como caña guadua, es la de mayor importancia económica, seguida del Dendrocalamus Asper (bambú gigante), especie introducida hace más de 30 años y que está siendo principalmente usada en productos industriales (p. 4)

“El bambú es un importante recurso forestal, tiene un ciclo de crecimiento corto, altamente reciclable, y es un material natural que protege el medio ambiente, su utilización es milenaria” (Muñoz, Quintana, & Hidalgo, 2010, pág. 10).

2.3. Propiedades de la fibra de bambú

El bambú, denominado en diferentes lugares como la hierba de acero debido a sus propiedades físicas y mecánicas, también es considerado por algunas sociedades como un regalo de Dios, por sus variados usos y facilidad de explotación sustentable, ha ganado espacios importantes en el orden internacional por su extensión en la producción, siendo utilizado en una amplia gama de productos que lo han llevado a ser catalogado como el oro verde del siglo XXI (Menéndes, 2012).

2.3.1. Propiedades físicas

En su publicación (Parotti, 2012) menciona que:

La durabilidad del bambú es actualmente uno de los mayores límites de su uso, naturalmente es más bajo que la madera debido a la ausencia de algunos químicos presentes en la madera y debido a su sección hueca. La durabilidad del bambú varía según la especie. Dentro del culmo debido a la naturaleza de las células, la parte inferior se considera más resistente. La sección del culmo en la parte más interna de las paredes muestra un deterioro más rápido. Sin tratamientos, al clima resiste:

- Durante 1-3 años al aire libre y en contacto con el suelo.
- Durante 4-6 años bajo un techo y sin contacto con el suelo.
- Durante 10-15 años al abrigo alcanza excelentes condiciones de uso (p. 16)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.3.2. Propiedades mecánicas

Parotti (2012) en su publicación menciona que:

El bambú es un material compuesto natural con factores que posee una estructura anatómica compuesta por fibras y vasos, poseedores de una gran resistencia a la compresión, flexibilidad debido a su estructura. Fundamentalmente, en los nudos, las fibras se curvan en consideración y se cruzan entre sí, generando mayor resistencia al corte.

La planta de bambú está compuesta de 50-70% por una célula más errática, 30% de pentosanos, 20-25% de lignina, el bambú es rico en sílice de (0.5-5%), la mayoría se encuentra en la epidermis externa, mientras que en el resto del culmo, este elemento está ausente (p. 16)

Densidad: masa / volumen:

Con respecto a la densidad Parotti (2012) en su artículo *Bambú Acciaio* menciona que:

La relación entre la densidad del material y la densidad de un volumen igual de agua. Para el bambú varía de 500 900 kg / m³ dependiendo de la especie, mientras que la madera tiene una densidad de 300-1040 kg / m³.

La densidad del bambú aumenta en dirección radial, desde las capas más internas hasta las más externas, y las variaciones son del 20-25% e incluso pueden llegar al 50%; esto implica que la resistencia del bambú aumenta gradualmente desde el interior hacia el exterior de la pared y que la parte más resistente del culmo es la tercera más externa (p.17)

Contenido de humedad.

Parotti (2012) En su artículo señala que:

El contenido de humedad se expresa como la relación entre la diferencia de peso de la caña húmeda y la caña seca, dividido por el peso.

Los factores que influyen en el contenido de humedad varía de acuerdo con las condiciones atmosféricas externas, la edad, el secado.

Los tallos verdes tienen un contenido de humedad muy variable, desde un mínimo de 40% hasta un máximo de 150%. Los internodos generalmente tienen

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

un contenido de humedad más alto que los nodos, la humedad es mayor en las partes más internas que en el exterior (p.18)

Relación entre el contenido de humedad y la resistencia mecánica

Parotti (2012) indica que la resistencia de los tallos disminuye al aumentar el contenido de humedad. Dentro de ciertos límites, el efecto del agua de bambú es aún más suave y flexible. Dado que el bambú es un material higroscópico, el agua puede unirse a él en forma de vapor que se une a la pared celular o en forma líquida que fluye hacia los lúmenes celulares, pero solo el primero influye significativamente en las propiedades del bambú.

Además de los argumentos manifestados anteriormente (Moreno, Trijillo, & Osorio, 2007, pág. 5) comparecen que el bambú contiene un contenido de humedad promedio= 7,1; densidad aparente promedio= 1,4; y un porcentaje de adsorción de agua= 45,88.

2.4. Usos del bambú

El bambú es un material que tiene una gran variedad de usos, una de ellas es las artesanías que son elaboradas con este material y actualmente está siendo utilizado en la industria textil, logrando posesionarse a nivel mundial.

“Por ejemplo en Colombia, el bambú ha sido usado, históricamente, por los Amerindios desde tiempos muy remotos en la elaboración de viviendas”, (Dill, Bidegaray, Botero, & Rodriguez, 2006, pág. 46).

Dicha especie ha sido cultivada y utilizada en la construcción de casas, la defensa de los pueblos, y centenares de otros usos en casería y agricultura, Hidalgo (1978) manifiesta que:

El uso del bambú en la construcción, principalmente de vivienda es muy amplio en algunos países del continente americano. En países como Colombia y Costa Rica se llevan a cabo programas de investigación y desarrollo de viviendas con este material. Su aplicación se realiza de maneras muy diferentes, desde la construcción de armaduras para cubiertas con las cañas de bambú completas,

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

cortadas solamente a la longitud requerida por diseño, hasta las cañas cortadas en tiras para fabricar paneles para muros de viviendas. (p. 26)

El bambú es muy utilizado en diferentes productos (Ismael, 2016) afirma que, con el bambú se construyen casas, muebles, flautas, canales de agua, vasijas, se hace papel y se preparan recetas de cocina.

Hoy en día el bambú está siendo considerado de vital importancia en la industria textil debido a la diversidad de sus propiedades Ferrari (2011) menciona que:

El bambú es una alternativa natural que brinda una fibra diferente al algodón, lana y otras fibras sintéticas como el nylon y el polyester. Entre sus ventajas se destaca que no absorbe la humedad, sino que la expulsa manteniendo la piel seca y la prenda también. El bambú tiene un poder de absorción 200 veces mayor que el algodón. Conserva además la temperatura corporal, es antibacteriano y antimicótico (evita olores desagradables y la transpiración frente al calor). No irrita la piel y protege de los rayos UV, que son filtrados naturalmente por el bambú. La fibra es de una textura sedosa y suave. Es resistente y más ecológica que el algodón, ya que se degrada más rápido. Y únicamente acepta colorantes vegetales. Su rendimiento es superior, y se la considera la nueva generación de fibras inteligentes. (pág. 19)

2.4. Polímeros generalidades

Ravve (2013) en su libro Principios de la química de polímeros menciona que:

Los polímeros son grandes moléculas que están formadas por la unión de muchas unidades repetitivas. Generalmente, los polímeros involucran uniones covalentes entre los átomos (generalmente) de carbono que constituye la columna vertebral de la cadena polimérica. El vocablo polímero significa una molécula constituida por la repetición de una unidad más simple: los monómeros que son pequeñas moléculas de las que se parte para formar los polímeros [Del griego: (πολύ) poli = muchos; (μέρος) meros = parte, mono = un] (p.4) como se muestra en la figura 3

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Figura 3: muestra la representación del polietileno, el polímero más simple.

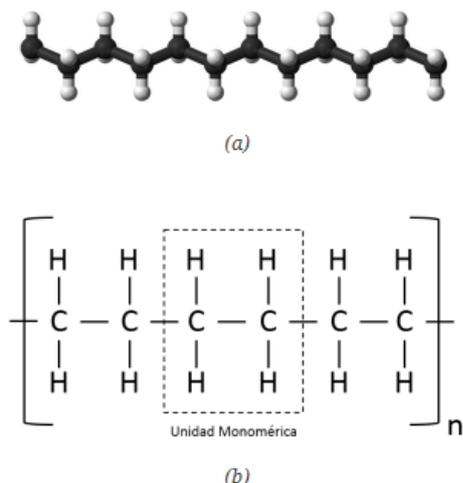


Figura 3. Representación (a) molecular y (b) desarrollo del polietileno

Fuente: Principios de la química de polímeros

En base a la definición de polímeros, Borgioli & Cremonesi, (2014) Concretan como un polímero a una molécula de dimensiones grandes, es decir una macromolécula, formada por la repetición, más o menos regular, de pequeñas unidades estructurales, llamadas monómeros, que pueden ser todas iguales o distintas.

La reacción a través de la cual n moléculas de monómeros A se combinan para formar el polímero, $-(-A-)_n-$, se llama Polimerización

Borgioli & Cremonesi (2014) en su publicación Las resinas sintéticas usadas para el tratamiento de obras polícromas señalan:

Otra representación de la macromolécula

$-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-$

Que indica A enlazado n veces consigo mismo a través de enlaces covalentes.

El número n , se llama Grado de Polimerización (en inglés DP, Degree of Polymerization) e indica precisamente cuantos monómeros se han enlazado entre ellos: si n es 2 tenemos un dímero, 3 un trímero, 4 un tetrámero, y así en adelante.

Habitualmente si el Peso Molecular está comprendido entre 500 y 5.000 una se habla de oligómero mientras que el término polímero debería reservarse a

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

macromoléculas de más de 5.000 uma. Si todos los monómeros son iguales se habla de homopolímero sino de copolímero tal y como se representa en la Figura 4 (p.32)

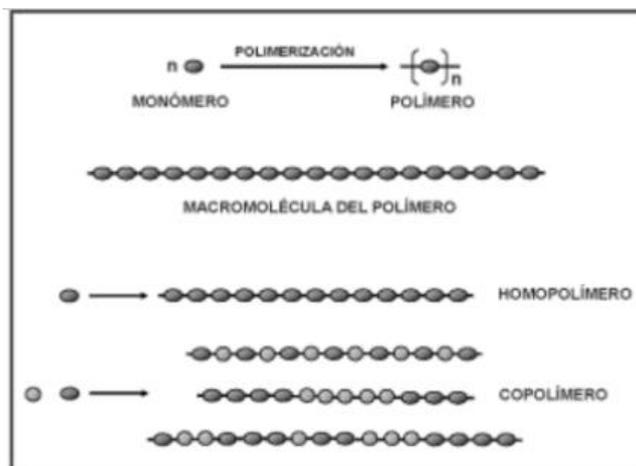


Figura 4. Copolímeros

Fuente: Polímeros

(Martínez G. , 1983) Afirma que, los polímeros tienen la ventaja de permitir aplicaciones química y física para obtener varias formas y propiedades. Los elevados pesos moleculares de su estructura química son responsables de la resistencia de los plásticos a la biodegradación.

Martínez (1983) en su revista Polímeros menciona que:

Desde el punto de vista tecnológico-industrial, la ciencia de materiales que se ocupa del estudio de los polímeros sintéticos es de una importancia crucial, pues permite la fabricación de materiales con propiedades físicas y químicas (dureza, rigidez, elasticidad, durabilidad, propiedades ópticas, estabilidad térmica, química, etc.) específicas para un uso determinado. Ejemplos de objetos compuestos por polímeros sintéticos son los textiles sintéticos, instrumentos quirúrgicos, pinturas, adhesivos, cuerdas y mecatres; esponjas, películas fotográficas, aislantes eléctricos, discos, sustancias no-adhesivas (como el teflón), llantas y juguetes (p.18-24)

2.4.1 Polímeros naturales

Leidinger (1997) en su investigación sostiene que:

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

La naturaleza nos proporciona numerosas sustancias importantes para nuestra vida diaria, por ejemplo, la madera, el algodón, alimentos de origen animal y vegetal, entre muchos otros, también nos brinda abundantes ejemplos de polímeros naturales la mayoría de las sustancias que obtenemos de la naturaleza, sobre todo de los reinos vegetal y animal, son polímeros (p.143)

Entre los polímeros naturales, los que se obtienen del reino vegetal o animal, que más presencia tienen en nuestra vida diaria Pérez & Merino (2015) indican que:

- El algodón, se forma a partir de lo que es celulosa.
- La seda, tiene un elevado coste en el mercado ya que se realiza para acometer la confección de tejidos de gran calidad y sofisticación.
- El hule, se obtiene de los árboles de hevea y que también se emplea con frecuencia en el día a día.
- La lana, es el pelo de las ovejas y se utiliza para darle forma a un sinfín de prendas textiles. (p.36)

2.4.1.1.1 Características Polímeros naturales

Jaramillo (2015) describe algunas características de los plímeros naturales:

Algunos de sus polímeros naturales cumplen una función importante en la vida humana, llamado biopolímeros.

- Están formados por una masa molecular muy alta, mayor a 10.000 unidades.
- Se forman en estado natural.
- Nuestro tejido del cuerpo son polímeros naturales.
- Se caracterizan las proteínas que sus monómeros son los aminoácidos.
- Los monómeros se encuentran dispuestos dentro del polímero.
- Está compuesto por muchas moléculas de glucosa.
- Proviene directamente de vegetales, plantas o animales.
- Sus monómeros son la glucosa y aminoácidos.
- La celulosa corresponde al polímero natural más abundante de la tierra (p.4)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.4.2 Polímeros sintéticos

“Los polímeros sintéticos son creados por el hombre a partir de elementos propios de la naturaleza. Estos polímeros sintéticos son creados para funciones específicas y poseen características para cumplir estas mismas” (Mallinckrodt, 2013, pág. 58) además “Los polímeros sintéticos son macromoléculas conformadas por la unión de monómeros, obtenidos en forma artificial a partir de elementos propios de la naturaleza, para funciones específicas y con características específicas para cumplir con las mismas” (EcuRed, 2016, pág. 12)

2.4.2.1 Obtención de polímeros sintéticos

Sánchez, Morales, & López (2002) en su investigación mencionan que:

Los polímeros sintéticos se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materias primas de bajo peso molecular, provienen mayoritariamente del petróleo (mezcla de hidrocarburos). El 4 % de la producción mundial de petróleo se convierte en polímeros. Después de un proceso de cracking y reforming, se tienen moléculas simples, como etileno, benceno, etc., a partir de las que comenzará la síntesis del polímero.

Se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materias primas de bajo peso molecular.

- Plásticos: polietileno
- Elastómeros: caucho
- Termorrígidos: baquelita
- Fibras: poliéster

Los polímeros sintéticos usan combinaciones especializadas en la adhesión con métodos que pueden mejorar el rendimiento (p.63)

2.4.2.2 Características polímeros sintéticos

Jaramillo (2015) cuando se refiere a las características de los polímeros sintéticos afirma que:

- Son directamente provenientes de la mano de obra del hombre.
- Se obtienen a través de procesos químicos en el laboratorio e industrias.
- Son muy importantes en la vida cotidiana.
- Son más resistentes a la oxidación

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Son de bajo costo productivo.
- Alta resistencia a químicos usados para contenerlos.
- Tienen tanta resistencia mecánica siendo favorable para uso automovilístico.
- Ayuda al aislamiento térmico y eléctrico.
- Pueden ser modificados a cambios de forma, tamaño, densidad, etc.
- Sus monómeros se repiten a lo largo de toda la cadena (p.22)

2.5. Disolución de los polímeros

Billmeyer (1975) en su libro Ciencia de los polímeros indica que:

La disolución de un polímero es un proceso pausado que se lleva en dos fases. Primero, las moléculas de disolvente se dispersan lentamente dentro del polímero produciendo un gel hinchado. Esto se puede dar si las fuerzas intermoleculares polímero- polímero son grandes debidas a enlaces reticulados, cristalinidad, o enlaces fuertes de hidrogeno. Pero si estas fuerzas pueden superarse por la introducción de interacciones intensas polímero- disolvente, puede tener lugar la segunda fase de la disolución. Solamente esta fase puede acelerarse intensamente por agitación. Incluso así, el proceso de disolución puede ser bastante lento (días o semanas) para materiales de muy alto peso molecular (p.23).

“En la polimerización en disolución, además del monómero y del iniciador, se emplea un disolvente, que debe disolverlos, formando un sistema homogéneo. El solvente ideal debe ser barato, de bajo punto de ebullición y de fácil posterior separación del polímero” (Centeno, 2011).

Al final de la polimerización, el polímero formado puede ser soluble o no en el disolvente usado. En caso que el polímero sea insoluble, se obtiene un lodo, fácilmente separado del medio reaccional por filtración. Si el polímero fuese soluble, se utiliza un no-disolvente para precipitarlo en forma de fibras o polvo.

“La polimerización en solución se utiliza principalmente cuando se desea aplicar la propia solución polimérica, y se emplea bastante en poli condensación” (Centeno, 2011)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Según Fernández (s.f.) en su publicación manifiesta que:

Las propiedades de los polímeros en solución están determinadas por las características estructurales de la cadena macromolecular solvatada. La estructura depende de la naturaleza de la unidad repetitiva y, en el caso de copolímeros, de la composición y la distribución de los monómeros en la cadena. Las macromoléculas pueden ser lineales o ramificadas y las unidades repetitivas pueden estar arregladas al azar, alternante, en bloque o en injerto (Figura 5) (p.1-2)

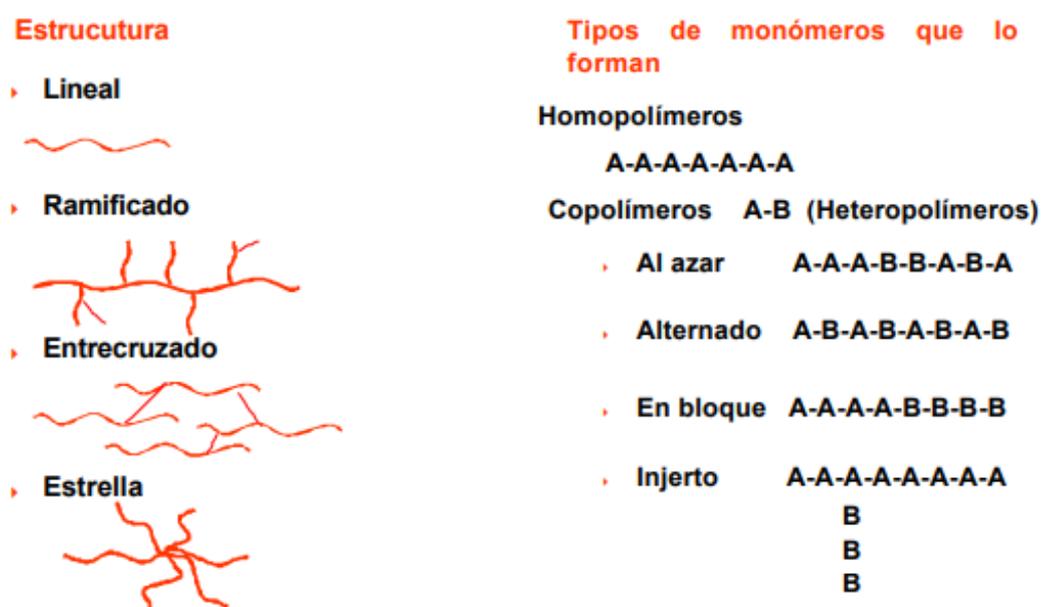


Figura 5. Clasificación de los polímeros de acuerdo con su estructura y al tipo de monómeros que lo forman

Fuente: Polímeros en solución y aplicación de los polímeros en la industria petrolera

2.6. Reacciones de polimerización

Las reacciones de polimerización son aquellas que dan lugar a la obtención de un polímero
Unidad Didáctica VIII (s.f) afirma que:

El progreso de estas reacciones de polimerización depende del grupo funcional o de la estructura molecular del monómero que se polimeriza. Según

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

sean los productos de la reacción de polimerización, se distinguen dos tipos: polimerización por adición y polimerización por condensación (p.32).

2.6.1 Polimerización por adición

En una publicación de la U. Politécnica de Madrid (s.f) indican que:

La polimerización por adición puede transcurrir a través de un mecanismo, en el que se formen radicales libres como especies intermedias en el curso de la reacción. En otros casos, la polimerización por adición tiene lugar mediante la formación de iones: carbocationes o carbaniones. En ambos casos, polimerización por adición radicalar y polimerización por adición iónica, la reacción transcurre a través de tres etapas:

- Iniciación: En esta etapa se forman los monómeros activados.
- Propagación: En esta etapa de la reacción se forma la cadena activada.
- Terminación: Esta fase se caracteriza por la pérdida de actividad y producción del polímero.

Ejemplos:

- Polimerización del PVC
 - $n(\text{CH}_2 = \text{CHCl}) \rightarrow - (\text{CH}_2 - \text{CHCl})_n -$
- Etileno \rightarrow Polietileno
 - $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 \rightarrow - [\text{CH}_2 - \text{CH}_2]_n -$ (p.3)

2.6.2 Polimerización por condensación

Por otro lado Wikiversidad (2017) con respecto a la polimerización por condensación menciona que:

Los polímeros se forman a partir de monómeros polifuncionales a través de diversas reacciones. La unidad repetitiva tiene una forma molecular diferente a la de los monómeros de partida, tras la eliminación o condensación de algún grupo de partida. Se asume que los grupos activos de los extremos de un monómero o cadena polimérica tienen la misma reactividad sin importar la longitud del polímero. Por lo general se pierde una molécula pequeña, como agua o HCl gaseoso (p.1)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.7. Definición de celulosa

Según Primo (2007) en su libro química orgánica básica y aplicada de la molécula a la industria menciona que:

La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales; forman los vasos del floema y del xilema y constituye el esqueleto de sostén de los tallos, ramas y troncos de arbustos y árboles. La celulosa forma fibras, que están cementadas por compuestos amorfos; hemicelulosas, pectinas y lignina (p.289)

“En el algodón, las fibras de celulosa son de gran pureza (90- 95%) y tienen aplicación textil como también, las de lino [...]. La celulosa es un polímero de glucosa con enlaces B-(1-4)”. (Primo, 2007, pág. 289)

“Uno de los más importantes polisacáridos estructurales es la celulosa, que integra la mayor parte de las paredes celulares de las plantas y aproximadamente la mitad más de la del tronco de un árbol [...]. La celulosa consiste en subunidades de glucosa unidas o enlazadas” (Audesirk, Audesirk, & Byers, s.f, pág. 41)

2.7.1 Propiedades físicas y químicas de la celulosa

Con respecto a las propiedades tanto físicas y químicas de la celulosa Sanz (s.f) indica que:

Las principales propiedades que se miden de la celulosa son:

Volumen Específico: Es el inverso de la densidad. En general se prefiere fibras con alto volumen específico debido a que permite hacer una hoja de igual espesor con un menor peso.

Índice de Tensión: Mide la resistencia a la tracción que tiene un papel con esa celulosa.

Índice de Rasgado: Mide la energía que es necesaria para rasgar un papel, tal como se hace cuando se corta una hoja con las manos.

Largo de fibra: Mide el largo promedio de las fibras de celulosa (en milímetros).

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Drenabilidad: Mide la facilidad con que la celulosa evacua el agua que contiene. Es importante para producir papel dado cuando se forma la hoja el contenido de agua es de entre 98% y 99% en peso

Contenidos de finos: Mide la cantidad de elementos no fibra en la celulosa.

Viscosidad: Mide la fricción interna de una mezcla de agua con fibras de celulosa. Es un indicador del grado de polimerización (largo de las cadenas) de las fibras de celulosa.

Contenido Distribución: en peso del contenido de la celulosa. Por tradición el contenido se clasifica en Alfa-celulosa: celulosa propiamente tal; Beta-Celulosa: celulosa degradada (acortada) y algo de hemicelulosa; Gamma-Celulosa: principalmente hemicelulosa; Lignina.

Cenizas: principalmente compuestos de silicio; y Extraíbles: que consisten en ácidos resinosos y ácidos grasos (p.7)

2.7.2 Obtención de la celulosa

Básicamente la madera está constituida por lignina y fibras de celulosa y el primer paso para la obtención de pulpa consiste en triturar la madera sólida.

Alejos (2003) menciona que:

En la obtención de celulosa se emplean diferentes técnicas, con la finalidad de lograr la liberación de las fibras mediante la destrucción o debilitación de los enlaces que las mantiene unidas en una estructura bien enlazada. La separación de las fibras de madera y de otros materiales fibrosos como el bambú, se logra por medios mecánicos, químicos o mediante combinaciones de ambos procesos (p.59)

Proceso mecánico: según Brown (2003) en este proceso se tritura la madera y liberan las fibras, convierte la madera en pulpa pero se conserva la lignina, lo que posteriormente le da un tinte amarronado o amarillento. Este tipo de pulpa celulósica es utilizada principalmente para la fabricación del papel periódico, como también lo manifiesta (Textos Científicos.com, 2005) que este proceso produce pulpa de baja calidad, misma que era usada antiguamente para papeles de baja exigencia en términos de resistencia mecánica y blancura, como eran los papeles de periódico.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

En una publicación de SCA (2010) se indica que:

Este método de elaboración de pasta, fue inventado aproximadamente en 1840 y es el más antiguo. En el cual la madera es descortezada se presionan contra una muela giratoria, que separa las fibras a través de un procedimiento de arranque. Se añade agua para facilitar el proceso y también refrigerar la muela recalentada por la intensa fricción de los troncos presionados contra ella. La pasta atraviesa unas finas cribas, lo que permite sólo el paso de las fibras, depurándose además de todo material extraño, como, por ejemplo, arena o polvo (p.17)

Procesos semiquímicos: “Son procesos intermedios que consisten en un doble tratamiento químico y mecánico. La acción química solubiliza parcialmente la lignina y la hemicelulosa, facilitando la separación posterior de los haces de fibras. El tratamiento mecánico completa la separación de las fibras” (Ortuño A. , 2006, pág. 540).

León & Fuentes (2012) argumentan que:

En los procesos semiquímicos existe un menor ataque del reactivo (lo que hace menos costoso el proceso). El producto obtenido es menos puro que en el caso de los procesos químicos, pero tienen mejor rendimiento en comparación con los procesos químicos (p.39).

Proceso Químico: en este proceso se requiere el uso de sustancias químicas y el control exhaustivo de algunos parámetros para poder obtener la base celulósica Virginie (2011) afirma que:

EL material limpio y troceado se introduce en un aparato con alta presión, temperatura elevada, y sosa caustica, sulfato de sodio o de magnesio. Las fibras son separadas por una disolución de lignina mediante un proceso de cocción de la madera en una “sopa” química. Los disolventes eliminan la materia resinosa y la lignina y dejan fibras puras de celulosa (p.169).

León & Fuentes (2012) por su parte expresan que existen dos procesos químicos principales: el método alcalino y el método del sulfito (p.38)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Método alcalino: Los principales procesos son el del sulfato o kraft y el de la sosa. En ambos, se realiza una cocción de las astillas en hidróxido de sodio, químico que se regenera en el primer caso con la adición de sulfuro de sodio y en el segundo, con carbonato de sodio o soda cáustica. (León & Fuentes, 2012).

El proceso del sulfato o kraft “El proceso Kraft fue descubierto por Dahl en el año 1879” (Stepaniuk, 2013). A continuación Barragán (2011) afirma que:

La celulosa es elaborada mediante el proceso denominado Kraft, a través del cual las astillas de madera son cocidas en una solución alcalina basada en sulfuro de sodio y soda cáustica para extraerles la lignina. Estos compuestos químicos son posteriormente recuperados para su reutilización, en un proceso de ciclo cerrado. Los rollizos de madera son descortezados y transformados en astillas éstas; son enviadas a una pila de acopio para su homogenización. Desde la pila de acopio, los chips o astillas son extraídos, clasificados y conducidos al proceso de cocción -en el digestor continuo o en digestores batch- con licor blanco, una solución alcalina de soda cáustica y sulfuro de sodio. Resultante del proceso de cocción es la pasta de celulosa, que se clasifica, se lava y se blanquea (p.1)

Proceso a la sosa: “es el más antiguo y el más simple de todos y está especialmente indicado para la madera frondosa. Produce fibras cortas y fácilmente blanqueable” (Ortuño A. , 2006, pág. 540)

Alejos (2003) en su publicación manifiesta que:

El proceso a la sosa es aplicable sobre todo a las maderas frondosas y a los materiales no madereros, en casos en los que los requerimientos en cuanto a la resistencia de la pasta no sean muy elevados, también menciona que en este proceso se forma “la lejía” es una disolución de hidróxido sódico que, en concentración del 8 al 15% dependiendo de la materia prima utilizada, y temperaturas del orden de 170°C, disuelve la madera y algo de celulosa. Al final del proceso de digestión se obtiene junto a las astillas cocidas un líquido oscuro, denominado lejía negra o residual, que contiene productos de degradación de

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

lignina y celulosa, sales sódicas, lignofenolatos y el exceso de hidróxido sódico no consumido en el proceso. (p.61-62)

Método del sulfito: “El método al sulfito fue descubierto hacia el año 1870 por B.C. Tilman, que observó que se podía producir una pulpa de aspecto brillante si se trataba la madera a altas temperaturas y presiones con ácido sulfuroso (H_2SO_3) y bisulfito cálcico ($Ca (HSO_3)_2$)” (Da Silva , 2009, pág. 36) “Existen varios procesos, pero todos generalmente involucran la cocción de las astillas en compuestos de sulfito. Este proceso produce una pasta más clara, débil y suave además permite el reciclaje de los químicos empleados” (Greenpeace, 2006, pág. 4) por su parte Besbergi (2010) señala que pueden utilizarse diferentes tipos de bases para la realización de este proceso, pero su elección es muy importante ya que en función de ella los rangos de temperaturas y de pH son diferentes (p.5)

2.8. Base de celulosa

Expeto & Homólogos de Control de Calidad (1980) en su artículo comentan que, para la obtención de la base de celulosa o conocida como álcali celulosa se trata a la celulosa con solución de hidróxido de sodio O-CH (NaOH) al 17 - 18% y se convierte en soda celulosa

De la misma manera Rouette (2001) menciona que la celulosa debe reaccionar mediante alcalinización al 18% de NaOH para obtener la base de celulosa como se indica en la figura 6.

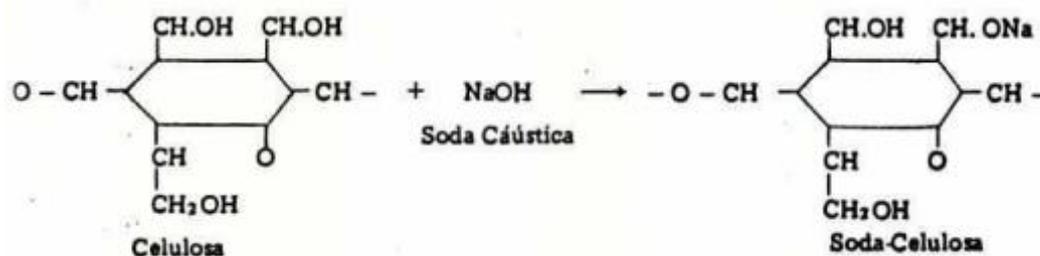


Figura 6. Estructura química de la celulosa y de la soda celulosa

Fuente: Fibras hechas por el hombre a partir de la celulosa

2.9. Compuestos químicos disolventes

2.9.1 Definición de compuesto químico

Según Raviolo (2008) Un compuesto es una sustancia formada por dos o más tipos de átomos, esos átomos están unidos químicamente en proporciones definidas.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Pérez & Merino (2010) en su publicación indican que:

En química, la noción de compuesto indica a la sustancia creada a partir de la conjunción de, al menos, un par de elementos que forman parte de la tabla periódica, siempre en una razón invariable. Dichos compuestos presentan una fórmula química: por ejemplo el ácido fluorhídrico es un compuesto formado por un átomo de hidrógeno y uno de flúor (p.1)

2.9.2 Propiedades químicas

En su publicación Cordoba (2016) expresa que:

Las propiedades químicas describen el comportamiento de las sustancias en los diferentes procesos químicos en los que surgen nuevas sustancias, llamadas reacciones químicas, donde se modifica su composición, además describe algunos ejemplos:

- Combustión
- Reactividad con el agua
- Reactividad con las sustancias ácidas
- Reactividad con las bases
- Oxidación
- Reducción
- Neutralización
- Polimerización
- Fermentación
- Fotosíntesis
- Acidez
- Corrosividad (p.8)

2.9.3 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un compuesto dependen principalmente del tipo de enlaces que mantienen unidos a los átomos de una molécula. Éstos pueden indicar el tipo de estructura y

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

predecir sus propiedades físicas. A continuación se darán a conocer los tipos de enlaces que influyen las propiedades de los compuestos químicos. (Cordoba, 2016)

2.9.4 Obtención de los compuestos químicos

Sin duda alguna los compuestos que existen en la naturaleza son muchísimos y también los que son obtenidos artificialmente por el hombre Angiolani (1960) en su libro menciona que:

Ellos provienen todos de la combinación de los elementos entre sí, Por medio del análisis químico se puede siempre revelar de cuales elementos resultan constituidos y en cual proporción entran a formar los compuestos; y en la mayoría de los casos se llega también a establecer el valor exacto de su peso molecular, de manera que se alcanza a tener todos los datos para poder establecer su fórmula química.

Pero todo esto no es suficiente para poder definir exactamente su comportamiento químico, porque este depende exclusivamente de la manera en que están distribuidos los átomos en su molécula, lo que se pone en evidencia por la fórmula de constitución que se puede asignar a cada uno de ellos (p.52)

Barrio, Dulce, & Antón (2008) indican que un compuesto químico es una sustancia pura formada por átomos de distintos elementos químicos y combinados entre sí en una relación numérica sencilla y constante.

Cuando se habla de la clasificación de los diferentes compuestos químicos Dulce, Cabrerizo, & Guerra (2015) afirman que:

La primera clasificación que se la hizo de las sustancias químicas fue atendiendo al criterio de minerales, vegetales y animales, dependiendo de su lugar de procedencia. Pronto se descubrieron en animales y vegetales compuestos químicos idénticos, lo que condujo a la división actual de compuestos químicos inorgánicos y orgánicos (p.101)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.9.5 Compuestos químicos inorgánicos

Se obtienen en el mundo mineral independientemente de su origen, estos compuestos químicos suelen ser más simples que los compuestos orgánicos, Graciano (s.f) indica que los compuestos químicos pueden ser:

Binarios, ternarios, etc.,

Ejemplos de compuestos químicos inorgánicos binarios son: los óxidos (CO_2 , Fe_2O_3 , CaO), los hidruros (SiH_4 , H_2S , HCl , CaH_2), o las sales binarias (CaCl_2 , Al_2S_3 , NaCl , KF)

Entre los compuestos químicos inorgánicos ternarios se hallan; los hidróxidos (NH_4OH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$), los ácidos oxácidos (HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4) y muchas oxisales (Na_2SO_4 , KNO_3 , AlPO_4) (p.1)

2.9.6 Compuestos químicos orgánicos

Angiolani (1960) menciona que:

Se hallan en los organismos vivos. La obtención en el laboratorio de estos compuestos demuestra que su procedencia no es exclusiva de los seres vivos. Todos contienen el elemento químico carbono y existen alrededor del millón de compuestos orgánicos diferentes. Entre los compuestos químicos orgánicos se encuentran los hidrocarburos, las grasas, los aceites, los alcoholes, los azúcares o las proteínas. (p.52)

2.9.7 Aplicaciones

2.9.7.1 Compuestos inorgánicos

Según Correa (2012) en su publicación Compuestos Inorgánicos en la Industria señala que:

Los compuestos inorgánicos que están presentes en los seres vivos son el agua y las sales minerales, a continuación se detallan algunos ejemplos.

- **Cloruro de sodio (NaCl)**. La sal común de nuestra dieta.
- **Ácido clorhídrico (HCl)**. Uno de los más potentes ácidos conocidos, es uno de los segregados por el estómago para digerir la comida.
- **Ácido fosfórico (H_3PO_4)**. Un ácido reactivo al agua, resistente a la oxidación, evaporación y reducción, empleado en la industria de las gaseosas.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- **Ácido sulfúrico (H_2SO_4).** Uno de los mayores corrosivos conocidos, es largamente empleado en diversos tipos de industria y se lo produce en grandes cantidades en el mundo.
- **Yoduro de potasio (KI).** Esta sal es ampliamente utilizada en la fotografía y el tratamiento de la radiación.
- **Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).** Sal anaranjada, altamente oxidante, capaz de provocar incendios al entrar en contacto con sustancias orgánicas.
- **Cloruro de plata (AgCl).** Muy usado en la electroquímica y en laboratorios, debido a su bajísima solubilidad en agua, es un sólido cristalino.
- **Amoníaco (NH_3).** También llamado azano o gas de amonio, es un gas incoloro rico en nitrógenos de olor particularmente repulsivo.
- **Sulfato cuproso (Cu_2SO_4).** Una sal insoluble, empleada como desinfectante y colorante de superficies metálicas.
- **Óxido de silicio (SiO_2).** Llamado comúnmente sílice, forma el cuarzo y el ópalo, y es uno de los componentes de la arena.
- **Sulfato de hierro (FeSO_4).** También conocido como vitriolo verde, melanterita o caparrosa verde, es una sal azul-verdosa empleada como colorante y como tratamiento de ciertas anemias.
- **Carbonato de Calcio (CaCO_3).** Largamente empleado como antiácido y en la industria del vidrio y del cemento, es una sustancia muy abundante en la naturaleza, como rocas o como cáscaras y exoesqueletos de ciertos animales.
- **Cal (CaO).** Es óxido de calcio en cualquiera de sus formas, muy empleado en las mezclas de construcción como conglomerante.
- **Bicarbonato de sodio (NaHCO_3).** Presente en los extintores de incendios o en muchos productos dietéticos y medicinales, posee un pH muy alcalino.
- **Hidróxido de potasio (KOH).** La soda potásica, empleada en la elaboración de jabones y otros solventes.
- **Hidróxido de sodio (NaOH).** Llamado soda cáustica o sosa cáustica, se emplea en la industria del papel, de tejidos y de detergentes y destapadores de cañerías.
- **Nitrato de amonio (NH_4NO_3).** Un potente fertilizante agrícola (p.3)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.9.7.2 Compuestos orgánicos

(Enciclopedia de ejemplos, 2017) menciona que:

Los compuestos orgánicos son los carbohidratos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos y tienen amplios y variados usos, se emplean compuestos orgánicos como principio activo en muchos medicamentos mismos que sirven para curar alguna afección de la salud.

- **Metanol (CH_3OH)**. Conocido como alcohol de madera o metílico, el alcohol más simple que existe.
- **Propanona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$)**. La acetona de uso solvente común, inflamable y transparente, de olor característico.
- **Acetileno (C_2H_2)**. Llamado también etino, es un gas alquino más ligero que el aire e incoloro, muy inflamable.
- **Etanoato de etilo ($\text{CH}_3\text{-COO-C}_2\text{H}_5$)**. También conocido como acetato de etilo o éter de vinagre, utilizado como disolvente.
- **Formol (CH_2O)**. Empleado como preservante de materia biológica (muestras, cadáveres), se conoce también como metanal o formaldehído.
- **Glicerina ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)**. Glicerol o propanotriol, es una sustancia producto intermedio de la fermentación alcohólica y del procesamiento digestivo de los lípidos.
- **Glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)**. La unidad básica de energía de los seres vivos, es un azúcar monosacárida.
- **Etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)**. El alcohol etílico, presente en las bebidas alcohólicas, fruto de la fermentación anaeróbica de azúcares con levadura.
- **Isopropanol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)**. Alcohol isopropílico, isómero del propanol, deviene en acetona al oxidarse.
- **Ácido acetilsalicílico ($\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$)**. El compuesto activo de las aspirinas: analgésico, antipirético, antiinflamatorio.
- **Sacarosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)**. El más común de los glúcidos: el azúcar de mesa.
- **Fructosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)**. El azúcar de las frutas, mantiene una relación de isomería con la glucosa.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- **Celulosa (C₆H₁₀O₅)**. Compuesto principal de los seres vegetales, sirve de estructura en la pared celular vegetal y como reserva energética.
- **Nitroglicerina (C₃H₅N₃O₉)**. Un potente explosivo, se obtiene mezclando ácido nítrico concentrado, ácido sulfúrico y glicerina.
- **Ácido láctico (C₃H₆O₃)**. Indispensable en procesos de energización del cuerpo humano ante bajas concentraciones de oxígeno, la producción de glucosa vía fermentación láctica.
- **Benzocaína (C₉H₁₁NO₂)**. Utilizado como anestésico local, si bien su empleo en infantes tiene efecto secundarios de alta toxicidad.
- **Lidocaína (C₁₄H₂₂N₂O)**. Otro anestésico, empleado profusamente en la odontología y como anti arrítmico.
- **Lactosa (C₁₂H₂₂O₁₁)**. Formada a partir de galactosa y glucosa, es el azúcar que da su carga energética a la leche de los animales.
- **Cocaína (C₁₇H₂₁NO₄)**. Un potente alcaloide derivado de la planta de la coca y sintetizado para producir una droga ilegal homónima.
- **Ácido ascórbico (C₆H₈O₆)**. Conocido también como la importante vitamina C de los frutos cítricos (p.6)

2.10. Métodos de disolución de la base de celulosa

2.10.1 Disolución de la celulosa

Según Koch (1997) en su libro Lyocell fibers, Alternative Regenerated Cellulose fibers señala que:

Una disolución consiste en la formación de una solución homogénea de celulosa, disolvente y agua. Para ello, la pulpa industrial de celulosa, preparada con un grado de polimerización entre 500 – 1000 y un alto contenido de α - celulosa (95%), se dispone junto con una mezcla de agua y disolvente orgánico, Para prevenir problemas de almacenamiento de disolvente se utiliza en la forma altamente hidratada (40% w/w de agua) (p.47)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Carballo & Arteaga (2007) mencionan que:

La solubilidad de la celulosa es un compuesto macromolecular insoluble en los solventes usuales. Para el estudio de sus propiedades, es necesario disolverlas. Por mucho tiempo solo se usó para disolver la celulosa, los complejos de cobre como cuoxam o cuoxeno. Hoy el mejor solvente es cadoxeno y el complejo FeTNa (tartrato sódico de hierro). Se ha probado que son los más utilizados para la determinación de la masa molecular o grado de polimerización de la celulosa.

Durante las décadas pasadas nuevos solventes fueron utilizados, solventes orgánicos los cuales modifican la molécula de celulosa, entre ellos se encuentran la DMFA (dimetil formamida) DMAC (dímetilacetamina, N₂O₄ (tetróxido de dinitrógeno) y NOCl (cloral). Otros solventes utilizados son trimetilamina, urea, DMSO (dimetilsulfónico) anhídrido ftálico (p.17)

En su publicación Swatloski, Rogers, & Hold (2012) indican que:

Los procesos de disolución de celulosa tradicionales, incluyendo los procesos con cupramonio y xantato, a menudo son difíciles o caros y requieren el uso de disolventes no habituales, típicamente con una alta fuerza iónica y se usan en condiciones relativamente rigurosas. Dichos disolventes incluyen disulfuro de carbono, N-metilmorfolina-N-óxido (NMMO), mezclas de N,N-dimetilacetamida y cloruro de litio (DMAC/LiCl), dimetilimidazolona/LiCl, soluciones de sales inorgánicas acuosas concentradas ZnCl/H₂O, Ca(SCN)₂/H₂O, ácidos minerales concentrados (H₂SO₄/H₃PO₄) o hidratos de sales fundidos (LiClO₄·3H₂O, NaSCN/KSCN/LiSCN/H₂O) (p.31)

Swatloski, Rogers, & Hold (2012) también manifiestan que:

Los métodos de procesamiento físico y químico para tratar los recursos celulósicos son numerosos. La celulosa puede ser disuelta en mezclas de hidracina y agua bajo presión y temperaturas entre 100 - 250 C. En este caso la solución mantiene su viscosidad durante varias horas, lo que significa que no ocurre degradación de las moléculas de celulosa. Existe una diferenciación en la disolución y degradación.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

La disolución de la celulosa consiste en la ruptura de la estructura fibrilar lo que resulta una desintegración de las fibras y microfibrillas originando las cadenas de celulosa sin cambiar la longitud de la cadena.

La degradación de la celulosa incluye no solo la ruptura de la estructura supramolecular sino que ocurre el hinchamiento e inserción de los grupos químicos los cuales rompen los enlaces intermoleculares y solvatan las moléculas simples.

La celulosa es un polímero (polisacárido) que exhibe determinado grado de cristalinidad siendo insoluble en los solventes usuales, además es difícil encontrar un solvente apropiado que la disuelva sin degradarla (p.32)

Nuñez (2008) indica que:

La disolución de la celulosa se la puede conseguir mediante el método directo en el cual la celulosa se disuelve directamente con un solvente específico y también se puede emplear el método indirecto en el que la celulosa es transformada a través de reacciones de sustitución en derivados (nitratos, acetatos, xantatos etc). Estos son disueltos posteriormente en solventes apropiados por ejemplo:

- Nitrato de celulosa en acetonas.
- Acetato de celulosa en cloroformo o acetona.
- Xantato de celulosa en hidróxido de sodio (p.62)

2.10.2 Xantato de celulosa

El Xantato de celulosa es la solución que se obtiene después de haber sometido el álcali celulosa o soda celulosa a un proceso de xantagenación “proceso en el que se puede utilizar diferentes compuestos químicos como; disulfuro de carbono, n-óxido de n-metilmorfolina, dimetilformamida/tetraóxido de dinitrógeno, dimetilacetamida/ cloruro de litio” (Textos Científicos, 2009)

En su libro Tatsuya & Glyn (1997) argumentan que el xantato soluble que se obtiene mediante alcalinización y reacción con sulfuro de carbono, posteriormente es regenerado y se somete a una precipitación en un baño de coagulación.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

La celulosa procedente de pulpa de celulosa, “se transforma en xantato de celulosa soluble, mediante alcalinización (18% de NaOH) y una reacción posterior con sulfuro de carbono” (Rouette, 2001).

Expeto & Homólogos de Control de Calidad, 1980 La soda-celulosa se hace reaccionar con disulfuro de carbono para formar el xantato sódico de celulosa. Se usa de 25 a 30% del peso de celulosa con bisulfuro de carbono (CS_2) para la reacción indicado en la figura 7.

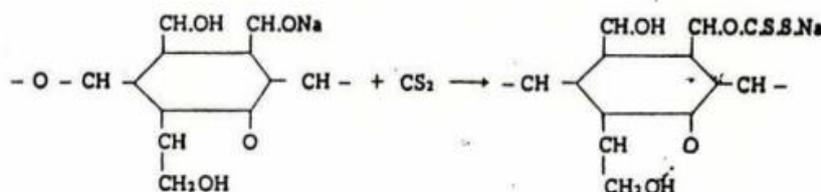


Figura 7. Estructura química de la soda celulosa y del xantato sódico de celulosa

Fuente: Fibras hechas por el hombre a partir de la celulosa

2.10.3 Método con disulfuro de carbono

Según Tafur (2014) en 1891, Cross y Bevan (Inglaterra) descubrieron un proceso más seguro y más económico. Observaron que la celulosa, tratada con sosa caustica, reaccionaba con disulfuro de carbono y que el xantato de celulosa formado es soluble en disoluciones alcalinas diluidas. Cuando la solución del xantato se extruye en baño ácido, la celulosa se regenera en forma de filamentos continuos.

Este método es uno de los empleados en la elaboración de la viscosa. Como lo manifiesta (Raimond & Carraher, 2002) La celulosa que se obtiene eliminando la lignina de la pasta de madera se convierte en álcali celulosa. La adición de disulfuro de carbono a esta última produce el xantato de celulosa.

Al disulfuro de carbono también se lo puede encontrar con diferentes sinónimos como: sulfuro de carbono, bisulfuro de carbono, bisulfito de carbono, anhídrido ditiocarbónico, anhídrido sulfocarbónico, weeltox (Agencia de Protección Ambiental EPA, 2003).

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.10.3.1 Descripción

En su publicación la Agencia de Protección Ambiental EPA (2003) manifiesta que:

El Disulfuro de Carbono en estado puro es un líquido incoloro o ligeramente amarillento, casi sin olor o con olor agradable similar al del Cloroformo. El Disulfuro de Carbono con impurezas, que usualmente se emplea en una gran variedad de procesos industriales, es un líquido amarillento de olor desagradable similar al de la putrefacción de material orgánico vegetal. En la naturaleza, se encuentran pequeñas cantidades de Disulfuro de Carbono provenientes de gases liberados a la superficie terrestre, por ejemplo, en erupciones volcánicas o sobre pantanos. Comercialmente, se encuentra como una mezcla azeotrópica con agua que contiene 97.2% de Disulfuro (p.193)

ATSDR (2016) señala que la mayor parte del sulfuro de carbono se emplea en la fabricación de fibras de celulosa. En presencia de sosa, forma con la celulosa xantogenatos solubles que se pasan por inyectores y luego se precipitan.

2.10.3.2 Propiedades físicas y químicas

Elvers & Hawkins (1989) con respecto a las diferentes propiedades indican que el disulfuro de carbono reacciona con sulfuros, alcoholes, amoníaco, aminas y cloro para producir importantes derivados y productos intermedios industriales. Es importante señalar que cuando reacciona con álcalis alcohólicos produce xantatos. Esta reacción es la base para el proceso en el cual la celulosa se convierte en xantato y se regenera como fibras y películas.

A continuación se mencionan algunas de las propiedades del disulfuro de carbono según IPCS & CTR (s.f):

- Aspecto: líquido transparente e incoloro.
- Olor: característico desagradable.
- Punto de ebullición: 46°C
- Punto de fusión: -111°C
- Punto de inflamación: -30°C
- Temperatura de auto ignición: 102°C

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Límites de explosión (inferior/superior): 1 / 60 vol. %
- Presión de vapor: 20°C 400 hPa
- Densidad (20/4): 1,262
- Solubilidad: 2,9 g/l en agua a 20° (p.4)

2.10.3.3 Efectos sobre la salud

Según (OMS, 2000) los efectos del Disulfuro de Carbono en la salud humana y el ambiente dependen de:

La cantidad presente de esta sustancia y de la frecuencia y el tiempo de exposición. Inhalar o consumir Disulfuro de Carbono por períodos cortos de tiempo afecta el sistema nervioso; los efectos van desde mareo y dolor de cabeza, visión borrosa y agitación hasta convulsiones, coma y la muerte. El vapor del Disulfuro de Carbono irrita la nariz y la garganta. El contacto directo del Disulfuro líquido con la piel causa quemaduras. El Disulfuro de Carbono puede ocasionar daños severos en los ojos (p.3)

El Disulfuro de Carbono también puede causar daño al sistema cardiovascular “causando un incremento de la presión arterial y enfermedad coronaria. Existen estudios que demuestran que el personal que es expuesto permanentemente a Disulfuro de Carbono ha desarrollado insuficiencias gastrointestinales y del sistema inmunológico” (EPA, 2003).

Cuando se expone a niveles muy altos de disulfuro de carbono (OMS, 2000) manifiesta que:

Puede ser mortal debido a los efectos causados sobre el sistema nervioso. Algunos trabajadores que han inhalado altos niveles de Disulfuro de Carbono durante las horas de trabajo han manifestado dolor de cabeza, cansancio y problemas para dormir. Algunos trabajadores que han inhalado bajos niveles de Disulfuro de Carbono, han presentado ligeros cambios de humor (p.4)

2.10.4 Método con n-óxido de n-metilmorfolina

Según Lockuán (2013) menciona que:

Este método es otra de las variadas alternativas para la obtención del xantato de celulosa. La celulosa se disuelve en N- óxido de N- metilmorfolina, luego la

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

pasta se bombea a través de las hileras, seguidamente las fibras se sumergen en un baño diluido esta vez en óxido de amina para su fijado, luego se lavan con agua desmineralizada y se continúa con los procesos de acabado (p.87)

Swatloski, Rogers & Hold, (2012) manifiestan que:

La eficacia de los métodos existentes para disolver y derivatizar la celulosa puede mejorarse significativamente por la disponibilidad de disolventes adecuados para la celulosa refinada y natural; un ejemplo es N-metilmorfolina-N-óxido (NMMO), usado como disolvente para la disolución no derivatizante de la celulosa para la producción de fibras Lyocell. Se ha demostrado el uso de líquidos iónicos como remplazo para disolventes orgánicos convencionales en procesos químicos, bioquímicos y de separación (p.31-32)

Con respecto a la obtención de la fibra de Lyocell Bou-Belda, Montava, Bonet, & Díaz (s.f) indican que:

Se obtiene mediante un proceso de hilatura con un disolvente orgánico, N-óxido de N-metilmorfolina. Al utilizar este disolvente en la obtención de la fibra lyocell se consigue un proceso de fabricación más respetuoso con el medio ambiente, ya que el proceso de producción es cerrado, y el disolvente utilizado es recirculado casi en su totalidad. Las etapas generales son las siguientes:

- Disolución de la celulosa
- Hilatura y posterior tratamiento de las fibras
- Recuperación del disolvente reciclado (p.2)

Klemm, Heublein, Fink, & Bohn (2005) en su publicación expresan que:

La celulosa es difícil de procesar debido a su estructura supramolecular que la hace insoluble en la mayoría de los solventes comunes. Industrialmente los métodos de disolución utilizados son el proceso de viscosa y el de N-óxido de N-metilmorfolina (NMMO). Con una producción anual mundial de alrededor de 2,4 millones de toneladas en el 2009, el proceso de viscosa aún es el método industrial dominante de disolución de celulosa. Para la preparación de viscosa se utilizan pulpas para disolver de diferentes grados, siendo factores muy importantes la calidad de la pulpa y su reactividad (p.24)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.10.4.1 Propiedades físico-químicas

Según (DLEP, 2010) en su publicación señala que:

La morfolina es un líquido incoloro, inflamable, higroscópico, volátil, de aspecto oleoso y con un característico olor a amoníaco. Es una amina secundaria fuertemente alcalina.

- Factor de conversión (20 °C, 101 kPa): $3,62 \text{ mg/m}^3 = 1 \text{ ppm}$
- Peso molecular: 87,12
- Fórmula molecular: $\text{C}_4 \text{H}_9 \text{NO}$
- Solubilidad: Completamente miscible en agua y en numerosos disolventes orgánicos, pero presenta una solubilidad limitada en disoluciones acuosas alcalinas
- Punto de fusión: $-3,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- Punto de ebullición: $128,9 \text{ }^\circ\text{C}$
- Presión de vapor: 1,1 kPa a $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Densidad: 3,0 veces la del aire
- Límite de explosividad: inferior 1,8% y superior 11% (concentración en aire)
- Umbral de olor: 0,01 ppm (p.1)

2.10.4.2 Usos de N metil Morfolina

Según (Termo fisher Scientific, 2006) La morfolina es un producto químico muy versátil. Se emplea principalmente en la fabricación de aceleradores del caucho, como inhibidor de la corrosión en calderas, y en la síntesis de fármacos, agentes protectores de cosechas y abrillantadores. Se utiliza también como disolvente de materiales orgánicos muy diversos, incluyendo resinas, tintes y ceras.

2.10.4.3 Riesgos

En su publicación Termo fisher Scientific (2006) manifiesta que:

En caso de inhalación del producto: Suministrar aire fresco, eventualmente hacer respiración artificial, calor. Si los trastornos consisten consultar al médico.

En caso de contacto con la piel: lavar enseguida con agua y jabón, enjuagando bien.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

En caso de contacto con los ojos: enjuagar durante varios minutos los ojos con agua corriente y consultar al médico (p.15)

2.10.5 Método con dimetilacetamida/ cloruro de litio

Raimond & Carraher (2002) señalan que:

Las disoluciones fuertemente caústicas pueden penetrar el entramado de la alfa celulosa produciendo un alcóxido llamado alcalicelulosa o sodacelulosa. La mayor parte de las celulosas lineales pueden disolverse en disolventes que sean capaces de romper los enlaces fuertes por puente de hidrogeno. Entre estos disolventes se incluyen disoluciones acuosas de ácidos inorgánicos como el tiocianato cálcico, cloruro de cinc, cloruro de litio, hidróxido de dimetil dibenzil amonio (p.188)

Debido a su estructura la celulosa es difícil de disolver para ello “es necesario emplear procesos húmedos para procesarla, siendo los más efectivos aquellos relacionados con la utilización de solventes como el N, N-dimetilacetamida/Cloruro de litio (LiCl/DMAc) (Raimond & Carraher, 2002, p. 188).

Nayak , Chen, & Kim (2008) mencionan que en este proceso, parte de la celulosa se convierte en un material amorfo debido a la disociación de los puentes de hidrógeno que le confieren su estructura cristalina, y que corresponde a su estado natural. Los principales trabajos desarrollados en esta línea son empleados para la obtención de fibras de ramio de igual forma Soykeabkaew , Arimoto , Nishino , & Peijs (2008) indican que este método es utilizado para la obtención de papel de filtro como fuente de celulosa “sin embargo no existen referencias sobre el desarrollo de este tipo de materiales empleando residuos agroindustriales como los que se generan en los cultivos de plátano” (Nishino & Arimoto , 2007).

2.10.5.1 Propiedades físicas dimetilacetamida

ICSC: 0259 (2006) indica algunas de las propiedades del dimetilacetamida:

- Punto de ebullición: 165°C
- Punto de fusión: -20°C
- Densidad relativa (agua = 1): 0.94

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Solubilidad en agua: miscible.
- Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.33
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.01
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.01
- Punto de inflamación: 63°C c.c.
- Temperatura de autoignición: 490°C
- Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.8 - 11.5
- Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.77 (p.21)

2.10.5.2 Aplicaciones de dimetilacetamida/ cloruro de litio

De Henan Haofei (s.f) Cuando se refiere a la aplicación de Dimetilacetamida (DMAC) manifiesta que:

Es un disolvente aprótico dipolar utilizado para muchas reacciones orgánicas y aplicaciones industriales. Es un solvente versátil debido a su alto punto de ebullición y buena estabilidad térmica y química.

La dimetilacetamida se aplica en las fibras acrílicas como disolvente en procesos de hilado en húmedo para la producción de fibras acrílicas.

En la producción de fibras de elastano a base de poliuretano, la dimetilacetamida DMAC es el disolvente preferido dada su velocidad de evaporación, ya sea que se utilice en procesos de hilatura en seco o en húmedo.

Además es muy utilizado en productos farmacéuticos, la dimetilacetamida DMAC se puede utilizar como disolvente y como reactivo en la producción de diversos productos farmacéuticos, se usa dimetilacetamida DMAC como disolvente.

Una mezcla de DMAC y cloruro de litio es un disolvente útil para fibras de celulosa en varias aplicaciones (p.7-8)

En cuanto al cloruro de litio Díaz (2012) menciona que:

Es un compuesto químico de fórmula LiCl que se puede hacer encendiendo litio y cloro, aunque es difícil porque la reacción es violenta.

De esta manera se produce la forma anhidra (sin agua). El cloruro de litio también se puede extraer de otros cloruros de metal alcalino con alcohol amílico (p.15)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.10.5.3 Propiedades físicas y químicas del cloruro de litio

Decreto N°27000-MINAE (2010) señala algunas de las diferentes propiedades tanto físicas y químicas del cloruro de litio:

- Estado físico: cristales blancos
- Color: blanco
- Olor: sin olor
- Umbral olfativo: no disponible
- pH: solución acuosa es neutro o ligeramente alcalino
- Punto de fusión: 613 °C
- Punto de ebullición: 1360 °C
- Punto de inflamación: no aplica
- Tasa de evaporación: no disponible
- Límites de explosión: no aplica
- Presión de vapor a 547 ° C: 1 mmHg
- Densidad relativa de vapor (aire=1): no disponible
- Densidad relativa (agua=1): 2,1
- Solubilidad en agua: 1g/1,3 mL de agua fría
- Solubilidad en otros disolventes: metanol, éter dietílico, n-octanol. soluble en acetona muy soluble en piridina, etanol, y nitrobenzeno.
- Coeficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow): -2,7
- Temperatura de autoinflamación: no aplica
- Temperatura de descomposición: no disponible
- Peligro de explosión: no aplica
- Viscosidad: no disponible (p.5)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

2.10.5.4 Aplicaciones del cloruro de litio

Según Cisternas (2009) en su publicación señala que:

El cloruro de litio es utilizado como electrolito para baterías secas de baja temperatura y como catalizador de oxidación. Es un solubilizante para poliamidas y celulosa cuando se utiliza con disolventes de amida, y es un agente clorador para sustratos de esteroides.

El cloruro de litio también ha sido utilizado en: Aislamiento del ADN de plásmidos a gran escala sin ultra centrifugación, extracción de proteínas y cristalización de proteínas, cristalización de otras estructuras biológicas, incluyendo el aptámero de vitamina B12-RNA y la partícula del virus L-A. Inhibe la expresión y secreción de la proteína 1 que une el factor de crecimiento similar a la insulina en las células H4-II-E, utilizadas en la síntesis de derivados de alfa-aminoácidos sustituidos por beta (p.79)

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE
CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Métodos de la investigación

En esta investigación se llegó a determinar un proceso adecuado para disolver la base de celulosa de bambú para su posterior extrusión.

Mediante el método experimental se procedió a realizar las pruebas en la máquina autoclave, empleando un proceso químico y variando algunos de los parámetros que se emplearon para obtener la disolución de la celulosa, en este proceso se obtuvieron varias muestras, las cuales mediante el método comparativo se valoró y se analizó para poder determinar cuál de ellas proporcionó mejores resultados, para su posterior extrusión. Estas muestras fueron realizadas en el laboratorio de la planta textil académica de la Universidad Técnica del Norte, como se muestra en la figura 8.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

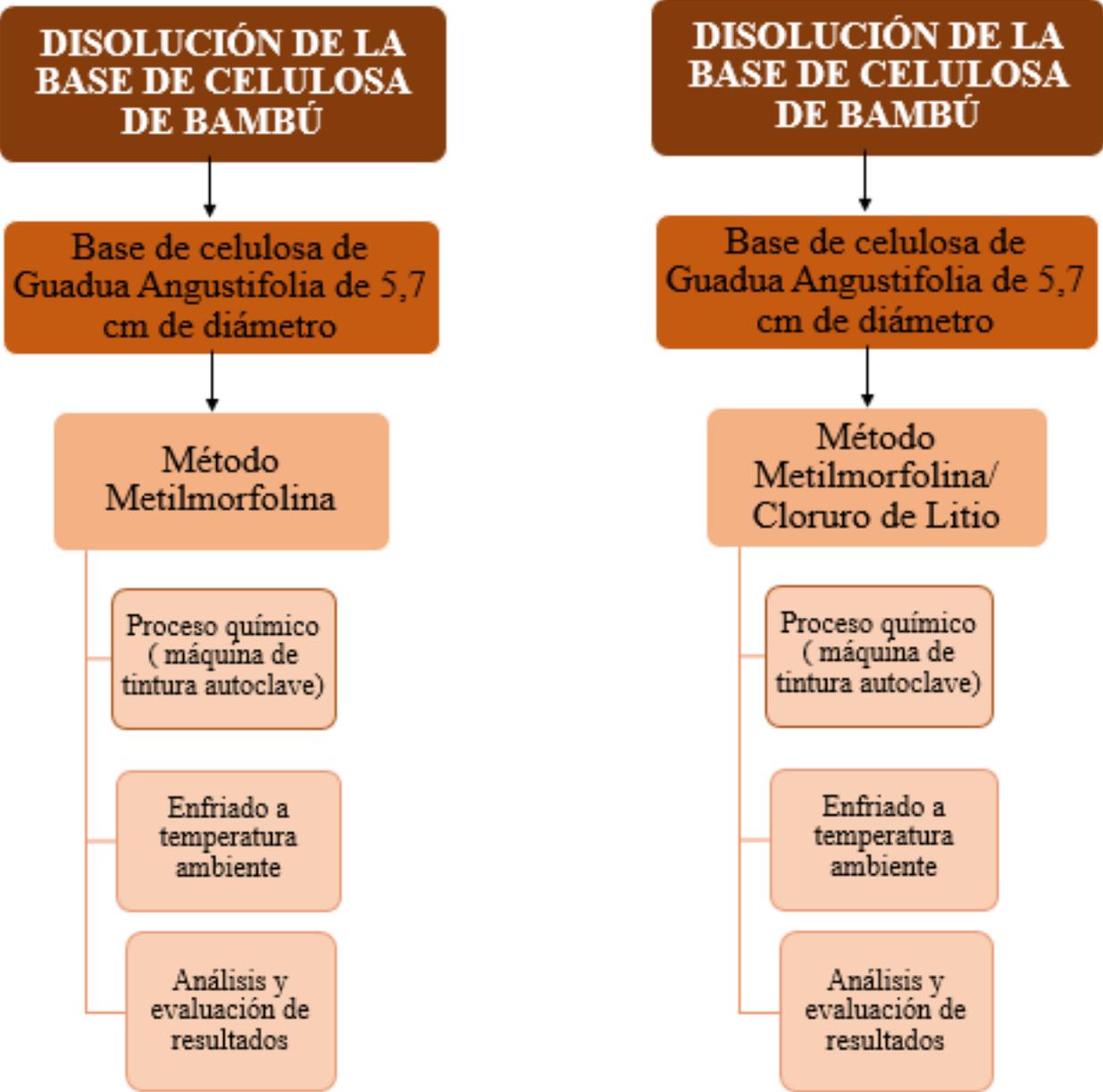


Figura 8. Etapas de la investigación

Fuente Piaún, 2018

3.2. Diseño muestral

En esta investigación se realizó procesos químicos con la finalidad de obtener la disolución de la base de celulosa para así poder determinar un método que ayude a esta investigación, principalmente se trabajó con 4 variables, mediante análisis comparativos entre dos métodos,

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

el método de metilmorfolina y el método de metilmorfolina/ cloruro de litio. Realizando 14 muestras con el primer método y 6 muestras con el segundo método

3.2.1 Selección de las muestras

Para la realización de este trabajo se investigó y se analizó varios métodos de disolución de celulosa para poder aplicar uno de estos métodos en la base de celulosa de la *Guadua Angustifolia* de 5,7 cm de diámetro, esta base de celulosa es la que se obtuvo en procesos anteriores logrando determinar que es la que presentó resultados favorables.

La selección de las muestras se las realizó en base a la cantidad obtenida anteriormente de la base de celulosa, se trabajó con 14 muestras en las que se empleó el método de disolución con metilmorfolina y 6 muestras a las cuales se aplicó el proceso de disolución de metilmorfolina/ cloruro de litio.

En cada método se realizaron variaciones de porcentaje en los diferentes parámetros como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. *Variaciones de los parámetros utilizados en los métodos de disolución de la base de celulosa*

% Hidróxido de sodio	% H₂O	Tiempo de macerado (horas)	% Metilmorfolina	% Cloruro de Litio
18	20	1	67	67
50	100	3	70	75
60	200	6	80	80
65	400	8	100	100
70	460	12	120	150
75	470	20	140	200
	475		160	
	485		180	
	500		200	
			300	
			500	
			700	

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Las diferentes muestras fueron realizadas en la máquina de tintura Autoclave la cual se encuentra en el laboratorio de la planta académica textil, de la Universidad Técnica del Norte. Es importante mencionar que las condiciones de los procesos que comprenden en los métodos de disolución se indican en la figura 9, se aplicaron dos métodos diferentes de disolución de la base de celulosa de bambú, en el primer método se reemplazó al n-óxido de n-metilmorfolina por metilmorfolina y en el segundo método se reemplazó al dimetilacetamida por metilmorfolina, esto se hizo una vez que se recopiló la información necesaria para esta investigación.

Es importante recalcar que esta investigación es de tipo experimental, debido a que se utilizaron otros compuestos químicos a los que mencionan las diferentes citas bibliográficas, debido a su alto costo y a su escases, como lo menciona (Sapag, Tapia, Valenzuela, Maeda, & Coromina, 1994) uno de los sistemas más nuevos para disolver la celulosa es el proceso propuesto por Mc Cormick, se trata de la mezcla solvente dimetilacetamida /cloruro de litio. De acuerdo a este autor la mezcla es capaz de disolver tanto la celulosa como la lignina, lo cual indicaría que este solvente sería adecuado para disolver la celulosa.

Los procesos realizados en los dos métodos de disolución se los realizó utilizando una temperatura de 150 °C, ya que es la recomendada en la información recopilada porque nos permite obtener una viscosidad apropiada de la celulosa, de no ser así el proceso de disolución se tornaría largo y poco apropiado para ser utilizado a escala de industrialización.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

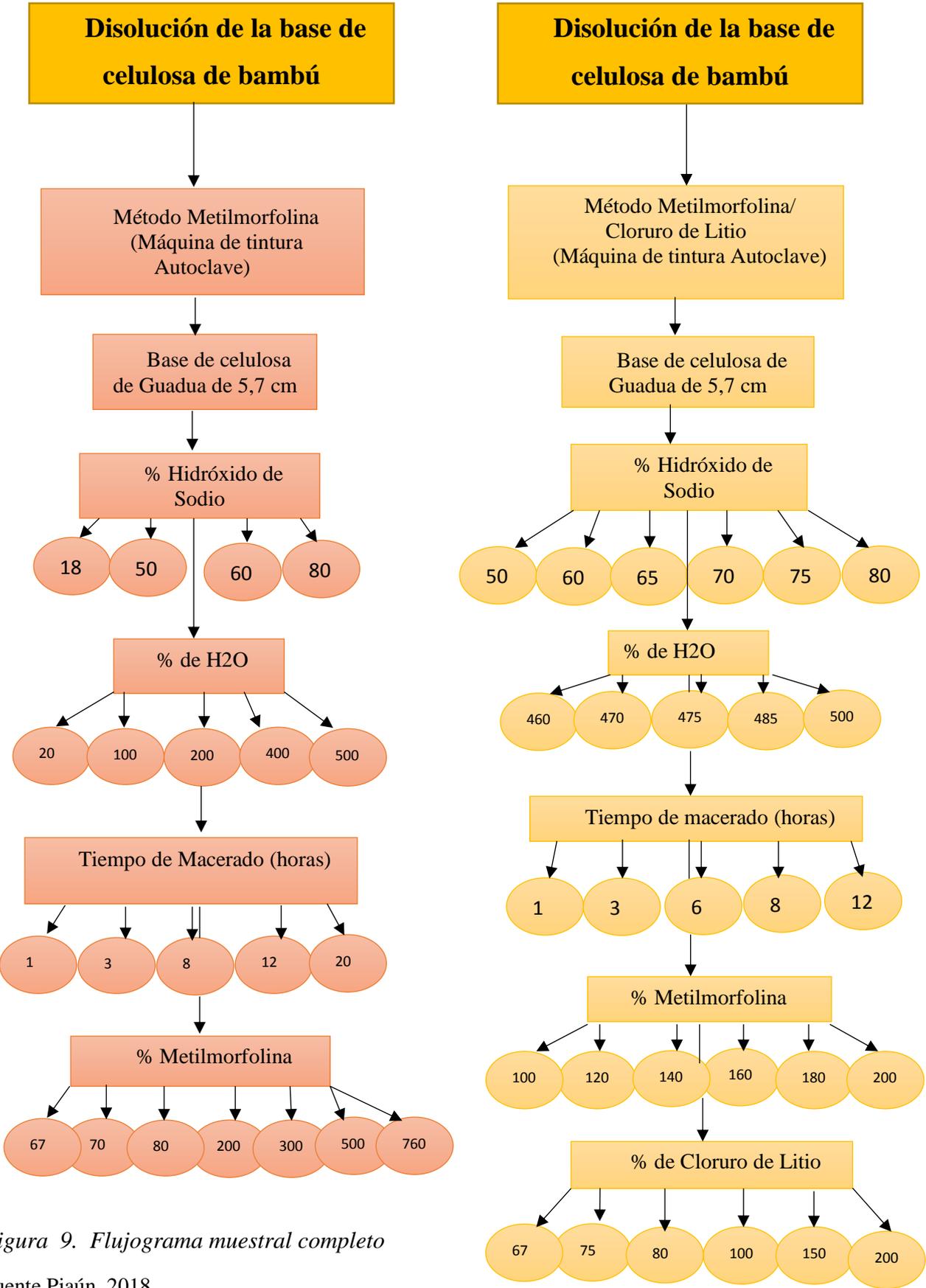


Figura 9. Flujoograma muestral completo

Fuente Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

3.3. Metodología de campo

Esta investigación fue elaborada en la ciudad de Ibarra, en la planta académica textil de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, se partió después de haber obtenido la base de celulosa de bambú de la tesis no publicada (Yacelga , 2018) como se muestra en los anexos 1 y 15.

En la tabla 2 se describe los métodos empleados, la base de celulosa utilizada y el número de muestras realizadas.

Tabla 2. *Número de muestras realizadas en el método metilmorfolina y en el método metilmorfolina/cloruro de litio.*

Métodos realizados	Metilmorfolina	Metilmorfolina/ Cloruro de Litio
Base de celulosa para disolución	Base de celulosa de Guadua Angustifolia de 5,7cm de diámetro	Base de celulosa de Guadua Angustifolia de 5,7cm de diámetro
Número de muestras	14 muestras	6 muestras

Fuente Piaún, 2018

3.3.1 Disolución de la base de celulosa de bambú por el método metilmorfolina

A continuación se detallan los materiales y el proceso realizado, aplicando el método disolución de celulosa con metilmorfolina para la disolución de la base de celulosa del bambú.

Materiales:

- Base de celulosa de bambú
- 1 balanza electrónica
- 7 vasos de precipitación
- 1 agitador
- 1 probeta
- 1 vidrio reloj
- Máquina autoclave

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Reactivos:

- Hidróxido de sodio
- Metilmorfolina

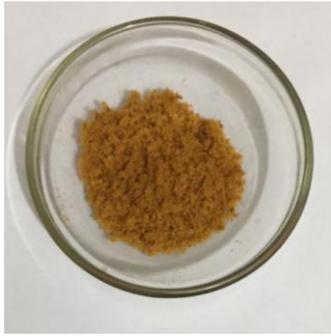
Proceso:

- 1.- Se obtuvo la base de *Guadua Angustifolia* de 5,7cm de diámetro.
- 2.- Se procedió a pesar 5 gramos de base de celulosa de bambú respectivamente para cada muestra.
- 3.- Se pesó 0.9, 2.5, 3, 4, gramos de hidróxido de sodio correspondientes a los porcentajes de 18%, 50%, 60% y 80%
- 4.- Se colocó la base de celulosa con el hidróxido de sodio en un envase seguro, posteriormente se procedió a someter a las diferentes muestras a un tiempo diferente de maceración 1, 3, 8, 12, 20 horas.
- 5.- Una vez que se cumplió las horas de maceración se procedió a colocar 3.35, 3.5, 4, 10, 15, 25, 38 gramos de metilmorfolina correspondiente a 67%, 70%, 80%, 200%, 300%, 500%, 760% en las diferentes muestras.
- 6.- Conjuntamente con el metilmorfolina se agregó 1, 5, 10, 20, 25 ml de H₂O correspondientes al 20%, 100%, 200%, 400% y al 500%
- 7.- Se procedió a colocar las muestras en los tubos de la máquina.
- 8.- Se colocó los tubos en la máquina autoclave programando una temperatura de 150°C durante 3 horas.
- 9.- Una vez terminado el tiempo de permanencia de los tubos en la máquina de tintura se procedió a retirar los tubos y a enfriarlos en agua fría.
- 10.- Finalmente se retiró las muestras de los tubos y se colocó en un envase seguro para evaluar los resultados obtenidos.

En la tabla 3 se describe los parámetros utilizados para las muestras 1 a la 14. Además se ilustra los resultados obtenidos en cada una de las muestras.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 3. *Muestras de la disolución de la base de celulosa aplicando el método de metilmorfolina.*

MÉTODO METILMORFOLINA			
Especificaciones: Base de celulosa de bambú de 5,7 cm de diámetro			
Fecha: 08/ 06/ 2018	Equipo: Máquina Autoclave	Tiempo: 3 horas	Temperatura: 150 °C
MUESTRA 1			
Materiales	Observaciones	Resultado	
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 18% = 0,9 gr • Metilmorfolina= 67% = 3,35 gr • H₂O= 20% = 1 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 1 hora.</p> <p>No se obtuvo buenos resultados, se observa que la base de celulosa no sufrió ninguna disolución.</p>		
MUESTRA 2			
Materiales	Observaciones	Resultado	
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 18% = 0,9 gr • Metilmorfolina= 67% = 3,35 gr • H₂O= 20% = 1 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 3 horas.</p> <p>No se obtuvo buenos resultados, se observa que la base de celulosa no sufrió ninguna disolución.</p>		

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MUESTRA 3		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 200% = 10 gr • H₂O= 200% = 10 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 8 horas. También se realizó un macerado del Metilmorfolina de 8 horas.</p> <p>Se obtuvo una pasta no muy soluble.</p>	
MUESTRA 4		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 67% = 3,35 gr • H₂O= 400% = 20 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 12 horas.</p> <p>Se obtuvo una muy buena disolución de la base de celulosa, considerándola la mejor de todas las pruebas realizadas.</p>	
MUESTRA 5		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 80% = 4 gr • H₂O= 400% = 20 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 12 horas.</p> <p>Se realizó un macerado del Metilmorfolina de 12 horas.</p> <p>Se obtuvo una solución muy líquida.</p>	

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MUESTRA 6		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 200% = 10 gr • H₂O= 400% = 20 gr 	Se obtuvo una solución poco homogénea	
MUESTRA 7		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 60% = 3 gr • Metilmorfolina= 80% = 4 gr • H₂O= 500% = 25 gr 	Se obtuvo una pasta poco soluble.	
MUESTRA 8		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 80% = 4 gr • Metilmorfolina= 300% = 15 gr • H₂O= 200% = 10 gr 	Al igual que la muestra 7 se obtuvo una pasta poco soluble, alejada a la solución que se pretende llegar.	

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MUESTRA 9		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 700% = 35 gr • H₂O= 0% 	<p>En esta muestra no se utilizó ningún porcentaje de agua, se trabajó solo con el metilmorfolina.</p> <p>Se observa que la base de celulosa no se disolvió y el reactivo se encuentra sobre la base de celulosa.</p>	
MUESTRA 10		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 500% = 25 gr • H₂O= 400% = 20 gr 	<p>Se obtuvo una solución mayormente líquida</p>	
MUESTRA 11		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 300% = 15 gr • H₂O= 100% = 5 gr 	<p>Se obtuvo una solución mayormente líquida.</p>	

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MUESTRA 12		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 10 gr • NaOH= 50% = 5 gr • Metilmorfolina= 67% = 6,7 gr • H₂O= 200% = 20 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 12 horas.</p> <p>Se obtuvo una muy buena disolución de la base de celulosa, en esta muestra se aplicó la misma receta de la muestra 4</p>	
MUESTRA 13		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 0 2,5 gr • Metilmorfolina= 80% = 4 gr • H₂O= 400% =20 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 20 horas.</p> <p>Se obtuvo una buena disolución de la base de celulosa.</p>	
MUESTRA 14		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 80% = 4 gr • H₂O= 200% = 10 gr 	<p>Se obtuvo una pasta poco soluble.</p>	

En la tabla 3 se ha mencionado todos los parámetros utilizados en las diferentes muestras que se realizó para la disolución de la base de celulosa de bambú, además se detalla los porcentajes de hidróxido de sodio, metilmorfolina, agua, tiempo de macerado del hidróxido de

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

sodio, tiempo de maceración del metilmorfolina, estos parámetros fueron utilizados en cada una de las muestras y el resultado que se ha obtenido en cada una de ellas, pudiendo observar la disolución de la base de celulosa de cada muestra realizada en la máquina autoclave.

3.3.2 Disolución de la base de celulosa de bambú por el método metilmorfolina/ cloruro de Litio

A continuación se detallan los materiales y el proceso realizado, aplicando el método disolución de celulosa con metilmorfolina/ cloruro de litio para la disolución de la base de celulosa del bambú.

Materiales:

- Base de celulosa de bambú
- 1 balanza electrónica
- vasos de precipitación
- 1 agitador
- 1 probeta
- 1 vidrio reloj
- Máquina autoclave

Reactivos:

- Hidróxido de sodio
- Metilmorfolina
- Cloruro de litio

Proceso:

- 1.- Se obtuvo la base de Guadua Angustifolia de 5,7cm de diámetro.
- 2.- Se procedió a pesar 5 gramos de base de celulosa de bambú respectivamente para cada muestra.
- 3.- Se pesó 2.5, 3, 3.25, 3.5, 3.75 y 4 gramos de hidróxido de sodio correspondientes a los porcentajes de 50%, 60%, 65%, 70%, 75% y al 80%
- 4.- Se colocó la base de celulosa con el hidróxido de sodio en un envase seguro, posteriormente se procedió a someter a las diferentes muestras a un tiempo diferente de maceración 1, 3, 6, 8, 12 horas.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

5.- Una vez que se cumplió las horas de maceración se procedió a colocar 3.35, 3.75, 4, 5, 7.5 y 10 gramos de cloruro de litio correspondiente a 67%, 75%, 80%, 100% 150%, 200% en las diferentes muestras.

6.- Una vez agregado el cloruro de litio se procedió a colocar 5, 6, 7, 8, 9 y 10 gramos de metilmorfolina que corresponde al 100%, 120%, 140%, 160%, 180% y 200%.

7.- Seguidamente se agregó 14.5, 15, 16.75, 18.25 y 20 ml de H₂O correspondientes al 290%, 300%, 335%, 365%, 400%.

8.- Se procedió a colocar las muestras en los tubos de la máquina.

9.- Se colocó los tubos en la máquina de tintura autoclave programando una temperatura de 150°C durante 3 horas.

10.- Una vez terminado el tiempo de permanencia de los tubos en la máquina de tintura se procedió a retirar los tubos y a enfriarlos en agua fría.

11.- Finalmente se retiró las muestras de los tubos y se colocó en envases seguros para evaluar los resultados obtenidos.

En la tabla 4 se describe los parámetros utilizados para las muestras 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Además se ilustra los resultados obtenidos en cada una de las muestras.

Tabla 4. *Muestras de la disolución de la base de celulosa aplicando el método de metilmorfolina/Cloruro de Litio*

MÉTODO METILMORFOLINA/ CLORURO DE LITIO			
Especificaciones: Base de celulosa de bambú de 5,7 cm de diámetro			
Fecha: 09/02/2018	Equipo: Máquina Autoclave	Tiempo: 3 horas	Temperatura: 150 °C

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MUESTRA 1		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • LiCl= 200% = 10 gr • NaOH= 80% = 4gr • Metilmorfolina= 200% = 10 gr • H₂O= 300% = 15 gr 	<p>La base de celulosa no se disolvió completamente</p>	
MUESTRA 2		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • LiCl= 150% = 7,5 gr • NaOH= 75% = 3,75 gr • Metilmorfolina= 180% = 9 gr • H₂O= 290% = 14 ,5 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 1 horas.</p> <p>No se obtuvo buenos resultados, se observa que la base de celulosa no sufrió ninguna disolución.</p>	
MUESTRA 3		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • LiCl= 100% = 5 gr • NaOH= 70% = 3,5 gr • Metilmorfolina= 160% = 8 gr • H₂O= 300% =15 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 3 horas.</p> <p>Se obtuvo buena disolución de la base de celulosa, pero no es tan homogénea como se esperaba</p>	

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MUESTRA 4		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • LiCl= 80% = 4 gr • NaOH= 65% =3,25 gr • Metilmorfolina= 140% = 7 gr • H₂O= 335% = 16,75gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 6 horas.</p> <p>En esta muestra no se logró disolución de la base de celulosa.</p>	
MUESTRA 5		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • LiCl= 75% = 3,75 gr • NaOH= 60% = 3 gr • Metilmorfolina= 120% = 6 gr • H₂O= 365% = 18,25 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 8 horas.</p> <p>Se obtuvo una solución poco soluble y al igual que las muestras anteriores la base de celulosa no se disolvió.</p>	
MUESTRA 6		
Materiales	Observaciones	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Peso Celulosa= 5 gr • LiCl= 67% = 3,35 gr • NaOH= 50% = 2,5 gr • Metilmorfolina= 100% = 5 gr • H₂O= 400% = 20 gr 	<p>Se realizó un macerado del NaOH de 12 horas.</p> <p>Y se obtuvo una solución poco homogénea.</p>	

Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

En la tabla 4 se ha descrito todos los parámetros utilizados en las diferentes muestras que se realizó para la disolución de la base de celulosa de bambú, además se detalla los porcentajes de hidróxido de sodio, cloruro de litio, metilmorfolina, agua, tiempo de macerado del hidróxido de sodio utilizados en cada una de las muestras y el resultado que se ha obtenido en cada una de ellas, pudiendo observar la disolución de la base de celulosa de cada muestra realizada en la máquina autoclave.

3.4. Métodos y técnicas estadísticas utilizadas

El análisis de los resultados se realizó mediante el proceso experimental y comparativo.

Se utilizó el proceso experimental ya que en el método metilmorfolina se reemplazó el metilmorfolina por el N- óxido de metilmorfolina y en el método metilmorfolina/ cloruro de litio se reemplazó el metilmorfolina por el dimetilacetamida, para la disolución de la base de celulosa de bambú, esto se lo hizo una vez recopilada y analizada toda la información necesaria para llevar a término esta investigación, en la cual se utilizó el proceso experimental debido a que los químicos con los que normalmente se realiza la disolución de celulosa son sumamente costosos y escasos de adquirir y con la comparación se logró describir y explicar el proceso de las dos pruebas que se realizaron en esta investigación como es el método de metilmorfolina y el método metilmorfolina/cloruro de litio por medio de datos estadísticos como la varianza y compararlas con las medias y coeficiente de variación.

3.5. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos se procesaron con la ayuda de programas informáticos como Word, Excel y Past 3. Mediante este sistema informático se logró redactar y obtener la información necesaria para llevar a términos esta investigación, se realizaron tablas de registro y cálculos de datos, se obtuvo las medidas estadísticas con la finalidad de obtener gráficas para mejorar el entendimiento e interpretar los resultados de una forma clara y precisa.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados obtenidos en las diferentes etapas de la investigación, se detallan los datos obtenidos en los dos métodos realizados para la disolución de la base de celulosa de bambú aplicando el método metilmorfolina, y el método metilmorfolina/ cloruro de litio. Posteriormente como segunda fase se detalla el análisis estadístico para verificar el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos.

4.1. Resultados

4.1.1 Disposición de tubos para la máquina autoclave

En el proceso de disposición y preparación de los tubos se obtuvieron los resultados que se mencionan a continuación.

4.1.2 Pesos de las muestras de base de celulosa de bambú

En la tabla 5 se describe el número de muestras, peso de la base de celulosa de bambú y el método de disolución empleado en cada muestra.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 5. Descripción de las muestras realizadas con disolventes

N° de muestra	Peso base de celulosa (gr)	Método de disolución	N° de muestra	Peso base de celulosa (gr)	Método de disolución
1	5	Metilmorfolina	11	5	Metilmorfolina
2	5	Metilmorfolina	12	5	Metilmorfolina
3	5	Metilmorfolina	13	5	Metilmorfolina
4	5	Metilmorfolina	14	5	Metilmorfolina
5	5	Metilmorfolina	15	5	Metilmorfolina/ cloruro de litio
6	5	Metilmorfolina	16	5	Metilmorfolina/ cloruro de litio
7	5	Metilmorfolina	17	5	Metilmorfolina/ cloruro de litio
8	5	Metilmorfolina	18	5	Metilmorfolina/ cloruro de litio
9	5	Metilmorfolina	19	5	Metilmorfolina/ cloruro de litio
10	5	Metilmorfolina	20	5	Metilmorfolina/ cloruro de litio

Fuente: Piaún, 2018

Para pesar la base de celulosa de bambú se utilizó una balanza electrónica y este proceso se lo realizó una vez que la base de celulosa estaba completamente seca.

4.1.3 Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina

En la tabla 6 se describe el porcentaje de hidróxido de sodio, porcentaje de metilmorfolina, porcentaje de agua, temperatura, tiempo de macerado del NaOH y el tiempo de permanencia de las muestras en la máquina autoclave, parámetros importantes a considerar en la realización de

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

las distintas pruebas con la base de celulosa obtenida de la guadua angustifolia de 5,7 cm de diámetro.

Tabla 6. *Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina*

N° de muestra	% NaOH	Tiempo macerado NaOH (horas)	% Metilmorfolina	% H ₂ O	Temperatura	Tiempo (horas)	% Disolución de celulosa
1	18 = 0,9 gr	1	67 = 3,35 gr	20 = 1 gr	150	3	5
2	18 = 0,9 gr	3	67 = 3,35 gr	20 = 1 gr	150	3	5
3	50 = 2,5 gr	8	200	200 = 10 gr	150	3	10
4	50 = 2,5 gr	12	67 = 3,35 gr	400 = 20 gr	150	3	40
5	50 = 2,5 gr	12	80 = 4 gr	400 = 20 gr	150	3	10
6	50 = 2,5 gr	0	200 = 10 gr	400 = 20 gr	150	3	10
7	60 = 3 gr	0	80 = 4 gr	500 = 25 gr	150	3	10
8	80 = 4 gr	0	300 = 15 gr	200 = 10 gr	150	3	10
9	50 = 2,5 gr	0	700 = 35 gr	0 = 0 gr	150	3	10
10	50 = 2,5 gr	0	500 = 25 gr	400 = 20 gr	150	3	10
11	50 = 2,5 gr	0	300 = 25 gr	100 = 5 gr	150	3	10
12	50 = 5 gr	12	67 = 6,7 gr	200 = 20 gr	150	3	35
13	50 = 2,5 gr	20	80 = 4 gr	400 = 20 gr	150	3	10
14	50 = 2,5 gr	12	70 = 3,5 gr	200 = 10 gr	150	3	10

Fuente: Piaún, 2018

4.1.4 Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina / cloruro de litio

En la tabla 7 se describe el porcentaje de hidróxido de sodio, porcentaje de cloruro de litio, porcentaje de metilmorfolina, porcentaje de agua, temperatura, tiempo de macerado del NaOH y el tiempo de permanencia de las muestras en la máquina autoclave, parámetros importantes a considerar en la realización de las distintas pruebas con la base de celulosa obtenida de la guadua angustifolia de 5,7 cm de diámetro.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 7. *Parámetros utilizados en las muestras aplicando el método de disolución metilmorfolina / cloruro de litio*

N° de muestra	% NaOH	Tiempo macerado NaOH (horas)	% LiCl	% Metilmorfolina	% H ₂ O	Temperatura	Tiempo (horas)	% Disolución de celulosa
1	80 = 4 gr	0	200 = 10 gr	200 = 10 gr	300 = 15 gr	150	3	10
2	75 = 3,75 gr	1	150 = 7,5 gr	180 = 9 gr	290 = 14,5	150	3	10
3	70 = 3,5 gr	3	100 = 5 gr	160 = 8 gr	300 = 15 gr	150	3	10
4	65 = 3,25 gr	6	80 = 4 gr	140 = 7 gr	335 = 16,75 gr	150	3	10
5	60 = 3 gr	8	75 = 3,75 gr	120 = 6 gr	365 = 18,25 gr	150	3	10
6	50 = 2,5 gr	12	67 = 3,35 gr	100 = 5 gr	400 = 20 gr	150	3	10

Fuente: Piaún, 2018

4.2. Análisis y Evaluación de Resultados

Una vez realizadas todas las pruebas y variando los respectivos valores numéricos de los parámetros que se tomaron en consideración para realizar cada una de las muestras, se procedió a realizar un análisis estadístico como las medias estadísticas, la varianza y el test de normalidad con sus diferentes métodos.

4.2.1 Análisis estadístico de los parámetros utilizados para la disolución de la base de celulosa de bambú.

4.2.1.1 Análisis estadístico de los porcentajes de NaOH, Metilmorfolina y de H₂O de las pruebas realizadas con el método de disolución con metilmorfolina

El análisis estadístico se realizó una vez que se obtuvo los resultados de las diferentes muestras que se efectuaron aplicando el método de metilmorfolina de las 14 muestras realizadas en la maquina “autoclave” como se observa a continuación en la tabla 8.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 8. *Análisis estadístico de las pruebas realizadas aplicando el método de disolución con metilmorfolina*

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
% Hidróxido de sodio	14	676	48,28571429	231,2967033		
% Metilmorfolina	14	2838	202,7142857	42642,52747		
% H ₂ O	14	3440	245,7142857	28887,91209		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	301817,7143	2	150908,8571	6,308746067	0,004228831	3,238096135
Dentro de los grupos	932902,5714	39	23920,57875			
Total	1234720,286	41				

En las muestras realizadas con el método de disolución de metilmorfolina, se trabajó con un nivel de significancia de 0,05 teniendo como resultado que el valor p es menor de alfa, por cuanto se rechaza la hipótesis nula, siendo poco confiable la media en ciertos casos.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 9. *Test de Normalidad de las pruebas realizadas con el método de disolución metilmorfolina*

	% NaOH	Macerado NaOH	% Metilmorfolina	% H2O
N	14	14	14	14
Shapiro-Wilk W	0,719	0,7955	0,7504	0,8819
p(normal)	0,0005853	0,004389	0,001294	0,06186
Anderson-Darling A	2,196	1,253	1,452	0,7471
p(normal)	6,413E-06	0,001847	0,0005592	0,03927
p(Monte Carlo)	0,0001	0,0025	0,0005	0,0398
Jarque-Bera JB	1,423	1,51	3,937	1,137
p(normal)	0,4908	0,47	0,1397	0,5664
p(Monte Carlo)	0,1801	0,1555	0,0351	0,2695

Se realizó el test de Normalidad para encontrar la hipótesis nula los métodos que se evaluaron fueron, Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A y p (Monte Carlo) que son las más exactas, se evidencian que son distribuciones no normales, por lo que deberían ser transformadas para que se ajusten a una distribución normal; cabe mencionar que con la prueba de Jarque-Bera JB en donde p (normal) es superior a 0,05 esta distribución es normal. Es decir que si se considera la prueba de Jarque-Bera JB, para todos los parámetros, existe normalidad y confiabilidad del 95%.

4.2.1.2 Análisis estadístico de los porcentajes de NaOH, Cloruro de Litio, Metilmorfolina y de H₂O de las pruebas realizadas con el método de disolución con metilmorfolina/cloruro de litio.

El análisis estadístico se realizó una vez que se obtuvo los resultados de las diferentes muestras que se efectuaron aplicando el método de metilmorfolina/cloruro de litio de las 6 muestras realizadas en la maquina “autoclave” como se observa a continuación en la tabla 10.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 10. *Análisis estadístico de las pruebas realizadas aplicando el método de disolución con metilmorfolina*

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
% NaOH	6	400	66,66666667	116,6666667		
% Cloruro de litio	6	672	112	2750		
% Metilmorfolina	6	900	150	1400		
% H ₂ O	6	1990	331,6666667	1906,666667		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	242887,1667	3	80962,38889	52,45943125	1,16419E-09	3,098391212
Dentro de los grupos	30866,66667	20	1543,333333			
Total	273753,8333	23				

En las muestras realizadas con el método de disolución de metilmorfolina/cloruro de litio, se trabajó con un nivel de significancia de 0,05, hallándose que el valor p es mayor de alfa, por cuanto se acepta la hipótesis nula, siendo la media confiable.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Tabla 11. *Test de Normalidad de las pruebas realizadas con el método de disolución metilmorfolina/ cloruro de litio*

	% NaOH	Macerado NaOH	% LiCl	% Metilmorfolina	% H ₂ O
N	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W	0,9826	0,9511	0,8535	0,9819	0,889
p(normal)	0,9637	0,7489	0,1681	0,9606	0,3131
Anderson-Darling A	0,1429	0,2017	0,4579	0,1361	0,3659
p(normal)	0,9339	0,7784	0,1625	0,9469	0,3005
p(Monte Carlo)	0,9838	0,8458	0,1757	0,9887	0,3357
Jarque-Bera JB	0,3447	0,4779	0,8868	0,4023	0,6652
p(normal)	0,8417	0,7875	0,6418	0,8178	0,7171
p(Monte Carlo)	0,8012	0,6397	0,1671	0,7334	0,374

Se realizó el test de Normalidad para encontrar la hipótesis nula, utilizando los métodos Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que son las más exactas, se evidencian que son distribuciones normales que no pueden ser rechazadas, debido a que p (normal) es superior a 0,05. También en la prueba de Jarque-Bera los resultados son superiores a 0,05 por lo tanto, se considera una distribución normal, llegando a deducir que existe normalidad para todas las pruebas y los datos podrán seguir un procedimiento estadístico. Según esta prueba de referencia el nivel de confianza es del 95%.

4.3. Diagramas de las muestras realizadas en la investigación

4.3.1 Análisis comparativo de las muestras realizadas en el método de disolución con metilmorfolina

En la figura 10 se puede estimar los porcentajes de NaOH, Metilmorfolina, H₂O y el tiempo de macerado del NaOH de las pruebas realizadas en el método de disolución de base de celulosa de bambú con el reactivo metilmorfolina, analizando el diagrama obtenido se observa que en las muestras 1 y 2 se mantiene una regularidad de los porcentajes antes mencionados, en las muestras 3,4,5,6,7,y 8 se puede apreciar que mientras el porcentaje de H₂O sube el porcentaje de Metilmorfolina tiende a bajar, en la muestra 9 se observa claramente una alteración en los porcentajes de H₂O y metilmorfolina esto debido a que en esta muestra se trabajó con un 700% de metilmorfolina y 0% H₂O, en las muestra 10 y 11 ocurre que el porcentaje de metilmorfolina es mayor al porcentaje de H₂O finalmente en las muestras 12,13 y 14 disminuye el porcentaje de metilmorfolina y sube el porcentaje de H₂O, como se describe en la tabla 3.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Es importante manifestar que los porcentajes con los que se trabajó no son exactos ya que tienen un margen de variación, debido a ciertos factores que podrían intervenir en el proceso (pérdidas durante el proceso, etc). También es importante mencionar que en las muestras obtenidas mediante el análisis comparativo no se logró una disolución de la base de celulosa al 100% como se indica en la Figura 10.

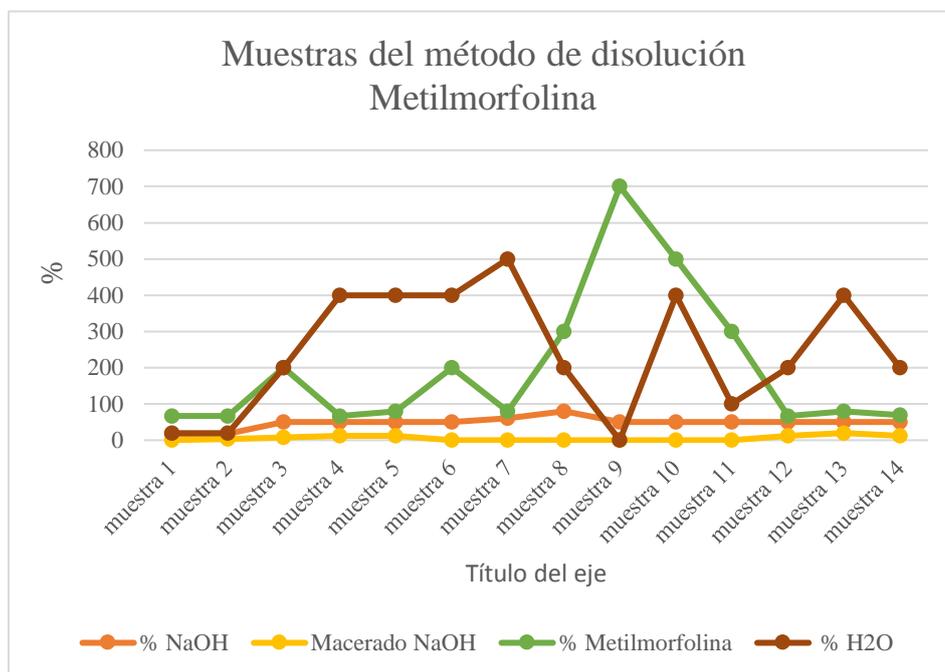


Figura 10. Diagrama de la relación de porcentajes de NaOH, Metilmorfolina, H₂O y tiempo de maceración del NaOH del método de disolución de metilmorfolina

Fuente Piaún, 2018

4.3.2 Análisis comparativo de las muestras realizadas en el método de disolución con metilmorfolina/cloruro de litio

En la figura 11 se observa los porcentajes de NaOH, Metilmorfolina, Cloruro de litio, H₂O y tiempo de maceración del NaOH del método de disolución de metilmorfolina/ cloruro de litio, en este método se utilizó una variación de +/- 10%, +/-50% por eso el diagrama resultante no tiene variaciones muy dispersas, además se puede apreciar que en las 6 muestras el porcentaje de H₂O es mayor que los demás porcentajes, y el porcentaje de metilmorfolina y cloruro de litio tienen una variación de +/- 40% como se describe en la tabla 5.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

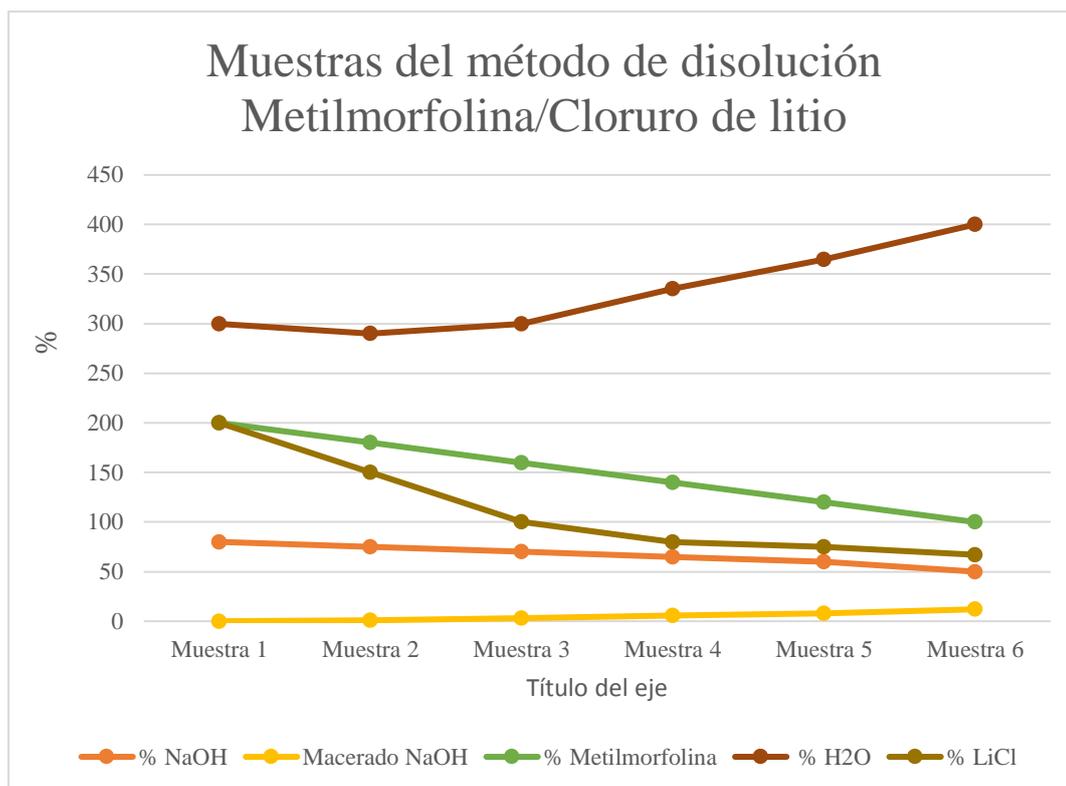


Figura 11. Diagrama de la relación de porcentajes de NaOH, Metilmorfolina, Cloruro de litio, H₂O y tiempo de maceración del NaOH del método de disolución de metilmorfolina/ cloruro de litio

Fuente Piaún, 2018

4.3.3 Diagrama general de todas las muestras realizadas en la investigación

En la figura 12 se puede apreciar los parámetros mencionados en la figura 10 y 11 de manera global de las 20 muestras realizadas en los dos métodos de disolución con sus respectivos parámetros mismos que se detallan en las tablas 3 y 4.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

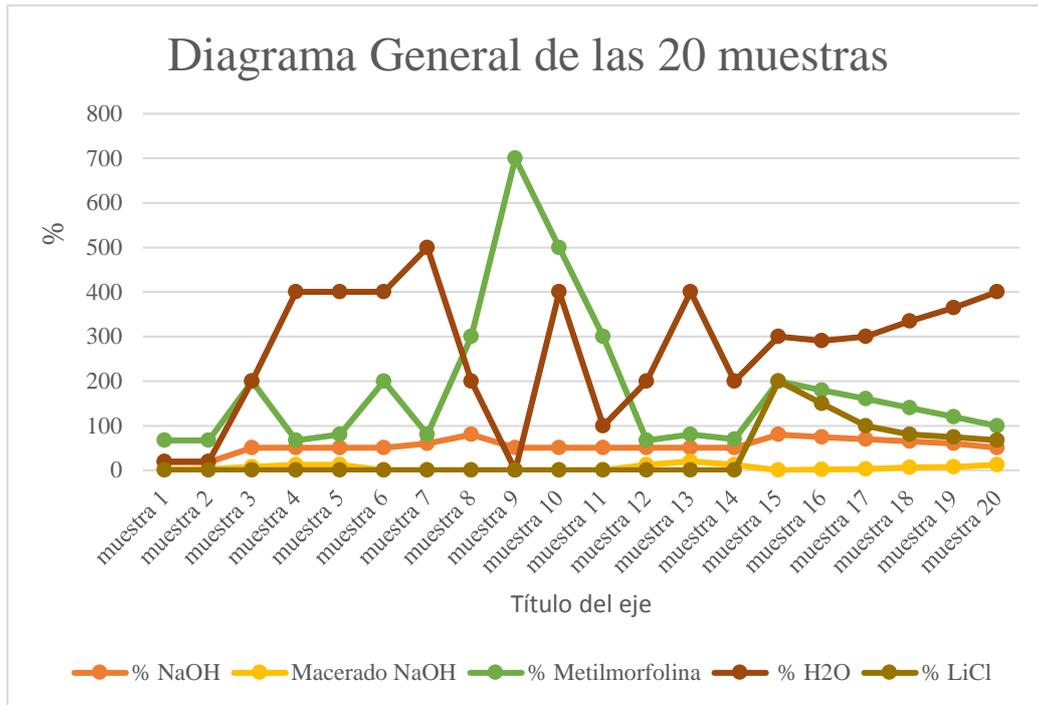


Figura 12. Diagrama general de todas las muestras realizadas

Fuente Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE
CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez que se analizó los diferentes parámetros utilizados en el desarrollo de la presente investigación y de la misma manera todos los datos obtenidos después de haber realizado la disolución de la base de celulosa, aplicando el método de disolución con metilmorfolina y el método de disolución metilmorfolina/cloruro de litio se llegó a determinar las siguientes conclusiones:

- Una vez que se recopiló toda la información necesaria para realizar la disolución de la base de celulosa nos enfocamos en dos métodos, disolución con n-óxido de n-metilmorfolina y disolución con dimetilacetamida/cloruro de litio, pero es importante indicar que debido a los altos costos y a la escases de dichos compuestos químicos se optó por reemplazar al n-óxido de n-metilmorfolina y a al dimetilacetamida por metilmorfolina.
- Mediante el análisis comparativo realizado en cada una de las pruebas durante la presente investigación, se determinó que el porcentaje de hidróxido de sodio con el cual se obtuvo mejores resultados de disolución de la base de celulosa de bambú fue el 50%, proceso realizado en la muestra número 4 de la tabla número 3.
- Considerando el análisis comparativo de las 20 pruebas realizadas en esta investigación se llegó a determinar que el porcentaje de metilmorfolina con el que se logró una buena

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- disolución de la base de celulosa de bambú fue el 67% en relación al peso de la base de celulosa, proceso realizado en la muestra número 4 de la tabla número 3.
- Una vez que se realizó el análisis comparativo en cada una de las muestras realizadas durante el proceso de investigación se puede decir que el porcentaje de H₂O con el que se obtuvo una disolución adecuada de la base de celulosa de bambú fue de 400% en relación al peso de la base de celulosa, proceso realizado en la muestra número 4 de la tabla número 3.
- De la misma manera mediante el análisis comparativo, se llegó de concluir que el parámetro tiempo de macerado del hidróxido de sodio con el que se obtuvo mejores resultados fue de 12 horas de reacción de la base de celulosa de bambú con el reactivo antes mencionado.
- Se utilizó una base de celulosa de bambú lo más fina posible, logrando una mayor disolución de un 35% a 40% aproximadamente, como se indica en la tabla 3, muestra N°4.
- Finalmente se puede concluir que se realizó el análisis comparativo a las muestras obtenidas con el método de disolución metilmorfolina y a las muestras obtenidas con el método de disolución metilmorfolina/cloruro de litio, y se llegó a definir que el método de disolución con metilmorfolina nos dio mejores resultados utilizando los porcentajes de los parámetros antes mencionados.

5.2. Recomendaciones

Es importante que para lograr una buena disolución de la base de celulosa de bambú se tome en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se debe de realizar las pruebas en la máquina Autoclave porque nos permite regular y mantener una temperatura constante.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Se recomienda a las autoridades que lideran la carrera de Ingeniería Textil, para que auto gestionen y se pueda importar los reactivos que hacen falta en el laboratorio, para que los estudiantes podamos tener acceso a ellos y continuar con las futuras investigaciones con lo que respecta a la fibra de bambú.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (s.f). *BIOLOGÍA la vida en la tierra*. Cuba.
- Klemm, D., Heublein, B., Fink, H., & Bohn, A. (2005). *Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material*. *Angewandte Chemie International Edition*.
- Ministerio del Ambiente de España. (2006). *Prevención y control integrados de la contaminación*. Centro de Publicaciones Secretaria General técnica Ministerio de Medio.
- Nishino, T., & Arimoto, N. (2007). *Biomacromolecules*.
- Pérez, J., & Merino, M. (2010). *Definición de compuesto*. Obtenido de <https://definicion.de/compuesto/>
- Agencia de Protección Ambiental EPA. (2003). *Productos químicos en el medio ambiente*. Disulfuro de carbono. *CeppoEHS*, 193.
- Alaejos, J. (2003). *Obtención de pasta celulósica a partir de madera*. En *Obtención de pasta celulósica a partir de madera*. (pág. 59). Huelva.
- Alejos, J. (2003). *Obtención de pasta celulósica a partir de madera*. En *Obtención de pasta celulósica a partir de madera*. (pág. 59). Huelva. Obtenido de *Obtención de pasta celulósica a partir de madera*.
- Angiolani, A. (1960). *Introducción a la Química Industrial, Fundamentos químicos y tecnológicos con 150 figuras*. Chile: Andres Bello, Ahumada 131 4° piso Santiago de Chile.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Añazco, M. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia*. Quito-Ecuador.
- Asociación de Industriales Textiles en el Ecuador. (s.f.). Historia y Actualidad. En *Historia y Actualidad*.
- ATSDR. (2016). Carbon Disulfide.
- Barbaro, G. (2007). *Transformación e industrialización del bambú*. Barcelona.
- Barragán, F. (23 de Junio de 2011). *Proceso Productivo Celulosa Kraft*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/47415782/Proceso-Productivo-Celulosa-Kraft>
- Barrio, X., Dulce, M., & Antón, A. (2008). Física y Química. Editex.
- Besbergi, o. (2010). Obtención de pulpa por medio del método KRAFT. Asunción Paraguay.
- Billmeyer, F. (1975). Ciencia de los polímeros. México: Reverté S.A.
- Borgioli, L., & Cremonesi, P. (2014). Las resinas sintéticas usadas para el tratamiento de obras policromas. En L. Borgioli, & P. Cremonesi, *Las resinas sintéticas usadas para el tratamiento de obras policromas* (pág. 32).
- Bou-Belda, E., Montava, I., Bonet, M., & Díaz, P. (s.f). *El tratamiento con enzimas como método de erradicar la fibrilación del lyocell*. Valencia: Alicante.
- Brown. (2003). Proceso de producción de la celulosa. (pág. 7). Montevideo: Pima Página. *Movimiento mundial por los bosques tropicales, 7*.
- Brown, V. (2003). Proceso de producción de la celulosa. *Movimiento mundial por los bosques tropicales. Montevideo, 7*.
- Cala, I. (2015). *El secreto del bambú*. Estados Unidos.
- Carballo, L., & Arteaga, Y. (31 de Mayo de 2007). *Celulosa de madera*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos44/celulosa-madera/celulosa-madera2.shtml>

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Centeno, G. (jueves de abril de 2011). *La química de los polímeros*. Obtenido de <http://profguillermojcentenob.blogspot.com/2011/04/tecnicas-de-polimerizacion.html>
- Cerutti. (2016). *Celulosa y papel*. Argentina.
- Cerutti, J. (2016). *Celulosa y papel*. Argentina.
- Cerutti, J. (2016). *Celulosa y papel*. Argentina.
- Cisternas, L. (2009). *Diagrama de fases y su aplicación*. España: Reverté S. A.
- Cordoba, J. (8 de junio de 2016). *Compuestos y sus características*. Obtenido de <https://prezi.com/iosjiquanjdf6/compuestos-y-sus-caracteristicas/>
- Córdova. (Mayo de 2005). *IDEAS Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria*. Obtenido de IDEAS Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria.
- Correa, C. (8 de marzo de 2012). *Compuestos Inorgánicos en la Industria*. Obtenido de <http://compuestos-inorganicos.blogspot.com/>
- Da Silva , E. (2009). *Curso de preparación de la pasta*. Brasil: Apotilla Revisión 01.
- De Henan Haofei. (s.f). *Dimetilacetamida (DMAC) CAS No.127-19-5*.
- Decreto N°27000-MINAE. (2010). *Hoja de seguridad Cloruro de litio MSDS Versión 1.1*.
- Díaz, R. (2012). Cloruro de Litio: Fórmula, Propiedades, Riesgos y Usos. *Lidefer.com*, 15.
- Dill, W., Bidegaray, P., Botero, R., & Rodriguez , N. (2006). *Utilización del Bambú (Guadua agustifolia Kunth.)(BAMBUSOIDEAE:GRAMINEAE), como una alternativa sostenible de construcción de viviendas en la zona atlántica de Costa Rica*. Costa Rica.
- DLEP. (2010). DOCUMENTACIÓN TOXICOLÓGICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL LÍMITE DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL DE LA MORFOLINA. *Documentación Límites Exposición Profesional*, 1.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Dulce, M., Cabrerizo, A., & Guerra, F. (2015). Ciencias Aplicadas II. EDITEX.

Ecuador, A. d. (s.f.). En A. d. Ecuador.

EcuRed. (11 de septiembre de 2016). *Polímeros Sintéticos*. Obtenido de

https://www.ecured.cu/Pol%C3%ADmero_Sint%C3%A9tico

Elvers , B., & Hawkins , S. (1989). La Enciclopedia Ullman de Química Industrial; Volumen 5; Quinta edición. Estados Unidos.: VCH; Nueva York, Estados Unidos.

Enciclopedia de ejemplos. (2017). *Compuestos Orgánicos e Inorgánicos*. Obtenido de

<http://www.ejemplos.co/40-ejemplos-de-compuestos-organicos-e-inorganicos/>

EPA, A. d. (2003). *Productos químicos en el medio ambiente. Disulfuro de carbono* .

Esparza, S. (1999). Teoría de los hilados. En E. L. S., *Teoría de los hilados*. México: Limusa.

Espinosa, S. (2013). *Desarrollo textil en el Ecuador*. Pontificia Univeridad Católica del Ecuador.

Expeto , & Homólogos de Control de Calidad. (1980). Fibras hechas por el hombre a partir de la celulosa. *Centro Nacional Textil*, 17.

FAO. (1973). Guía para planificar empresas y fábricas de pasta y papel. Roma.

FashionUnited. (5 de Agosto de 2016). *Innovación textil: Tejidos para un futuro más*

sostenible. Obtenido de <https://fashionunited.es/noticias/moda/innovacio-n-textil-tejidos-para-un-futuro-ma-s-sostenible/2016080522675>

FashionUnited. (5 de agosto de 2016). *Innovación Textil: Tejidos para un futuro más*

sostenible. Obtenido de *Innovación Textil: Tejidos para un futuro más sostenible*:

<https://fashionunited.mx/noticias/moda/innovacio-n-textil-tejidos-para-un-futuro-ma-s-sostenible/2016080521533>

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Fernández, I. (s.f.). *POLÍMEROS EN SOLUCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS POLÍMEROS EN LA INDUSTRIA PETROLERA*. Santa Rosa, Sector El Tambor, Los Teques, Estado Miranda, 1201. Venezuela: PDVSA-Intevep. Departamento de Manejo Integrado de Producción.
- Ferrari, Á. (2011). La ropa del futuro. *Revista Mundo Textil*, 19. Obtenido de <http://mundotextilmag.blogspot.com/2011/08/la-ropa-del-futuro.html>
- Graciano, J. (s.f). *Monografías.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos109/quimica-inorganica-sus-derivados/quimica-inorganica-sus-derivados.shtml>
- Greenpeace. (2006). El Futuro de la producción de celulosa y las técnicas de producción más favorables para el medio ambiente. *Basta de contaminar* , 4.
- Greenpeace. (2012). Puntadas tóxicas: El oscuro secreto de la moda. *Moda rápida*, 4.
- Hidalgo. (1978). Nuevas técnicas de construcción con bambú. EstudiosTécnicos Colombianos Ltda. Bogotá, Colombia. Obtenido de Nuevas técnicas de construcción con bambú. EstudiosTécnicos Colombianos Ltda.
- ICSC: 0259. (2006). *Fichas Internacionales de Seguridad Química*.
- IPCS, & CTR. (s.f). *Programa Internacional de seguridad de las sustancias químicas; HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD*.
- Ismael, C. (2016). La vida es una piñata. Estados Unidos de América: Harper Collins Christian Publishing.
- Jaramillo, C. (4 de Mayo de 2015). *Características polimeros naturales*. Obtenido de https://prezi.com/iipsxur_u0fe/caracteristicas-polimeros-naturales/

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Johnston, A., & Hallet, C. (2010). Guía de fibras naturales. En A. Johnston, & C. Hallet, *Guía de fibras naturales*. Blume.
- Koch, P. A. (1997). Lyocell fibers, Alternative Regenerated Cellulose fibers. CHEMICAL FIBERS INTERNATIONAL Vol. 47.
- Leidinger, O. (1997). Procesos industriales. Perú: Pontifica universidad catolica del Perú.
- León, C., & Fuentes, M. (2012). Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando Peróxido de hidrógeno. Cartagena: Cartagena.
- LIGNUN. (2014). Blanqueo de celulosa: el proceso clave. *Lignun, bosque, madera y tecnología*, 2.
- Lockuán , F. E. (2013). La industria textil y su control de calidad II Fibras textiles. Creative Commons Atribucion NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.
- Longhi, M. M. (1998). Cultivo y uso del Bambú en el Neotrópico. En M. M. Longhi, *Cultivo y uso del Bambú en el Neotrópico* (pág. 17). Costa Rica.
- Mallinckrodt. (2013). Polymers. España.
- Martínez, G. (1983). Polímeros. *Revista de cultura científica*, 18-24.
- Martínez, S. (2015). BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL: GENERALIDADES, APLICACIONES Y MODELIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA TIPO. Valencia.
- Menéndes, J. M. (2012). El bambú una alternativa sostenible para construcciones del sector agropecuario cubano. *EcoHabitar*.
- Mercado Textil Pakistaní. (2012). *Our Professional working will make your business easy*. China.
- Moreno, L., Trijillo , E., & Osorio, L. (2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de guadua *Angustifolia*. *Scientia et Technica* Año XIII.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

- Muñoz, Quintana, & Hidalgo. (2010). Diseño y Evaluación de uniones de material compuesto de matriz termoplástica para bicicletas de bamboo. Medellín ,Colombia: 9th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology,.
- Nayak , J., Chen, Y., & Kim , J. (2008). *Ind. Eng. Chem. Res.*
- Nuñez, C. E. (2008). Química de la madera. *Pulpa y Papel I* , 62.
- OMS, O. M. (2000). *Tarjetas internacionales de seguridad química, disulfuro de carbono.*
- Ortuño, A. (2006). Introducción a la química INDUSTRIAL. Barcelona España: Reverté S.A.
- Ortuño, Á. V. (2006). Introducción a la química Industrial. Barcelona España: Reverté S.A.
- Parotti, F. (2012). Bambú Acciaio . *Tec. De los materiales*, 16-21.
- PEDRO, P., & VELAZCO , K. (2011). *CONFECCIÓN DE ROPA CON TELA DE.*
Guayaquil.
- Pérez, J., & Merino, M. (2015). *Definición de polímeros.* Obtenido de
<https://definicion.de/polimeros/>
- Piaún, M. (2018). *Xantato de celulosa.* Ibarra.
- Prieto, M. (19 de marzo de 2009). *Fibra de bambú.* Obtenido de
<https://www.nuevamujer.com/bienestar/2009/03/19/fibra-de-bambu.html>
- Primo, E. (2007). QUÍMICA ORGÁNICA BÁSICA Y APLICADA de la molécula a la industria. España: EDITORIAL REVERTÉ S.A.
- ProEcuador. (2016). *ANÁLISIS SECTORIAL BAMBÚ* . Instituto de promoción de exportaciones e inversiones.
- Proyecto Corpei – CBI. (2003). BAMBÚ (CAÑA GUADÚA ANGUSTIFOLIA) “CAÑA BRAVA”. Ecuador.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Raimond, S., & Carraher, C. (2002). Introducción a la química de los polímeros. En S.

Raimond, & C. Carraher, *Introducción a la química de los polímeros* (pág. 188).

Barcelona, Bogota, Buenos Aires, Caracas, México: Reverté S.A.

Raviolo, A. (2008). Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundarias.

Didáctica de la química, 317- 318.

Ravve, A. (2013). Principios de la química de polímeros. NEW YORK: PLENUM PRESS.

Obtenido de Introducción a la ciencia de los polimeros:

<https://ecucei.com/polimeros/introduccion/1-1-generalidades/>

Rouette, H. (2001). *Enciclopedia de acabado textil*. Heidelberg New York: Springer-Verlag

Berling.

Sánchez, J., Morales, J., & López, V. (2002). Física y Química, Aplicaciones Didácticas.

Madrid: Editorial MAD.

Sanz , A. (s.f). *Química Orgánica Industrial, Tecnología de la celulosa. La industria papelera*.

Sapag, J., Tapia, C., Valenzuela , F., Maeda, M., & Coromina, M. (1994). *ESTUDIO DE*

DISOLUCIÓN DE PULPA MECANICAEN LA MEZCLA

DIMETILACETAMIDA/CLORURO DE LITIO. Chile.

SCA. (2010). Fabricación de papel. *Soporte técnico de los papeles para SCA*, 16 - 17.

Smook, G. (1982). Handbook for Pulp and Paper Technologists. Canadá: Montreal, TAPPIC-

CPPA.

Soykeabkaew , N., Arimoto , N., Nishino , T., & Peijs, P. (2008). *Comp. Sci. Techn.*

Stepaniuk, V. (2013). Fabricación de papel.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Swatloski, R., Rogers, R., & Hold. (2012). DISOLUCIÓN Y PROCESAMIENTO DE CELULOSA USANDO LÍQUIDOS IÓNICOS. *Clasificación Internacional de Patentes CIP*, 31- 32.

Tafur, K. (2014). *Fibras artificiales de celulosa regenerada*.

Tatsuya, H., & Glyn, O. (1997). New Fibers (chapter 8: Cellulose fibers. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited 2 Ed.

Termo fisher Scientific. (2006). Ficha de datos de seguridad. 15.

Textos Científicos. (2009). Polímeros Celulósicos.

Textos Científicos.com. (28 de Diciembre de 2005). *PRODUCCIÓN MECÁNICA DE PULPA*. Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/papel/pulpa/produccion-mecanica>

U. Politécnica de Madrid. (s.f). *BLOQUE 5.- REACCIONES DE POLIMERIZACIÓN*. Madrid.

Unidad Didáctica VIII. (s.f). *Introducción a la Química del carbono*. Obtenido de http://aula.educa.aragon.es/datos/AGS/Quimica/Unidad_08/page_26.htm

Villanueva, B. (4 de octubre de 2015). *Reseña histórica de la industria textil*. Obtenido de Reseña histórica de la industria textil: <https://prezi.com/ga8therjvkrw/resena-historica-de-la-industria-textil/>

Villareal, C. (s.f). *Textil- Industria*. Rialp S.A .

Virginie, M. (2011). Los caminos del reciclaje. Barcelona España: NED Ediciones.

Wikiversidad. (2017). *Reacciones de polimerización*. Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 3.0.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE
CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Yacelga , G. (2018). *“OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ
PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA
TEXTIL”*. Ibarra.

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

ANEXOS

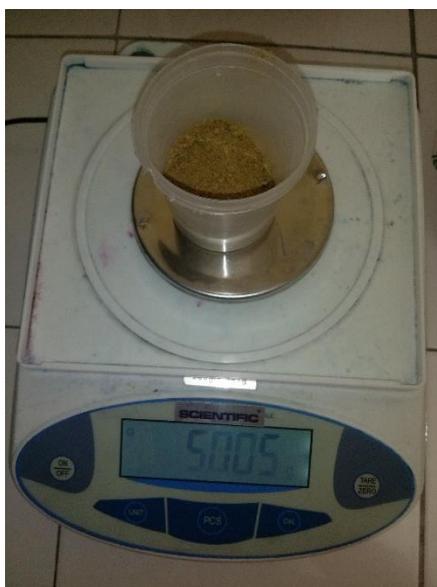
MÉTODO METILMORFOLINA

Anexo 1. Obtención de base de celulosa de bambú



Fuente: Piaún, 2018

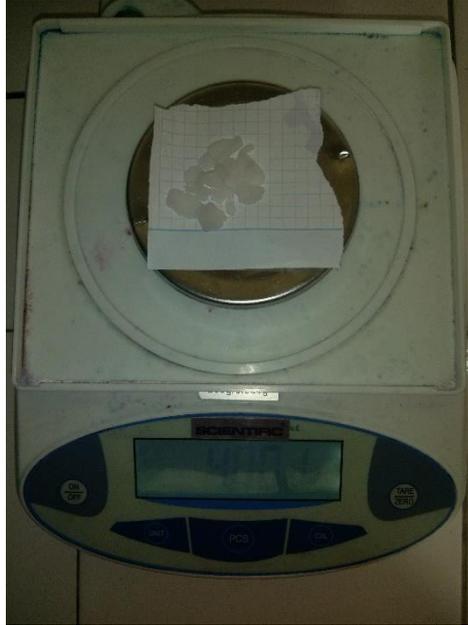
Anexo 2. Peso de las muestras



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 3. Peso del hidróxido de sodio



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 4. Medición del volumen de agua



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 5. Medición del volumen del metilmorfolina



Fuente: Piaún, 2018

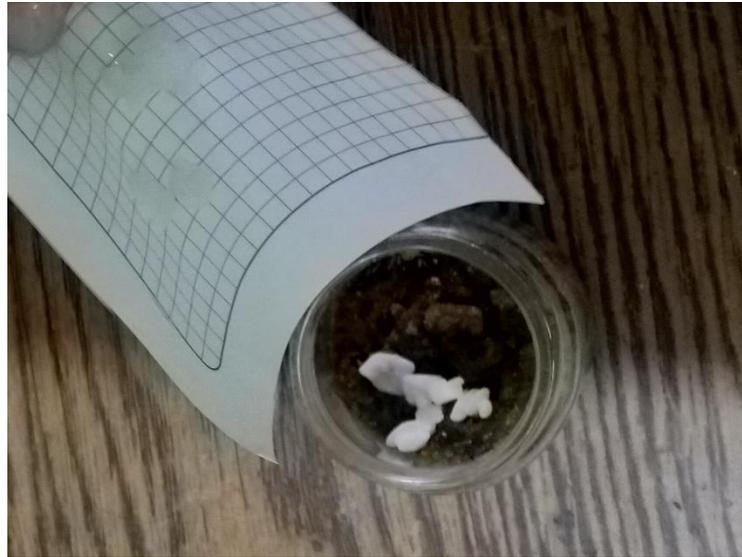
Anexo 6. Colocación del agua



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 7. Colocación del hidróxido de sodio a la base de celulosa



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 8. Macerado del hidróxido de sodio



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 9. Colocación del metilmorfolina en la solución



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 10. Colocación de la solución en los tubos



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 11. Tubos en la máquina Autoclave



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 12. Extracción de los tubos



Fuente: Piaún, 2018

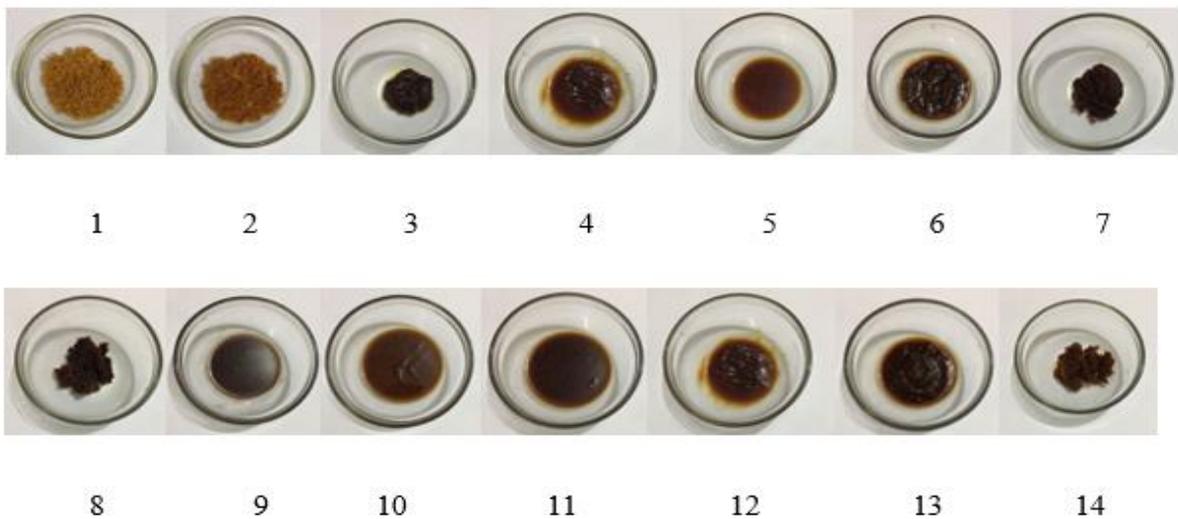
DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 13. Enfriamiento de los tubos



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 14. Disolución de la celulosa de bambú



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

MÉTODO METILMORFOLINA/ CLORURO DE LITIO

Anexo 15. Obtención de base de celulosa de bambú



Fuente: Piaún, 2018

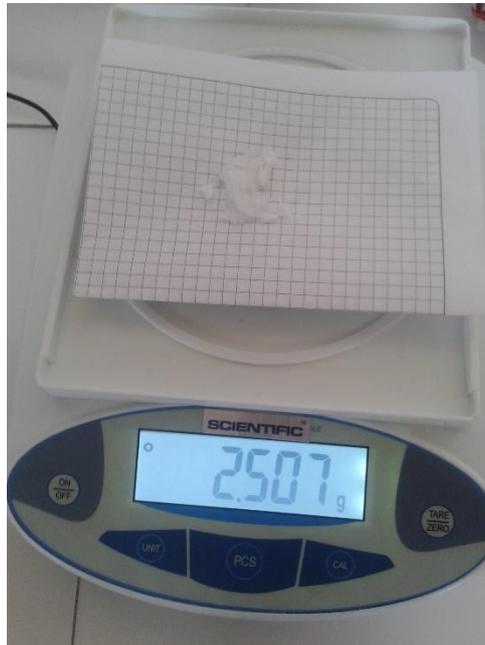
Anexo 16. Peso de las muestras



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 17. Peso del hidróxido de sodio



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 18. Medición del volumen de agua



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 19. Medición del volumen del metilmorfolina



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 20. Medición del cloruro de litio



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 21. Colocación del agua en la base de celulosa



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 22. Colocación del hidróxido de sodio a la base de celulosa



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 23. Macerado del hidróxido de sodio



Fuente: Piaún, 2018

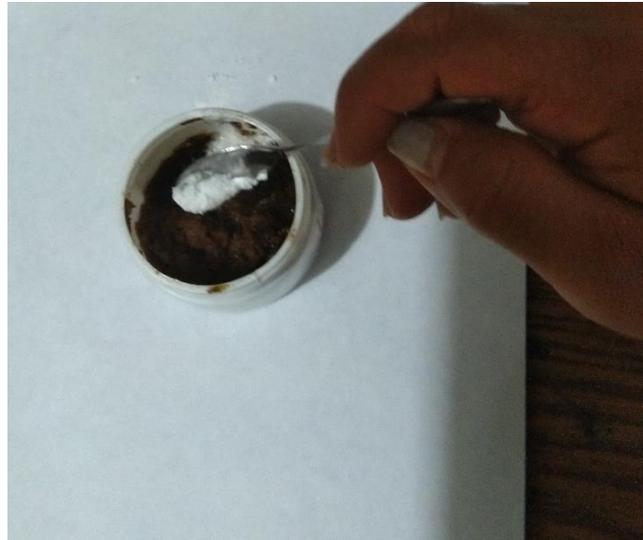
Anexo 24. Colocación del metilmorfolina en la solución



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 25. Colocación del cloruro de litio en la solución



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 26. Colocación de la solución en los tubos



Fuente: Piaún, 2018

DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 27. Tubos en la máquina Autoclave



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 28. Extracción de los tubos



Fuente: Piaún, 2018

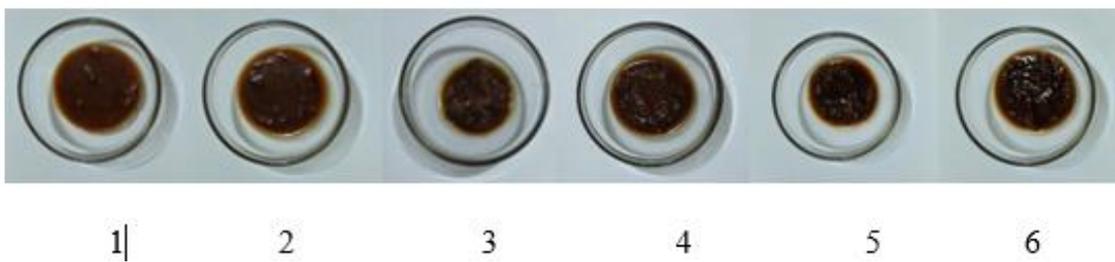
DETERMINACIÓN DE UN PROCESO ADECUADO PARA DISOLVER LA BASE DE CELULOSA DE BAMBÚ PARA SU POSTERIOR EXTRUSIÓN

Anexo 29. Enfriamiento de los tubos



Fuente: Piaún, 2018

Anexo 30. Disolución de la celulosa de bambú



Fuente: Piaún, 2018