

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL DE CAÑA GUADUA
(*Guadua angustifolia* K)

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

CRISTINA IVANOB CHILUIZA BENÍTEZ

cristivit@hotmail.com

JUAN PATRICIO HERNÁNDEZ LARA

jphernandezl@hotmail.com

DIRECTOR: ING. EFRÉN GALÁRRAGA

efrengal@hotmail.com

Quito, Octubre de 2009

©Escuela Politécnica Nacional, 2009

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Nosotros, Cristina Ivanob Chiluíza Benítez, y Juan Patricio Hernández Lara, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cristina Chiluíza

Patricio Hernández

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristina Ivanob Chiliza Benítez, y Juan Patricio Hernández Lara, bajo mi supervisión.

Ing. Efrén Galárraga
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos llegar tan lejos.

A todos quienes de una u otra forma arrimaron el hombro
para ayudarnos en esta ardua labor.

A nuestros padres por siempre brindarnos apoyo incondicional.

Al Sr. Germán Romo por su paciencia y colaboración.

Un agradecimiento especial al Ing. Efrén Galárraga por que gracias a su
experiencia supo alentarnos a seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDOS

	PÁGINAS
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN	xviii
PRESENTACIÓN	xx
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.1.1 LA CAÑA GUADUA	1
1.1.1.1 ORIGEN Y SISTEMÁTICA	1
1.1.1.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	2
1.1.1.3 ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADUA	6
1.1.1.4 VENTAJAS DE LA CAÑA GUADUA	7
1.1.1.5 USOS ACTUALES Y POTENCIALES	8
1.1.2 ESCENARIO DE ESTUDIO	10
1.2. EL CULTIVO DE LA CAÑA GUADUA	13
1.2.1 REQUISITOS AGROECOLÓGICOS	13
1.2.1.1 Factores Climáticos	13
1.2.1.2 Factores Edáficos	14
1.2.2 PROPAGACIÓN	15
1.2.3 SIEMBRA	17
1.2.3.1 DISTANCIA Y DENSIDAD DE SIEMBRA	17
1.2.3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO	17
1.2.4 MANEJO DEL CULTIVO	17
1.2.4.1 FERTILIZACIÓN	17
1.2.4.2 LABORES CULTURALES	18

1.2.4.2.1	Control de malezas	18
1.2.4.2.2	Podas y raleos (entresacas de mejoramiento)	19
1.2.4.2.3	Socola y desganche	19
1.2.5	COSECHA	20
1.2.5.1	TIEMPO DE COSECHA	21
1.2.5.2	PROCEDIMIENTO DE ENTRESACA	21
1.2.5.3	PARTES COMERCIALES DE LA GUADUA	23
1.2.6	MANEJO POSCOSECHA	24
1.2.6.1	PRESERVACIÓN	24
1.2.6.2	SECADO	24
1.3.	PRODUCCIÓN DE CAÑA GUADUA EN EL ECUADOR	24
1.4.	LA INDUSTRIA PAPELERA	26
1.4.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS BAMBÚES	29
1.4.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS BAMBÚES	30
1.5.	PROCESOS DE OBTENCIÓN DE PULPA	31
1.5.1	PROCESOS MECÁNICOS	31
1.5.2	PROCESOS SEMIQUÍMICOS	32
1.5.3	PROCESOS QUÍMICOS	32
1.5.3.1	PROCESO A LA SOSA	32
1.5.3.2	PROCESO AL SULFITO NEUTRO	33
1.6.	PROCESO DE OBTENCIÓN DE PAPEL	34
1.6.1	BATIDO	34
1.6.2	FORMACIÓN DEL PAPEL	34
1.6.3	PRENSADO Y SECADO	35
1.7.	EVALUACIÓN DE CALIDAD DE PAPELES	35
1.8.	PAPEL ARTESANAL	37
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	40
2.1.	MATERIALES	40
2.2.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	41
2.2.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA GUADUA	41

2.2.1.1	DIÁMETRO DEL CULMO	41
2.2.1.2	GROSOR DE PARED	41
2.2.1.3	DENSIDAD	42
2.2.2	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA GUADUA	42
2.3.	OBTENCIÓN DE LA PULPA	43
2.3.1	OBJETIVO	43
2.3.2	RECEPCIÓN	45
2.3.3	LIMPIEZA	45
2.3.4	CORTE TRANSVERSAL	45
2.3.5	TROCEADO	46
2.3.6	SECADO 1	46
2.3.7	PESADO	46
2.3.8	DIGESTIÓN	46
2.3.8.1	PROCESO A LA SOSA	47
2.3.8.2	PROCESO AL SULFITO NEUTRO	48
2.3.9	FILTRADO	49
2.3.10	LAVADO	50
2.3.11	SECADO 2	50
2.3.12	BATIDO	50
2.3.13	ESCURRIDO	50
2.3.14	SECADO 3	50
2.4.	EVALUACIÓN DE LA PULPA	51
2.4.1	RENDIMIENTO	51
2.4.2	CONTENIDO DE ALFA CELULOSA	51
2.5.	ELABORACIÓN DEL PAPEL	52
2.5.1	DISGREGADO	52
2.5.2	FORMACIÓN DE HOJAS	53
2.5.3	PRENSADO	54
2.5.4	SECADO	54
2.5.5	ALMACENADO	54
2.6.	EVALUACIÓN DEL PAPEL	54

2.7.	OBTENCIÓN DE PULPA ARTESANAL	55
2.7.1	RECEPCIÓN Y LIMPIEZA	57
2.7.2	SECADO 1	57
2.7.3	CEPILLADO	57
2.7.4	PESADO	58
2.7.5	HUMECTACIÓN	58
2.7.6	ESCURRIDO	58
2.7.7	PESADO DE LOS REACTIVOS	58
2.7.8	PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN	58
2.7.9	MEZCLADO	59
2.7.10	COCCIÓN	59
2.7.11	FILTRADO Y LAVADO	59
2.7.12	LICUADO	60
2.7.13	SECADO 2	60
2.8.	ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL	60
2.8.1	PESADO	61
2.8.2	DISGREGACIÓN	61
2.8.3	FORMACIÓN DE HOJAS	61
2.8.4	PRENSADO	62
2.8.5	SECADO	62
2.8.6	ALMACENADO	62
2.9.	EVALUACIÓN DEL PAPEL ARTESANAL	62
2.10.	ESTUDIO DE MERCADO	63
2.10.1	IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO	63
2.10.2	TIPO DE MERCADO	63
2.10.3	ESTUDIO DE LA OFERTA	63
2.10.4	ESTUDIO DE LA DEMANDA	64
2.11.	ESTUDIO TÉCNICO	64
2.11.1	UBICACIÓN DE LA PLANTA	64
2.11.2	BALANCE DE MATERIALES	64
2.11.3	REQUERIMIENTOS DE AGUA	65

2.11.4	REQUERIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	65
2.11.5	DETERMINACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO	65
2.11.6	DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA	65
2.12.	ESTUDIO FINANCIERO	66
2.12.1	INVERSIONES	66
2.12.2	COSTOS VARIABLES	66
2.12.3	COSTOS FIJOS	66
2.12.4	COSTOS DE PRODUCCIÓN	67
2.12.5	INGRESOS	67
2.12.6	ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	67
2.12.7	PUNTO DE EQUILIBRIO	67
2.12.8	TIR Y VAN	68
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
3.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	69
3.1.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICA	69
3.1.2	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA	70
3.2.	EVALUACIÓN DE LAS PULPAS	72
3.2.1	RENDIMIENTO	72
3.2.1.1	RENDIMIENTO DE LAS PULPAS A LA SOSA	72
3.2.1.2	RENDIMIENTO DE LAS PULPAS AL SULFITO	76
3.2.1.3	EFFECTO DEL BATIDO EN EL RENDIMIENTO	79
3.2.2	CONTENIDO DE ALFA CELULOSA	82
3.2.2.1	CONTENIDO DE ALFA CELULOSA EN LAS PULPAS A LA SOSA	84
3.2.2.2	CONTENIDO DE ALFA CELULOSA EN LAS PULPAS AL SULFITO	86
3.3.	EVALUACIÓN DEL PAPEL	87
3.3.1	ESPESOR	87
3.3.2	GRAMAJE	89

3.3.3	RESISTENCIA A LA EXPLOSIÓN	90
3.3.4	RESISTENCIA A LA TENSIÓN	92
3.4.	ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL	96
3.4.1	EVALUACION DE LA PULPA	96
3.4.1.1	RENDIMIENTO	96
3.4.1.2	CONTENIDO DE ALFA CELULOSA	99
3.4.2	EVALUACIÓN DE LAS HOJAS ARTESANALES	101
3.4.2.1	ESPESOR	101
3.4.2.2	GRAMAJE	103
3.4.2.3	RESISTENCIA A LA EXPLOSIÓN	104
3.5.	ESTUDIO DE MERCADO	105
3.5.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS	105
3.5.2	TIPOS DE MERCADO	105
3.5.3	ESTUDIO DE LA OFERTA	107
3.5.4	ESTUDIO DE LA DEMANDA	108
3.6.	ESTUDIO TÉCNICO	110
3.6.1	UBICACIÓN DE LA PLANTA	110
3.6.2	BALANCE DE MATERIALES	111
3.6.3	REQUERIMIENTO DE AGUA	113
3.6.4	REQUERIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	114
3.6.5	DETERMINACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO	114
3.6.6	DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA	115
3.7.	ESTUDIO FINANCIERO	116
3.7.1	INVERSIONES	116
3.7.1.1	Maquinaria y Equipo	116
3.7.1.2	Terrenos y Construcciones	117
3.7.1.3	Otros activos	117
3.7.1.4	Inversión fija	118
3.7.1.5	Inversión total	119
3.7.2	COSTOS VARIABLES	119
3.7.2.1	Materiales directos	119

3.7.2.2	Mano de obra directa	120
3.7.3	COSTOS FIJOS	120
3.7.3.1	Carga Fabril	120
3.7.3.2	Gastos Administrativos y Generales	122
3.7.3.3	Gastos Financieros	122
3.7.4	COSTOS DE PRODUCCIÓN	123
3.7.5	INGRESOS	124
3.7.6	ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	124
3.7.7	PUNTO DE EQUILIBRIO	125
3.7.8	TASA INTERNA DE RETORNO Y VALOR ACTUAL NETO	126
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
4.1	CONCLUSIONES	127
4.2	RECOMENDACIONES	130
	BIBLIOGRAFÍA	132
	ANEXOS	136

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINAS
Tabla 1.1. Clasificación Taxonómica de la especie <i>Guadua angustifolia</i>	1
Tabla 1.2. Dimensiones del culmo de caña guadua	4
Tabla 1.3. Características agroecológicas promedio del Cantón Mera	12
Tabla 1.4. Factores climáticos y rangos favorables para el crecimiento de la guadua	14
Tabla 1.5. Factores edáficos favorables para el crecimiento de la guadua	15
Tabla 1.6. Aprovechamiento y densidades promedio de producción de un gradual tipo	20
Tabla 1.7. Plan de Producción agrícola de la caña guadua	22
Tabla 1.8. Plantaciones de bambú por provincias	25
Tabla 1.9. Composición química de algunos bambúes	29
Tabla 2.1. Normas aplicadas en los análisis químicos de <i>Guadua angustifolia</i> K	42
Tabla 2.2. Condiciones utilizadas en los pulpajes del proceso a la sosa	48
Tabla 2.3. Condiciones utilizadas en los pulpajes del proceso al sulfito neutro	49
Tabla 2.4. Normas utilizadas para evaluar el papel	55
Tabla 2.5. Condiciones utilizadas en los pulpajes de prueba para el papel artesanal	59
Tabla 3.1. Características físicas del espécimen de <i>Guadua angustifolia</i>	69
Tabla 3.2. Composición química de <i>Guadua angustifolia</i> vs. <i>Bambusa tulda</i>	70
Tabla 3.3. Condiciones y rendimientos de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa	73
Tabla 3.4. Condiciones y rendimientos de las pulpas obtenidas por el proceso al sulfito	76

Tabla 3.5.	Tiempos de batido y rendimientos	81
Tabla 3.6.	Contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito	83
Tabla 3.7.	Valores promedio de espesor de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito	88
Tabla 3.8.	Valores obtenidos de gramaje y su desviación estándar	89
Tabla 3.9.	Valores promedio de resistencia a la explosión de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito	91
Tabla 3.10.	Valores promedio de resistencia a la tensión de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito	92
Tabla 3.11.	Valores promedio de longitud de rotura de las hojas a la sosa y al sulfito	94
Tabla 3.12.	Condiciones y rendimientos del proceso de elaboración de pulpa artesanal	97
Tabla 3.13.	Contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas a nivel artesanal	99
Tabla 3.14.	Valores promedio de espesor de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas por el proceso artesanal a la sosa	102
Tabla 3.15.	Valores obtenidos de gramaje y su desviación estándar	103
Tabla 3.16.	Valores obtenidos de resistencia a la explosión y su desviación estándar	104
Tabla 3.17.	Requerimientos mensuales de agua para la elaboración de papel artesanal	113
Tabla 3.18.	Consumo mensual de energía eléctrica para la elaboración de papel artesanal	114
Tabla 3.19.	Inversiones en maquinaria y equipo	116
Tabla 3.20.	Inversiones en terreno y construcciones para una empresa dedicada a la elaboración de papel artesanal de <i>Guadua angustifolia</i>	117
Tabla 3.21.	Inversiones en otros activos para la empresa de papel artesanal	118
Tabla 3.22.	Inversión fija para implementación de la empresa de papel artesanal de caña guadua	118

Tabla 3.23. Inversión total para implementación de la empresa	119
Tabla 3.24. Materiales directos para un año de producción de papel artesanal	119
Tabla 3.25. Costos de mano de obra directa	120
Tabla 3.26. Costos anuales de mano de obra indirecta	121
Tabla 3.27. Costos anuales de materiales indirectos	121
Tabla 3.28. Costos anuales correspondientes a depreciación	121
Tabla 3.29. Costos anuales de suministros	121
Tabla 3.30. Costos anuales de reparaciones y mantenimiento	122
Tabla 3.31. Costos anuales de seguros	122
Tabla 3.32. Gastos administrativos y generales	123
Tabla 3.33. Gastos financieros	123
Tabla 3.34. Costos anuales de producción de 144 resmas de papel artesanal de caña guadua	123
Tabla 3.35. Ingresos totales correspondientes a ventas netas	124
Tabla 3.36. Estado de pérdidas y ganancia	124
Tabla 3.37. Punto de equilibrio	125

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINAS
Figura 1.1. Rizoma de <i>Guadua angustifolia</i> K	3
Figura 1.2. Culmo de <i>Guadua angustifolia</i> K	3
Figura 1.3. Hojas caulinares	5
Figura 1.4. Hojas de follaje	5
Figura 1.5. Inflorescencia de la caña guadua	6
Figura 1.6. Construcciones con caña guadua	9
Figura 1.7. Artesanías y muebles de caña guadua	10
Figura 1.8. Ubicación geográfica del Cantón Mera	11
Figura 2.1. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de caña guadua	44
Figura 2.2. Corte transversal de caña guadua	45
Figura 2.3. Vistas frontal y lateral del digestor Schaltleistung	47
Figura 2.4. Diagrama de flujo para la obtención de papel de caña guadua	52
Figura 2.5. Formadora de hojas Essex utilizada	53
Figura 2.6. Diagrama de flujo para la obtención de pulpa a nivel artesanal	56
Figura 2.7. Cepillado de guadua en el proceso artesanal	57
Figura 2.8. Diagrama de flujo para la elaboración de papel artesanal	60
Figura 3.1. Influencia de las condiciones de digestión en el rendimiento de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa	74
Figura 3.2. Influencia de las condiciones de digestión en el rendimiento de las pulpas obtenidas por el proceso al sulfito	77
Figura 3.3. Pulpas antes del batido: A.- Proceso a la Sosa, B.- Proceso al Sulfito	79
Figura 3.4. Influencia de la concentración de reactivo en el contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa a diferentes temperaturas	84
Figura 3.5. Influencia de la concentración de reactivo en el contenido de	

alfa celulosa de las pulpas obtenidas por el proceso al sulfito a diferentes temperaturas	86
Figura 3.6. Influencia de la humectación y tiempo de cocción en el rendimiento	98
Figura 3.7. Influencia del tiempo de humectación en el contenido de alfa celulosa	100
Figura 3.8. Volúmenes de exportaciones e importaciones de papel y cartón hecho a mano (2001-2008)	108
Figura 3.9. Balance de materiales para la producción mensual de papel artesanal	112

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINAS
ANEXO I	
Muestras de papeles a la sosa	137
ANEXO II	
Muestras de papeles al sulfito	138
ANEXO III	
Muestras de papel artesanal	139
ANEXO IV	
Mapa de zonas potenciales para el desarrollo de la guadua en el Ecuador	140
ANEXO V	
Tipos de bambú que se cultivan en el Ecuador	141
ANEXO VI	
Costos de implementación de una hectárea de guadua	142
ANEXO VII	
Determinación del volumen por desplazamiento de agua	143
ANEXO VIII	
Referencia normas TAPPI utilizadas	144
ANEXO IX	
Contenido de alfa celulosa de diferentes materiales fibrosos	151
ANEXO X	
Hoja de seguridad Lejía Sello Rojo	152
ANEXO XI	
Detalle de costos de equipo de Seguridad Industrial	157
ANEXO XII	
Matriz de capacidad instalada	158

ANEXO XIII

Lay out de la planta de papel artesanal 159

ANEXO XIV

Cálculo de la TIR y el VAN 160

ANEXO XV

Punto de equilibrio 161

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio técnico-económico para la elaboración de papel a partir de la caña guadua. Para esto, se hizo necesario llevar a cabo pruebas a escala de laboratorio, con la finalidad de validar la idoneidad de la materia prima como un material vegetal apto para la obtención de pulpa de celulosa y posterior elaboración de papel. Además se determinaron las principales variables que influyen directamente en la obtención de pulpa para poder establecer un proceso productivo aplicable a nivel artesanal.

La caracterización química del material se realizó en base a normas internacionales establecidas y se centró en las propiedades pertinentes a la industria papelera, entre las que se destacan contenido de celulosa, lignina y pentosanas. Se concluyó que la *Guadua angustifolia* es una especie vegetal apta para la obtención de papel, puesto que presenta 59,77% de celulosa, 19,72% de lignina y 11,65% de pentosanas; siendo los valores de celulosa y lignina satisfactorios para una planta fibrosa no maderable tradicionalmente no utilizada para este propósito.

El estudio de laboratorio comprendió la evaluación de dos métodos de obtención de pulpa de celulosa: proceso a la sosa y al sulfito neutro. Los criterios de evaluación fueron el rendimiento obtenido y el contenido de alfa celulosa de las pulpas. Se establecieron las condiciones adecuadas de digestión, manejando como variables la temperatura y la concentración de reactivo. De esta manera se determinó que el proceso a la sosa es el que brinda mayores facilidades para ser replicado a nivel artesanal, además de presentar alto rendimiento en pulpa y contenido de alfa celulosa, alrededor del 50% y 90% respectivamente. A escala de laboratorio se estableció que las condiciones óptimas de digestión son: temperatura de 150°C, tiempo de digestión 60 min, concentración de hidróxido

de sodio 5%, lo que dio un rendimiento de 54,20%.

Se realizaron pruebas a los papeles elaborados de las pulpas obtenidas por los diferentes métodos, lo cual complementó la conceptualización de la caña guadua como un buen material para la obtención de pulpa y papel. El papel obtenido de las pulpas se lo considera virgen ya que no se realizó ningún proceso complementario para mejorar sus características mecánicas, por tanto se entiende que dichas propiedades son inherentes a la materia prima. Los valores presentados en resistencia a la explosión y tensión son bajos, del orden de 1 lb/pulg² y 0,3 kgf respectivamente. Estos valores aumentaron considerablemente en las pulpas con batido más intenso y prolongado. Por lo tanto, se concluyó que el proceso de batido es el más importante para mejorar las características mecánicas en el papel.

A nivel artesanal se adaptó el proceso de obtención de papel ensayado en el laboratorio, teniendo en cuenta que ciertas variables estaban condicionadas por los equipos utilizados en el laboratorio lo cual dificultó su réplica. Debido a esto se obtuvo un nuevo proceso que se optimizó con un tiempo de humectación de la fibra de 24 h, razón licor 10:1, tiempo de cocción de 5 h, concentración de lejía de 5%; condiciones con las cuales se obtuvo un rendimiento de 68,45%. Este proceso proporcionó las características requeridas para el papel artesanal.

El proyecto demuestra ser viable ya que sus principales índices financieros son positivos, con un punto de equilibrio de 48,44%, una tasa interna de retorno de 12,83% y un valor actual neto de \$ 18.185,08.

PRESENTACIÓN

La sociedad actual y su mayor acceso a la información exigen disponer de una mayor cantidad de medios para divulgar los nuevos saberes. Si bien los medios digitales han tomado gran relevancia, el papel no podrá ser reemplazado ya que demuestra ser la forma de mayor aceptación a nivel mundial. Por esta razón, la industria papelera ha mantenido su producción constantemente en ascenso los últimos años.

La industria también busca alternativas con materias primas que se adapten a los requerimientos actuales en los ámbitos productivo y ambiental, es decir que garanticen buenos niveles de producción y que generen menores impactos ambientales, principalmente los problemas que acarrearán la deforestación de grandes bosques.

En este contexto, el proyecto se presenta como un paso de inicio en la investigación de especies vegetales nativas que puedan ser utilizadas como materia prima para la elaboración de papel, ya que la caña guadua (*Guadua angustifolia*) cumple preceptos antes mencionados.

La guadua es un producto forestal que ofrece grandes oportunidades de aprovechamiento por sus características físico-mecánicas, ecológicas y vegetativas. En el Ecuador se utiliza primordialmente en la construcción de viviendas, infraestructura menor en áreas de explotación agropecuaria, elaboración de artesanías y está casi rigurosamente asentada en la región Costa y el Oriente.

El cantón Mera en la provincia de Pastaza se muestra como un sitio propicio para el cultivo de la caña guadua puesto que actualmente se puede encontrar manchas naturales aprovechables, debidamente manejadas. Productivamente

se identifican actividades agrícolas como cultivos de papa china, plátano, caña de azúcar, yuca; además se tienen planteles avícolas y de procesamiento de lácteos, producción piscícola y crianza de bovinos. Presenta además alternativas turísticas promovidas principalmente por su riqueza orográfica y de biodiversidad.

A pesar de las actividades y características de la zona anteriormente descritas el cantón denota una situación económica adversa. La actividad agropecuaria cuenta con un deficiente nivel tecnológico, por lo tanto, la producción obtenida es para autoconsumo y satisfacción del mercado local. No existe una infraestructura que promueva el turismo de manera masiva, ni proyectos que generen alternativas productivas, ni aprovechamiento de los recursos naturales, humanos y de conocimientos tradicionales, que son las principales riquezas de la zona.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 LA CAÑA GUADUA

1.1.1.1 ORIGEN Y SISTEMÁTICA

La caña guadua (*Guadua angustifolia* K.), también conocida como caña brava, caña macho o caña de Guayaquil es una especie vegetal originaria de América Latina, particularmente de la cuenca amazónica de Ecuador y Colombia. (SNV, 2003). Los bambúes son las gramíneas más grandes del mundo (Londoño, 2002).

La descripción taxonómica de la caña guadua se aprecia en la tabla 1.1:

Tabla 1.1: Clasificación Taxonómica de la especie *Guadua angustifolia*

Reino:	Vegetal
División:	Spermatophyta
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledoneae
Orden:	Glumiflorales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Bambusoideae
Tribu:	Bambuseae
Subtribu:	Guaduinae
Género:	<i>Guadua</i>

Especie: *angustifolia* Kunth, 1822

FUENTE: Castaño y Moreno, 2004. "Guadua para todos", p. 35

Dentro de la especie *Guadua angustifolia*, se presentan dos variedades:

- *Guadua angustifolia* var. *bicolor*, comúnmente conocida como "guadua rayada", se distingue por sus culmos verdes con rayas amarillas en sus nudos.
- *Guadua angustifolia* var. *nigra*, conocida como "guadua negra", se caracteriza por sus culmos verdes con leves manchas negras.

Anteriormente se pensaba que las guaduas conocidas como "macana" y "cebolla" constituían variedades, sin embargo se estableció que son ecotipos o formas adaptadas a condiciones específicas de clima y suelo (Londoño, 2002).

Se conoce como guadua macana o macho a aquella que tiene culmos más gruesos y resistentes, menores diámetros y abundantes ramas basales. Guadua cebolla o hembra es aquella cuyos culmos son más delgados, tiene diámetros mayores y pocas ramas basales.

1.1.1.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

La guadua en particular y los bambúes en general, están conformados por rizomas, culmos y ramas, además de hojas caulinares, follaje, inflorescencia y fruto (Castaño y Moreno, 2004).

A continuación se describen dichas estructuras:

Rizoma: Es un eje segmentado y subterráneo, que constituye la estructura de soporte de la planta y es responsable de la absorción de nutrientes. Consta de

dos partes: el cuello y el rizoma en sí. El cuello es la parte superior del rizoma y carece de yemas. El rizoma en sí se caracteriza por presentar yemas y raíces adventicias. Las raíces adventicias se encuentran en la parte más baja del rizoma. Las yemas siempre están solas en los nudos, y una vez que la planta alcanza su longitud total, se activan y dan origen a nuevos rizomas.

El rizoma de la guadua es de tipo paquimorfo, con cuello alargado. Es corto, grueso y curvo, como se puede apreciar en la figura 1.1, y tiene un diámetro mayor que el del culmo al cual da origen.



Figura 1.1: Rizoma de *Guadua angustifolia* K

Culmo: Constituye el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma. Es leñoso, recto, como se aprecia en la figura 1.2. y ligeramente arqueado en la punta. A lo largo del culmo se distinguen dos partes importantes: nudos y entrenudos.



Figura 1.2: Culmo de *Guadua angustifolia* K

Los nudos son áreas donde crecen ramas a partir de una yema nodal, en el interior del nudo se desarrolla un tabique transversal que interrumpe la cavidad denominada entrenudo, lo que lo convierte en la parte más resistente del culmo.¹ Los entrenudos son cilindros huecos, cuya textura es dura y consistente. En la guadua se observa un incremento gradual en la longitud del entrenudo desde la base hasta la porción media del culmo, y posteriormente una reducción hacia el ápice.

En la tabla 1.2 se muestran los rangos generales de las dimensiones del culmo de *Guadua angustifolia*, entrenudos y grosor de pared; en condiciones ambientales apropiadas.

Tabla 1.2: Dimensiones del culmo de caña guadua

Factor	Rango general
Longitud total	15 – 30 m
Diámetro del culmo	10 – 20 cm
Longitud entrenudo	20 – 30 cm
Grosor de pared	2 – 5 cm

FUENTE: Castaño y Moreno, 2004. “Guadua para todos”, p. 32

El culmo alcanza su altura máxima entre los cuatro y seis meses de edad, según las condiciones climáticas de la zona. Sin embargo, para adquirir su madurez fisiológica requiere de cinco años en promedio.

Ramas: Se originan de las yemas nodales del culmo y de acuerdo a su posición se clasifican en: basales y apicales. Las ramas basales (de la base), son espinas puntiagudas y duras. Las ramas apicales son delgadas y largas, y constan de una rama dominante y de una a tres ramas secundarias más delgadas.

¹ Proyecto Guadua Bamboo: <http://web.catie.ac.cr/guadua/>

Hojas caulinares: Son hojas modificadas que se caracterizan por su fuerte consistencia coriácea, de forma triangular, y cuya función es proteger a las yemas, las cuales dan origen a las ramas y al follaje (Londoño, 2002).



Figura 1.3: Hojas caulinares

Se encuentran en el rizoma y en las ramificaciones donde existen nudos con yemas, y protegen el culmo durante sus primeros estadios de desarrollo. Su dimensión es variable según la edad y la parte de la planta donde se desarrollen. Son deciduas en el extremo superior y caducas.

Hojas ramales: También conocidas como hojas de follaje, crecen en el extremo superior del culmo., son simples, alternas y lanceoladas. Se componen de una vaina que rodea la rama, un pseudopeciolo y una lámina con pelos transparentes dispersos sobre el haz. Se disponen en dos hileras en las ramas.



Figura 1.4: Hojas de follaje

Inflorescencia: Es una panícula con flores imperfectas y pequeñas, de hasta 9 cm de longitud. Se encuentra ubicada en los extremos de las ramas. Son bisexuales y poco vistosas, de color rosado claro (Hidalgo, 1974). La floración de la caña guadua es de tipo esporádica y la duración de su ciclo de floración es irregular, se da en lapsos de dos meses aproximadamente.



Figura 1.5: Inflorescencia de la caña guadua

Fruto: El fruto es del tipo cariósipide, seco e indehiscente, y se encuentra en el primer tercio de la inflorescencia o espiga. Por lo regular los frutos son pocos y solitarios. La semilla se asemeja a un grano de arroz en su forma, tamaño y cubierta, es de coloración blanca en su interior y café claro en su exterior; sus dimensiones son de 5 a 8 mm de largo y 2 a 3 mm de grosor.

1.1.1.3 ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADUA

La guadua tiene un ciclo de vida promedio de once años, durante los cuales pasa por cuatro estados específicos de madurez: brote, juvenil (verde o viche), madura (adulta o hecha) y sobremadura o seca (Castaño y Moreno, 2004).

Brote o renuevo: Es la primera fase de desarrollo y comprende desde la aparición del rebrote hasta cuando llega a su máxima altura. Esta etapa tiene una duración de 6 meses, durante los cuales el culmo está totalmente cubierto por hojas caulinares. Los entrenudos son de color verde intenso y presenta dos

bandas blancas en cada nudo.

Juvenil: Se inicia cuando empieza el desarrollo de las ramas apicales y crece gradualmente el follaje de la planta, el culmo elimina todas sus hojas caulinares de su parte superior conservando las basales, los entrenudos son de color verde intenso y se aprecian claramente las bandas nodales. Esta fase tiene una duración aproximada de uno a dos años.

Madura: En esta fase todo el culmo se cubre de manchas blancas en forma de plaquetas, que corresponden a hongos, desaparecen las manchas nodales y aparecen algunos musgos y líquenes en los nudos, su color se generaliza en tono grisáceo, no hay hojas caulinares en ninguna parte del culmo y adquiere su mayor grado de resistencia. Esta fase dura de dos a cuatro años.

Sobremadura: Se aprecia cuando los tallos están cubiertos por hongos y líquenes en su totalidad y presenta un aspecto gris blancuzco. No hay presencia de follaje. La guadua está próxima a secarse, pierde su resistencia mecánica y al final muere. Se estima que esta fase tiene una duración de un año y se da cuando la planta tiene más de diez años.

1.1.1.4 VENTAJAS DE LA CAÑA GUADUA

- La guadua es una planta perenne, con capacidad de regenerarse naturalmente, por lo que presenta altos rendimientos en volúmenes por hectárea y en tiempos relativamente cortos de aprovechamiento, es decir es recurso natural renovable que ofrece la posibilidad de un manejo sostenible.
- Tiene un precio económico.
- Los guaduales tienen efectos protectores sobre los suelos y las aguas de las microcuencas. Con su sistema radicular contribuye a la conservación y recuperación de los suelos, pues amarra y sostiene el suelo en las laderas y orillas de los ríos de tal forma que evita la erosión y los desbanques.

- Es una especie importante como protectora de las cuencas y riberas de los ríos y quebradas. Su acción es reguladora de la cantidad y calidad de agua, que devuelve a su caudal en épocas normales y secas.
- Cada guadua forma un ecosistema que alberga una diversidad de flora, microflora, entomofauna, mamíferos, aves, reptiles y anfibios.
- La guadua es un gran productor de oxígeno y un gran fijador de dióxido de carbono atmosférico (CO₂).
- Los guaduales tienen un efecto purificador y embellecedor del entorno. Las laderas y orillas de los ríos cubiertas de guaduales son paisajes dignos de contemplación y admiración.
- Al emplear la guadua, se logran altos impactos benéficos, ecológicos y ambientales, porque además contribuye a bajar la presión sobre la deforestación de los bosques nativos.

1.1.1.5 USOS ACTUALES Y POTENCIALES

Entre las especies nativas maderables propias de la región, la *Guadua angustifolia* es la más sobresaliente en altura, propiedades mecánicas (resistencia y trabajabilidad), durabilidad e importancia que sus tallos han dado a la economía local de los lugares donde se desarrolla (Hidalgo, 1974).

Esta importancia económica se da en razón a varios factores: el corto tiempo que precisa para alcanzar el estadio de maduración que permite aprovecharla, su fácil disponibilidad, su alto rendimiento en volumen por hectárea, sus excelentes propiedades físico-mecánicas que le brindan gran diversidad de usos y la ventaja de que es renovable y sostenible.

Sin lugar a dudas, el sector de la construcción de viviendas lidera los usos y aplicaciones actuales de la guadua principalmente en áreas rurales, aunque en la actualidad la guadua se ha transformado en un material muy cotizado por los

arquitectos e ingenieros estructurales, como se puede apreciar en la figura 1.6.



Figura 1.6: Construcciones con caña guadua

De igual forma, la guadua se emplea para construir infraestructuras agropecuarias productivas (gallineros, porquerizas, corrales, cercos), así como para guiar y apuntalar cultivos y como puntales para la construcción.

La *Guadua angustifolia* tiene fibras naturales muy fuertes que permiten desarrollar productos industrializados tales como pisos de parquet, paneles, aglomerados, laminados y esteras. Por su alto contenido de celulosa es una buena fuente para obtención de pulpa y papel.

Es importante señalar que con el uso de la guadua en los procesos industriales anteriormente mencionados, se reduciría el impacto sobre los bosques nativos, porque la guadua pasa a ser un sustituto de la madera. (SICA, 2004).

En el ámbito artesanal, sus aplicaciones más difundidas son la creación de figuras decorativas y la elaboración de distintos tipos de muebles de una belleza muy singular, como se puede observar en la figura 1.7.



Figura 1.7: Artesanías y muebles de caña guadua

No obstante los atributos de la guadua y de sus múltiples usos y aplicaciones, este recurso tiene muy poca injerencia en la economía del país. Esto se debe a que no se ha explotado íntegramente en el Ecuador.

1.1.2 ESCENARIO DE ESTUDIO

El presente proyecto tiene como escenario de estudio el Cantón Mera en la provincia de Pastaza, en la Región Amazónica de Ecuador. El cantón limita al norte con la provincia de Napo, al sur con Morona Santiago, al este con el Cantón Pastaza y al oeste con las provincias de Tungurahua y Morona Santiago, como se puede apreciar en la figura 1.8. Tiene 520,1 km² de extensión.

El cantón Mera se encuentra ubicado al occidente de la provincia de Pastaza, en el ingreso a la Amazonía, a 17 km de la ciudad del Puyo que es la capital provincial, a 79 km del Tena, a 65 km del centro turístico Baños de Agua Santa,

a 83 km de la ciudad de Ambato y a 203 km de la ciudad de Quito.



Figura 1.8: Ubicación geográfica del Cantón Mera

En cuanto a su división político-administrativa, el cantón Mera está conformado por tres parroquias: Shell, Mera y Madre Tierra. Las parroquias de Mera y Madre Tierra se dedican principalmente a la agricultura y ganadería, donde se identifican como los cultivos más extendidos: naranjilla, yuca, plátano, papa china, caña de azúcar, maíz y cítricos. Además se observan planteles avícolas y de procesamiento de lácteos, producción piscícola y crianza de bovinos. La parroquia Shell tiene como base económica el comercio y los servicios, ya que allí se encuentran la División Amazonas del Ejército Ecuatoriano y el Aeropuerto Río Amazonas.

Por otro lado, el gobierno municipal del Cantón está llevando adelante proyectos para desarrollar su potencial turístico, con base a su gran riqueza orográfica y de biodiversidad.

Las características agroecológicas del Cantón se muestran en la tabla 1.3:

Tabla 1.3: Características agroecológicas promedio del Cantón Mera

Factor	Valor promedio
Temperatura	22.2 °C
Altitud	870 m.s.n.m
Pluviosidad	2500 mm anuales
Humedad	80 %

FUENTE: Gobierno Municipal del Cantón Mera.

“Plan de Desarrollo Estratégico Cantonal de Mera”. 2006, p. 7

Es muy importante señalar que en esta región la distribución de la pluviosidad durante todo el año favorece el desarrollo y acorta el ciclo productivo de la caña guadua. La presencia de manchones naturales de caña guadua en la provincia de Pastaza constituye un indicador de las posibilidades de desarrollo del cultivo de la guadua (SNV, 2003).

La situación económica del cantón Mera es bastante compleja, puesto que se determinó que de sus 8.088 habitantes, 44 de cada 100 adolecen de privaciones en el acceso a educación, salud, nutrición, vivienda, servicios urbanos y oportunidades de empleo (Gobierno Municipal de Mera, 2006).

En este contexto, el presente proyecto proporciona una alternativa para contribuir al desarrollo de la capacidad productiva de la región, partiendo del uso de la caña guadua, que es un material subutilizado en el Cantón en la actualidad. De esta manera, el cultivo y la agroindustrialización de la caña guadua se convierte en una estrategia sostenible para la reactivación de la economía del Cantón Mera, lo que se traduciría en una mejora de las condiciones de vida de sus pobladores.

1.9. EL CULTIVO DE LA CAÑA GUADUA

1.2.1 REQUISITOS AGROECOLÓGICOS

1.2.1.1 Factores Climáticos

Altitud: Normalmente la guadua crece desde el nivel del mar hasta altitudes que no excedan los 2600 msnm, siendo la óptima entre los 600 y 2000.

Temperatura: El rango óptimo oscila entre los 20° y 26°C, a menor temperatura se afecta negativamente el desarrollo vegetativo de las plantas (los diámetros y las alturas de los culmos se reducen). No tolera las heladas ni los climas fríos.

Pluviosidad: Los requerimientos de lluvia son superiores a 1200 mm anuales y los óptimos fluctúan entre los 2000 y los 2500 mm/año.

Humedad relativa: Los guaduales son favorecidos por una humedad que esté comprendida entre el 75 y el 85%.

Brillo solar: La guadua requiere de una alta luminosidad, equivalente a 5 o 6 horas-luz/día. El rango óptimo de brillo solar para el desarrollo de la especie está comprendido entre las 1800 y 2000 horas-luz/año.

Vientos: Cuando los vientos son fuertes, pueden producir daños mecánicos en los guaduales, tales como volcamiento o quebramiento de algunos culmos.

El resumen de los factores climáticos que condicionan el crecimiento de la guadua se presenta en la tabla 1.4:

Tabla 1.4: Factores climáticos y rangos favorables para el crecimiento de la guadua

Factor	Rango general	Rango óptimo
Altitud (msnm)	0-2600	600-2000
Temperatura (°C)	14-26	20-26
Pluviosidad (mm/año)	1200-5000	2000-2500
Brillo solar (horas-luz/año)	1400-2200	1800-2000
Humedad relativa (%)		75-85
Vientos (intensidad)	Brisas débiles a fuertes	Brisas débiles a moderadas

FUENTE: Castaño y Moreno, 2004. “Guadua para todos”, p. 58

Comparando los datos presentados en la tabla 1.3: Características agroecológicas promedio del Cantón Mera, con los de la tabla 1.4; se deduce que el escenario de estudio propuesto en la provincia de Pastaza se muestra como un sitio geográfico propicio para el cultivo de la caña guadua.

1.2.1.2 Factores Edáficos

Las características físicas que más favorecen el desarrollo de esta gramínea son las de suelos francos, de buena fertilidad y buen drenaje, y capacidad para conservar la humedad sin llegar a anegarse. La guadua crece bien en suelos con textura franco-limosa y franco-arenosa, con texturas gruesas y medias.

Pendiente y relieve: Los suelos de relieve plano o los de pendientes suaves (0-5%) y onduladas (5-25%) son más apropiados para el desarrollo de la guadua que los suelos quebrados y escarpados (>25%).

El resumen de los factores edáficos que condicionan el crecimiento de la guadua se presenta en la tabla 1.5:

Tabla 1.5: Factores edáficos favorables para el crecimiento de la guadua

Factor	Características deseables
Textura	Francos, limosos, franco-limosos, franco-arenosos.
pH	5,5 – 6.5
Profundidad efectiva	Moderada a alta (1,0 – 1,5 m)
Permeabilidad	Moderada a alta
Retención de humedad	Moderada a alta
Fertilidad	Moderada a alta. En caso de deficiencia de N, P, K, o de elementos menores como boro, se debe proceder al abonamiento del suelo.
Relieve	En lo posible, zonas pobladas y onduladas.

FUENTE: Castaño y Moreno, 2004. “Guadua para todos”, p. 63

1.2.2 PROPAGACIÓN

Existen dos formas de propagación de la guadua: la reproducción sexual o por semilla, que es un método difícil y poco práctico; y la propagación asexual o vegetativa, que consiste en la propagación a partir de partes vegetativas de la planta como ramas, yemas, tallos y rizomas (Camargo, 2002).

La estrategia de propagación más importante de esta planta es la reproducción vegetativa, de ésta, los métodos más eficientes, rápidos y económicamente factibles para la siembra, son:

- **Chusquines:** Son brotes basales del rizoma de la guadua y están compuestos por tallo, hojas, ramas y raíz. Este método de propagación es el más recomendable.
- **Sección del tallo:** Esta técnica se realiza a partir de culmos moderadamente

maduros, de los cuales se cortan secciones con dos o más nudos que se siembran en forma horizontal o vertical.

- **Por riendas:** Se utilizan ramas jóvenes que tengan una o varias yemas, se cortan en trozos y se siembran en bolsa, procurando dejar las yemas en el centro para así obtener un prendimiento adecuado.
- **Cepas o rizomas:** Consiste en extraer los rizomas completos de la periferia de la mata y sembrarlos en sitios preestablecidos. No es un método recomendable para la conservación de la especie.

El método de propagación más adecuado para la guadua es mediante chusquines ya que las plántulas obtenidas tienen un alto índice de prendimiento, supervivencia y desarrollo, además de ser más económico (Castaño y Moreno, 2004). Es por esto que en adelante en el presente estudio se referirá únicamente a dicha técnica.

La propagación de la guadua requiere de 3 a 4 meses en promedio, tiempo en el cual de cada chusquin habrán brotado entre 5 y 12 nuevas plántulas. Éstas se deben mantener en el vivero hasta que estén listas para ser trasplantadas al campo, al principio de una estación lluviosa. Para esto, se debe realizar el deshije que consiste en separar las plántulas y trasplantarlas a bolsas de polietileno, que contengan suelo micorrizado.

La plántula estará en condiciones de ser trasplantada al sitio definitivo cuando alcance una altura aproximada de 25 cm, tenga de 2 a 4 tallos lignificados, raíces diferenciadas, al menos 10 láminas foliares desarrolladas y vigorosidad.

1.2.3 SIEMBRA

1.2.3.1 DISTANCIA Y DENSIDAD DE SIEMBRA

La distancia de siembra de las plántulas de caña guadua depende del objetivo del cultivo. Si el propósito es para una plantación protectora se utiliza una distancia de 3 x 3 m en tresbolillo, mientras que si el objetivo es desarrollar una plantación de tipo productivo, la distancia de siembra más recomendada es 5 x 5 m en cuadro, debido a que favorece el crecimiento de la caña en los límites exteriores del guadual. Este espaciamiento equivale a una densidad de siembra de 400 plantas/ha (Castaño y Moreno, 2004).

1.2.3.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Esta labor debe realizarse sobre el espacio inmediato al hoyo (área del plateo), eliminando los obstáculos y malezas, dejando la tierra suelta y apta para conseguir un buen drenaje. El diámetro del plateo es de 1.5 m de diámetro.

Antes de realizar el hoyado se procede con el trazado, tomando en cuenta los criterios de distancia de siembra y el arreglo apropiado. Una vez trazado el terreno se procede con la apertura de los hoyos, que deben ser amplios, de 40 x 40 x 40 cm. Un ahoyado apropiado favorece la aireación y la penetración de humedad, lo que permite una mejor penetración de las raíces.

1.2.4 MANEJO DEL CULTIVO

1.2.4.1 FERTILIZACIÓN

La fertilización adecuada y la formulación de la dosificación deben proceder de

un análisis y de las características del suelo. (Morán, 2000). Sin embargo, generalmente al momento de la siembra se fertiliza el fondo del hoyo con abonos orgánicos como gallinaza, porcinaza o humus, o con químicos como 10-30-10 en dosis de 100 g y 10 g de boro (Castaño y Moreno, 2004).

De acuerdo a las recomendaciones de la organización no lucrativa Ecuabambú, dedicada a la difusión del bambú en general y la guadua en particular, después de la siembra se debe aplicar urea cada tres meses, durante el primer año, en dosis de 60 g de urea por planta. Los fertilizantes se deben esparcir en la zona de plateo, en forma de corona y a una distancia de 20 o 30 cm de la planta.

A medida que crecen las plántulas de guadua sus requerimientos nutricionales aumentan, por lo que se deben realizar nuevas fertilizaciones cada 6 meses, durante los tres primeros años. El elemento que más extrae del suelo la guadua es el nitrógeno, por lo cual es aconsejable realizar aplicaciones de urea en dosis de 30 g de urea disueltos en 20 litros de agua, para 100 plantas, en cada periodo (Castaño y Moreno, 2004). También es necesario aplicar cada seis meses abono completo por mata.

1.2.4.2 LABORES CULTURALES

1.2.4.2.1 Control de malezas

Se debe hacer tres veces al año durante los tres primeros años de cultivo, durante las labores de limpieza se debe tener especial cuidado en no dañar los renuevos que brotan. Para controlar efectivamente las malezas durante la primera época de plantación se debe mantener limpia una zona de plateo de 1,5 m alrededor de la planta. A medida que la maleza se torna agresiva se practica una limpieza en la totalidad del área plantada (Morán, 2000).

Es importante señalar que la asociación de la guadua joven (1 o 2 años) con

cultivos agrícolas es una alternativa eficiente y económica para el control de malezas, ya que los cultivos intercalados las controlan. Además se aprovechan los amplios espacios vacíos disponibles e incluso se puede llegar a beneficiar al guadual si se asocia con especies fijadoras de nitrógeno (Camargo, 2002).

1.2.4.2.2 Podas y raleos (entresacas de mejoramiento)

Durante los primeros años de vida de un guadual surgen en la planta abundantes ramas y tallos que no son aprovechables y que atrasan el crecimiento del guadual. Por lo tanto se debe realizar podas y raleos cada 6 meses durante los tres primeros años de vida de la planta.

Esta labor consiste en el corte de las ramas laterales y de culmos secos, torcidos, enfermos y partidos o que presenten diámetros menores a 2,5 cm. Para entresacar los culmos se debe realizar el corte a ras del primer o segundo nudo, sin dejar pocillos en los que se puedan formar depósitos de agua que inducen el desarrollo de hongos y bacterias. Se realiza con machete y tijeras podadoras, previamente desinfectados.

1.2.4.2.3 Socola y desganche

La socola consiste en el corte de la vegetación menor asociada al guadual y se realiza para facilitar las tareas de cosecha o aprovechamiento y para aumentar la entrada de luz y calor, lo que acelera la emisión de brotes. La socola sólo se debe realizar en casos estrictamente necesarios, ya que afecta la biodiversidad asociada al guadual. Una socola adecuada es aquella que protege la regeneración de otras especies (Castaño y Moreno, 2004).

El desganche es el corte de las ramas bajas, basales o riendas a una altura de al menos 3 m, con el fin de eliminar los obstáculos para mejorar las condiciones de movilidad dentro del sitio y facilitar las labores de aprovechamiento. El

desganche se hace sobre tallos jóvenes dejando muñones de 5 cm de largo.

1.2.5 COSECHA

La cosecha de culmos de un guadual es una práctica silvicultural que se realiza cada 18 a 24 meses, este tiempo permite que la dinámica evolutiva del guadual no se perturbe y exista una renovación continua de culmos comerciales.

Cuando una plantación ha cumplido cinco años de establecida se considera que ha llegado a una etapa de productividad eficiente y sostenida, en la que presenta un conglomerado de tallos en diferentes estados de madurez: 10% corresponde a renuevos, 20% a verdes, 60% a maduras y 10% a secas (Báez, 2003).

Para saber cuántos culmos se puede entresacar por vez, es necesario realizar un plan de manejo el cual incluye un inventario forestal, que permite conocer la cantidad de tallos presentes y su estado de madurez. La recomendación general es extraer 40% de las guaduas maduras los dos primeros años de corte, y luego el 45%, como se aprecia en la tabla 1.6.

Tabla 1.6: Aprovechamiento y densidades promedio de producción de un guadual tipo

Año	Culmos por hectárea	Cantidad de culmos				
		Rebrotes (10%)	Juveniles (20%)	Maduras (60%)	Secas (10%)	Disponibles para corte
1*	400	-	-	-	-	-
2*	1.200	-	-	-	-	-
3*	1.600	-	-	-	-	-
4*	2.000	-	-	-	-	-
5	2.400	240	480	1.440	240	576
6	2.800	280	560	1.680	280	672
7	3.600	360	720	2.160	360	972
8	4.000	400	800	2.400	400	1.080

*Los cuatro primeros años no se cosechan culmos, por encontrarse en desarrollo

FUENTE: Báez, 2003. "Manejo Técnico Agrícola del Estado de Renuevo en Caña Guadua", p. 86.

De esta manera el aprovechamiento planificado permite la sostenibilidad económica y ambiental de la guadua, lo que previene su degradación.

1.2.5.1 TIEMPO DE COSECHA

La cosecha se realiza cuando la guadua ha llegado a un estado de madurez óptimo, esto ocurre aproximadamente 4 años después de sembrada. El conocimiento empírico sobre momento apto para el corte, está basado en los siguientes parámetros:

- La aparición de líquenes sobre el culmo,
- El color verde-amarillo que presenta el culmo, y
- El color gris que presenta el entrenudo.

En cuanto a la época y hora de cosecha adecuadas, durante muchos años las tradiciones arraigadas en el saber popular han determinado que son cuando la luna se encuentra en menguante y en horas de la madrugada, entre las 3 y 5 am. Esto se debe a que en estas circunstancias el porcentaje de humedad de la planta es menor, lo que permite obtener un material de mejor calidad y más resistente a insectos y otro tipo de daños (Castaño y Moreno, 2004).

1.2.5.2 PROCEDIMIENTO DE ENTRESACA

La entresaca se debe hacer en forma distanciada por el gradual, evitando concentrar los cortes en un mismo sitio o dejar sitios sin corte, ya que el primero crea propensión al volcamiento y el último hace que la planta tenga un retraso en su desarrollo. La entresaca no debe exceder el número de tallos estipulados en el plan de manejo.

Antes de la entresaca se debe seleccionar y demarcar las guaduas que se

cortarán, primero las guaduas secas, partidas y enfermas, luego las sobremaduras y al final las maduras.

Para el corte se utilizan herramientas desinfectadas. Antes de separar el culmo se elige el lado y ángulo de corte, con el fin de dirigir la caída del tallo y así evitar daños tanto a quienes realizan la actividad como a los tallos que deben quedar en pie. El corte se debe hacer en el primer nudo del tallo, sin dejar agujeros en el tocón. Una vez caído el culmo se desrama y transporta a los patios de acopio.

El resumen de los aspectos agrícolas más importantes del cultivo de *Guadua angustifolia* se presentan en la tabla 1.7.

Tabla 1.7: Plan de Producción Agrícola de la caña guadua

Criterios importantes		Valores recomendados
PREPARACIÓN DEL TERRENO		
Diámetro de plateo		1,5 m
Ahoyado		40 x 40 x 40 cm
SIEMBRA		
Distancia de siembra		5 x 5 m en cuadro
Densidad de siembra		400 plantas/ha
FERTILIZACIÓN		
Fertilizante	Época de aplicación	Dosis
10-30-10	Siembra	100 g/planta
	6, 12, 24, 36 meses	
Boro	Siembra	10 g/planta
	6, 12, 24, 36 meses	
Urea	10 días después de la siembra	60 g/planta
	9, 12 meses	
	18, 24, 30, 36 meses	120 g/ha
LABORES CULTURALES		
Control de malezas		Cada 4 meses los primeros 3 años

Podas y raleos	Cada 6 meses los primeros 3 años
----------------	----------------------------------

Tabla 1.7: Plan de Producción Agrícola de la caña guadua (continuación)

COSECHA	
Edad de cosecha	4 años cumplidos
Tiempo de cosecha	Cada 18 a 24 meses
Hora de cosecha	3 a 5 am. Luna en menguante

1.2.5.3 PARTES COMERCIALES DE LA GUADUA

De cada culmo se obtienen cuatro piezas comerciales, con un promedio de cuatro metros de largo, estas son: cepa, basa, sobrebasa y varillón.

Cepa: Corresponde a la parte basal del culmo. Tiene el mayor diámetro y la mayor resistencia, debido a la corta distancia entre sus nudos y al espesor de sus paredes. Se utiliza como postes de cerca, puntales para minas y construcción y para pulpa de papel.

Basa: Su longitud varía de 4 a 8 metros. Es la sección de mayor importancia comercial por su excelente relación peso-resistencia y porque su diámetro es muy uniforme. Es la parte más homogénea en cuanto a la distancia entre los nudos y el grosor de las paredes. De esta se obtiene un subproducto llamado esterilla, que se obtiene mediante picado de los nudos y apertura longitudinal.

Sobrebasa: Se utiliza como elemento de soporte en la construcción. Tanto su diámetro como el espesor de sus paredes son constantes, por lo que en algunas ocasiones se convierte también en esterillas de menor ancho.

Varillón: Es la parte terminal del culmo. Su longitud varia entre 2,2 y 5 m y su diámetro no es uniforme. Se emplea como soporte para tejados y como tutor

para cultivos agrícolas.

1.2.6 MANEJO POSCOSECHA

1.2.6.1 PRESERVACIÓN

El tratamiento de preservación de mayor aplicación por su facilidad y bajo costo es el curado natural o vinagrado. Este se realiza en el mismo lugar de aprovechamiento, y consiste en dejar el tallo cortado de pie sobre una piedra o sobre el tocón durante ocho días para que escurra la savia. Durante este tiempo, los residuos de carbohidratos que permanezcan en el tallo se convierten en alcohol, lo cual evita que los insectos puedan alimentarse de estos.

1.2.6.2 SECADO

En la guadua cosechada los entrenudos huecos a veces están llenos de agua. Para su uso se tienen que secar los culmos lentamente. El método más económico y el más utilizado es el secado natural, que consiste en ubicar los culmos de guadua al aire libre en áreas de sombra. Se colocan las guaduas inclinadas y apoyadas en un elemento transversal. Después de cuatro a seis meses el secado al aire está terminado, ya que el contenido de humedad de la caña se reduce hasta alcanzar un valor promedio de aproximadamente 12%.

Para evitar deformaciones después del secado, los culmos secos se almacenan de manera horizontal, protegiéndolas contra el sol, lluvia, humedad, etc. con un buen sistema de ventilación.

1.10. PRODUCCIÓN DE CAÑA GUADUA EN EL ECUADOR

A pesar de que en el Ecuador no existen cifras oficiales que permitan conocer de manera más acertada la extensión de guadua presente en manchones naturales

y áreas de cultivo, se conoce que se hallan áreas definidas en las que se puede encontrar caña guadua. Las mejores zonas están ubicadas en las áreas marginales del trópico húmedo, tanto en la región Oriental como en la Costa.²

En la actualidad se estima que en el Ecuador existen alrededor de 9.270 hectáreas de bambú de diferentes especies, de las cuales aproximadamente 4.270 corresponden a plantaciones distribuidas a nivel de todo el país y 5.000 son de manchas naturales. De estos, se estima que solo 3.500 has son accesibles para su aprovechamiento económico. (Corpei, 2003)

De acuerdo al estudio realizado por Corpei, las plantaciones de bambú en el Ecuador están distribuidas geográficamente de la siguiente manera:

Tabla 1.8: Plantaciones de bambú por provincias

Provincia	Superficie (Has)	Porcentaje (%)
Pichincha	751.50	17.6
Guayas	1,464.50	34.3
Manabí	375.00	8.8
Los Ríos	1,174.00	27.5
El Oro	100.00	2.3
Esmeraldas	240.00	5.6
Bolívar	80.00	1.9
Cotopaxi	60.00	1.4
Pastaza	13.00	0.3
Zamora	12.00	0.3
Total	4,270.00	100.0

FUENTE: CORPEI. 2005. Estudio de Mercados Internacionales para productos derivados del Bambú

² Referencia: <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s0v.htm>

1.11. LA INDUSTRIA PAPELERA

La materia prima básica para la fabricación del papel es la celulosa. Los árboles constituyen la principal fuente de fibras naturales para más del 90% de la producción de celulosa a nivel mundial, mientras que el restante 10% es aportado por otras plantas, tales como pastos, bambúes, bagazo de caña de azúcar, algodones, linos, cáñamos y otros.³

A continuación se definen los principales constituyentes de las maderas y fibras:

Celulosa: Es el principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. Químicamente la celulosa es un polímero natural, constituido por moléculas de glucosa unidas entre sí por enlaces β -1,4-glucosídico. De esta manera, la fórmula molecular de este homopolisacárido se puede expresar como $(C_6H_{10}O_5)_n$, siendo n el número de unidades que forman la cadena, también llamado grado de polimerización (Villem, 1998). La celulosa tiene una estructura completamente lineal en la que se establecen múltiples puentes intra e intermoleculares de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas muy resistentes e insolubles en agua. Su hidrólisis es muy difícil debido a la estabilidad de sus enlaces.

Durante siglos, esta fibra se ha constituido en la materia prima para la fabricación de diversos objetos de uso cotidiano, entre los cuales sobresale, por su importancia, la elaboración del papel.

Hemicelulosa: Este término se refiere de manera poco precisa a un tipo de sustancias más que a un compuesto definido. Las hemicelulosas son complejos compuestos del tipo hexosanas o pentosanas que se producen por hidrólisis de los azúcares correspondientes (Grant, 1966). En general las hemicelulosas son

³ Celulosa: <http://www.papelnet.cl/celulosa/doc/celulosa.pdf>

sustancias insolubles en agua, solubles en álcali, y que se hidrolizan más fácilmente en ácidos de lo que lo hace la celulosa (Casey, 1990). Estructuralmente las hemicelulosas difieren de la celulosa en que forman cadenas ramificadas en vez de estructuras rectas y su grado de polimerización es menor. La hemicelulosa rodea los filamentos de celulosa y ayuda en la formación de microfibrillas, es decir funcionan como material de soporte en la pared celular. Los bambúes tienen más hemicelulosas con pentosanas como su principal componente. (Mu *et al*, 2003)

Lignina: Tanto las fibras de celulosa como las hemicelulosas están unidas entre sí por una sustancia polimérica de estructura amorfa denominada lignina, la cual actúa como agente cementante y de unión de las mencionadas fibras, dando consistencia y rigidez a la planta. La lignina se sitúa formando una capa externa alrededor de las fibras, que se une a la existente en las demás fibras por medio de enlaces covalentes y de puente de hidrógeno. La estructura química de la lignina es extremadamente complicada, pero se basa en la unión tridimensional de unidades de fenilpropano. La lignina se caracteriza por poseer un peso molecular elevado, además de ser insoluble en cualquier solvente orgánico.

Las características químicas de los tres componentes principales de la madera: celulosa, hemicelulosa y lignina, son muy diferentes. En cuanto al comportamiento frente al agua, la celulosa es altamente hidrofílica, debido a la presencia de grupos polares (grupo hidroxilo). Cuando las cadenas de celulosa se ponen en contacto con el agua, las fibras absorben moléculas de agua (se hidratan) y se hinchan, mejorando simultáneamente su flexibilidad y la capacidad de enlace con otras fibras adyacentes.

Las hemicelulosas presentan cualidades mecánicas más débiles que la celulosa, y son fácilmente solubles en gran cantidad de disolventes, pues su estructura no les confiere marcadas características hidrofílicas o hidrófobas.

Por su parte, la lignina es un compuesto básicamente hidrófobo, característica frecuente en los compuestos aromáticos. Por ello, no puede ser disuelto en un medio acuoso, a no ser que se introduzcan en su estructura grupos sustituyentes polares mediante reacciones químicas, los cuales sean capaces de estabilizar las disoluciones de lignina en agua.

Extractivos: El resto de los componentes de la madera se agrupan genéricamente en una categoría denominada extractivos. Se trata de una serie de productos químicos orgánicos e inorgánicos de las células, que no son componentes estructurales de la madera. Como su nombre lo indica, se pueden extraer de la madera con agua caliente, alcohol u otros solventes. Los extractivos de tipo orgánico contribuyen a darle a la madera propiedades tales como: color, olor, sabor, resistencia a la descomposición, densidad y combustibilidad. Algunos ejemplos de extractivos son: taninos, aceites, grasas, resinas, ceras, goma, almidón y terpenos.

La determinación de la cantidad de extractivos, especialmente ceras, grasas, resinas y gomas, son de importancia dentro de la industria papelera porque tienen influencia tanto en los procesos de obtención de pulpas celulósicas como en la calidad de las mismas. (Grant, 1966)

Cenizas: La ceniza es el producto de la combustión de la madera, compuesto por minerales inorgánicos no combustibles. La ceniza presente en los bambúes está compuesta principalmente de sílice, calcio, potasio, manganeso y magnesio. Los bambúes poseen mayor contenido de ceniza y sílice que cualquier tipo de madera. El contenido de sílice es mayor en nudos y epidermis, aunque las diferencias entre la composición química de la fracción de nudos y entrenudos es muy pequeña (Li, 2004).

Para la determinación analítica del contenido de cenizas de un bambú, es muy importante realizar un muestreo adecuado, ya que las diferentes partes de

muchos materiales pueden variar en su contenido de cenizas (Grant, 1966).

Alfa celulosa: Se define como la fracción de celulosa no degradada (insoluble) que se obtiene al tratar una pasta química con una solución de NaOH al 17.5% bajo condiciones específicas. Se considera como la celulosa en su forma más pura, y la cantidad presente es una valiosa indicación de ciertas propiedades de una pulpa, tales como la capacidad de conservar su resistencia o para no degradar su color por envejecimiento. (Grant, 1966)

1.4.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS BAMBÚES

En general, la composición química de los bambúes es similar a la de la madera, ya que los principales constituyentes químicos de ambos son: celulosa, lignina y hemicelulosas en forma de pentosanas; que comprenden la mayor parte de su masa. Los constituyentes menores de los bambúes son: resinas, grasas, ceras y gomas. (Li, 2004)

En la tabla 1.9 se muestra la composición química de algunos bambúes.

Tabla 1.9: Composición química de algunos bambúes

Especie	Solubilidad en		Lignina (%)	Pentosanas (%)	Ceniza (%)	Celulosa (%)
	Agua (%)	Alcohol benceno (%)				
<i>Bambusa vulgaris</i>	7,8	4,1	21,9	21,1	2,4	66,5
<i>Bambusa tulda</i>	5,0	1,9	24,2	18,4	2,0	64,4
<i>Bambusa spinosa</i>	7,0	3,1	20,4	19,0	4,8	67,4
<i>Dendrocalamus strictus</i>	5,9	0,2	32,2	19,6	2,1	60,8
<i>Melocanna bambusoide</i>	6,5	1,4	24,1	15,1	1,9	62,2

FUENTE: Casey, 1990. "Pulpa y Papel, volumen 1", p. 655

Bambusa tulda es la especie de bambú más utilizada en la India para la elaboración de papel, y es comparable como fuente de pulpa a la *Guadua angustifolia* (Hidalgo, 1974).

1.4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS BAMBÚES

Las características físicas más relevantes de las maderas y por ende de los bambúes son: el contenido de humedad, ya que es un parámetro importante para la industrialización de la misma; y la densidad que es un indicativo de cuanto material leñoso en gramos presenta una madera por unidad de volumen expresada en g/cm³.

El contenido de humedad del bambú es mayor en la parte inferior del culmo y disminuye a medida que aumenta su altura. Además presenta una mayor humedad en las capas internas de la misma, que en su exterior. El bambú posee un alto contenido de humedad, en estado verde puede poseer 100% de humedad en base seca, pero al madurar su contenido de humedad disminuye. La variación vertical desde la parte superior (82%) a la inferior (110%) es comparativamente menor (Hidalgo, 1974).

La densidad está directamente relacionada con el contenido de humedad, a mayor humedad mayor densidad. También está directamente relacionada con la dureza de la madera, a mayor densidad mayor dureza. Se debe tener en cuenta que el término densidad verde se refiere a la madera con un contenido de humedad mayor 30% y es la relación entre el peso y el volumen verdes. El rango de densidad verde de *Guadua angustifolia* es de 0.49 – 0.55 g/cm³ (Hidalgo, 1974).

1.12. PROCESOS DE OBTENCIÓN DE PULPA

La pulpa de celulosa es un producto intermedio en la manufactura del papel y se obtiene por la separación de las fibras de madera u otros materiales fibrosos. La industria del papel tiene como propósito separar la celulosa de cualquier otro componente del cual este constituido un material vegetal, en especial la lignina. Por lo tanto, para el productor de pulpa y papel, la lignina es el ingrediente indeseable que se debe eliminar durante la producción de pulpa.

Antes de pasar a la producción de pulpa, el material vegetal inicial debe reducirse a un tamaño adecuado; la madera por ejemplo, debe reducirse a astillas. Por su parte, para producir pulpa de bambú, se utiliza una mezcla de astillado y compactación de las fibras, especialmente en los nudos y la epidermis silíceas, para lograr que las astillas tengan un tamaño uniforme (Casey, 1990). Además es importante eliminar la mayor cantidad posible de impurezas.

Las propiedades de los productos terminados dependerán de las propiedades de las pulpas utilizadas en su manufactura. Estas variarán a su vez con la calidad de las fibras utilizadas, así como el proceso empleado en la obtención de la pulpa.

Para la obtención de pulpa de celulosa se emplean métodos químicos o mecánicos, o una combinación de los dos procesos, los mismos que se describen brevemente a continuación:

1.5.1 PROCESOS MECÁNICOS

La única acción separadora es la aplicación de fuerzas mecánicas de compresión y cizalladura para conseguir la separación de las fibras. En la producción mecánica de pulpa los integrantes químicos originales del material

fibroso quedan inalterados, excepto por la eliminación de los solubles en agua. Aunque el proceso es eficaz, el papel obtenido a partir del tratamiento mecánico de la fibra para obtención de pulpa, tiende a ser débil, y a decolorarse fácilmente cuando se expone a la luz, ello se debe a la presencia de residuos de lignina.

1.5.2 PROCESOS SEMIQUÍMICOS

Los procesos de producción de pulpa de papel por medios semiquímicos implican aquellos procedimientos donde se utilizan etapas de tratamientos químicos y etapas de procesado mecánico. Los dos tipos de tratamientos son complementarios, y aúnan en la pasta final las ventajas de las pastas químicas y de las mecánicas.

1.5.3 PROCESOS QUÍMICOS

Están basados en tratamientos puramente químicos, adicionando al material vegetal reactivos químicos cuyo objetivo es la eliminación selectiva de la lignina que une las fibras, con ataque mínimo a las hemicelulosas y celulosas. Normalmente son llevados a cabo a alta temperatura y presión. Estos son los de mayor utilización en la industria papelera por su costo debido a la menor necesidad de maquinaria.

Entre los principales métodos para la producción de pulpa se destacan: el proceso a la sosa y el proceso semiquímico al sulfito neutro.

1.5.3.1 PROCESO A LA SOSA

Este compuesto es de uso general en el proceso de cocción, es decir sirve para variedad de materias primas, cabe señalar que las condiciones son variables dependiendo de la especie. Entre sus principales ventajas se destacan la facilidad en la preparación del licor ya que es tan solo necesario disolver el peso

requerido de sosa cáustica (hidróxido de sodio, NaOH) en un volumen conocido de agua. La pulpa obtenida es de gran volumen y demuestran un color claro, lo que le confiere características como receptividad de impresión. Por esto son empleadas en papeles para libros y otros papeles de impresión.

En el proceso a la sosa, la celulosa se afecta, mientras que las ligninas sufren complicadas reacciones de naturaleza hidrolítica que dan como resultado compuestos que son solubles en álcali. De su lado, las grasas y resinas se saponifican produciendo jabones solubles, que se eliminan durante el lavado. De este modo, los procesos alcalinos en general presentan menos problemas con las resinas en las pulpas obtenidas por otros métodos.

El rendimiento del proceso, expresado en porcentaje de pulpa obtenido por cantidad de madera empleada, se sitúa en torno al 45-50% (Casey, 1990).

1.5.3.2 PROCESO AL SULFITO NEUTRO

Este proceso ha probado ser una alternativa para tratar pastos y residuos agrícolas. El licor empleado para la extracción es una mezcla de sulfito sódico (Na_2SO_3) y algún compuesto que consiga regular el pH del medio a valores cercanos al neutro; estos pueden ser: carbonato de sodio (Na_2CO_3), o bicarbonato de sodio.

El efecto del sulfito sódico sobre las fibras vegetales es el de sulfonar la lignina, transformándola en ácidos sulfónicos solubles. En condiciones neutras la velocidad de este proceso es pausada, y se necesita una cantidad elevada de reactivos, pero se tiene la ventaja de obtener pulpas de mayor blancura y de mayor resistencia. Las condiciones de operación son más severas que en el proceso a la sosa, pues se lleva a cabo a alta temperatura, mayor de 170°C , temperatura a la cual la impregnación de las astillas es muy efectiva.

El rendimiento del proceso se encuentra en alrededor del 60% (Grant, 1966).

1.13. PROCESO DE OBTENCIÓN DE PAPEL

Una vez que la pulpa de celulosa está preparada en la forma de material intermedio o pasta, está lista para los procesos de fabricación de papel propiamente dichos. De éstos, el más importante es el batido, ya que este tratamiento proporciona muchas de las características del papel final.

1.6.1 BATIDO

El objetivo principal del batido es modificar las fibras de la pulpa de modo que se incorporen para formar un papel con las características deseadas. También se utiliza para mezclar las fibras cuando se utiliza más de un tipo de materia prima.

La batidora tradicional es un tanque acanalado de forma oval, cuya parte principal es un rodillo giratorio en el que se encuentran insertadas varias hojas metálicas romas, denominadas cuchillas. De acuerdo a la disposición de las cuchillas dentro de la batidora, la fibra será cortada, fibrilada (deshilachada), machacada e hidratada durante el batido.

El batido contribuye al desarrollo de resistencia por entrelazamiento mecánico. Esto ocurre mediante las ligaduras interfibras, es decir la formación de puentes de hidrógeno entre fibras adyacentes.

1.6.2 FORMACIÓN DEL PAPEL

El papel es una lámina delgada obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se unen mediante enlaces por puente de hidrógeno y forman una estructura resistente y flexible.

El formado de la hoja consiste en un proceso de filtración, que se realiza sobre

una malla metálica, en mesas planas denominadas fourdrinier a nivel industrial o en máquinas de formadores de cilindros, donde se produce el entrecruzamiento de las fibras. Con cierta agitación, mientras se va drenando el contenido de agua de la pasta, va quedando sobre la malla un depósito laminar de fibras húmedas que constituyen la hoja de papel.

1.6.3 PRENSADO Y SECADO

A continuación, la hoja de papel pasa por prensas que la estrujan y cuyo objetivo principal es disminuir la cantidad de agua del papel por compresión. Por último, se procede a un secado que termina de eliminar el agua y se procede a un alisado final, lo que mejora la calidad final del papel y lo prepara para su uso.

1.14. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE PAPELES

El papel tiene dos sentidos, debido a la mayor orientación que sufren las fibras en la dirección en que corre la máquina y también al esfuerzo de tensión que se aplica al papel durante el prensado y el secado. Se denominan sentido de fabricación o de máquina (hilo o grano) y sentido transversal. Los sentidos del papel se deben tener en cuenta al realizar las pruebas de resistencia a la tensión (Grant, 1966).

Existen muchas propiedades a considerar en el estudio del papel, pero las más importantes son:

Gramaje: Es la masa del papel por unidad de superficie y se expresa en gramos por metro cuadrado (g/m^2). Hasta un gramaje de 119 g/m^2 , se habla de papeles, a partir de 120 g/m^2 de cartulina y desde 300 g/m^2 de cartones. Por regla general, cuanto mayor es el gramaje de un papel, mayor será su grosor.

Espesor: Denominado también calibre, se define como la distancia perpendicular que existe entre las dos caras de un papel. Por su tamaño muy reducido se expresa en mm y μm (micras).

Normalmente se determina el espesor del papel para comprobar su uniformidad en diferentes puntos de una hoja y de una hoja a otra de una misma partida. Si se tiene en cuenta la manera en que se forma la hoja de papel durante su fabricación, se puede comprender que su superficie no es perfectamente plana y que puede presentar irregularidades que afectan directamente al espesor.

Resistencia a la explosión: Esta prueba realizada en el aparato de Mullen se define como la resistencia que ofrece el papel a la rotura por presión en una de sus caras. La presión puntual, creciente y controlada es ejercida por un diafragma de área circular hasta el punto en que el material termina por explotar. Esta medida se expresa en unidades de presión (psi).

Resistencia a la tensión (tracción): Mide la fuerza necesaria que resiste una probeta de papel de medidas normalizadas antes de su rotura, debido al esfuerzo provocado por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirla. Esta propiedad indica la durabilidad y potencial para el desempeño en el uso final de papeles que se emplean para sacos (envoltura y bolsas).

Para realizar esta determinación, se deben cortar especímenes en ambas direcciones del papel: transversal y de máquina. Generalmente, las probetas paralelas al sentido de la máquina presentan mayor resistencia a la tensión que las que se cortan paralelas al sentido transversal. Por ejemplo, la resistencia a la tensión del papel bond blanco mate no recubierto en sentido de máquina es de 4,0 kgf/cm, mientras que en sentido transversal es de 2,0 kgf/cm.⁴

⁴ Especificaciones Técnicas Papel Bond Mate: <http://www.etipres.com/docs/mate/bond-arclad.pdf>

A partir de este ensayo se puede determinar la longitud de rotura, que es la longitud límite de una tira de papel, cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de producirse su rotura. Se mide en mm.

1.15. PAPEL ARTESANAL

El papel artesanal es el fabricado “hoja a hoja” por el artesano, a diferencia de la formación en continuo típica de la industria. Se puede fabricar con celulosa virgen o reciclando otros papeles y agregándoles fibras naturales. Entre sus características principales se puede citar la ausencia de un sentido o dirección de fibra predominante y la presencia de formaciones irregulares en sus bordes, lo que le añade una rusticidad muy apreciada en el mercado. El papel hecho a mano suma a su utilidad, la belleza de una pieza única.

En la actualidad el papel artesanal posee aplicaciones especiales en las que no compite con el industrial. Su forma de elaboración posibilita el agregado de pétalos, hierbas y un sin fin de elementos decorativos y puede ser aplicado en lámparas, mamparas, sobres, estuches, agendas, tarjetas, cuadernos y álbumes o como soporte del dibujo y la pintura.⁵

PROCESO DE ELABORACIÓN

Existe una gran variedad de materias primas para la elaboración de papel artesanal entre las que se destacan materiales no leñosos como pajas, bambúes, bagazo, etc. y residuos vegetales generados de actividades agrícolas e industriales. En general toda materia prima que se presente bajo forma de fibras de dimensión conveniente y que sean susceptibles de formar enlaces químicos entre ellas, es apta para la fabricación del papel.

⁵ Papel artesanal: orígenes remotos y aplicaciones actuales <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc49/inti7.php>

Para lograr la extracción de la celulosa y obtener una pulpa idónea para la fabricación del papel se cocina la materia prima en una solución alcalina. La temperatura de reacción ha de ser la de ebullición de la solución a presión atmosférica. Es muy importante en esta etapa la cocción uniforme de las fibras, de manera que se suavicen y el papel tenga un acabado consistente.

La reacción de hidrólisis debe ser llevada a cabo en un tanque de acero inoxidable, provisto de una camisa para llevar a cabo el control sobre la transferencia de calor; no obstante, se sugiere el suministro de calor a partir de un quemador de gas, por contribuir a mejorar la rentabilidad económica del proyecto⁶.

Luego de ser lavada exhaustivamente, la pulpa así obtenida se coloca en un recipiente con agua y se agita para asegurar que se encuentre bien disuelta. Para la formación del papel se necesita un bastidor cuya función es la de contener la pulpa al retirarla del agua para darle forma a la hoja de papel. El bastidor está formado por el marco y el contramarco, dos piezas iguales que pueden confeccionarse con madera. Su tamaño dependerá del tamaño del papel que se quiere elaborar. En el marco se debe clavar la malla que servirá para recoger la pulpa. El contramarco no lleva malla.

Para hacer la hoja de papel artesanal se debe introducir el bastidor en el recipiente en forma vertical, luego rotarlo en forma horizontal y esperar a que se forme una lámina de pulpa sobre éste. Una vez el grosor de la película sea el deseado, se debe retirar el bastidor del agua en forma horizontal y mientras se escurre mover el bastidor para fomentar el entrecruzamiento de las fibras. Cuando la hoja ha escurrido suficiente agua, se debe quitar el contramarco y desmoldar el papel artesanal sobre un paño de lienzo o algodón, presionando de los bordes del marco en forma pareja hasta que no expulse más agua.

⁶ Propuesta para la producción de papel artesanal aprovechando los residuos vegetales generados durante la comercialización del plátano. <http://www.lablaa.org/blaavirtual/quimica/quimicart/prop1.htm>

Las hojas se deben prensar en una prensa hidráulica durante 24 horas, durante las cuales se debe cambiar la posición de las hojas en la prensa continuamente. Al cabo del tiempo previsto se retira el papel todavía húmedo del lienzo y se completa el secado en una cámara con circulación de aire caliente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.13. MATERIALES

MATERIA PRIMA

El espécimen de caña guadua que se utilizó para la caracterización físico-química, la elaboración del papel a escala de laboratorio y del papel artesanal, se cosechó el 26 de febrero de 2008 a las 4h00 am, de un bosque nativo de la parroquia Madre Tierra del Cantón Mera, provincia de Pastaza.

Se utilizó un culmo maduro de *Guadua angustifolia* conocida comúnmente como caña guadua de la variedad bicolor, de aproximadamente cinco años de edad. La edad de la caña se infirió debido a su apariencia: su color era grisáceo, presentaba manchas correspondientes a líquenes y plaquetas blanquecinas, además de poseer una gran dureza externa.

Para los análisis de caracterización y la elaboración de los pulpajes se empleó al azar el mismo número de entrenudos pertenecientes a los segmentos cepa, basa, sobrebasa, y varillón, con el fin de contar con una muestra homogénea del culmo.

La materia prima seca se troceó en pedazos pequeños. Únicamente para las pruebas de caracterización se molió la caña, para los pulpajes se utilizó los pedazos pequeños enteros. La caña molida se colocó en un agitador para tamizarla, las partículas que atravesaron la malla No. 40 de 425 μm de tamaño de poro y fueron retenidas por la malla No. 60 de 250 μm , se recolectaron.

2.14. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

2.2.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA GUADUA

Para la evaluación física del culmo maduro de *Guadua angustifolia* se utilizaron dos tipos de parámetros: desde el punto de vista práctico, aspectos apreciables a simple vista y medidos con facilidad, como diámetro del culmo, grosor de pared y densidad. Estas mediciones se llevaron a cabo con el fin de examinar la apariencia de la guadua y acreditar su calidad.

Otro aspecto valorado dentro de la caracterización física se obtuvo a nivel de laboratorio: contenido de humedad. Este análisis se realizó sobre la base de la norma TAPPI T412m de la Asociación Técnica de la Industria de Pulpa y Papel de los Estados Unidos (1970). El contenido de agua presente en la materia prima es un dato requerido para su correcta caracterización, pero también se utilizó para realizar el resto de análisis, en los cuales era necesario conocer la cantidad de materia prima seca real disponible.

2.2.1.1 DIÁMETRO DEL CULMO

A simple vista se determinaron los segmentos del culmo que poseían los diámetros máximos y mínimos y se procedió a realizar cinco mediciones de cada uno de estos utilizando un flexómetro marca Proskit de precisión decimal de 0,1 mm, Luego se calculó el promedio de dichos valores.

2.2.1.2 GROSOR DE PARED

La medición de los grosores máximo y mínimo de pared del culmo de caña guadua se realizó por medio de un calibrador marca Elephant con capacidad de 150 mm y precisión 1/20. Se efectuaron cinco mediciones de cada uno.

2.2.1.3 DENSIDAD

Las probetas para la determinación de la densidad fueron extraídas de la parte media de los entrenudos. El peso se determinó con una balanza analítica mecánica Ainsworth con cuatro decimales de precisión. El volumen de las probetas se determinó utilizando el método de desplazamiento de agua en una probeta graduada, el cual se describe en el anexo VII. Se realizaron diez determinaciones.

2.2.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA GUADUA

Los análisis referentes a la caracterización química de la materia prima fueron desarrollados sobre la base de las normas de la Asociación Técnica de la Industria de Pulpa y Papel de los Estados Unidos TAPPI (1970), como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Normas aplicadas en los análisis químicos de *Guadua angustifolia K*

PROPIEDAD	NORMA
Cantidad de cenizas	TAPPI T 15 os-58
Solubilidad en agua	TAPPI T 1 m-58
Solubilidad en alcohol-benceno	TAPPI T 6os-59
Contenido de celulosa	TAPPI T 201 m-54
Contenido de lignina	TAPPI T 13 os- 54
Contenido de pentosanas	TAPPI T 19 m-50

En cuanto a la composición química se obtuvo el contenido de resinas, grasas y ceras mediante el análisis de solubilidad en alcohol-benceno, contenido de celulosa, lignina y pentosanas. En cada prueba se trabajó con duplicados.

El análisis de solubilidad en alcohol-benceno a más de proporcionar información acerca de la cantidad de extractivos presentes en la muestra, es necesario ya que el material resultante de éste constituye el punto de partida para el análisis de contenido de celulosa y lignina.

2.15. OBTENCIÓN DE LA PULPA

2.3.1 OBJETIVO

La obtención a escala de laboratorio de pulpas celulósicas a partir de caña guadua, utilizando los licores de digestión a la sosa y al sulfito neutro, se realizó con el propósito de evaluar el material y el proceso productivo.

El conocimiento adquirido, permitió el manejo adecuado de la celulosa obtenida a la sosa y su aplicación a nivel de elaboración de papel artesanal.

El proceso que se siguió para la obtención de pulpa de caña guadua en el laboratorio, se expone en el diagrama de flujo de la figura 2.1.

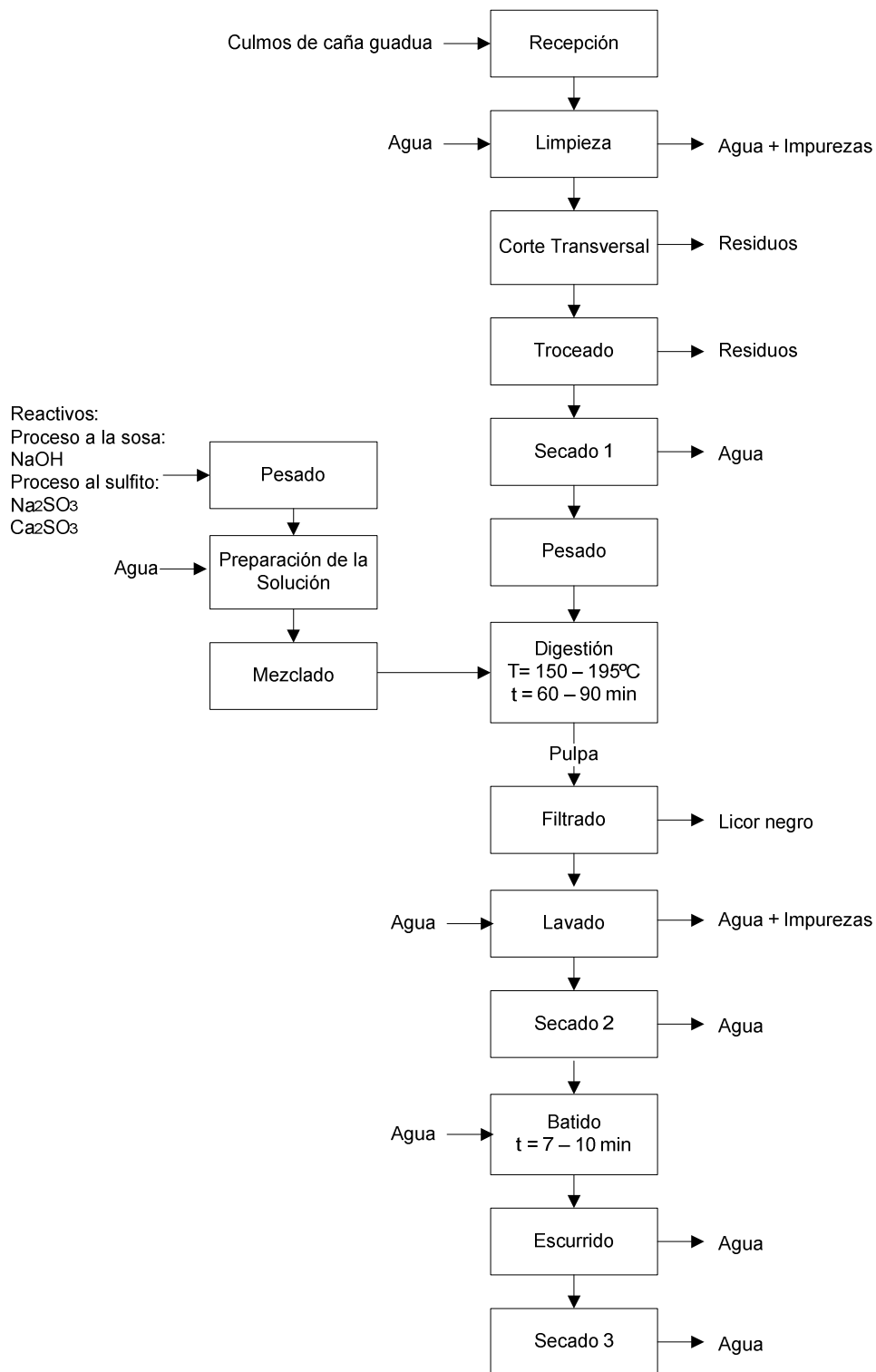


Figura 2.1: Diagrama de flujo para la obtención de pulpa de caña guadua

A continuación se presenta la explicación de cada etapa del proceso:

2.3.2 RECEPCIÓN

La caña guadua se recibió sin ramas ni espinas grandes, con el fin de evitar algún tipo de accidente. Se verificó que el material cumpla con los criterios de diámetro y grosor de pared correspondientes a un culmo maduro, así como la coloración del mismo; cuyos parámetros están detallados en el capítulo uno. Esto se realizó con el fin de utilizar materia prima con un adecuado grado de madurez.

2.3.3 LIMPIEZA

El culmo se restregó con una estopa y se limpió con agua a presión a fin de eliminar las impurezas adheridas a la corteza, así como algunos insectos pequeños y restos de plantas.

2.3.4 CORTE TRANSVERSAL

Para facilitar el troceado de la materia prima se realizó una serie de cortes transversales en el culmo, que dieron como resultado unos anillos de caña, como el que se aprecia en la figura 2.2.



Figura 2.2: Corte transversal de caña guadua

2.3.5 TROCEADO

Los anillos de guadua se cortaron en dirección paralela a la fibra utilizando un formón y con la ayuda de un martillo. El tamaño de los fragmentos fue de aproximadamente 2 cm², con un espesor de 1 a 2 mm. El troceado se practicó de manera tal que cada pedacito de caña contenga un poco de corteza, con el fin de brindar homogeneidad a la muestra.

2.3.6 SECADO 1

Se ejecutó un secado a la estufa (Precision Scientific modelo 625-A) de los trozos de caña a 102 ± 3 °C con un flujo de aire de 8 m³/s, por 8 horas con el fin de obtener los rendimientos en base seca de materia prima.

2.3.7 PESADO

El pesaje de la materia prima para la obtención de pulpa se realizó en una balanza de triple brazo, con una precisión de 0,1 g. Todos los pulpajes se realizaron con 200 g de materia prima seca a la estufa.

2.3.8 DIGESTIÓN

La digestión se llevó a cado mediante dos métodos: a la sosa y al sulfito neutro, cuyas particularidades se detallan en los literales siguientes.

El digestor utilizado para la obtención de las pulpas se muestra en la figura 2.3:



Figura 2.3: Vistas frontal y lateral del digestor Schalteistung

2.3.8.1 PROCESO A LA SOSA

- **Pesado de los Reactivos:** El proceso empezó con el pesado de la cantidad de sosa cáustica (hidróxido de sodio técnico) en diferentes concentraciones, como se aprecia en la tabla 2.2. Se utilizó la balanza de triple brazo de precisión 0,1 g.
- **Preparación de la Solución:** El volumen de la solución se calculó mediante la razón licor, que en todos los pulpajes fue constante 5:1. La solución de hidróxido de sodio se realizó con agua corriente en relación peso/volumen.
- **Mezclado:** La solución se mezcló adecuadamente mediante un agitador de vidrio. Una solución correctamente mezclada se mostró transparente, sin presencia de grumos.
- **Digestión:** La materia prima previamente pesada junto con la solución preparada se colocaron dentro del digestor. Una vez cargado el digestor se procedió con el proceso de digestión, variando las condiciones de temperatura, las cuales se presentan en la tabla 2.2. Finalizado dicho proceso se eliminaron los gases producidos por medio de una válvula a la que se conectaba una manguera y se los condensó con agua.

La tabla 2.2 muestra las condiciones con las que se trabajó en los distintos pulpajes:

Tabla 2.2: Condiciones utilizadas en los pulpajes del proceso a la sosa

PULPAJES	CONDICIONES DE DIGESTIÓN		
	Temperatura (°C)	Concentración NaOH (%)	Tiempo (min)
O1	170	5	60
O2	160	6	60
O3	160	7	60
O4	160	4	60
O5	170	7	60
O6	170	6	60
O7	160	5	60
O8	150	7	60
O9	150	6	60
O10	150	5	60
O11	150	4	60

2.3.8.2 PROCESO AL SULFITO NEUTRO

- **Pesado de los Reactivos:** Primero se pesaron los reactivos a manipular, como sustancia deslignificante se utilizó sulfito de sodio (Na_2SO_3) en distintas concentraciones y con el fin de controlar el pH de la solución se aplicó carbonato de sodio (Na_2CO_3) en menor cantidad.
- **Preparación de la Solución:** Ambos compuestos se emplearon como porcentaje peso/peso de muestra de materia prima seca y se diluyeron en agua corriente, tomando en cuenta la humedad de la caña guadua. La razón licor que se empleó para la cocción fue constante en todos los pulpajes, 5:1.

- **Mezclado:** Primero se diluyó el sulfito de sodio en el volumen de agua correspondiente, adicionando posteriormente el carbonato de sodio y agitando con un agitador de vidrio hasta que se diluyó por completo.
- **Digestión:** La obtención de pulpas por medio del proceso al sulfito neutro se llevó a cabo con temperaturas más altas que en el proceso anterior, como se muestra en la tabla 2.3. Finalizada la digestión se eliminaron los gases producidos como se describe en el inciso anterior.

Tabla 2.3: Condiciones utilizadas en los pulpajes del proceso al sulfito neutro

PULPAJES	CONDICIONES DE DIGESTIÓN			
	Temperatura (°C)	Concentración Na ₂ SO ₃ (%)	Concentración Na ₂ CO ₃ (%)	Tiempo (min)
S1	185	20	5	60
S2	185	30	5	60
S3	190	40	5	60
S4	190	50	5	60
S5	190	10	5	60
S6	190	20	5	60
S7	185	50	5	60
S8	185	40	5	60
S9	190	30	5	60
S10	185	10	5	60

2.3.9 FILTRADO

Cuando la presión del digestor era nula y la temperatura era menor a 70°C se descargó el digestor. Se realizó el filtrado utilizando un tamiz de 40 mesh, con el fin de eliminar los licores residuales de la cocción.

2.3.10 LAVADO

El lavado de la pulpa obtenida se realizó con agua corriente hasta alcanzar un rango de pH entre 6,2 y 7,8; lo cual se lograba, para fines prácticos, cuando el agua residual del lavado no presentaba color alguno.

2.3.11 SECADO 2

El secado de las pulpas se realizó en la estufa a una temperatura de 75°C, con un flujo de aire de 8 m³/s durante 24 horas. El secado se efectuó para obtener el rendimiento en base seca de los procesos de digestión y con el fin de preparar las pulpas para el análisis de contenido de alfa celulosa. Lógicamente, ésta etapa sólo se realizó por tratarse de un estudio de laboratorio, ya que en la práctica no es necesario llevarlo a cabo.

2.3.12 BATIDO

Todas las pulpas, tanto las que se obtuvieron por el proceso a la sosa como al sulfito, se batieron en una batidora de papel TMI, por 7 minutos. Sin embargo, las pulpas O4, O7, O11, S1, S5 y S10 posterior a dicho batido aún presentaron material entero, por lo que se procedió a un batido más intenso, con mayor peso por otros 10 minutos.

2.3.13 ESCURRIDO

El escurrido se realizó mediante un tamiz de poro 40 mesh, con el fin de eliminar el agua del batido y facilitar el manejo de las pulpas.

2.3.14 SECADO 3

Se tomaron las mismas condiciones del secado No. 2. Este secado se efectuó

con el fin de determinar el rendimiento en base seca después del batido.

2.16. EVALUACIÓN DE LAS PULPAS

Para evaluar las pulpas obtenidas tanto por el proceso a la sosa como al sulfito, se utilizaron dos métodos: rendimiento y contenido de alfa celulosa.

2.4.1 RENDIMIENTO

Una vez obtenida y lavada la pulpa se procedió a secarla en la estufa a 75°C con un flujo de 8 m³/s hasta peso constante y se pesó el material obtenido.

La ecuación que se utilizó para el cálculo del rendimiento es la siguiente:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{W_p}{W_m - H} \quad [2.1]$$

Donde:

W_p : Peso de la pulpa seca a la estufa, en gramos

W_m : Peso de la muestra húmeda, en gramos

H : Contenido de humedad de la muestra

2.4.2 CONTENIDO DE ALFA CELULOSA

El contenido de alfa celulosa se determinó siguiendo la norma TAPPI T 203 m-58 y cada muestra se trabajó con duplicados.

2.17. ELABORACIÓN DEL PAPEL

En la figura 2.4 se aprecia un diagrama de flujo concerniente al proceso seguido en el laboratorio para la elaboración del papel.

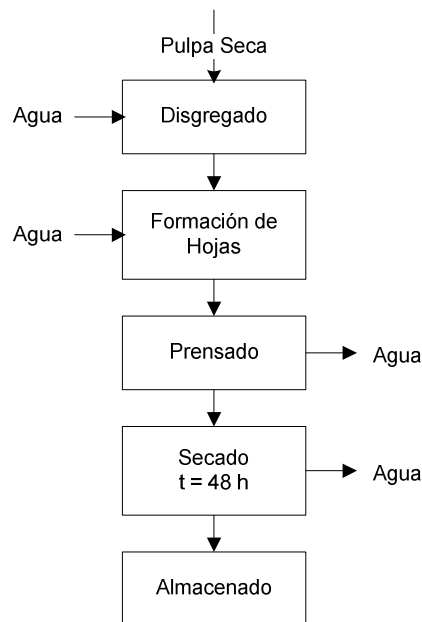


Figura 2.4: Diagrama de flujo para la obtención de papel de caña guadua

La elaboración del papel se realizó mediante los siguientes pasos:

2.5.1 DISGREGADO

Debido a que la pulpa fue secada a la estufa para determinar su rendimiento, fue necesario separarla mediante el uso de una disgregadora Essex (Standard Apparatus for Pulp Evaluation) antes de realizar las hojas, con el fin de garantizar que las fibras se abran, humecten y se entrelacen el momento de la formación de las hojas.

Se confeccionaron 8 hojas de cada pulpa, cada una de las cuales debía contener 1,5 g de pulpa, por lo que se disgregaron 12 g de cada pulpa en 2 litros de agua. El disgregado duró alrededor de 20 minutos y se llevó a cabo hasta que el contador de revoluciones del aparato marcó 3000 revoluciones.

2.5.2 FORMACIÓN DE HOJAS

Para obtener las hojas se diluyeron los 12 g de pulpa disgregados en 6 litros adicionales de agua, dando un total de 8 litros de agua, uno por cada hoja a elaborar. Las hojas se fabricaron en la máquina formadora de hojas Essex, que se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5: Formadora de hojas Essex utilizada

En el cilindro cerrado de la formadora se colocó un litro de agua con la pulpa en suspensión. A continuación se llenó de agua el cilindro mediante una llave acoplada al aparato para dicho fin. Luego se agitó el agua y la pulpa con un agitador agujereado de metal para lograr su mezcla.

A continuación se aplicó succión con el fin de que la pulpa se consolide en la malla del fondo de la máquina y forme una hoja de papel. Esta hoja se adhirió a una de papel filtro y posteriormente se utilizó un rodillo de metal para que el peso de éste logre que la hoja se pegue correctamente.

2.5.3 PRENSADO

Las hojas se prensaron en pacas de 8 papeles y se colocaron entre latas de aluminio redondeadas. La presión que se aplicó sobre las hojas fue de 55 psi ($3,79 \times 10^5$ Pa), durante dos ciclos. El prensado duró aproximadamente 20 minutos.

2.5.4 SECADO

Las hojas prensadas se ubicaron en anillos de metal a fin mantener las hojas templadas y evitar su arrugamiento. Las hojas se hallaban en las latas de metal sobre las que fueron prensadas. El secado se realizó a una temperatura de 25°C por 48 horas. Se ubicó un peso de 5 kg sobre los anillos de metal para ayudar al estiramiento de las hojas.

2.5.5 ALMACENADO: Las hojas se almacenaron en un ambiente fresco y seco.

2.18. EVALUACIÓN DEL PAPEL

Se efectuaron cuatro pruebas para evaluar la calidad del papel obtenido: espesor, gramaje, resistencia a la explosión y resistencia a la tensión. Al igual que las anteriores se realizaron sobre la base de las normas TAPPI. Las especificaciones de las normas utilizadas se presentan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Normas utilizadas para evaluar el papel

FACTOR	NORMA
Espesor	TAPPI T 411 m- 44
Gramaje	TAPPI T 410 m- 45
Resistencia a la explosión	TAPPI T 403 m- 53
Resistencia a la tensión	TAPPI T 404 m- 50

2.19. OBTENCIÓN DE PULPA ARTESANAL

A nivel artesanal la pulpa se obtuvo mediante el proceso a la sosa, sin embargo se introdujeron ciertos cambios en el desarrollo del procedimiento, para que éste sea fácilmente alcanzable en condiciones de campo.

El diagrama de flujo de la figura 2.6 presenta el proceso que se realizó para obtener pulpa artesanal de caña guadua:

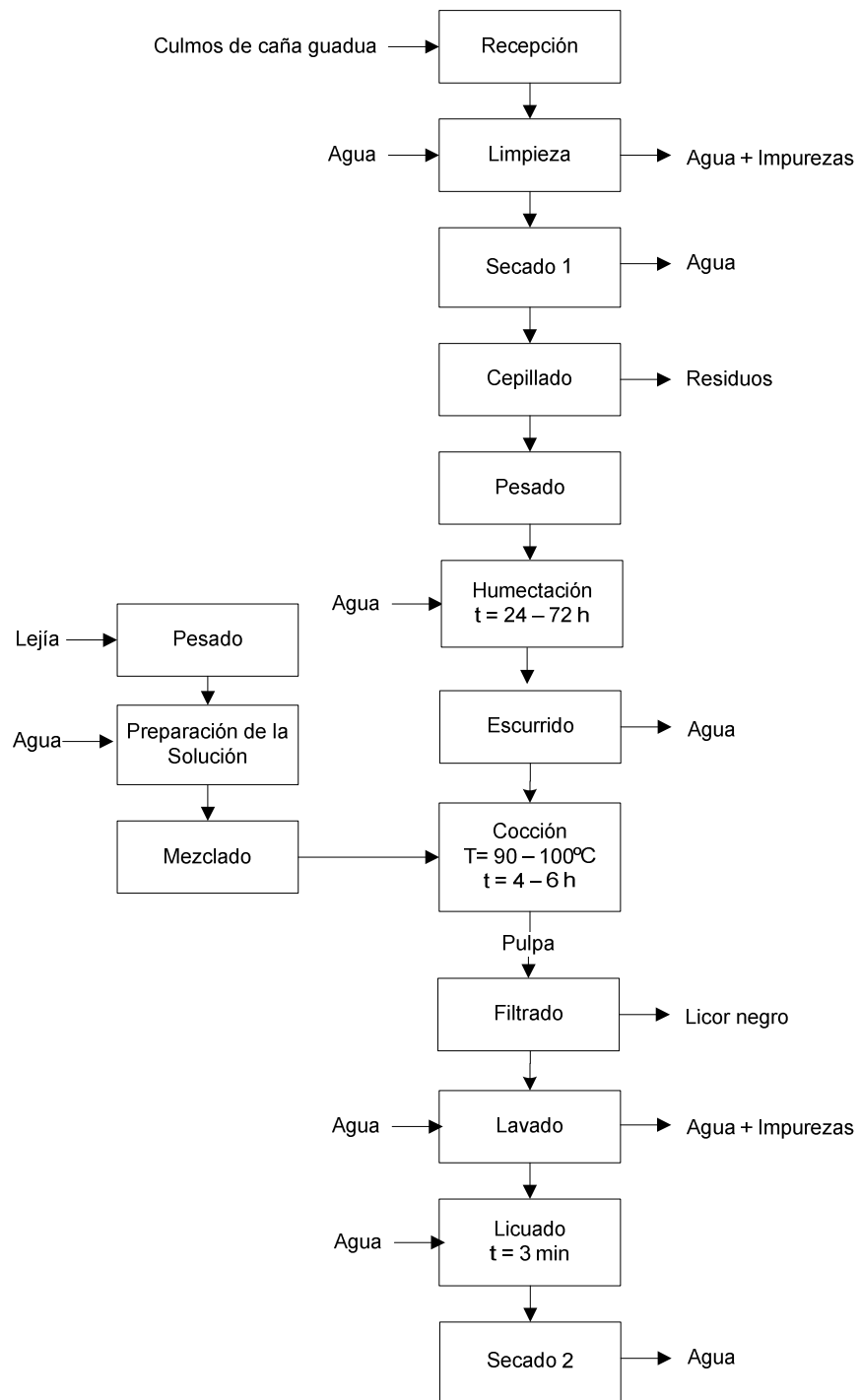


Figura 2.6: Diagrama de flujo para la obtención de pulpa a nivel artesanal

En líneas generales el proceso seguido a nivel artesanal se asimila al encontrado a escala de laboratorio, sin embargo se introdujeron cambios muy significativos. El proceso se describe a continuación:

2.7.1 RECEPCIÓN Y LIMPIEZA

El material se recibió desramado y se verificaron los parámetros de calidad física de la guadua. La limpieza se realizó con agua a presión y mediante el frotamiento con una estopa.

2.7.2 SECADO 1

El secado a la estufa se realizó con el fin de conocer la cantidad de humedad presente en la muestra, para así poder efectuar los cálculos tendientes a rendimientos. Por lo tanto, este paso se suprime en la producción.

2.7.3 CEPILLADO

En lugar del corte transversal y el troceado que se realizaron a escala de laboratorio, a nivel artesanal se efectuó un cepillado de la materia prima, como se puede apreciar en la figura 2.7, con fines prácticos y de manejabilidad.



Figura 2.7: Cepillado de guadua en el proceso artesanal

2.7.4 PESADO

El pesado de la caña cepillada se llevó a cabo en una balanza de triple brazo con una precisión de 0,1 g.

2.7.5 HUMECTACIÓN

Debido a que el tamaño de los fragmentos de caña guadua eran mayores con el cepillado que los obtenidos a escala de laboratorio; éstos fueron humectados, para que así se ablanden y permitan la penetración del reactivo más eficientemente. La relación sólido/líquido empleada fue 1:10.

2.7.6 ESCURRIDO

Se escurrió el agua de la humectación por medio de un tamiz de poro 40 mesh. Sin embargo esta agua no se desechó, sino que se siguió utilizando para todos los pulpajes de papel artesanal realizados.

2.7.7 PESADO DE LOS REACTIVOS

El reactivo utilizado para la deslignificación de la caña fue la lejía marca Sello Rojo, ya que su principal ingrediente activo es hidróxido de sodio. Las características de la lejía se detallan en la hoja de seguridad del anexo X. La lejía se utilizó en diferentes concentraciones, como se muestra en la tabla 2.6.

2.7.8 PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La razón licor que se empleó fue 10:1, con el fin de que la solución cubra totalmente la muestra de caña. Se utilizó agua corriente para la preparación de la solución.

2.7.9 MEZCLADO

La mezcla se efectuó con un agitador de vidrio y en un lugar bien ventilado, hasta diluir completamente la lejía.

2.7.10 COCCIÓN

La cocción se realizó en una cocineta Haceb a temperatura media (promedio: 92°C), muy inferior a las alcanzadas en el digestor, por lo que a modo de compensación, se alargó el tiempo de cocción. El recipiente en que se ejecutó la cocción estaba tapado, pero no era hermético. Las condiciones utilizadas en los pulpajes de prueba para el papel artesanal se exponen en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Condiciones utilizadas en los pulpajes de prueba para el papel artesanal

PULPAJES	CONDICIONES DE COCCIÓN		
	Tiempo de humectación (h)	Concentración Lejía (%)	Tiempo de cocción (h)
M1	48	5	6
M2	72	5	6
M3	72	5	5
M4	24	5	5
M5	48	5	5
M6	24	5	6

2.7.11 FILTRADO Y LAVADO

Una vez terminada la cocción se procedió con el filtrado de la pulpa para eliminar los residuos de la solución utilizada. Luego se realizó el lavado con agua corriente hasta que corrió clara sin impurezas.

2.7.12 LICUADO

El licuado se realizó en una licuadora doméstica marca Oster modelo 465-41, como una operación análoga al batido, con una duración de 3 minutos a velocidad media.

2.7.13 SECADO 2

El secado 2 se realizó únicamente para obtener datos de rendimientos. No es aplicable productivamente.

2.20. ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL

El diagrama de flujo de la figura 2.8 presenta el proceso que se realizó para obtener el papel artesanal de caña guadua:

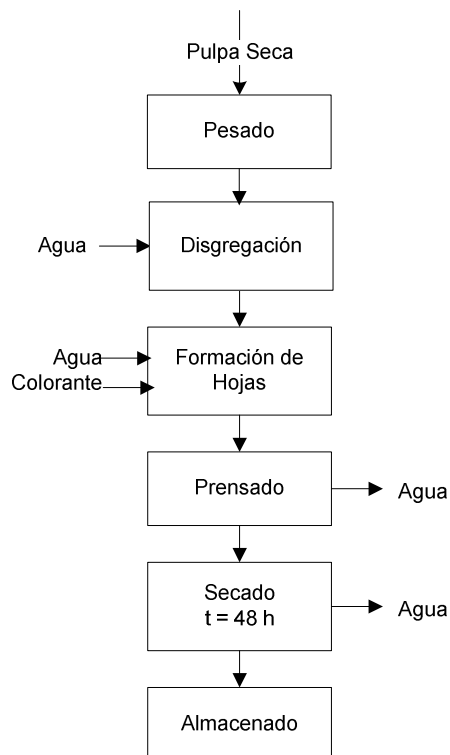


Figura 2.8: Diagrama de flujo para la elaboración de papel artesanal

2.8.1 PESADO

La pulpa seca se pesó con una balanza de triple brazo para la disgregación subsecuente, ya que era necesario conocer el peso de la pulpa y el volumen de agua empleado.

2.8.2 DISGREGACIÓN

Debido a que la pulpa se debió secar para cálculos de rendimiento en base a materia seca, primero se humectó la pulpa ya licuada en un volumen conocido de agua, por un tiempo de 4 horas.

2.8.3 FORMACIÓN DE HOJAS

Para la formación de las hojas de papel artesanal se utilizó un marco de madera desmontable de 210 x 297 mm correspondiente a una hoja de formato A4, unido a una malla plástica, de tamaño de poro de 40 mesh, donde se posó el papel. Se elaboraron 8 hojas de cada pulpa.

La pulpa humectada se pasó a un recipiente junto con el volumen conocido de agua utilizado en la humectación, donde se completó un litro de agua por cada 5 g de pulpa. En las muestras de las pulpas obtenidas por los procesos M2 y M5 el agua fue mezclada con 0,1 g de colorante vegetal rojo con el fin de comprobar que las pulpas se podían tinturar.

La formación de las hojas se realizó introduciendo el marco dentro del agua con pulpa en suspensión y retirándolo suavemente procurando colocar una fina película de pulpa sobre la malla. Mientras el agua contenida en la pulpa goteaba, se debía mover el bastidor, este movimiento promovía el entrecruzamiento de las fibras.

Cuando la hoja escurrió suficiente agua, se removió el marco desmontable, y la hoja se posó sobre una tela de lienzo limpia y seca. Se presionó la hoja de modo que se adhiriera a la tela y libere el exceso de agua.

2.8.4 PRENSADO

El prensado se realizó con pesas de 5 kg dispuestas sobre los papeles por 24 horas, mientras se cambió continuamente (cada dos horas) la posición de las hojas. Además entre cada papel artesanal se colocaron telas de lienzo y papeles filtro que absorbieron el agua en exceso y la humedad.

2.8.5 SECADO

El secado se realizó en una cuarto pequeño a temperatura ambiente, con circulación de aire proveniente de un ventilador. El secado tardó 48 horas.

2.8.6 ALMACENADO

Las hojas secas y listas se almacenaron en paquetes de 8 hojas que se colocaron bajo un peso de 5 kg.

2.21. EVALUACIÓN DEL PAPEL ARTESANAL

La evaluación del papel artesanal se realizó llevando a cabo mediciones de espesor, gramaje y resistencia a la explosión, parámetros que son pertinentes de acuerdo al tipo de papel que se elaboró, es decir papel tipo escritura.

2.22. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado se realizó en base a cuatro ejes principales: identificación del producto, determinación del tipo de mercado, estudios de oferta y demanda de papel artesanal.

2.10.1 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

La identificación del producto se realizó con el fin de caracterizar los artículos a elaborar y para conocer más fácilmente los tipos de mercado a los que se pretende ingresar.

2.10.2 TIPO DE MERCADO

El tipo de mercado se encontró ubicando las particularidades de los consumidores del producto propuesto y las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla el proyecto. También se determinó el mercado meta al que se desea llegar. Todo esto se logró mediante el análisis de la información otorgada por el Gobierno Municipal de Mera y del Consejo Provincial de Pastaza con sede en el Puyo.

La información primaria obtenida del Gobierno Municipal de Mera, se recopiló a través de una entrevista con el Alcalde, el Sr. Alfredo Cajamarca realizada el día 22 de Octubre del 2008, y de la Ing. Mayra Villagomez encargada del departamento de proyectos del Cantón Mera. También se visitó el Consejo Provincial de Pastaza y el Ministerio de Turismo en sus cedes locales i-TUR.

2.10.3 ESTUDIO DE LA OFERTA

Se realizó un estudio de la oferta y la demanda de papel artesanal a nivel país mediante la identificación de empresas que adquieren el producto y

asociaciones de artesanos que lo ofrecen. El estudio de la oferta se realizó mediante entrevistas, recopilación de datos en entidades seccionales, gubernamentales y de dirección nacional, así también de empresas privadas.

2.10.4 ESTUDIO DE LA DEMANDA

En cuanto al estudio de la demanda, se entrevistaron a dueños de empresas privadas dedicadas a la imprenta y manufactura de tarjetería ubicadas en las ciudades de Puyo, Quito, Ambato y Baños, con el fin de determinar la cantidad de producción ideal para la empresa.

Los datos secundarios se obtuvieron del Banco Central del Ecuador y de la CORPEI, además del documento: Plan de Desarrollo Estratégico Cantonal Mera elaborado por la Asociación de Municipalidades del Ecuador y recibido del Gobierno Municipal de Mera.

2.23. ESTUDIO TÉCNICO

2.11.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La ubicación de la planta es un criterio muy importante a tomar en cuenta, principalmente por sus implicaciones económicas. La ubicación de la planta de elaboración de papel artesanal de caña guadua se determinó mediante el análisis de diversos factores como: condiciones ambientales, disponibilidad de materia prima, servicios básicos y vías de acceso.

2.11.2 BALANCE DE MATERIALES

El balance de materiales se realizó para la producción mensual de 12 resmas de

papel artesanal, lo que implica el procesamiento de 132,73 kg de caña guadua. El procedimiento se llevó a cabo tomando en cuenta los rendimientos obtenidos para la elaboración del papel artesanal, así como las pérdidas en que se incurren.

2.11.3 REQUERIMIENTOS DE AGUA

Los requerimientos de agua para la elaboración de papel artesanal de caña guadua se establecieron mediante el cálculo de las cantidades de agua necesarias para cada una de las etapas del proceso de producción. Se registraron los requerimientos mensuales de agua.

2.11.4 REQUERIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo de energía eléctrica se fijó utilizando la potencia y tiempo de trabajo de los equipos que intervienen en el proceso de producción. Se realizó el cálculo del requerimiento de energía eléctrica mensual.

2.11.5 DETERMINACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO

El número de trabajadores necesarios se calculó mediante la matriz de capacidad instalada, en la que se detallan las actividades realizadas en el proceso de obtención de papel artesanal de caña guadua, exceptuando aquellas en las que únicamente se utiliza maquinaria, para establecer el tiempo real que el personal ejerce su fuerza de trabajo.

2.11.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

Para el dimensionamiento de la planta se determinó el tamaño de las maquinarias y equipos a utilizar en el proceso productivo propuesto.

Posteriormente se diseñó el esquema más eficiente para aprovechar al máximo el espacio, sin dejar de lado la funcionalidad del diseño.

2.24. ESTUDIO FINANCIERO

En el estudio financiero se identificaron las inversiones necesarias para implementar la industria de papel artesanal de caña guadua, los costos fijos y variables, los costos de producción, ingresos, estado de pérdidas y ganancias, punto de equilibrio, tasa interna de retorno y valor actual neto.

2.12.1 INVERSIONES

La inversión total se calculó mediante la determinación de la inversión fija, que consta de terrenos, construcciones, maquinarias y equipos, muebles de oficina, constitución de la sociedad, equipo de computación e imprevistos. A esto se le suma el capital de operaciones que se desglosa en materiales directos, mano de obra directa, carga fabril y gastos administrativos sin depreciación ni amortización.

2.12.2 COSTOS VARIABLES

La determinación del monto de costos variables se calculó mediante la suma de los valores de materiales directos y mano de obra directa, dichos conceptos se encuentran directamente relacionados al volumen de producción.

2.12.3 COSTOS FIJOS

Este rubro se obtuvo por la sumatoria de los montos de: carga fabril que a su vez se divide en mano de obra indirecta, materiales indirectos, depreciaciones, suministros, reparaciones, mantenimiento, seguros e imprevistos; y gastos

administrativos y generales, además de los gastos financieros.

2.12.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se establecieron los costos de producción del papel artesanal que consta de los montos de materiales directos, mano de obra directa y carga fabril; para lo cual se utilizó como base papel de gramaje de 182 g/m².

2.12.5 INGRESOS

Los valores de ingresos corresponden a los montos percibidos por las ventas netas que se proyectaron a través del estudio de mercado.

2.12.6 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

Se realizó el estado de pérdidas y ganancias anuales de la empresa de producción de papel artesanal de caña guadua, mediante la diferencia de los ingresos y los egresos. De allí se establecieron las utilidades de la empresa y su rentabilidad.

2.12.7 PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio se calculó mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Punto de equilibrio (\%)} = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{15} - \text{Costos Variables}} \quad [2.2]$$

Esto se entiende como el porcentaje de ventas utilizado para pagar los costos fijos y los costos variables y el resto es la utilidad neta que obtiene la empresa.

$$\text{Punto de equilibrio (\$)} = \frac{\text{Costos Fijos}}{\frac{\text{Costos Variables}}{\text{Ventas totales}}} \quad [2.3]$$

La cantidad resultante se entiende como las ventas necesarias para que la empresa opere sin pérdidas ni ganancias.

2.12.8 TIR Y VAN

Estos índices de rentabilidad se calcularon mediante el empleo del programa Microsoft Excel, para lo cual se utilizó el flujo de caja de la empresa de fabricación de papel artesanal de caña guadua.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

3.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Las características físicas valoradas en la caña guadua utilizada son expuestas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Características físicas del espécimen de *Guadua angustifolia*

Factor	Dimensión
Diámetro máximo del culmo	12,00 cm
Diámetro mínimo del culmo	2,00 cm
Grosor máximo de pared	3,00 cm
Grosor mínimo de pared	0,70 cm
Humedad inicial	58,98%
Densidad verde	0,52 g/cm ³

Los diámetros máximos y los grosores máximos de la pared del entrenudo corresponden a la cepa, mientras que en el segmento denominado varillón se encuentran los espesores de pared más reducidos y los diámetros mínimos del culmo.

Con los valores promedio de diámetro y grosor de pared máximos, se puede concluir que la caña guadua utilizada se encuentra dentro de los rangos apropiados para un culmo maduro de la especie, cotejando con los datos de la tabla 1.2: dimensiones del culmo de caña guadua. Además el contenido de humedad y la presencia de líquenes en el culmo confirman que se trata de una

guadua en estado maduro.

En cuanto a la densidad verde hallada en la guadua se encuentra en concordancia con el rango estipulado por Hidalgo, 1974. Esta medida es de uso práctico y de fácil medición y permite caracterizar a la caña como un material apto para su procesamiento debido a que, como se indicó en el capítulo uno, la densidad depende del contenido de humedad. Es así que cañas con una mayor densidad indican un mayor contenido de humedad, lo que influye en varios aspectos productivos como: períodos más largos de secado y una menor cantidad disponible de materia prima para procesar.

3.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Los resultados obtenidos de la caracterización química de la caña guadua analizada se muestran en la tabla 3.2 además se adjuntó datos de la especie *Bambusa tulda*, la cual se utiliza en la elaboración de pulpa de celulosa a nivel industrial en India.

Tabla 3.2: Composición química de *Guadua angustifolia* vs. *Bambusa tulda*

Especie	Solubilidad en		Lignina (%)	Pentosanas (%)	Ceniza (%)	Celulosa (%)
	Agua (%)	Alcohol benceno (%)				
<i>Guadua angustifolia</i>	10,09	4,03	19,72	11,65	5,16	59,77
<i>Bambusa tulda</i> *	5,00	1,90	24,20	18,40	2,00	64,40

* Según Casey, 1990, p. 655

Sobre la base de los datos expuestos en la tabla 1.6, los resultados obtenidos en la caracterización realizada de la guadua, guardan relación con los datos de otras especies de bambúes.

Adicionalmente con la finalidad de comprobar que la caña guadua procedente del Cantón Mera puede llegar a ser un material de uso industrial para la elaboración de papel, es conveniente comparar su composición química con la de *Bambusa tulda*.

La celulosa es el mayor componente de ambas especies, lo que ratifica que el contenido de celulosa es el factor individual más importante en un material lignocelulósico, y determina su valor como fuente de pulpa para papel. El porcentaje de celulosa en la caña guadua es ligeramente menor al de la *Bambusa tulda*, sin constituir esto en una desventaja para la especie ecuatoriana, puesto que al evaluar íntegramente ambos materiales se encuentran atributos complementarios en cada una de ellas.

El segundo componente químico más abundante en la guadua es la lignina, que cotejando con la *Bambusa tulda*, se encuentra en menor proporción. En un material destinado para la elaboración de pulpa de celulosa, es preferible contar con un menor contenido de lignina, ya que ésta se considera el principal componente a eliminar. Es así que un menor contenido de lignina implica condiciones menos severas de digestión, lo que se traduce en menores costos operativos.

Los elementos solubles en agua (gomas, taninos, mucílagos) y en alcohol-benceno (resinas, grasas y ceras), son mayores en la caña guadua que en la especie hindú. Por el contrario, su contenido de pentosanas es menor. Todos estos constituyentes se consideran impurezas en la industria papelera y los procesos de digestión empleados las eliminan junto con la lignina.

En el caso particular del proceso de obtención de pulpa a la sosa, las ceras reaccionan con el hidróxido de sodio y forman jabones, los cuales se eliminan en el lavado, formando espuma. Esto se usa en la práctica como un indicador

empírico que evalúa el estado del lavado de la pulpa.

En cuanto a la cantidad de cenizas presentes en ambas especies, los valores difieren de manera palpable, ya que el valor obtenido para la *Guadua angustifolia*, duplica la cantidad presente en la *Bambusa tulda*. La presencia de cenizas en la caña guadua no consistió un impedimento durante el proceso de fabricación del papel.

3.2. EVALUACIÓN DE LAS PULPAS

3.2.1 RENDIMIENTO

En general, los rendimientos de las pulpas obtenidas por los dos métodos aplicados se encuentran en el orden del 43 al 54%. Comparando los rendimientos obtenidos en cada proceso, se aprecia que las pulpas al sulfito poseen el mayor valor promedio, 49,96%; mientras que las pulpas a la sosa presentan un 48,16%. A pesar de esto, el mayor valor de rendimiento logrado en todos los ensayos, 54,20%, pertenece al pulpaje O10, que es un pulpaje a la sosa.

A continuación se presentarán los resultados de cada uno de los dos procesos realizados a escala de laboratorio:

3.2.1.1 RENDIMIENTO DE LAS PULPAS A LA SOSA

En la tabla 3.3 se presentan los rendimientos de pulpa globales del proceso a la sosa, junto a las condiciones empleadas de temperatura, concentración de reactivo y tiempo de digestión.

Tabla 3.3: Condiciones y rendimientos de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa

PULPAJES	CONDICIONES DE DIGESTIÓN			RENDIMIENTO (%)
	Temperatura (°C)	Concentración NaOH (%)	Tiempo (min)	
O1	170	5	60	46,33
O2	160	6	60	47,43
O3	160	7	60	45,95
O4	160	4	60	49,20
O5	170	7	60	43,35
O6	170	6	60	43,51
O7	160	5	60	49,30
O8	150	7	60	46,65
O9	150	6	60	52,80
O10	150	5	60	54,20
O11	150	4	60	51,10

Como se puede apreciar, el pulpaje O10 presenta el mayor porcentaje de rendimiento de todos los ensayos. Las condiciones de digestión empleadas en él, temperatura de 150 °C y concentración de hidróxido de sodio de 5%, proporcionan una digestión adecuada del material, por cuanto no existe presencia de residuos. Posteriormente, la pulpa obtenida mejoró gracias al batido, y se constituyó una pulpa con características favorables para la elaboración de papel.

Por el contrario, la pulpa O5 tiene las condiciones más extremas y presenta el rendimiento más bajo. Es importante señalar que el pulpaje O11, a pesar de haber sido realizado con las condiciones menos severas experimentadas, tiene un menor rendimiento ya que se reportaron partes enteras como residuos que

no pudieron ser mejorados ni con la subsecuente etapa de batido.

INFLUENCIA DE CONDICIONES DE DIGESTIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO

El efecto de la temperatura y concentración de reactivo en las pulpas a la sosa se presenta en la figura 3.1.

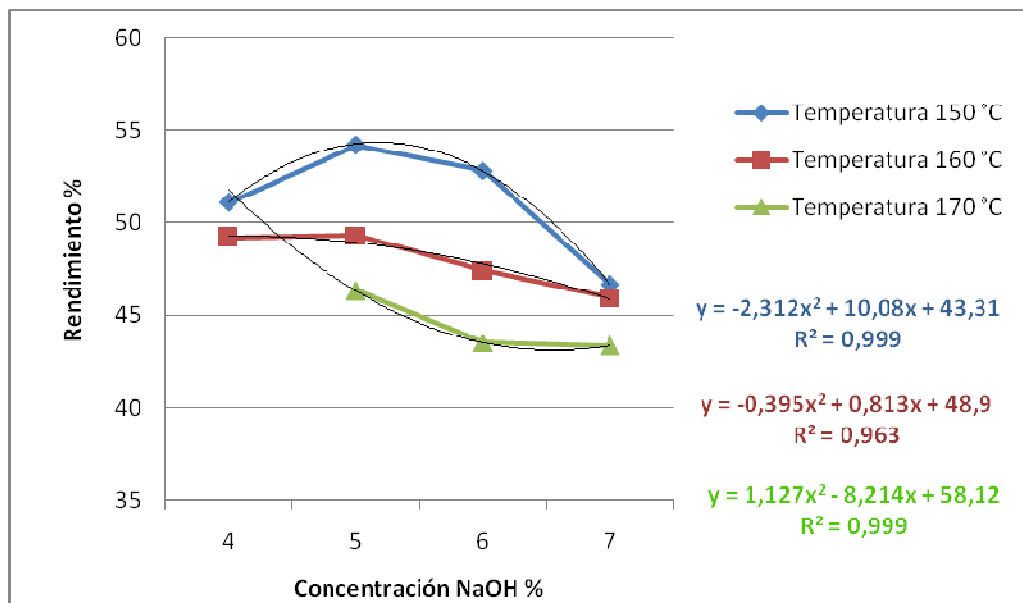


Figura 3.1: Influencia de las condiciones de digestión en el rendimiento de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa

La figura anterior muestra la relación existente entre la variación de concentración de hidróxido de sodio y el rendimiento obtenido a una temperatura dada. Se visualiza que el rendimiento es mayor en la concentración de 5% para todas las temperaturas analizadas. Como consecuencia se tiene que a menores y mayores concentraciones que este punto máximo identificado, los rendimientos disminuyen.

La concentración de 4% de hidróxido de sodio demuestra no ser adecuada por cuanto es muy baja y la digestión producida es muy leve, lo que ocasiona que no

todo el material se deslignifique. Por lo tanto se obtiene partes enteras no digeridas, las cuales no se consideran pulpa, sino residuos.

Por el contrario, a concentraciones mayores de reactivo, la celulosa se degrada y disminuye el rendimiento. Esto se corrobora al analizar la concentración de 7% de sosa, ya que en todas las temperaturas analizadas presenta menores rendimientos. Los pulpajes así obtenidos no presentaron fibras enteras, por lo que se sentían más suaves al tacto y el batido no aportó cantidades extra de pulpa, por el contrario, dicha etapa disminuyó los rendimientos debido a las pérdidas por maquinaria.

En la figura también se puede observar que el rendimiento aumenta conforme disminuye la temperatura de digestión. Es así que todos rendimientos de los pulpajes realizados a 150°C son mayores que aquellos realizados a 160°C y por lo tanto los pulpajes obtenidos a 170°C son los que presentan los menores rendimientos.

Con todo lo anteriormente mencionado se entiende que los pulpajes O5 y O10 tengan el menor y mayor rendimiento respectivamente. El pulpaje O5 fue realizado a la mayor temperatura: 170 °C, y con la mayor concentración de reactivo: 7%; por otro lado el ensayo O10 se llevó a cabo a la menor temperatura experimentada: 150 °C y el punto óptimo de concentración: 5%.

Las ecuaciones de regresión que muestran las curvas de la figura 3.1 representan una parábola, lo cual es entendible debido a que en cada proceso existe un pico en el cual las condiciones empleadas presentan un mayor rendimiento. Además, los valores de determinación (R^2) son cercanos a uno, lo que indica que las ecuaciones de regresión correspondientes son útiles para predecir un valor de rendimiento. Es decir, un R^2 de 0,999 significa que el valor del rendimiento podrá ser predicho en un 99,9% de las veces por el valor de concentración utilizando la ecuación de regresión presentada para la temperatura propuesta.

3.2.1.2 RENDIMIENTO DE LAS PULPAS AL SULFITO

En la tabla 3.4 se presentan los rendimientos de pulpa obtenidos por medio del proceso al sulfito, junto a las condiciones empleadas.

Tabla 3.4: Condiciones y rendimientos de las pulpas obtenidas por el proceso al sulfito

PULPAJES	CONDICIONES DE DIGESTIÓN				RENDIMIENTO (%)
	Temperatura (°C)	Concentración Na ₂ SO ₃ (%)	Concentración Na ₂ CO ₃ (%)	Tiempo (min)	
S1	185	20	5	60	49,90
S2	185	30	5	60	52,90
S3	190	40	5	60	49,40
S4	190	50	5	60	50,55
S5	190	10	5	60	44,75
S6	190	20	5	60	47,25
S7	185	50	5	60	52,68
S8	185	40	5	60	53,60
S9	190	30	5	60	52,70
S10	185	10	5	60	45,87

El pulpaje S8 es el que presenta mayor rendimiento, por lo cual las condiciones en que se realizó son las condiciones óptimas para este proceso. Por el contrario, el pulpaje S5 muestra el rendimiento más bajo.

Como se aprecia, las temperaturas de digestión son más altas que las manejadas con el proceso a la sosa. Esto se debe a que en condiciones neutras, la velocidad de la reacción de sulfonación de la lignina se reduce, por lo que es necesario aumentar la temperatura con el fin de que actúe como catalizador de la reacción, y los tiempos de digestión no se vean afectados.

INFLUENCIA DE CONDICIONES DE DIGESTIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO

El efecto que las condiciones de digestión ejercen en el rendimiento de las pulpas obtenidas mediante el proceso al sulfito se presenta en la figura 3.2.

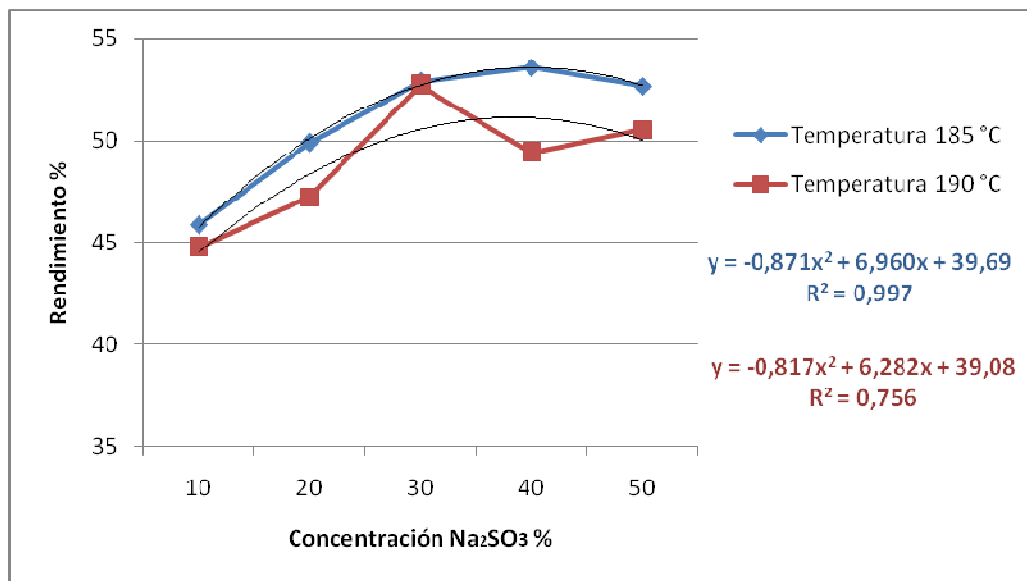


Figura 3.2: Influencia de las condiciones de digestión en el rendimiento de las pulpas obtenidas por el proceso al sulfito

La figura muestra la relación existente entre la concentración de sulfito de sodio utilizada y el rendimiento obtenido a una temperatura constante. Se observa que conforme aumenta la concentración, mejora el rendimiento en ambas temperaturas. Esto se debe principalmente a una mejor digestión lo cual se aprecia en la disminución de partes enteras obtenidas, mientras se acrecienta la concentración del reactivo, hasta el punto máximo de 40%. El ensayo que presentó el mayor rendimiento es el S8 el cual corresponde a las condiciones de digestión de 40% de reactivo y a una temperatura de 185°C. Mientras a la temperatura de 190°C el mejor rendimiento se obtuvo a una concentración de

30%.

La figura evidencia que cuando aumenta la temperatura de digestión, el rendimiento disminuye. Esto implica que, a pesar de que en todos los pulpajes se encontraron residuos enteros, también existió una degradación de la celulosa por sobrecocción a mayor temperatura.

El pulpaje S9 no guarda correlación con la línea de tendencia y se muestra como un pico en la figura debido a que durante la etapa de batido de las pulpas anteriores se fueron acumulando restos, que en su mayoría fueron partes enteras que quedaron atascadas por debajo de las cuchillas de la batidora. Estos restos al no poder ser identificados ni separados se aumentaron a dicha pulpa.

Se observa que las condiciones empleadas son mayores en el proceso al sulfito comparado con el proceso a la sosa. En el método al sulfito es necesario trabajar a temperaturas altas para lograr buenos rendimientos, y no se puede trabajar con temperaturas menores, ya que con las temperaturas utilizadas se presentaron grandes cantidades de fibras enteras que corresponden exclusivamente a materia prima con corteza. Concomitantemente, a temperaturas menores se encontraría aún mayor cantidad de material escasamente digerido que ni con el batido pueda ser convertido en pulpa y por lo tanto se considere residuos, lo que afectaría negativamente el rendimiento del proceso.

En cuanto a la concentración de reactivo, en el proceso al sulfito también se necesitan porcentajes altos, del orden del 30 al 40%, de sulfito de sodio con respecto a la cantidad de materia prima que se utiliza. Analizando el caso particular del mayor rendimiento obtenido al sulfito, el pulpaje S8, se utilizó 40 g de Na_2SO_3 por cada 100 g de materia prima para obtener 53,60 g de pulpa, mientras que en el pulpaje O10 se necesitaron 25 g de NaOH para obtener

54,20 g de pulpa. Así se demuestra que la cantidad de reactivo en el proceso a la sosa es menor y proporciona mejores resultados.

De todo esto se deduce que el proceso de obtención de pulpa al sulfito neutro no es adecuado en las condiciones aplicadas para la materia prima propuesta, menos aún para su aplicación a nivel artesanal, que es la finalidad del proyecto.

La línea de tendencia a la temperatura de 185 °C muestra una relación favorable con los datos obtenidos y describe el comportamiento de dicho proceso, como se aprecia en el valor de determinación cercano a la unidad. En el caso de la ecuación de regresión a la temperatura de 190 °C, el valor de determinación es bajo por el error antes mencionado ocurrido en el pulpaje S9.

3.2.1.3 EFECTO DEL BATIDO EN EL RENDIMIENTO

El proceso a la sosa presenta el mayor rendimiento individual, con la ventaja que se realiza a condiciones menores que las del sulfito, tanto en temperatura como en concentración de reactivo. En la figura 3.3 se muestran las pulpas obtenidas por ambos procesos antes de la etapa de batido.



Figura 3.3: Pulpas antes del batido: A.- Proceso a la Sosa, B.- Proceso al Sulfito

Se observa que la pulpa de sosa presenta una textura más homogénea, prácticamente sin presencia de fibras enteras, lo que indica una digestión más eficiente. En la figura correspondiente al sulfito se distinguen partes enteras, las cuales pertenecían a materia prima con corteza, que eran de consistencia suave y cuyas fibras se podían separar con facilidad aplicando presión sobre éstas.

En lo que respecta al color de las pulpas, aquellas obtenidas por el proceso a la sosa presentan un color ligeramente más oscuro en relación a la pulpa obtenida por el proceso al sulfito. Esto se debe principalmente a que en las pulpas al sulfito no se digirió correctamente la corteza de la caña, por lo que el color claro (blanquecino-amarillento) corresponde únicamente a la parte interna de la caña. Mientras que, en las pulpas a la sosa se detectó la presencia de fibras ennegrecidas que corresponden a la corteza de la caña, que se observó, tiende a consumir mayor cantidad de reactivo, lo cual oscurece la pulpa.

Por lo tanto, el efecto del batido en el rendimiento final de ambos procesos es muy importante, ya que el batido a más acondicionar la pulpa obtenida de la digestión, separa las fibras, corta las partes enteras y las convierte en pulpa y por ende aumenta el rendimiento.

Los tiempos de batido se presentan en la tabla 3.5. En general, el tiempo de batido fue 7 minutos, pero en casos particulares como las pulpas O4, O7, O11, S1 y S10 se agregaron 10 minutos por presentar mayor cantidad de partes enteras y no ser aptas para elaborar papel.

Tabla 3.5: Tiempos de batido y rendimientos

PROCESO A LA SOSA				
PULPAJE	RENDIMIENTO DIGESTIÓN (%)	TIEMPO DE BATIDO (min)	RENDIMIENTO BATIDO (%)	VARIACIÓN (%)
O1	47,48	7	46,33	-1,15
O2	49,36	7	47,43	-1,93
O3	47,20	7	45,95	-1,25
O4	37,85	17	49,20	11,35
O5	45,60	7	43,35	-2,25
O6	45,05	7	43,51	-1,54
O7	35,35	17	49,30	13,95
O8	48,65	7	46,65	-2,00
O9	36,75	7	52,80	16,05
O10	34,85	7	54,20	19,35
O11	40,60	17	51,10	10,50
PROCESO AL SULFITO NEUTRO				
PULPAJE	RENDIMIENTO DIGESTIÓN (%)	TIEMPO DE BATIDO (min)	RENDIMIENTO BATIDO (%)	VARIACIÓN (%)
S1	31,20	17	49,90	18,70
S2	49,80	7	52,90	3,10
S3	46,20	7	49,40	3,20
S4	47,30	7	50,55	3,25
S5	40,60	7	44,75	4,15
S6	45,30	7	47,25	1,95
S7	50,30	7	52,68	2,38
S8	51,20	7	53,60	2,40
S9	50,40	7	52,70	2,30
S10	31,80	17	45,87	14,07

Se puede observar que las pulpas que tuvieron un batido más intenso y prolongado mantienen un alto rendimiento. También que pulpas obtenidas por el proceso del sulfito neutro no muestran una variación negativa, debido que todas las pulpas de sulfito presentaron partes enteras después de la digestión, que en su pesado inicial antes del batido no fueron tomadas en cuenta, ya que se consideraron residuo; y que por efecto de dicho proceso pudieron desintegrarse y convertirse en pulpa.

El batido en las pulpas de sosa que no presentaron partes enteras disminuyó los rendimientos, pero dicha reducción no excede los 2 puntos porcentuales, lo cual se entiende como pérdidas propias de la utilización de maquinaria.

3.2.2 CONTENIDO DE ALFA CELULOSA

La determinación del contenido de celulosa en una pulpa es un parámetro de gran importancia, ya que demuestra la eficiencia de la digestión y por ende su calidad. Todas las pulpas obtenidas de la caña guadua presentan altos porcentajes de alfa celulosa, comparadas con los datos presentados en el anexo IX, lo que significa que la celulosa contenida en las pulpas es de alta pureza. La tabla 3.6 muestra los contenidos de alfa celulosa de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa y al sulfito.

Tabla 3.6: Contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito

PULPAJES	ALFA CELULOSA (%)	PULPAJES	ALFA CELULOSA (%)
O1	88,58	S1	87,14
O2	90,27	S2	86,29
O3	92,72	S3	87,79
O4	85,60	S4	87,59
O5	89,44	S5	86,94
O6	91,15	S6	88,33
O7	88,36	S7	88,96
O8	89,21	S8	88,86
O9	90,60	S9	90,76
O10	92,00	S10	84,10
O11	88,63		

Como se puede apreciar, en general las pulpas a la sosa tienen contenidos más altos de alfa celulosa que las pulpas al sulfito. Esto implica que éstas últimas abarcan un mayor contenido de impurezas, es decir, las pulpas aún contienen lignina en menor proporción, lo cual se podía corroborar a simple vista ya que todas las pulpas obtenidas por el proceso del sulfito neutro presentaron partes enteras.

Los pulpajes O3 y S9 presentan los contenidos más altos de alfa celulosa de todas las pulpas a la sosa y al sulfito, respectivamente, lo que significa que a las condiciones de digestión establecidas para dichas pulpas, se degradó la mayor cantidad de lignina e igualmente se conservó la celulosa intacta.

3.2.2.1 CONTENIDO DE ALFA CELULOSA EN LAS PULPAS A LA SOSA

Con respecto a la influencia que tienen las condiciones de digestión en el contenido de alfa celulosa presente en las pulpas obtenidas a la sosa, se analizará el efecto de la concentración de reactivo en la figura 3.4

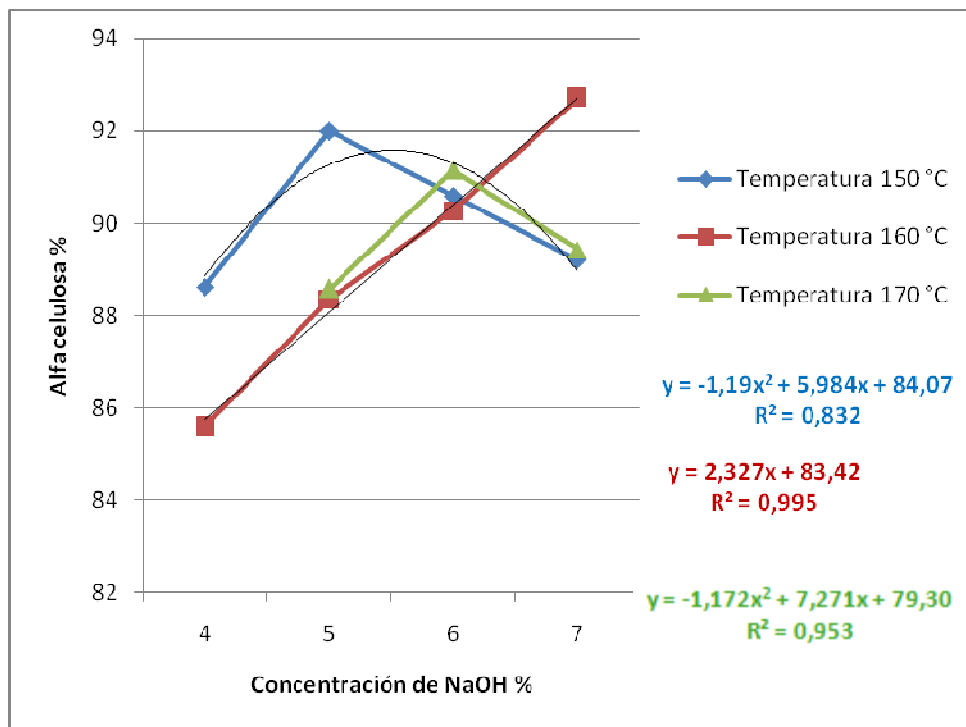


Figura 3.4: Influencia de la concentración de reactivo en el contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas por el proceso a la sosa a diferentes temperaturas

En la figura se aprecia el mayor porcentaje de alfa celulosa se presenta a las condiciones de 160°C de temperatura y una concentración de hidróxido de sodio igual a 7%, es decir dichas condiciones son en las cuales se logró la mayor deslignificación del material vegetal. Mientras que, a una temperatura de 160°C y un 4% de hidróxido de sodio, se encuentra el contenido más bajo de alfa celulosa.

En cuanto a la relación existente entre la cantidad de sosa cáustica y el contenido de alfa celulosa, se puede aseverar que a la concentración más baja de reactivo se obtienen bajos contenidos de alfa celulosa. Esta situación es comprensible debido a que no se produce una digestión adecuada con lo cual parte de la materia prima aún conserva lignina.

Por el contrario, a medida que aumenta la cantidad de reactivo, también aumenta el contenido de alfa celulosa hasta cierto pico, definido en cada temperatura empleada. Esto se entiende por cuanto a medida que se aumenta la concentración de sosa se logra eliminar mayor cantidad de lignina. Posterior a dicho punto, la celulosa empieza su degradación, lo que provoca con un detrimento significativo en la cantidad de alfa celulosa y en el rendimiento.

Si se analiza los resultados obtenidos en cada concentración de reactivo, es manifiesto que se presentan comportamientos anómalos a las concentraciones de 5% y 7% de hidróxido de sodio. En la concentración de 5% de sosa cáustica, a la temperatura de 150°C se obtiene un porcentaje de alfa celulosa de 92%, mientras que con las temperaturas mayores se obtienen menores contenidos. Este resultado no es lógico, ya que mientras mayores son las temperaturas se espera una digestión más adecuada, lo que se reflejaría en un mayor contenido de alfa celulosa. Sin embargo, dicha situación se puede explicar en una incorrecta conducción de dicho ensayo.

Por su lado, a la concentración de 6% de sosa cáustica, los contenidos de alfa celulosa a las distintas temperaturas muestran gran similitud, siendo la diferencia máxima entre ellos de 0,88%.

En la concentración de 7% de reactivo, a la temperatura de 160°C se presenta el mayor pico, lo que indica que el contenido de alfa celulosa también depende de la temperatura empleada, y a medida que se aumentan las dos condiciones se puede llegar a una sobrecocción del material provocando una pérdida de

celulosa.

3.2.2.2 CONTENIDO DE ALFA CELULOSA EN LAS PULPAS AL SULFITO

En cuanto a las pulpas al sulfito, en la figura 3.5 se muestra la relación existente entre la concentración de sulfito de sodio empleado en la digestión y el contenido de alfa celulosa presente en las pulpas.

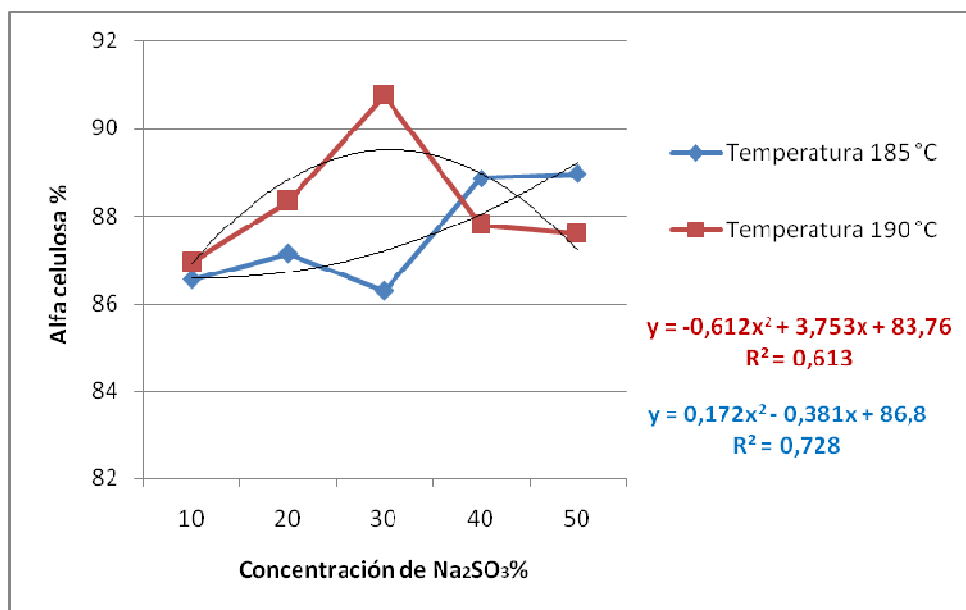


Figura 3.5: Influencia de la concentración de reactivo en el contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas por el proceso al sulfito a diferentes temperaturas

Se advierte que a 185°C, mientras más aumenta la concentración de reactivo también lo hace el porcentaje de alfa celulosa, a excepción del pulpaje S2 en el que decrece ligeramente debido a una sobrecocción incontrolada de la pulpa. Esto ocurrió debido a una falla del equipo, ya que por una obstrucción en la válvula de presión se imposibilitó la liberación de gases del digestor en el período de tiempo establecido y el proceso de digestión continuó.

En la temperatura de 190°C mientras más aumenta la concentración de reactivo

el contenido de alfa celulosa se eleva hasta llegar a un punto óptimo, después del mismo, el porcentaje de alfa celulosa disminuye lo cual se debe a que a dichas condiciones se degrada, siendo el punto óptimo de contenido de alfa celulosa, 30% de sulfito de sodio.

De esto se concluye que la temperatura de 185°C es demasiado baja para que por sí sola provoque la degradación de la lignina, por lo que la concentración de reactivo se vuelve un factor determinante, mientras que a 190°C se facilita la acción del hidróxido de sodio y con el aumento de su concentración, las condiciones se vuelven demasiado extremas, lo que se traduce en una consabida disminución del contenido de alfa celulosa.

En cuanto a las líneas de tendencia demuestra una correspondencia media con los datos obtenidos.

3.3. EVALUACIÓN DEL PAPEL

Dentro de la evaluación del papel se encuentran los parámetros de espesor, gramaje, resistencia a la explosión y resistencia a la tensión; cuyos resultados se presentan a continuación:

3.3.1 ESPESOR

La tabla 3.7 expone los valores promedio de espesor de las hojas elaboradas con las diferentes pulpas obtenidas mediante los procesos a la sosa y al sulfito.

En general se aprecia que los espesores de todas las hojas son análogos, y los valores correspondientes a desviación estándar son considerablemente bajas en comparación a estas, lo que indica que los espesores de las hojas evaluadas son bastante uniformes.

Tabla 3.7: Valores promedio de espesor de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito

Pulpajes	Espesor (mm)	Desviación Estándar
O1	0,292	0,010
O2	0,286	0,025
O3	0,289	0,018
O4	0,260	0,014
O5	0,290	0,013
O6	0,286	0,013
O7	0,236	0,015
O8	0,281	0,019
O9	0,271	0,017
O10	0,292	0,021
O11	0,237	0,018

Pulpajes	Espesor (Mm)	Desviación Estándar
S1	0,238	0,012
S2	0,273	0,027
S3	0,302	0,037
S4	0,284	0,029
S5	0,275	0,010
S6	0,269	0,033
S7	0,260	0,017
S8	0,293	0,034
S9	0,296	0,042
S10	0,252	0,023

Los espesores de las hojas obtenidas con las pulpas a la sosa concuerdan más entre sí que los espesores de las hojas de las pulpas al sulfito, ya que en estas últimas se encuentran fibras de guadua fácilmente visibles, que ocasionan disparidad en los espesores.

Las hojas formadas de los pulpajes O1 y O10 coincidentemente presentan los mayores espesores promedio en lo que respecta a la sosa. Por su parte, en las hojas formadas por las pulpas al sulfito, la S3 muestra el mayor espesor.

El espesor está directamente relacionado con la cantidad de pulpa y la presión ejercida para la formación de la hoja, por lo tanto estos datos están sujetos a las condiciones establecidas por las normas utilizadas y puede variar con diferente metodología y maquinaria.

3.3.2 GRAMAJE

La tabla 3.8 muestra los valores promedios correspondientes al gramaje de las hojas obtenidas de cada pulpa, tanto del proceso a la sosa y al sulfito.

Tabla 3.8: Valores obtenidos de gramaje y su desviación estándar

Pulpajes	Gramaje (g/m ²)	Desviación Estándar
O1	92,26	4,28
O2	83,49	2,72
O3	85,32	7,37
O4	98,76	5,56
O5	103,84	1,24
O6	81,14	2,89
O7	92,15	9,81
O8	87,77	8,62
O9	90,84	8,63
O10	87,14	5,71
O11	77,96	2,19

Pulpajes	Gramaje (g/m ²)	Desviación Estándar
S1	88,05	7,75
S2	88,88	7,19
S3	89,37	9,79
S4	86,92	7,90
S5	85,62	3,12
S6	93,42	6,26
S7	80,19	2,07
S8	92,64	6,64
S9	94,63	15,11
S10	90,92	4,40

Ambos procesos muestran gramajes similares, que sobrepasan los 75 g/m². Esto se explica debido a que se disgregó la misma cantidad de pulpa para la formación de cada grupo de hojas, ocho en total.

La desviación estándar muestra que existen márgenes de variación causados debido a algunos inconvenientes en el proceso, dentro de los cuales se cuentan: el trasvasado de la pulpa al formador de hojas, que se realizó en forma manual y por ende no fue exacto; el estado de la malla por la cual se filtra el agua dentro del formador de hojas, que en algunos sitios se encontraba obstruida y no permitía que la succión aplicada sea eficiente y la pulpa se distribuya de una

manera homogénea en toda el área de la malla; y en la etapa de prensado el momento de separar las hojas húmedas recién formadas del papel filtro, ya que algunas se adherían a este. Sin embargo dichas variaciones no son mayores al 15% en relación al valor promedio correspondiente. Por lo tanto, este valor es previsible teniendo en cuenta el estado de la maquinaria con la que se llevó a cabo y el proceso empleado.

El mayor gramaje se encuentra en las hojas de las pulpas O5 y S9. Sin embargo, el gramaje calculado de todas las hojas corresponde a la categoría de papel, ya que no sobrepasa los 105 g/m².

3.3.3 RESISTENCIA A LA EXPLOSIÓN

En la tabla 3.9 se presentan los valores correspondientes al promedio de las diez mediciones realizadas para la prueba de resistencia a la explosión en cada pulpa. Los valores presentan significativas variaciones entre las pulpas que recibieron un batido más prolongado e intenso y aquellas en las que el tiempo de batido fue menor.

Las pulpas tanto de la sosa como del sulfito cuyo batido fue menor presentan valores de resistencia a la explosión del orden de 1 a 3 psi, que son bastante bajos y demuestran que dichos papeles son débiles.

Tabla 3.9: Valores promedio de resistencia a la explosión de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito

Pulpajes	Resistencia a la explosión (psi)	Desviación Estándar
O1	1,2	0,4
O2	1,1	0,3
O3	1,2	0,2
O4	10,5	1,3
O5	1,3	0,2
O6	1,3	0,2
O7	11,2	1,3
O8	1,0	0,1
O9	1,5	0,3
O10	1,3	0,3
O11	13,5	1,5

Pulpajes	Resistencia a la explosión (psi)	Desviación Estándar
S1	10,1	0,5
S2	2,5	0,2
S3	1,7	0,3
S4	2,0	0,3
S5	2,0	0,3
S6	1,9	0,5
S7	2,3	0,7
S8	3,3	0,4
S9	2,4	0,4
S10	9,3	0,5

Las pulpas O4, O7, O11, S1 y S10 presentan valores significativamente superiores, entre 9 y 13 psi, debido a su mayor tiempo e intensidad de batido. Esto ocurre ya que durante este lapso las fibras de guadua se abren y se cortan uniformemente, lo que permite que las hojas tengan una mayor cohesión, sean más fuertes y presenten una mayor resistencia a la explosión. Además el batido proporciona mayor homogeneidad a las hojas y una textura más uniforme.

Entonces, se puede concluir que el batido es la etapa más importante para lograr un papel de mejores características, complementariamente de la pulpa y del proceso de digestión empleado.

3.3.4 RESISTENCIA A LA TENSIÓN

En la tabla 3.10 se presentan las cantidades obtenidas en la determinación de la resistencia a la tensión en los papeles obtenidos con las diferentes pulpas, tanto a la sosa como al sulfito. Además, en la tabla 3.11 se encuentran los valores correspondientes a la longitud de rotura de cada probeta de papel, datos obtenidos durante la misma prueba.

Tabla 3.10: Valores promedio de resistencia a la tensión de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito

PULPAJES	RESISTENCIA A LA TENSIÓN (Kgf)			
	Dirección de Máquina	Desviación Estándar	Dirección Transversal	Desviación Estándar
O1	0,3194	0,0326	0,2181	0,0444
O2	0,2804	0,0174	0,2025	0,0697
O3	0,2804	0,0174	0,2259	0,0174
O4	1,2460	0,0955	1,0282	0,1364
O5	0,2648	0,0749	0,1636	0,0326
O6	0,3661	0,0444	0,2337	0,0551
O7	1,0595	0,0928	0,9191	0,0442
O8	0,2804	0,0697	0,2181	0,0214
O9	0,4986	0,0427	0,3428	0,04927
O10	0,3739	0,0348	0,2649	0,1045
O11	1,3786	0,1340	1,1602	0,0508

Tabla 3.10: Valores promedio de resistencia a la tensión de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas a la sosa y al sulfito (continuación)

PULPAJES	RESISTENCIA A LA TENSIÓN (Kgf)			
	Dirección de Máquina	Desviación Estándar	Dirección Transversal	Desviación Estándar
S1	1,3084	0,0760	0,9662	0,1731
S2	0,6621	0,0616	0,4908	0,0759
S3	0,4051	0,0444	0,2882	0,0591
S4	0,4440	0,0759	0,3116	0,0390
S5	0,4206	0,0427	0,2804	0,04267
S6	0,5141	0,0326	0,4362	0,0508
S7	0,5453	0,0275	0,4518	0,0444
S8	0,7244	0,0652	0,5063	0,0729
S9	0,5297	0,0978	0,3817	0,0930
S10	1,0542	0,0670	0,9765	0,0873

En general, se puede observar que, al igual que en la determinación de resistencia a la explosión, los papeles que se obtuvieron de las pulpas que fueron batidas más intensamente presentan valores significativamente más altos que el resto de papeles.

Los papeles obtenidos de las pulpas O4, O7, O11, S1 y S10 presentan resistencias a la tensión del orden de 1 a 1,3 kgf en dirección de máquina y de 0,9 a 1,1 kgf en dirección transversal. Estas cantidades, a pesar de ser las más altas registradas en las hojas elaboradas a escala de laboratorio, no suponen una gran resistencia a la tensión en general, comparado con los valores presentados en el acápite 1.7 de papel bond mate (4 kgf en dirección de máquina y 2 kgf en dirección transversal). Aunque es importante recalcar que el tipo de papel evaluado corresponde a papel virgen, es decir sin un proceso de

acabado desarrollado y al cual no se añadió ningún elemento adicional a excepción de los reactivos utilizados para la deslignificación del material.

Sobre la base de los datos expuestos, se aprecia que todos los valores de resistencia a la tensión son mayores en la dirección de máquina, ya que se sobreentiende que la mayoría de las fibras están orientadas en dicho sentido y los enlaces entre unas y otras son más fuertes, lo que le confiere mayor resistencia al papel. En cambio, en dirección transversal los valores decrecen apreciablemente, lo que indica que los papeles soportan menor fuerza en dicha dirección. Es importante mencionar que los valores de resistencia a la tensión en ambas direcciones presentan una diferencia de 25,68% en promedio para las pulpas a la sosa y de 24,18% para las pulpas al sulfito.

Tabla 3.11: Valores promedio de longitud de rotura de las hojas a la sosa y al sulfito

PULPAJES	LONGITUD DE ROTURA (mm)			
	Dirección de Máquina	Desviación Estándar	Dirección Transversal	Desviación Estándar
O1	0,7324	0,1671	0,4273	0,1672
O2	0,4273	0,1672	0,3052	0,0000
O3	0,5341	0,1526	0,3052	0,0000
O4	1,4650	0,2552	0,9766	0,1366
O5	0,6104	0,0000	0,4883	0,1672
O6	0,3662	0,1365	0,3052	0,0000
O7	1,3430	0,2728	0,6714	0,1364
O8	0,6104	0,0000	0,3662	0,1365
O9	0,6104	0,0000	0,4883	0,1672
O10	0,4578	0,1762	0,3052	0,0000
O11	1,8310	0,2157	1,4040	0,1671

Tabla 3.11: Valores promedio de longitud de rotura de las hojas a la sosa y al sulfito
(continuación)

PULPAJES	LONGITUD DE ROTURA (mm)			
	Dirección de Máquina	Desviación Estándar	Dirección Transversal	Desviación Estándar
S1	1,4650	0,1364	1,1599	0,1366
S2	0,6104	0,0000	0,3052	0,0000
S3	0,6104	0,0000	0,3052	0,0000
S4	0,4578	0,1762	0,3052	0,0000
S5	0,5494	0,1365	0,3052	0,0000
S6	0,6104	0,0000	0,3052	0,0000
S7	0,3662	0,1365	0,3052	0,0000
S8	0,6104	0,0000	0,3052	0,0000
S9	0,7121	0,1761	0,5087	0,1762
S10	1,1845	0,1832	1,1347	0,1435

Análogamente, en cuanto a la elongación se puede observar que en la dirección de máquina la longitud de rotura es mayor que en dirección transversal. Al igual que en la resistencia a la tensión, esto se explica por la forma en que las fibras se disponen en el proceso de formación de papel. Es decir, las fibras cohesionadas en dirección de máquina presentan una mayor resistencia a la tensión, lo que les permite elongarse más que aquellas dispuestas en dirección transversal.

En ambos métodos de pulpaje existen varios valores de desviación estándar iguales a cero, lo que implica que las diez mediciones realizadas coincidían en el mismo valor.

3.4. ELABORACIÓN DE PAPEL ARTESANAL

En la elaboración de papel artesanal se empleó el proceso a la sosa, por las siguientes razones:

- El proceso demuestra mayor rendimiento.
- El hidróxido de sodio presenta mayor eficiencia en la deslignificación de la caña guadua.
- Las condiciones de cocción: concentración de reactivo y temperatura, son menores siendo así más factible reproducirlas a nivel artesanal.
- La disponibilidad del reactivo es amplia por cuanto se utilizó un producto alternativo: lejía Sello rojo, cuyo componente principal es hidróxido de sodio y que es accesible y tiene menor costo.

Tomando en consideración las condiciones del pulpaje óptimo obtenido a escala de laboratorio, se utilizó como base la concentración de 5% de sosa y debido a que no es posible alcanzar la temperatura de 150°C a nivel artesanal se prolongó el tiempo de la cocción significativamente. Además se incluyó una etapa de humectación con el fin de ablandar las fibras y permitir la penetración más eficiente del reactivo.

3.4.1 EVALUACION DE LA PULPA

3.4.1.1 RENDIMIENTO

En el rendimiento se obtienen valores alrededor del 50 al 70 %, la tabla 3.12 muestra las condiciones y rendimientos obtenidos.

En la tabla 3.12 se incluye un factor cualitativo de discriminación de la pulpa obtenida, cuya base es la consistencia al tacto. Este es un parámetro de control

para medir la eficiencia de la cocción sin recurrir a la evaluación del rendimiento, ya que este último exige un tiempo de secado, que en la práctica no es viable ni productivamente eficiente.

Es necesario aclarar que esta evaluación es inherente al proceso de cocción, y no indica que la consistencia de la pulpa final utilizada para la elaboración del papel sea de estas características, ya que dentro del proceso de elaboración de papel artesanal, se contempla una etapa de licuado que homogeniza el tamaño de las fibras y mejora su consistencia.

Tabla 3.12: Condiciones y rendimientos del proceso de elaboración de pulpa artesanal

PULPAJE	CONDICIONES DE COCCIÓN			EVALUACIÓN	
	Tiempo de humectación (h)	Concentración lejía (%)	Tiempo de cocción (h)	Rendimiento (%)	Consistencia al tacto (Cualitativo)
M1	48	5	6	58,20	Suave
M2	72	5	6	52,61	Muy suave
M3	72	5	5	65,43	Medianamente suave
M4	24	5	5	68,45	Levemente suave
M5	48	5	5	67,44	Medianamente suave
M6	24	5	6	66,44	Medianamente suave

La valoración de la consistencia al tacto se estableció desde muy suave a levemente suave. Las pulpas que se calificaron como medianamente suaves y levemente suaves son las que resultan de mayor interés, ya que su rendimiento es más alto y aún después del licuado se puede apreciar claramente fibras que en el producto final son atractivas.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, el pulpaje M4 se estableció

como el mejor, ya que presentó el mayor rendimiento: 68,45%, además de una consistencia al tacto |levemente suave. Por lo tanto, las condiciones del mencionado pulpaje: 24 horas de humectación, concentración de 5% de lejía y 5 horas de cocción son las escogidas para el proceso final en la elaboración del papel artesanal de caña guadua. La temperatura promedio en el proceso fue de 92,5 °C, en todos los pulpajes efectuados.

TIEMPOS DE COCCIÓN Y HUMECTACIÓN vs. RENDIMIENTO

En la figura 3.6 se presenta la influencia de la humectación y del tiempo de cocción en el rendimiento de las pulpas artesanales.

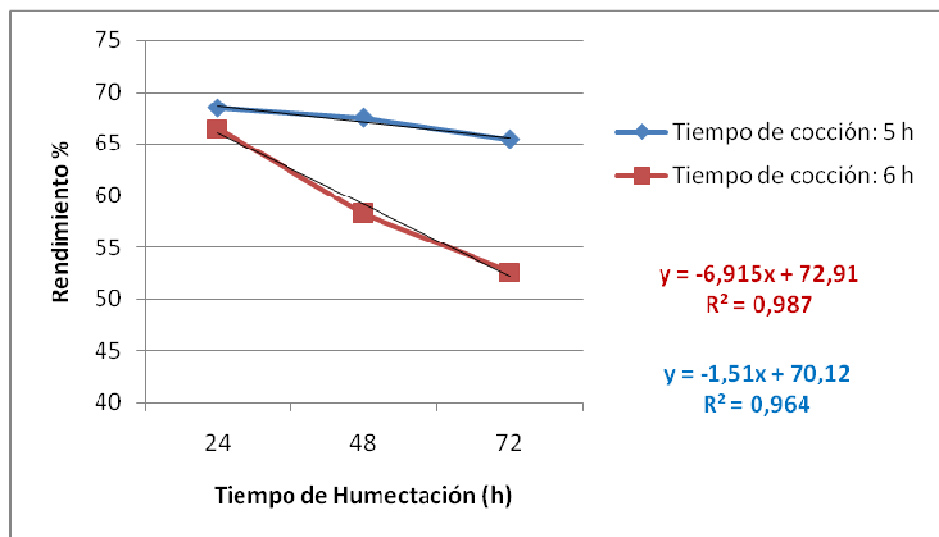


Figura 3.6: Influencia de la humectación y tiempo de cocción en el rendimiento

Se puede observar que el efecto del tiempo de humectación en el rendimiento de las pulpas es importante, ya que a medida que aumenta, el rendimiento disminuye. Esto ocurre ya que entre más tiempo pase la solución junto con la viruta esta se va a embeber, lo que permite que la cocción sea más efectiva y tarde menor tiempo. Por lo tanto, el tiempo de humectación más indicado para

utilizar es el menor, 24 horas. Además, a pesar de que no exista aumento de temperatura durante la humectación, esto no implica que no haya deslignificación del material ya que durante la cocción lo que aporta el calor es que las reacciones se lleven a cabo más rápidamente.

Referente al tiempo de cocción se aprecia que también disminuye el rendimiento si se aumenta el lapso que dura la misma; por lo tanto, el tiempo en el cual se obtiene los más altos rendimientos es 5 horas de cocción.

El proceso de humectación no solo tiene como objetivo mejorar los rendimientos sino también es un proceso importante que permite ocupar de manera más eficiente el volumen del recipiente en la cocción, ya que la materia prima utilizada es menos rígida y por lo tanto mas adaptable a la forma del recipiente que ocupa, y obtener pulpas que en el lavado presentan una mejor manejabilidad facilitando el mismo.

3.4.1.2 CONTENIDO DE ALFA CELULOSA

En la tabla 3.13 se presentan los datos de alfa celulosa de las pulpas obtenidas a nivel artesanal

Tabla 3.13: Contenido de alfa celulosa de las pulpas obtenidas a nivel artesanal

PULPAJES	ALFA CELULOSA (%)
M1	87,90
M2	87,35
M3	87,75
M4	86,99
M5	86,84

M6	87,14
----	-------

El ensayo que presenta el mayor contenido de celulosa es el M1 y el menor es el M5, se aprecia además que sus valores de alfa celulosa varían en 1,06% y los valores restantes varían en porcentajes menores.

Los valores obtenidos de las pulpas artesanales muestran gran similitud con los de las pulpas del proceso del sulfito neutro, esto se entiende por que en ambas existen fibras enteras que denotan la presencia de lignina, lo que indica que las condiciones utilizadas en la obtención de pulpas no garantizan la pureza de las mismas.

En la figura 3.7 se aprecia la influencia del tiempo de humectación en el contenido de alfa celulosa.

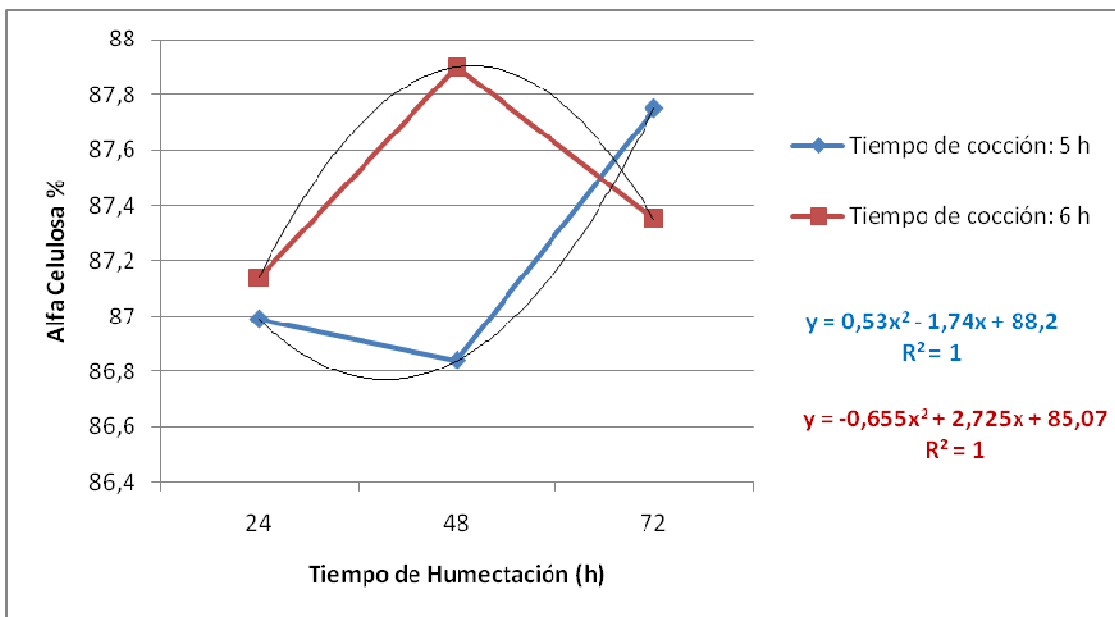


Figura 3.7: Influencia del tiempo de humectación en el contenido de alfa celulosa

En la figura se observa que con el tiempo de cocción de 6 h y 48 h de

humectación se obtiene el pico más alto en el contenido de alfa celulosa. Por el contrario, el menor se encuentra en 5 h de cocción y 48 h de humectación. Esto se explica que mientras más tiempo de contacto tenga la materia prima con el reactivo se elimina más la lignina, lo que aumenta el contenido de alfa celulosa.

Ambas ecuaciones de tendencia presentadas en la figura denotan una parábola. En la curva correspondiente a 5 h de cocción, se aprecia que conforme se aumenta el tiempo de humectación aumenta el contenido de alfa celulosa. El punto de deflexión presentado a las 48 horas de humectación se debe a que las partículas de viruta de caña no presentan tamaños homogéneos, por lo que existen fibras pequeñas que con el tiempo de humectación y la cocción posterior tiende a degradar cierto porcentaje de su alfa celulosa.

Entonces, el porcentaje de alfa celulosa y el rendimiento obtenido no solo dependen de las condiciones de cocción y humectación, sino también del tamaño de las partículas.

Por otro lado, aquella correspondiente a 6 h de cocción presenta un pico, esto ocurre porque a menor tiempo de humectación no existe una correcta cocción debido a una inadecuada penetración del reactivo. Un mayor tiempo de humectación facilita la existencia de una pequeña degradación de celulosa.

3.4.2 EVALUACIÓN DE LAS HOJAS ARTESANALES

3.4.2.1 ESPESOR

La tabla 3.14 expone los valores promedio de espesor de las hojas elaboradas con las diferentes pulpas obtenidas mediante proceso artesanal a la sosa. En general, se aprecia que los espesores corresponden a un orden de casi un milímetro y muestran una gran variación entre uno y otro. Además la desviación

estándar es considerablemente baja en comparación a los valores de espesor, lo que indica que las hojas evaluadas son uniformes.

Tabla 3.14: Valores promedio de espesor de las hojas formadas a partir de las pulpas obtenidas por el proceso artesanal a la sosa

PULPA	ESPESOR (mm)	DESVIACIÓN ESTANDAR
M1	0,755	0,084
M2	0,762	0,059
M3	0,829	0,092
M4	0,677	0,058
M5	0,902	0,043
M6	0,966	0,042

El mayor espesor se encuentra en las hojas M6 y el menor en las hojas M4, y la variación entre ambos es del orden del 29,92%. Existen dos razones por las que se obtienen diferentes espesores en las hojas elaboradas. La primera se debe a que la cantidad de pulpa atrapada sobre la malla del marco de madera utilizada es excesiva. En la elaboración de las hojas a nivel artesanal es muy importante replicar su espesor en todo el lote, por lo tanto en el recipiente destinado a la formación de hojas se debe colocar la cantidad de pulpa correctamente pesada y capacitar al personal que lo realice para que exista uniformidad en todas las hojas. Si es necesario se puede introducir el marco una y otra vez en el agua con la pulpa en suspensión, con el fin de que las hojas tengan un espesor uniforme.

La segunda razón para que los espesores de las hojas sean diferentes radica en un prensado no uniforme. Esto se puede explicar porque en los ensayos el prensado se lo realizó con pesas de 5 kg dispuestas sobre las hojas. Por lo tanto, para el taller artesanal propuesto se plantea la adquisición de una prensa hidráulica para evitar este inconveniente.

3.4.2.2 GRAMAJE

La tabla 3.15 muestra los valores promedios correspondientes al gramaje de las hojas obtenidas de cada pulpa por el proceso artesanal a la sosa.

Tabla 3.15: Valores obtenidos de gramaje y su desviación estándar

PULPA	GRAMAJE (g/m²)	DESVIACIÓN ESTANDAR
M1	209,18	34,48
M2	166,50	25,25
M3	272,27	13,32
M4	181,54	10,30
M5	234,97	14,09
M6	327,03	11,88

Como se aprecia los gramajes son altos, lo cual era evidente tanto por la naturaleza de las pulpas, que en su mayoría presentan partes enteras de fibra que son más pesadas, como también por las características de las tarjetas artesanales que son el producto final a elaborar.

El peso inicial de pulpa que se introdujo en el tanque de formación de hojas es el mismo en todos los pulpajes. Por lo tanto, la variación de los gramajes presentados corresponde a la cantidad de fibras enteras existentes en cada hoja de papel artesanal.

Es importante recalcar que las hojas de la pulpa M6 que son las que poseen mayor espesor, son también las que presentan mayor gramaje. La misma situación se repite con las hojas M2 que a su vez presentan el menor espesor y gramaje. Esto corrobora que espesor y gramaje son dos características

íntimamente relacionadas en un papel.

Cabe señalar que la pulpa que presentó mayor rendimiento M4, es la que se pretende elaborar y tiene un gramaje promedio de 182 g/m², que a su vez se encuentra en la media de los gramajes obtenidos. También es importante indicar que las características de las hojas elaboradas son propias del método de formación de la hoja.

3.4.2.3 RESISTENCIA A LA EXPLOSIÓN

En la tabla 3.16 se presentan los valores de resistencia a la explosión de las hojas elaboradas con la pulpa obtenida artesanalmente por el proceso a la sosa.

Tabla 3.16: Valores obtenidos de resistencia a la explosión y su desviación estándar

PULPA	RESISTENCIA A LA EXPLOSIÓN (psi)	DESVIACIÓN ESTANDAR
M1	1,3	0,6
M2	0,8	0,2
M3	1,4	0,5
M4	0,8	0,2
M5	1,3	0,5
M6	2,4	1,0

Como se puede apreciar los valores de resistencia a la explosión son muy bajos, al igual que aquellos encontrados en las pulpas hechas en el laboratorio. En este caso se debe principalmente a la existencia de fibras enteras que en el proceso de formación de hojas no se entrelazan correctamente y en el prensado no permiten una adecuada cohesión, lo que se traduce en hojas débiles. Sin embargo, para la utilización que se le pretende dar a estas hojas este aspecto no es relevante, ya que no serán expuestos a esfuerzos.

Las hojas con mayor gramaje y espesor presentaron también mayor resistencia a la explosión, lo cual es lógico pues al ser más gruesas se necesita un mayor esfuerzo para romperlas. Análoga situación ocurre con las hojas de menor gramaje y espesor.

3.5. ESTUDIO DE MERCADO

3.5.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS

El principal producto obtenido es la hoja de papel artesanal de caña guadua, que puede ser confeccionada de cualquier tamaño, sin embargo con el objeto de realizar el estudio económico y de costos, se ha decidido tomar como base el formato A4, cuyas dimensiones son 210 x 297 mm. La forma de comercialización más difundida a nivel nacional, en lo que respecta a papeles artesanales simples es la resma de 250 hojas.

Con el proceso definido mediante la experimentación presentada anteriormente, se establece que las hojas de caña guadua a elaborar por el taller artesanal propuesto tendrán un gramaje de aproximadamente 182 g/m^2 , es decir la resma de 250 hojas pesará 2,84 kg y cada hoja 11,4 g.

Por otro lado, se prevé emplear estas hojas para elaborar tarjetas artesanales, que mediante la incorporación de pétalos, flores secas y materiales de la zona proporcionen motivos llamativos que aseguren su penetración en el mercado de souvenirs.

3.5.2 TIPOS DE MERCADO

Se identifican dos tipos de mercado de acuerdo con el producto, las resmas de

papel son apetecidas especialmente por imprentas que las utilizan para elaborar tarjetas de presentación personalizadas para empresas dedicadas al desarrollo social. Los canales de comercialización con dichas empresas son directos, es decir no existen intermediarios.

Para las tarjetas artesanales el tipo de mercado dentro del cual se desarrolla el proyecto es el turístico, que está compuesto de turistas nacionales y extranjeros. El cantón Mera se encuentra ubicado en la entrada a la Amazonía, sobre el eje vial amazónico, lo que le convierte en un paso obligado dentro de las rutas Baños-Puyo-Tena y viceversa, y al mismo tiempo le otorga la posibilidad de convertirse en un centro turístico importante, ya que existe un flujo permanente de visitantes.

El cantón Mera recibe un flujo promedio semanal de viajeros de aproximadamente 1.400 personas, que en feriado puede llegar a duplicarse, según la información obtenida del Gobierno Municipal. Es decir, mensualmente existe un flujo de 5.600 viajeros en el sector. Sin embargo, la mayoría de los turistas únicamente transitan por el Cantón en su viaje hacia la ciudad del Puyo, por lo que el proyecto se establece como un mecanismo para atraer a los turistas dentro el marco del nuevo plan de desarrollo de infraestructura turística del Cantón Mera.

Es importante señalar que los turistas que visitan la región amazónica en general tienen un presupuesto considerable, puesto que el alojamiento, los tours, centros de diversión y demás actividades de entretenimiento demandan el gasto de una gran cantidad de recursos. Además, comúnmente los turistas dedican una parte de su presupuesto para adquirir recuerdos de su estadía, que incluyen artesanías y otros artículos que representen la identidad cultural de los lugares que visitan.

MERCADO META

El mercado meta al que se apunta llegar con las tarjetas artesanales de caña guadua y otros productos elaborados a partir del papel artesanal, consta de consumidores jóvenes y adultos de 30 a 50 años, especialmente turistas, con un gusto desarrollado para los artículos elaborados a mano, y con capacidad adquisitiva alta para costear y reconocer el esfuerzo de los artesanos.

3.5.3 ESTUDIO DE LA OFERTA

Dentro del marco de las investigaciones realizadas en el cantón Mera se encontró un ofertante de papel artesanal, específicamente en la ciudad del Puyo, cuyo producto es papel reciclado que incluye restos de fibras vegetales, que en su mayoría son desechos de frutas y verduras. Dicho productor no tiene constituida una empresa formal y su producción es esporádica, dependiendo principalmente de la demanda de los intermediarios; haciendo así difícil conocer los volúmenes de producción que maneja.

Por lo tanto, se decidió estudiar la oferta de papel y tarjetería artesanal a nivel nacional. Al analizar la oferta nacional de papel artesanal se visualiza que la producción se encuentra centrada básicamente en cinco talleres artesanales, que son:

- Fundación Propueblo en Jambelí, provincia de Santa Elena,
- Cabuya Productos Artesanales S.A. en Ibarra, Imbabura
- Paca - Papel de Cabuya ubicada en Lita, Imbabura
- Totorá Sisa en San Pablo de la Laguna, Imbabura; y
- Centro Artesanal de Portoviejo, provincia de Manabí.

Oficialmente no existe información de la producción de papel artesanal en el Ecuador, y las empresas mencionadas anteriormente se mostraron inaccesibles

a revelar sus volúmenes de producción. Sin embargo, se pudo constatar que el mercado en el cual se comercializa el producto es local y se encuentran estrechamente ligados al flujo turístico existente en la región.

3.5.4 ESTUDIO DE LA DEMANDA

Se analizaron las estadísticas de importaciones y exportaciones de la partida nandina 4802100000 correspondiente a papel y cartón hecho a mano (hoja a hoja) desde el año 2001 al 2008, como se puede apreciar en la figura 3.8.

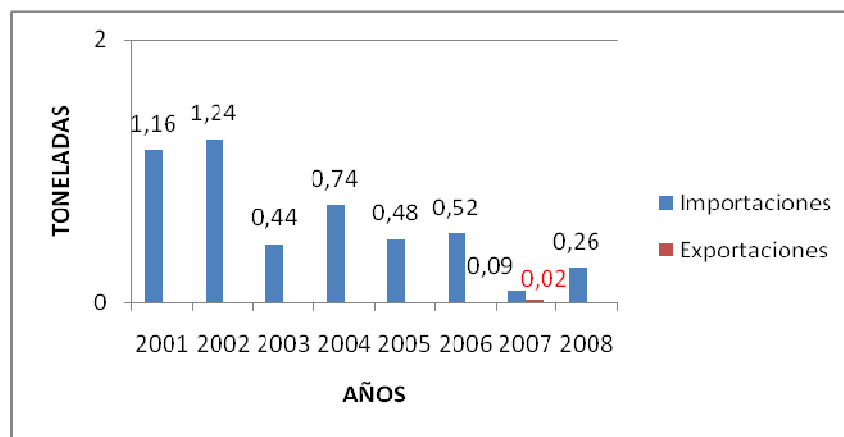


Figura 3.8: Volúmenes de exportaciones e importaciones de papel y cartón hecho a mano (2001-2008)

Se aprecia que el Ecuador presenta exportaciones de papel y cartón hecho a mano en un solo año durante el período analizado, y su volumen es irrisorio, 20 kg anuales. Sin embargo, durante los ocho años estudiados el país ha importado papel y cartón hecho a mano cada año, lo que implica que al interior del Ecuador existe demanda del producto. Además se observan pocas fluctuaciones en los volúmenes de importación; por lo que el Ecuador se consolida únicamente como un país demandante de dicho producto. Esto demuestra que una empresa debidamente estructurada y que cuente con procesos y maquinarias adecuadas podría satisfacer dicho mercado, ya que como muestra la figura anterior la

demanda no excede las 2 toneladas anuales.

Los principales consumidores del papel artesanal en el país son imprentas y tarjeterías, que han visto un mercado nuevo en el papel de esta clase. Por esto, el presente proyecto abarcará algunas de estas empresas en su nicho de mercado, en las ciudades de Puyo, Baños, Ambato y Quito. Según una entrevista con algunos de los propietarios de dichos establecimientos, la cantidad que necesitan oscila entre 250 a 300 hojas al mes, aumentando en ciertas fechas del año como: día de las madres, navidad, fin de año y San Valentín. Entre las ciudades mencionadas se encuentran 8 empresas interesadas en el producto, las cuales se nombran a continuación:

- Ecuamag Cía Ltda
- Macre
- Oliver Editions
- Litocromo
- Macre
- Formas impresas y Diseño
- Tarjetería imprenta La Merced
- Artepapel S.A.

En cuanto a la elaboración de tarjetería artesanal el presente proyecto se propuso abarcar inicialmente un mercado del 5% del flujo de turistas que ingresan al cantón Mera, es decir se deben realizar 280 tarjetas semanales.

De acuerdo con la información suministrada por el Municipio, dichos viajeros acuden principalmente a los balnearios en Mera y Shell, así como a practicar deportes extremos y caminatas en los ríos y senderos ecológicos respectivamente, que se encuentran en el Cantón, en donde las tarjetas elaboradas de papel artesanal serán un medio de recordar sus visitas para los turistas.

Por lo tanto, se estima que el nivel de producción mensual corresponde a diez resmas de 250 hojas para satisfacer el mercado de las imprentas y tarjeterías y dos resmas adicionales para la elaboración de tarjetas artesanales, es decir se deberán producir doce resmas de papel artesanal al mes. Para esto, se deberán emplear 132,73 kg de caña mensuales.

3.6. ESTUDIO TÉCNICO

3.6.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La empresa productora de papel artesanal de caña guadua se ubicará en la parroquia Madre Tierra del Cantón Mera, provincia de Pastaza. En este sector la materia prima se encuentra de manera silvestre, además si se proyecta una ampliación del mercado para el futuro desarrollo de la empresa, exhibe las condiciones agroecológicas óptimas para el desarrollo de su siembra tecnificada.

La parroquia Madre Tierra cuenta con los servicios básicos vitales, como son: abastecimiento de agua, servicio eléctrico, alcantarillado y teléfono. En cuanto a las vías de acceso, Mera cuenta con una vía interprovincial de primer orden que comunica las provincias de Tungurahua y Pastaza. Las vías internas de Mera son tres ejes viales: el primero que comunica internamente la parroquia de Mera y sus colonias, el segundo y tercer eje vial comunica desde la parroquia de Shell hacia Madre Tierra y sus comunidades con una longitud aproximada de 37.9 km. Esto permite una rápida circulación hacia otras ciudades y potenciales clientes.

La cercanía al abasto de materia prima, el contar con servicios básicos y vías de acceso en buen estado, establecen que la ubicación de la planta en Madre Tierra sea correcta para la empresa.

3.6.2 BALANCE DE MATERIALES

En la figura 3.9 se muestra el balance de materiales realizado para la producción mensual de 12 resmas de papel artesanal. Únicamente se muestran los procesos en los que existen entradas y salidas de los distintos materiales.

El taller artesanal de papel de caña guadua necesita procesar 132,73 kg de materia prima mensualmente con el fin de producir 34 kg de producto final para satisfacer su mercado. Las pérdidas referentes a residuos e impurezas no son significativas en el proceso propuesto. La mayor pérdida de peso de la materia prima se da en el secado.

Gracias a la experimentación realizada a escala de laboratorio y a los resultados que de este se arrojaron, se advirtió que la etapa de batido es muy importante para la obtención de un papel de buena calidad. Por esta razón, a pesar de que los ensayos a nivel artesanal no incluyeron el uso de una batidora, en el balance de materiales mostrado se introduce esta fase del proceso productivo.

Es importante mencionar que el licor negro resultante de la cocción de la caña guadua no se lo piensa desechar sino que, aún luego de ser utilizado, se lo filtrará y re-usará para la humectación de la materia prima. Con esto, a más de ahorrar agua en el proceso, se evitará desechar licor negro sin tratamiento.

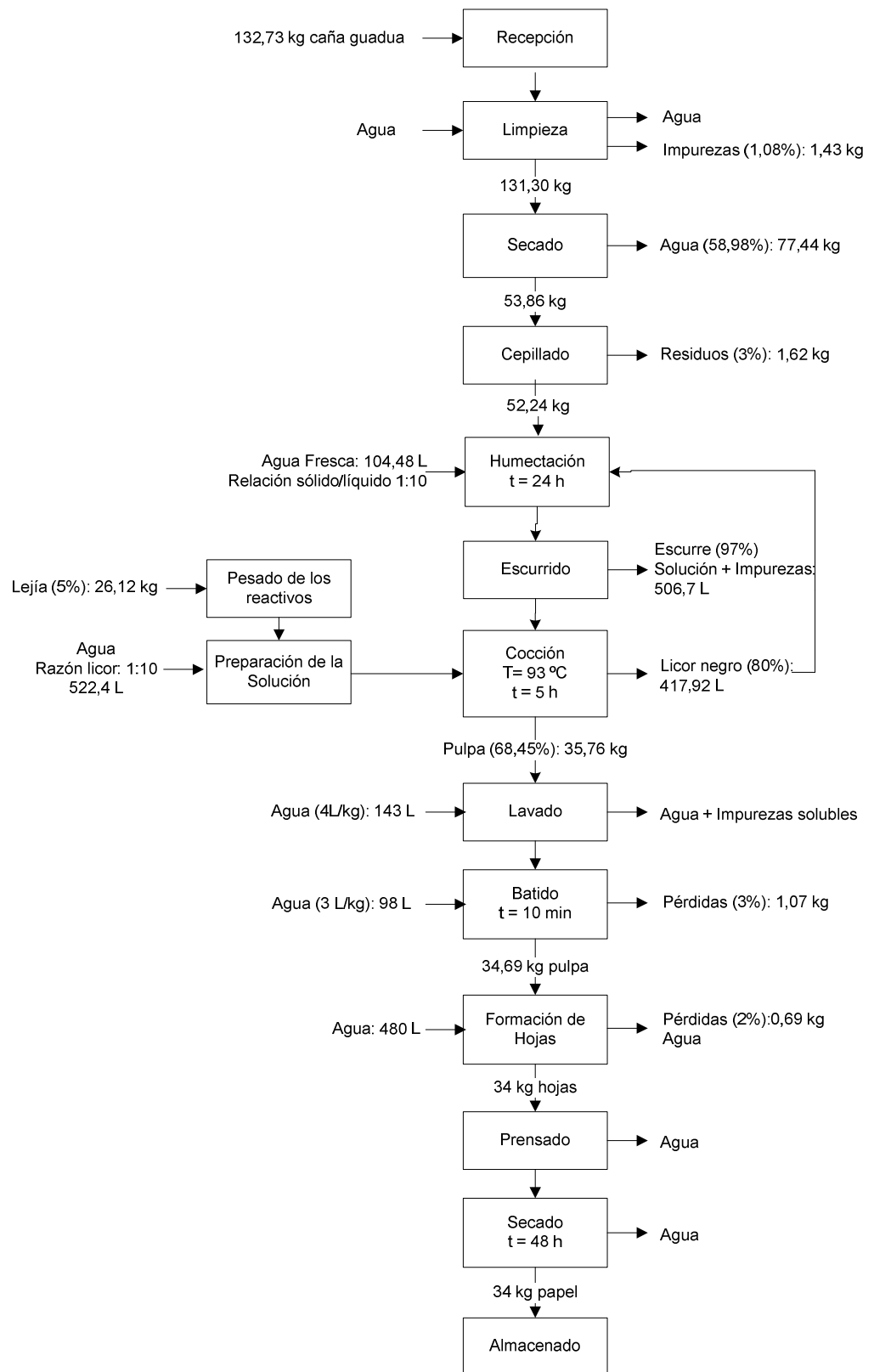


Figura 3.9: Balance de materiales para la producción mensual de papel artesanal

3.6.3 REQUERIMIENTO DE AGUA

A pesar de que el papel como producto terminado no exhibe en su composición agua, éste es un factor muy importante en toda industria de transformación de papel. Allí, los requerimientos de agua son muy elevados, ya que se utiliza en grandes cantidades en distintas etapas del proceso de producción. En la tabla 3.17 se muestran los requerimientos mensuales de agua para la elaboración de papel artesanal de caña guadua, en cada una de sus fases.

Tabla 3.17: Requerimientos mensuales de agua para la elaboración de 34 kg de papel artesanal

Proceso	Cantidad de agua		
	L/mes	m ³ /mes	L/kg
Limpieza de culmos	100,00	0,10	-
Humectación	522,40	0,52	10,00
Preparación de la solución	522,40	0,52	10,00
Lavado	143,00	0,14	4,00
Batido	98,00	0,10	3,00
Formación de hojas	480,00	0,48	-
Limpieza general	600,00	0,60	-
Otros (baños, etc.)	150,00	0,15	-
TOTAL	4532,40	4,53	

En la etapa de limpieza de los culmos, se calcula utilizar 100 litros de agua al mes. Para la humectación de la caña se utiliza una relación sólido/líquido de 1:10, es decir se coloca 10 litros de agua por cada kg de caña cepillada (viruta), con la finalidad de que el líquido sature la materia prima. Asimismo, la preparación de la solución de cocción se realiza con agua a razón 1:10, es decir que por cada kg de caña se utilizan 10 litros de agua.

Por otro lado, para el lavado de la pulpa se calcula utilizar cuatro litros de agua

por cada kg de pulpa, mientras que en el batido se emplean tres litros de agua por cada kg de pulpa; y para la formación de las hojas se utiliza un tanque de 120 litros de capacidad que se llenará semanalmente. Para la limpieza general y de maquinaria se calcula gastar 30 litros diarios de agua.

3.6.4 REQUERIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En la tabla 3.18 se muestra el consumo mensual de energía eléctrica, junto a la información de potencia y tiempo de trabajo de las maquinarias que intervienen en el proceso de producción de papel artesanal.

Tabla 3.18: Consumo mensual de energía eléctrica para la elaboración de papel artesanal

Equipo	Potencia Kw	Tiempo de trabajo por mes (h)	Consumo de energía kWh/mes
Cepilladora eléctrica	0,71	17	12,07
Batidora de papel	4,00	3,5	14,00
Ventilador	0,50	160	80,00
TOTAL			106,07

3.6.5 DETERMINACIÓN DEL PERSONAL OPERATIVO

Mediante una matriz ICI (Índice de Capacidad Instalada), que se encuentra en el anexo XII, se determinó que se necesitan cuatro personas en el ámbito operativo, las mismas que trabajarán al 93% de su capacidad. Los salarios de los operarios, se tomaron del acuerdo No. 0039 del Ministerio de Trabajo y Empleo, correspondiente al 17 de septiembre del 2008, que indica que los operadores de máquinas de papel recibirán una remuneración mínima legal de \$212,26 mensuales.

CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DEL PERSONAL OPERATIVO

El personal operativo deberá exponerse y trabajar constantemente con lejía, que es un producto peligroso y un agente corrosivo que ocasiona irritación al tracto respiratorio, y puede ocasionar severas quemaduras a los ojos y la piel. Por lo tanto, siempre se deberán tomar medidas que prioricen la seguridad industrial.

Por ejemplo, siempre que se prepare la solución para la cocción de la guadua, el personal operativo deberá utilizar implementos adecuados que los protejan: guantes de caucho, monogafas plásticas de seguridad y mascarilla. Además el mezclado se debe llevar a cabo en un lugar bien ventilado. El almacenamiento de la lejía deberá darse en áreas limpias y secas, a temperatura ambiente y en los envases originales.

Por otro lado, debido a que el taller artesanal de elaboración de papel es un área en la que permanentemente se utiliza agua, el personal operativo deberá calzar botas de caucho antideslizantes para evitar accidentes laborales. También es necesario que el personal se proteja con mandiles industriales de caucho.

3.6.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

Una vez establecido el proceso productivo definitivo se dimensionaron las maquinarias y equipos necesarios, junto con los espacios dedicados a cada una de las actividades, el lay out de la planta se puede apreciar en el anexo XIII.

La planta diseñada tiene una superficie de 169 m², distribuidos en dos áreas: limpia y sucia. La zona sucia consta de las áreas de recepción y limpieza, secado de la materia prima y cepillado; mientras que dentro de la zona limpia se encuentra el área de humectación, cocción, moldeado, prensado, secado y almacenado del producto terminado.

Las dimensiones de cada una de las áreas fueron calculadas para proporcionar libertad de movimiento a los operarios y garantizar su comodidad al trabajar. Además se delinearón las oficinas y dos servicios higiénicos separados para los operarios y para los clientes. También se pensó en áreas verdes.

3.7. ESTUDIO FINANCIERO

3.7.1 INVERSIONES

3.7.1.1 Maquinaria y Equipo

En la tabla 3.19 se puede observar las inversiones de maquinaria y equipo.

Tabla 3.19: Inversiones en maquinaria y equipo

Denominación	Valor (\$)
Olla de acero inoxidable 20 L	480,00
Batidora de papel	1.885,80
Tanque para moldeado 120 L	250,00
Prensa hidráulica manual 5 Ton	956,20
Cepilladora eléctrica (2)	240,00
Balanza 30 kg	190,00
Ventilador	170,00
Marcos y mallas	50,00
Láminas de aluminio (24)	48,00
Tela de lienzo (3 m ²)	50,00
Utensilios en general	40,00
Hornilla grande industrial	140,00
TOTAL	4.500,00

3.7.1.2 Terrenos y Construcciones

En la tabla 3.20 se muestran las inversiones a realizar en la adquisición del terreno y en las construcciones necesarias para implementar una empresa de elaboración de papel artesanal de caña guadua en el cantón Mera.

Tabla 3.20: Inversiones en terreno y construcciones para una empresa dedicada a la elaboración de papel artesanal de *Guadua angustifolia*

Compra/Construcción	Cantidad (m²)	Valor m² (\$)	Valor total (\$)
Terreno	200,00	10,00	2.000,00
Fábrica	103,50	250,00	25.875,00
Oficinas	6,00	280,00	1.680,00
Cerramiento	52,00	120,00	6.240,00
Baños	7,50	120,00	900,00
TOTAL			S/ 36.695,00

3.7.1.3 Otros activos

En la tabla 3.21 se presentan las inversiones a realizar en otros activos. El acápito concerniente a imprevistos corresponde al 5% de la suma total de terreno y construcciones y maquinaria y equipo.

Tabla 3.21: Inversiones en otros activos para la empresa de papel artesanal

Denominación	Valor (\$)
Equipos y muebles de oficina	778,00
Constitución de la sociedad	800,00
Computadora	450,00
Equipos de seguridad (4 operarios)	109,00
Imprevistos (5%)	2.060,00
TOTAL	4.197,00

3.7.1.4 Inversión fija

En la tabla 3.22 se exhiben las inversiones fijas necesarias. Los imprevistos de la inversión fija corresponden al 5% de la sumatoria parcial.

Tabla 3.22: Inversión fija para implementación de la empresa de papel artesanal de caña guadua

Denominación	Valor (\$)	%
Terrenos y construcciones	36.695,00	76,99
Maquinaria y equipo	4.500,00	9,44
Otros activos	4.197,00	8,81
Sumatoria parcial	45.392,00	95,24
Imprevistos de la inversión fija (5%)	2.270,00	4,76
TOTAL	47.662,00	100,00

3.7.1.5 Inversión total

Tabla 3.23: Inversión total para implementación de la empresa de papel artesanal de caña guadua

Denominación	Valor (\$)	%
Inversión fija	47.662,00	69,97
Capital de operaciones	20.457,00	30,03
Inversión total	68.119,00	100,00
Capital propio	31.350,00	46,02
Financiamiento	36.769,00	53,98

3.7.2 COSTOS VARIABLES

3.7.2.1 Materiales directos

En la tabla 3.24 se muestran los materiales directos para la elaboración de papel artesanal de caña guadua. Las cantidades descritas corresponden a un año de producción.

Tabla 3.24: Materiales directos para un año de producción de papel artesanal

Denominación	Cantidad (kg)	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Caña guadua	1.593,00	0,05	79,64
Lejía Sello Rojo	313,00	3,00	940,32
Colorante natural	12,00	3,31	39,72
TOTAL		S/	1.059,68

3.7.2.2 Mano de obra directa

En la tabla 3.25 se muestran los costos anuales correspondientes a mano de obra directa. Las cargas sociales corresponden al 35% del total anual.

Tabla 3.25: Costos de mano de obra directa

Denominación	Cantidad	Sueldo mensual (\$)	Total anual (\$)
Personal operativo	4	212,26	10.188,48
Cargas sociales			3.565,97
TOTAL			13.754,45

Denominación	Sueldo mensual (\$)	Total anual (\$)
Salario mínimo	212,26	2.547,12
Cargas sociales		
Décimo tercero	17,69	212,26
Décimo cuarto		136,00
Aporte IESS (11,15%)	23,67	284,00
Fondos de reserva	17,69	212,26
Vacaciones	8,84	106,13
Total de cargas sociales		S/ 950,65

3.7.3 COSTOS FIJOS

3.7.3.1 Carga Fabril

De la tabla 3.26 a la 3.31 se aprecian los costos anuales correspondientes a mano de obra indirecta, materiales indirectos, depreciación, suministros, reparaciones y mantenimiento y seguros, todo lo cual se refiere a carga fabril.

Tabla 3.26: Costos anuales de mano de obra indirecta

Denominación	Cantidad	Sueldo mensual (\$)	Total anual (\$)
Supervisor de planta	1	214,32	2.571,84
Cargas sociales			900,14
TOTAL			3.471,98

Tabla 3.27: Costos anuales de materiales indirectos

Denominación	Cantidad (L)	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Pegamento	2	4,48	8,96

Tabla 3.28: Costos anuales correspondientes a depreciación

Concepto	Vida útil (años)	Costo (\$)	Valor anual (\$)
Construcciones	20	36.695,00	1.835,00
Maquinaria y equipo	10	4.500,00	450,00
Computadora	3	450,00	150,00
Imprevistos de la inversión fija	10	2.060,00	206,00
TOTAL			2.641,00

Tabla 3.29: Costos anuales de suministros

Concepto	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Energía eléctrica (kWh)	1.272,84	0,052	66,00
Bombonas de gas industrial	48	15,00	720,00
Agua (m ³)	54,36	0,31	17,00
TOTAL			803,00

Tabla 3.30: Costos anuales de reparaciones y mantenimiento

Concepto	%	Costo (\$)	Valor total (\$)
Maquinaria y equipo	2,00	4.500,00	90,00
Edificios y construcciones	2,00	36.695,00	734,00
TOTAL			824,00

Tabla 3.31: Costos anuales de seguros

Concepto	%	Costo (\$)	Valor total (\$)
Maquinaria y equipo	1,00	4.500,00	45,00
Edificios y construcciones	1,00	36.695,00	367,00
TOTAL			412,00
Imprevistos a la carga fabril (3%)			245,00
TOTAL GENERAL			8.405,00

3.7.3.2 Gastos Administrativos y Generales

En la tabla 3.32 se presentan los gastos administrativos y generales de la empresa. Este rubro es bastante bajo debido a que, al tratarse de una empresa artesanal y colectiva, no existe personal administrativo que encarezca dichos costos. El supervisor de planta será el encargado de realizar las tareas administrativas.

Tabla 3.32: Gastos administrativos y generales

Concepto	Valor anual (\$)
Gastos de oficina (suministros)	200,00
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)	78,00
Amortización de constitución de la sociedad (10 años)	80,00
Imprevistos	11,00
TOTAL	369,00

3.7.3.3 Gastos Financieros

Tabla 3.33: Gastos financieros

Concepto	Tasa (%)	Valor (\$)
Intereses del préstamo	8,0	2.942,00

3.7.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la tabla 3.34 se aprecian los costos de producción anuales para la empresa de elaboración de papel artesanal de guadua.

Tabla 3.34: Costos anuales de producción de 144 resmas de papel artesanal de caña guadua

Concepto	Valor (\$)	%
Materiales directos	1.060,00	4,56
Mano de obra directa	13.754,00	59,24
Carga fabril	8.406,00	36,20
TOTAL	23.220,00	100,00

3.7.5 INGRESOS

Tabla 3.35: Ingresos totales correspondientes a ventas netas

Producto (s)	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Tarjetas artesanales	6.000	3,00	18.000,00
Hojas de papel artesanal	30.000	0,70	21.000,00
TOTAL			39.000,00

3.7.6 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

Tabla 3.36: Estado de pérdidas y ganancias

Concepto	Valor (\$)	%
Ventas netas	39.000,00	100,00
Costos de producción	23.220,00	63,39
Utilidad neta en ventas	15.780,00	36,61
Gastos administrativos y generales	369,00	0,94
Utilidad neta en operaciones	15.412,00	35,67
Gastos de financiamiento	2.942,00	7,83
Reparto de utilidades a trabajadores (15%)	1.871,00	4,18
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	10.600,00	23,66

<u>RENTABILIDAD ANTES DEL IMPUESTO A LA RENTA</u>	
Sobre el capital propio	33,81 %
Sobre la inversión total	15,56 %

3.7.7 PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio obtenido en porcentaje indica que del total de ventas, el 48,44% se usa para pagar los costos fijos y los costos variables, y el 51,56% es la utilidad neta que obtiene la empresa.

El cálculo complementario realizado para obtener el punto de equilibrio en dólares, demuestra que las ventas necesarias para que la empresa opere sin pérdidas ni ganancias se encuentra en \$ 18.890,47.

Tabla 3.37: Punto de equilibrio

Concepto	Costos fijos (\$)	Costos variables (\$)
Materiales directos		1.060,00
Mano de obra directa		13.754,00
Carga fabril		
Mano de obra indirecta	3.472,00	
Materiales indirectos	9,00	
Depreciación	2.641,00	
Suministros	803,00	
Reparaciones y mantenimiento	824,00	
Seguros	412,00	
Imprevistos	245,00	
Gastos administrativos y generales	369,00	
Gastos financieros	2.942,00	
TOTAL	11.715,00	14.814,00
PUNTO DE EQUILIBRIO		48,44%
		\$ 18.890,47

3.7.8 TASA INTERNA DE RETORNO Y VALOR ACTUAL NETO

Los cálculos de la tasa interna de retorno y del valor actual neto se encuentran en el anexo XIV. La TIR asciende al 12,83% y el VAN es de \$ 18.185,08. Esto implica que, al ser la TIR mayor que la tasa de interés pasiva promedio (4 %) que los bancos otorgan a los clientes por sus depósitos, se concluye que es un proyecto viable.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.3 CONCLUSIONES

- La caña guadua se vislumbra como un producto alternativo a la madera como fuente de celulosa, por ser un recurso natural renovable, de rápido crecimiento, muy versátil y con excelentes características físico-mecánicas.
- Sobre la base de los resultados encontrados a escala de laboratorio, se puede concluir que la *Guadua angustifolia* K. es una especie totalmente apta para la obtención de pulpa de celulosa y la elaboración de papel.
- Por su baja resistencia a la explosión, a la tensión, alta pureza y color claro, el uso más idóneo para el papel sin acabado obtenido de la *Guadua angustifolia* es para escritura e imprenta.
- Las pulpas producidas difieren en rendimiento y calidad de acuerdo al proceso químico aplicado para su obtención. En términos generales, las pulpas al sulfito presentan rendimientos ligeramente mayores, pero una calidad inferior. Los rendimientos de las pulpas a la sosa son menores, pero su calidad es superior, como lo demuestra su elevado contenido de alfa celulosa.
- El batido es la etapa más importante para lograr papeles de mejores características físico-mecánicas, ya que aumenta de manera considerable la resistencia a la explosión y la tensión, además otorga mayor homogeneidad a las hojas y mejora visiblemente su uniformidad, independientemente del proceso de pulpatación empleado.

- El proceso de obtención de pulpa a la sosa presenta las mejores características para su utilización en un ámbito artesanal, debido a sus altos rendimientos, temperaturas más bajas, accesibilidad al reactivo, mayor manejabilidad y sencillez frente al proceso al sulfito neutro.
- El contenido de alfa celulosa en una pulpa es un indicador de la eficiencia de la digestión, por cuanto permite conocer si las condiciones a las que se llevó a cabo fueron las adecuadas para la eliminación de lignina, o por el contrario fueron muy extremas y causaron que la celulosa presente en el material vegetal se degrade.
- La producción de papel artesanal en el cantón Mera, no sólo surge como una opción económica sino como una alternativa de manejo de recursos en la región de influencia del proyecto.
- Al ser elaborado a mano, el papel artesanal de caña guadua tiene un precio mucho mayor al papel común de escritura. Con el volumen de producción estimado de 12 resmas mensuales de papel, el precio de venta al público se ubica en \$ 0,71 por cada hoja tamaño A4.
- El papel artesanal no representa competencia directa para otros tipos de papel, ya que posee un nicho de mercado exclusivo. Al ser elaborado a mano cada hoja de papel artesanal es única y diferente.
- La elaboración de hojas de papel artesanal depende directamente de la capacitación y la habilidad que desarrolle el personal operativo, por lo tanto la evaluación de las hojas artesanales realizada en el presente trabajo proponen rangos de espesor y gramaje principalmente, que son técnica y económicamente aceptables para la empresa propuesta.

- La parroquia Madre Tierra del cantón Mera se presenta como un lugar propicio para la instalación de una fábrica de papel artesanal de caña guadua, ya que presenta disponibilidad de materia prima, cuenta con servicios básicos y vías de acceso en buen estado.
- El proyecto de implementación de una empresa de papel artesanal de papel de caña guadua es viable, ya que la tasa interna de retorno asciende al 12,83%, el valor actual neto es de \$ 18.185,08.

4.4 RECOMENDACIONES

- Es recomendable desarrollar programas agroforestales en zonas como la Amazonía, donde las condiciones ecológicas no permiten sistemas tradicionales de producción agrícola.
- Debido a las ventajas que presenta la guadua frente a otras especies maderables, se debería analizar la viabilidad de una planta industrial para la elaboración de pulpa a base de caña guadua para satisfacer un porcentaje de la demanda de las empresas papeleras nacionales.
- Dado el bajo costo de la materia prima y su alto rendimiento en la transformación a pulpa, se deberían realizar posteriores investigaciones utilizando mezclas de pulpa de guadua con otras especies nativas que presenten características físico-mecánicas superiores, con el fin de mejorar la calidad del papel.
- Como se demostró que debido a que el batido es la fase más importante para la obtención de un papel de características mejoradas, para cualquier proyecto de elaboración de papel artesanal se debería realizar la adquisición de una batidora de papel, ya que se convierte en una inversión imprescindible.
- En la provincia de Pastaza existen 13 hectáreas correspondientes a manchas naturales de caña guadua, por lo tanto para el volumen de producción propuesto en el presente estudio no se necesita de siembras adicionales; sino que se recomienda iniciar el manejo de los guaduales existentes utilizando los mismos criterios de entresacas selectivas descritos. Sin embargo, si se amplía el mercado y por ende el volumen de producción, el

cantón Mera es un lugar propicio para la siembra tecnificada de guadua.

- A partir del papel artesanal se puede elaborar todo tipo de productos con mayor valor agregado como: tarjetas de presentación, invitaciones, álbumes, separadores de libros, fundas, cajas de regalo y demás; es decir se recomienda ampliar la oferta, lo que daría un mayor atractivo al negocio, y a su vez mejoraría los ingresos.
- Si se realizan posteriores estudios con la caña guadua para obtención de pulpa de celulosa por el proceso al sulfito neutro, es recomendable que se realice un cepillado de la corteza, con el fin de evitar la presencia de partes no digeridas que se originan de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arclad, 2004, "Especificaciones Técnicas Papel Bond Mate", <http://www.etipres.com/docs/mate/bond-arclad.pdf>, (Agosto, 2008).
2. Báez, Christian, 2003, "Manejo Técnico Agrícola del Estado de Renuevo en Caña Guadua", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
3. Camargo, Héctor, 2002, "Proyecto de Explotación de Caña Guadua", Centro Agrícola de Santo Domingo de los Colorados, Santo Domingo de los Colorados, Ecuador, pp. 7, 53.
4. Carrillo, Alexander *et al*, 1999, "Propuesta para la producción de papel artesanal aprovechando los residuos vegetales generados durante la comercialización del banano", <http://www.lablaa.org/blaavirtual/quimica/quimicart/prop1.htm>, (Junio, 2008).
5. Casey, James, 1990, "Pulpa y Papel: Química y Tecnología Química", tercera edición, Editorial Limusa, México D.F., p. 32.
6. Castaño, Francisco y Moreno, Rubén, 2004, "Guadua para Todos: Cultivo y Aprovechamiento", Editorial Panamericana, Bogotá, Colombia, pp. 35, 58, 63, 87, 111, 117.
7. CORPEI, 2005, "Estudio de Mercados Internacionales para Productos Ecuatorianos derivados del Bambú", <http://www.ecuadorcalidaddeorigen.com/> (Junio, 2008).

8. CORPEI, CBI, 2003, "Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador, Perfil de Producto: Bambú", http://www.ecuadorcalidaddeorigen.com/productos_down/perfil_bambu_en_ecuador320.pdf, (Junio, 2008).
9. FAO, 1995, "Ejemplos de Productos Forestales no Madereros de Importancia Económica en Ecuador", <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s0v.htm>, (Junio, 2008).
10. Gobierno Municipal de Mera y Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2006, "Plan de Desarrollo Estratégico Cantonal de Mera", p. 7.
11. Grant, Julius, 1966, "Manual sobre la Fabricación de Pulpa y Papel", primera edición, Editorial Continental, México D.F., pp. 46, 54, 62, 179.
12. Hidalgo, Oscar, 1974, "Bambú: Su Cultivo y Aplicaciones", Estudios Técnicos Colombianos, Bogotá, Colombia, pp. 52, 71-73.
13. INBAR, 2004, "Red Internacional del Bambú y Ratán: Foro Electrónico", <http://www.inbarlac.org/resultadosforo.htm>, (Agosto, 2008).
14. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2007, "Papel artesanal: orígenes remotos y aplicaciones actuales", <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc49/inti7.php>, (Agosto, 2008).
15. Junta del Acuerdo de Cartagena, 1984, "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino", cuarta edición, Editorial Carvajal, Lima, Perú, p. 15.
16. Klop, Arie *et al*, 2003, "Diagnóstico de la Cadena Productiva de la Guadua en el Ecuador", SNV Ecuador: Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo, Quito, Ecuador, p. 55.

17. Larrea, Walter, 1987, "Obtención de Pulpa y Papel de Abacá", Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Químico, EPN, Quito, Ecuador, p. 25.
18. Li, Xiaobo, 2004, "Physical, Chemical and Mechanical Properties of Bamboo and Its Utilization Potential for Fiberboard Manufacturing", Tesis previa a la obtención del título de Máster en Ciencias, Universidad Estatal de Luisiana, Luisiana, USA, http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-04022004-144548/unrestricted/Li_thesis.pdf, (Agosto, 2008).
19. Londoño, Ximena, 2002, "La Guadua, un Bambú Importante de América", Proyecto Manejo Sostenible de Bosques de Colombia, Bogotá, pp. 10, 29.
20. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2004, "Servicio de Información y Censo Agropecuario", <http://www.sica.gov.ec>, (Julio, 2008).
21. Ministerio de Trabajo y Empleo, 2008, "Acuerdo No. 0039: Remuneraciones Mínimas Sectoriales Legales para Fabricación de Papel y Productos de Papel", <http://www.mintrab.gov.ec/MinisterioDeTrabajo/Institucional/..%5C%5CAcuerdos%5C533.pdf>, (Noviembre, 2008).
22. Misra, D.K., 1990, "Producción y Blanqueo de Pulpa de Fibras no Leñosas" en Casey, James, "Pulpa y Papel: Química y Tecnología Química", tercera edición, Editorial Limusa, México D.F., pp. 654, 655.
23. Morán Ubidia, Jorge, 2000, "Conocer, Propagar, Sembrar y Manejar adecuadamente la Guadua", Ecuabambú, pp. 1, 46.
24. Mu Jun, Uehara Tohru, Furuni Takeshi, 2003, "Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants", The Japan Wood

- Research Society, <http://www.springerlink.com/content/ge08guctpx09m1t0/full-text.pdf>, (Julio, 2008).
25. Papelnet, 2005, "La Celulosa", <http://www.papelnet.cl/celulosa/doc/celulosa.pdf>, (Julio, 2008).
26. Proyecto Guadua-Bamboo, 2001, "Sistema de Información sobre Guadua angustifolia", <http://web.catie.ac.cr/guadua/>, (Julio, 2008).
27. Tamariz, Fernando, 1974, "Obtención de papel a partir de la hoja de banano", Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Químico, EPN, Quito, Ecuador, p. 47.
28. Villee, Claude *et al*, 1998, "Biología de Ville", cuarta edición, Editorial McGraw-Hill, México D.F., p. 58.

ANEXOS

ANEXO I
MUESTRAS DE PAPELES A LA SOSA

01	02
03	04
05	06
07	08
09	010

011

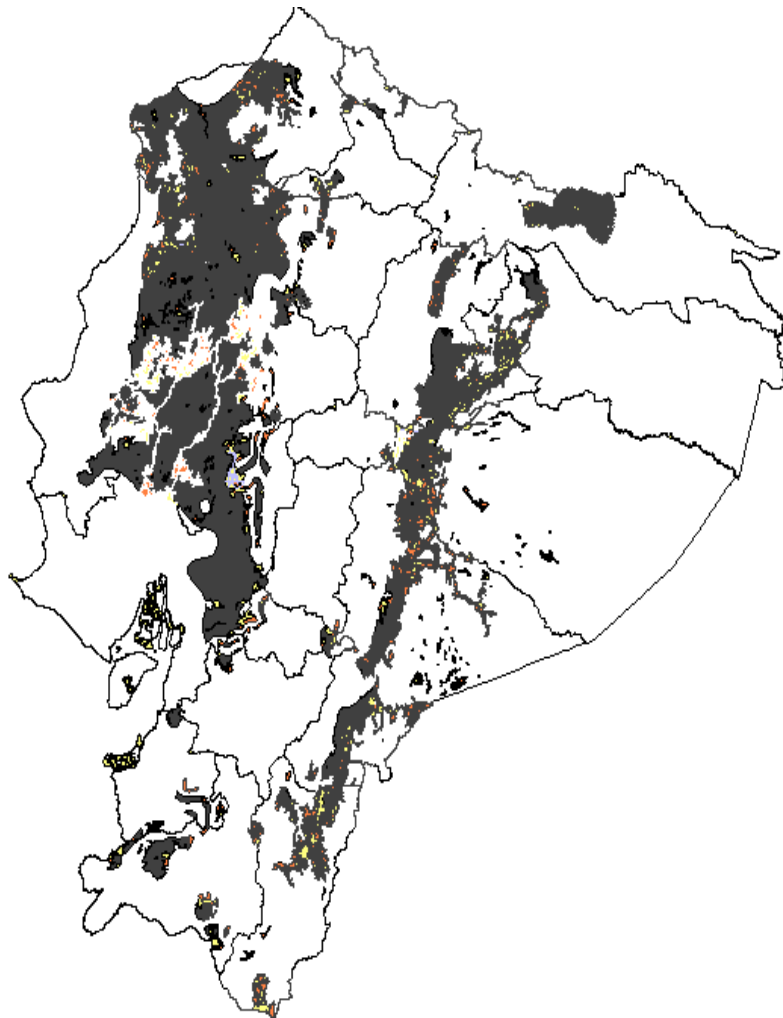
ANEXO II
MUESTRAS DE PAPELES AL SULFITO

S1	S2
S3	S4
S5	S6
S7	S8
S9	S10

ANEXO III
MUESTRAS DE PAPEL ARTESANAL

M1	M2
M3	M4
M5	M6

ANEXO IV
MAPA DE ZONAS POTENCIALES PARA EL
DESARROLLO DE LA GUADUA EN EL ECUADOR



Elaborado por: SNV, 2003.

ANEXO V

TIPOS DE BAMBÚ QUE SE CULTIVAN EN EL ECUADOR

Especies nativas

Guadua angustifolia

Guadua weberbaueri

Aulonemia queko

Aulonemia patula

Chusquea spp.

Neurolepis elata

Neurolepis rigida

Rhipidocladum harmonicum

Rhipidocladum racemiflorum

Especies introducidas

Dendrocalamus asper

Dendrocalamus giganteus

Dendrocalamus semiscandens Hsueh et D. Z. Li

Bambusa intermedia Hsueh et Yi

Bambusa vulgaris var. *Vittata*

Bambusa ventricosa Mc. Clure

Bambusa blumeana Schult

Bambusa pervariabilis

Phyllostachys nigra

Fuente: FAO, INBAR, 2005, "Country Report on Bamboo Resources", Global Forest Resources Assessment Update 2005, Quito, Ecuador.

ANEXO VI
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN
DE UNA HECTÁREA DE GUADUA

Detalle	Cantidad		Precio	Total
MATERIA PRIMA				
Plántulas	420		\$ 0,35	\$ 147,00
Subtotal				\$ 147,00
MANO DE OBRA				
Actividad/Año	Jornales	Días	Precio	Total
1 . Preparación del Terreno	3	3	\$ 7,00	\$ 63,00
2. Deshierba manual del Terreno	3	2	\$ 7,00	\$ 42,00
3. Trazado	1	1	\$ 7,00	\$ 7,00
4. Hoyado	4	2	\$ 7,00	\$ 56,00
5. Siembra	4	2	\$ 7,00	\$ 56,00
6. Fertilización	1	3	\$ 7,00	\$ 21,00
7. Replantado	1	1	\$ 7,00	\$ 7,00
8. Plateo	1	3	\$ 7,00	\$ 21,00
Subtotal				\$ 273,00
FERTILIZANTES				
Urea (50 kg)	2		\$ 24,00	\$ 48,00
10-30-10	1		\$ 33,00	\$ 33,00
Boro 500 Gr	1		\$ 6,00	\$ 6,00
Subtotal				\$ 87,00
LABORES CULTURALES				
Control de malezas	1	3	\$ 7,00	\$ 21,00
Podas y raleos	1	2	\$ 7,00	\$ 14,00
Subtotal				\$ 35,00
TOTAL				\$ 542,00
Imprevistos (10%)				\$ 54,20
TOTAL GENERAL				\$ 596,20

ANEXO VII
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN
POR DESPLAZAMIENTO DE AGUA

Las probetas se colocaron en un recipiente con agua, donde permanecieron 7 días, hasta peso constante. Para obtener el volumen por desplazamiento en agua se colocó un recipiente con agua sobre una balanza analítica, enseguida se introdujo cada muestra de madera sin que tocara las paredes ni el fondo del recipiente, de modo que se obtuvo el peso del agua desplazada misma que corresponde al volumen de la muestra, considerando la densidad del agua como la unidad.

ANEXO VIII

REFERENCIA NORMAS TAPPI UTILIZADAS

a) NORMA TAPPI T412m: CONTENIDO DE HUMEDAD

Se pesan 2 ± 0.1 g de muestra y se le coloca en un crisol previamente tarado. El método que se utiliza es el del secado a la estufa a una temperatura de 105°C con circulación de aire de flujo $8 \text{ m}^3/\text{s}$, durante 8 horas o hasta alcanzar peso constante.

Los resultados se expresan en porcentaje en relación al peso total de la muestra:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100 \quad [\text{a}]$$

Donde:

W_1 : Peso inicial de la muestra, en gramos

W_2 : Peso final después del secado, en gramos

b) NORMA TAPPI T 15 os-58: CANTIDAD DE CENIZAS

El contenido de cenizas se determina incinerando 2 g de una muestra molida y secada en la estufa, por cuatro horas.

En un crisol de porcelana previamente tarado, se pesa el material y se calienta hasta que la muestra empieza a humear. Posteriormente el crisol se coloca en una mufla a $600 \pm 25^{\circ}\text{C}$ y se deja carbonizar completamente.

La ecuación (b) se utiliza para obtener el contenido de ceniza de la muestra:

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = \frac{W_2}{W_1} * 100 \quad [b]$$

Donde:

W_1 : Peso de la muestra seca a la estufa, en gramos

W_2 : Peso de las cenizas, en gramos

c) NORMA TAPPI T 1 m-58: SOLUBILIDAD EN AGUA

Se pesan 2 ± 0.1 g de muestra molida y secada en la estufa, y se coloca en un balón de vidrio. Se añaden 100 ml de agua destilada además de núcleos de ebullición. Luego se conecta el balón a un condensador de reflujo y se calienta por 3 horas, cuidando que la muestra se mantenga en contacto siempre con el agua y no se adhiera a las paredes del balón.

Transcurrido el tiempo necesario se filtra el contenido del balón en un crisol filtrante de peso conocido, y se lava con agua caliente hasta asegurar que toda la muestra se trasvase al crisol. Se coloca el crisol en la estufa a una temperatura de 105°C y se realizan mediciones cada hora hasta que la muestra no varíe su peso. Los resultados se obtienen en base al material seco. La ecuación utilizada se presenta a continuación:

$$\text{Solubles en agua (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100 \quad [c]$$

Donde:

W_1 : Peso inicial de la muestra seca a la estufa, en gramos

W_2 : Peso final de la muestra seca después de la extracción con agua caliente, en gramos

d) NORMA TAPPI T 60s-59: SOLUBILIDAD EN ALCOHOL BENCENO

El equipo que se utiliza para la prueba de solubilidad en alcohol-benceno consta de un aparato Soxhlet conectado a un condensador de reflujo y unido en la parte inferior a un balón de vidrio, como se muestra en la figura siguiente.



Figura A: Equipo utilizado para el análisis de solubilidad en alcohol-benceno

Dentro del condensador se coloca un timble de celulosa con 4 g de muestra molida y seca a la estufa. Los balones de vidrio se hallan bajo la influencia de una fuente de calor. Dentro de los balones se coloca 200 ml de una mezcla 2:1 de benceno y alcohol etílico al 95%, respectivamente. La extracción dura 8 horas y se realiza por triplicado.

Una vez terminada la extracción, toda la solución restante se recupera, y los balones de vidrio con el residuo se secan en una estufa a 105°C hasta peso constante.

Los elementos solubles en alcohol-benceno (resinas, grasas y ceras) de la muestra se determinan mediante la ecuación:

$$\text{Solubles en alcohol-benceno (\%)} = .00 \quad [d]$$

Donde:

W_1 : Peso de la muestra seca a la estufa, en gramos

W_2 : Peso del residuo de la extracción seco a la estufa, en gramos

e) NORMA TAPPI T 201 m-54: CONTENIDO DE CELULOSA

Se pesan 2 g de muestra previamente extraída con alcohol-benceno y seca al aire y se la coloca en un Erlenmeyer pequeño. Se añaden 30 ml de hipoclorito de sodio al 96% y se deja actuar por 6 horas. Enseguida, se pasa el material a un crisol filtrante y mediante succión se lava la muestra sucesivamente con 50 ml de agua destilada, 50 ml de una solución al 3% de bióxido de azufre, 50 ml de agua destilada, 50 ml de una solución fresca al 2% de sulfito de sodio.

Luego se pasa del crisol a un vaso, lavando los residuos con 105 ml de la solución de sulfito de sodio y se agita por 30 min. Por último, se coloca el material nuevamente en el crisol y se lava con 250 ml de agua destilada. El residuo se seca a la estufa a 105°C hasta peso constante.

La ecuación utilizada para el contenido de celulosa se presenta a continuación:

$$\text{Contenido de celulosa (\%)} = .00 \quad [e]$$

Donde:

W_1 : Peso de la muestra seca al aire, en gramos

W_2 : Peso del residuo de la extracción seco a la estufa, en gramos

f) NORMA TAPPI T 13 os- 54: CONTENIDO DE LIGNINA

Se pesa 1 g de muestra extraída con alcohol-benceno y seca al aire y se coloca en un vaso de precipitación. Se agregan 15 ml de ácido sulfúrico al 72% a 12°C y se agita durante 2 horas. Se agregan 560 ml de agua destilada y se hierve por 4 horas con reflujo. La solución se filtra en un crisol de alundum mediante succión, y se lava el residuo con 500 ml de agua destilada caliente. Se pesa el crisol y su contenido después de secar a 105°C hasta peso constante.

La ecuación siguiente se utiliza para obtener el contenido de lignina de la muestra:

$$\text{Contenido de lignina (\%)} = .00 \quad [f]$$

Donde:

W_1 : Peso de la muestra seca al aire, en gramos

W_2 : Peso del residuo de la extracción seco a la estufa, en gramos

g) NORMA TAPPI T 19 m-50: CONTENIDO DE PENTOSANAS

Se pesa 1 g de muestra molida sin extraer y seca a la estufa, y se coloca en un balón de destilación al que se agregan 100 ml de ácido clorhídrico al 12%. Paralelamente, se llena un embudo de separación con 300 ml de ácido clorhídrico que alimenta al balón de destilación que se coloca sobre la estufa y se une a su vez a un tubo Soxhlet, como se puede apreciar en la Figura B.



Figura B: Equipo utilizado para el análisis de contenido de pentosanas

En una probeta se recogen 300 ml de destilado y se lo traspasa a un Erlenmeyer, al cual se le añaden 250 g de hielo picado. Cuando se alcanzan los 0 °C se agregan 20 ml de bromuro bromato 0.2 N, se agita debidamente tapado por 5 minutos para posteriormente añadir 10 ml de yoduro de potasio al 10 %. Finalmente la solución se titula con tiosulfato de sodio 0.1N. Se realiza también un ensayo en blanco en el cual se utilizan 270 ml de ácido clorhídrico y 80 ml de agua destilada en lugar de los 300 ml de destilado.

El contenido de pentosanas se calcula con la ecuación:

$$\text{Contenido de Pentosanas (\%)} = \frac{V_2 - V_1}{V} \cdot N \quad [g]$$

Donde:

N : Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

V_1 : Volumen de tiosulfato empleado en la titulación de la muestra (ml)

V_2 : Volumen de tiosulfato gastado en la titulación de la prueba en blanco (ml)

W : Peso de la muestra seca a la estufa, en gramos

h) NORMA TAPPI T 203 m-58: CONTENIDO DE ALFA CELULOSA

Se pesan 3 g de pulpa seca a la estufa y se coloca en un vaso de precipitado. Se agregan 35 ml de una solución de hidróxido de sodio al 17,5% en peso, mientras se agita con un agitador de vidrio. En los 10 minutos siguientes se adicionan 4 porciones de la solución, con el mismo procedimiento de agitación. Posteriormente se deja reposar la mezcla a 20°C por 30 minutos. Luego se añaden 100 ml de agua destilada a 20°C y se agita por 30 minutos más.

El contenido del vaso se filtra por succión en un crisol Gooch, pasando el filtrado en varias ocasiones hasta asegurar que no existan finos en suspensión. El residuo se lava por succión con 750 ml de agua destilada a 20°C y luego con 40 ml de ácido acético al 10% a 20°C, por 5 minutos. Por último se elimina el ácido con 750 ml de agua destilada. El crisol filtrante se seca en la estufa a 105°C hasta peso constante. Los resultados se calculan como porcentaje sobre pulpa seca a la estufa.

La ecuación siguiente se utiliza para obtener el contenido de alfa celulosa de las pulpas:

$$\text{Contenido de alfa celulosa (\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad [h]$$

Donde:

W_1 : Peso de la pulpa seca a la estufa, en gramos

W_2 : Peso del residuo de la extracción seco a la estufa, en gramos

ANEXO IX
CONTENIDO DE ALFA CELULOSA
DE DIFERENTES MATERIALES FIBROSOS

MATERIAL	ALFA CELULOSA (%)
Linter de algodón*	98,60
Pulpa de <i>Abies grandis</i> por el proceso al sulfito**	90,6
Pulpa de bagazo de caña por el método Kraft***	23,68
Pulpa de bagazo de caña por el proceso a la sosa-AQ***	58,30
Rastrojo de piña****	45,12

FUENTE:

* Caracterización de las aguas residuales del proceso de obtención de alfa-celulosa a partir de linter de algodón y determinación de la viscosidad de la celulosa obtenida, 2001, http://www.uis.edu.co/portal/investigacion/centros/cicelpa/proyectos_recientes.html

** Chidester, G *et al*, 1942, “Pulpa al sulfito del abeto blanco de tierras bajas”, <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplr/fplr1404.pdf>

*** <http://dspace.unimap.edu.my/bitstream/123456789/3384/3/Results%20and%20discussion.pdf>

**** Quesada, Karol *et al*, 2005, “Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comusus*, variedad *champaka*) como material de refuerzo en resinas de poliéster”, <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/JUN05/quesada.pdf>

ANEXO X
HOJA DE SEGURIDAD LEJÍA SELLO ROJO

1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL

Nombre Comercial: Lejía, Sello Rojo
Sinónimos: Lejía
Nombre del Distribuidor: MEINFORTE
Dirección del Distribuidor: Parque Industrial Ecuatoriano, Km 16,5 vía a Daule
Av. Rosavin y Cobre.

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE INGREDIENTES

Ingrediente(s) Peligroso(s)	TLV (ppm)	CAS N°
Hidróxido de sodio	1.2	1310-73-2
Estabilizante + Excipiente	no determinado	

3. PROPIEDADES FÍSICAS

Apariencia: Escamas higroscópicas de color blanco
Temperatura de fusión, °C: 324
Densidad específica a 20°C: 2,13 g/cm³
Solubilidad en agua a 20°C: 1090 g/l
pH, en solución 0,5% agua a 20°C: 13 – 14

4. FUEGO Y EXPLOSIÓN

Por sí solo no es inflamable ni explosivo, pero en casos de calentamiento por una fuente externa, puede quemarse liberando gases tóxicos.

Peligros por Fuego y Explosión: El material calentado o fundido puede reaccionar violentamente con agua. Si las escamas entran en contacto con la humedad o agua pueden generar

suficiente calor y encender materiales combustibles. Puede reaccionar con ciertos metales para generar gas hidrógeno que es altamente inflamable.

Medio para extinguir el fuego: En caso de fuego o humos, llamar a los bomberos. Es indispensable utilizar el equipo de respiración autónoma. No permitir que el producto se quemé. Utilice un extintor adecuado para combatir el fuego del entorno.

Información especial: Añadir agua al producto puede generar grandes cantidades de calor. Los bomberos deben utilizar el traje completo de protección y el equipo de respiración autónomo. Después del incidente, utilice una solución de carbonato de sodio al 10% para lavar vigorosamente la ropa contaminada y todo el equipo de protección utilizado. Si es necesario usar agua, proceda a inundar el sitio; deberá hacerse un dique de contención para el agua que controla el fuego para su desecho posterior.

5. RIESGOS PARA LA SALUD

Este producto es un agente corrosivo y causa irritación a la nariz y garganta. Puede ocasionar severas quemaduras a los ojos y la piel, y llegar a ser fatal si es ingerido.

Inhalación: Es la ruta primaria de exposición. La inhalación de polvos puede producir severa irritación de la garganta y del tracto respiratorio.

Ingestión: Causa quemaduras severas al tracto gastrointestinal.

Contacto con la Piel: En contacto con la humedad de la piel, este producto fácilmente produce quemaduras si no es rápidamente removido.

Contacto con los Ojos: Puede causar severo daño que implica quemaduras y ceguera.

Exposición Crónica: Las propiedades irritantes de este compuesto hacen poco probable una exposición a cantidades grandes y continuas de este producto. Los efectos crónicos de una exposición local puede consistir en múltiples áreas de destrucción superficial de la piel o de algunas dermatitis irritantes. Asimismo la exposición a polvo o niebla puede resultar en varios grados de irritación o daño al tracto respiratorio y un aumento en la susceptibilidad a

enfermedades respiratorias.

Primeros Auxilios

Inhalación: Usando protección respiratoria adecuada, se saca a la víctima del ambiente de exposición a una zona con aire fresco. Si la respiración es dificultosa, una persona adecuada debe aplicarle oxígeno. Si la respiración se detiene, una persona entrenada debe administrarle respiración artificial. Solicite atención médica inmediatamente.

Ingestión: Nunca administre nada por la boca, si la víctima está inconsciente. Si ha ingerido, no inducir vómito, suministrarle mucho agua (si es posible, administre varios vasos de leche). Si el vómito ocurre espontáneamente, mantener libres las vías respiratorias y dar más agua. Solicitar atención médica inmediatamente. Mantenga a la persona con la temperatura corporal normal.

Contacto con la Piel: Lave inmediatamente todo el producto residual sobre la piel, con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos. Quite la ropa contaminada y lave antes de volver a usar. Es recomendable la atención médica si la irritación persiste.

Contacto con los Ojos: Lave inmediatamente los ojos con abundante agua durante mínimo 15 minutos, manteniendo los párpados separados para asegurar un lavado completo de la superficie del ojo. El lavado de los ojos durante los primeros segundos es esencial para asegurar una efectividad máxima como primer auxilio, pero luego debe acudir al médico.

6. ESTABILIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento (temperatura ambiente, presión atmosférica, hermeticidad de empaques).

Peligros por Descomposición: El calentamiento hasta descomposición genera gases tóxicos.

Incompatibilidades: Evite el contacto directo entre el recipiente con el producto y el agua, (ver sección 9). También evite contacto con ácidos, metales como el aluminio, compuestos orgánicos halogenados y nitrados, peróxidos orgánicos y materiales fácilmente inflamables.

Condiciones a evitar: Humedad, temperatura excesiva, fuego y ácidos. Este material es un agente corrosivo fuerte, no es recomendable la preparación de pastas o soluciones concentradas.

7. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAMES

Protección personal: En la sección 8, se dan las indicaciones para la protección del personal que maneja este producto.

Precaución contra Impacto Ambiental: Construir diques para evitar la llegada de este producto a sistemas de alcantarillas o canales de aguas naturales. El material de absorción contaminado se destinará a relleno sanitario.

Método de limpieza: Detener el derrame. Todo el producto derramado debe ser recogido tan pronto como sea posible. No añadir agua al material derramado. Utilice una escoba y una pala para limpiar las áreas contaminadas y coloque los residuos en un recipiente limpio y totalmente seco. Luego el área afectada debe ser lavada con abundante cantidad de agua.

8. MEDIDAS DE CONTROL DE HIGIENE INDUSTRIAL

Ventilación: Este producto debe ser manejado en áreas ventiladas; si el producto es manejado en un sistema cerrado, debe utilizarse un extractor para mantener el nivel de partículas bajo los límites permisibles.

Respirador Personal: En lugares donde se espere exceder los límites de exposición, utilice un respirador de media máscara aprobado según NIOSH/OSHA, con cartuchos para gases ácidos y vapores orgánicos, con prefiltro para polvos.

Protección de Ojos: Utilice monogafas plásticas de seguridad. Debe mantenerse siempre disponible una ducha y un equipo para lavado de ojos en el lugar de trabajo.

Protección de la Piel: Evite contacto con la piel. En condiciones normales de operación: usar delantal, chaleco, guantes y botas de caucho, neopreno o vinil. Lavar la ropa contaminada y el equipo de protección antes de volver a usar.

9. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Evitar todo contacto con los ojos, la piel o la ropa. Evite respirar material particulado, utilice protección respiratoria si hay riesgo de exposición. Los espacios vacíos de un recipiente pueden contener ligeras cantidades de cloro gas y residuos de descomposición. Use monogafas, guantes y traje protector para la manipulación de los recipientes. Lávese con agua y jabón después de manejar el producto.

Instrucciones de Manejo y Mezclas Especiales: Nunca añada agua al producto, siempre añada el producto a grandes cantidades de agua. Mezcle solamente con agua. Use utensilios limpios y secos. No añada este producto a un dosificador que contenga remanentes de algún otro producto, esto puede causar una reacción violenta, por ejemplo la contaminación con humedad, materia orgánica y otros materiales puede iniciar una reacción química con liberación de calor, gases tóxicos y posible generación de fuego y explosión.

Almacenamiento: Almacenar en el envase original, en áreas secas donde la temperatura no exceda los 36°C. Mantenga los envases bien cerrados. No permita el ingreso de agua al recipiente. No almacene en pisos húmedos.

10. OTRA INFORMACIÓN

La información presentada aquí es exacta y confiable. El uso de esta información y las condiciones de uso del producto es responsabilidad del cliente.

ANEXO XI
DETALLE COSTOS DE EQUIPO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
(Para 4 operarios)

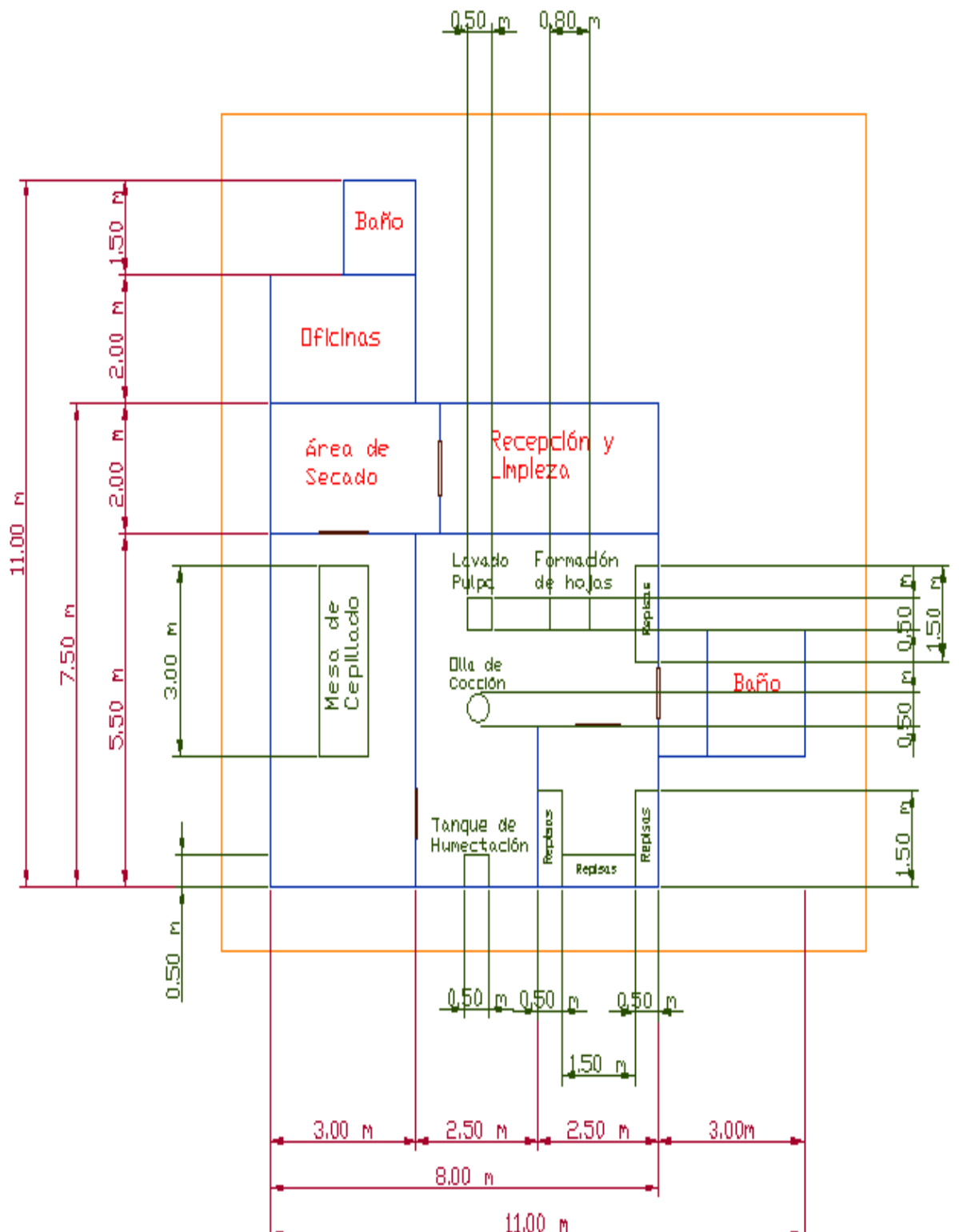
ARTÍCULO	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Guantes de caucho	3,32	13,28
Monogafas de seguridad	0,88	3,52
Mascarilla	3,66	14,64
Botas de caucho antideslizantes	7,79	31,16
Delantales de caucho	11,71	46,84
TOTAL	27,36	109,44

ANEXO XII
MATRIZ DE CAPACIDAD INSTALADA

Actividad	Frecuencia		No. veces	Tiempo Unitario (min)	Tiempo al mes (min)
1. Recepción	M	1	1	90	90
2. Limpieza	Q	2	17	10	340
3. Secado	Q	2	17	2	68
4. Cepillado	Q	2	8,5	60	1020
5. Pesado	D	20	1	8	160
6. Humectación	D	20	1	1	20
7. Escurrido	D	20	1	1	20
8. Pesado de los reactivos	D	20	1	3	60
9. Preparación de la solución	D	20	1	10	200
10. Cocción	D	20	1	300	6000
11. Lavado	D	20	1	20	400
12. Licuado	D	20	12	3	720
13. Moldeado	D	20	150	1	3000
14. Limpieza de maquinaria	D	20	1	10	200
15. Prensado	D	20	15	5	1500
16. Secado	D	20	15	1	300
17. Elaboración tarjeta	D	20	25	35	17500
18. Almacenado	D	20	1	2	40
19. Limpieza general	D	20	1	30	600
Tiempo real demandado					32238,0
Tiempo real disponible					8640
ICI* (%)					373

*ICI: Índice de Capacidad Instalada = $373/100 = 3.73 = 4$ operarios

ANEXO XIII
LAY OUT DE LA PLANTA DE PAPEL ARTESANAL



ANEXO XIV

CÁLCULO DEL TIR Y EL VAN

CONCEPTO	INVERSION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Inversión fija	47.662,00					
Capital de operaciones	20.457,00					
Total de Inversion	68.119,00					
Ventas netas		39000,00	39000,00	39000,00	39000,00	39000,00
Costo de producción						
Materia prima directa		1060,00	1060,00	1060,00	1060,00	1060,00
Mano de obra directa		13754,00	13754,00	13754,00	13754,00	13754,00
Gastos de fabricación		8406,00	8406,00	8406,00	8406,00	8406,00
Total de costos de producción		23220,00	23220,00	23220,00	23220,00	23220,00
Utilidad neta en ventas		15780,00	15780,00	15780,00	15780,00	15780,00
Gastos de administración		369,00	369,00	369,00	369,00	369,00
Gastos financieros		2942,00	2942,00	2942,00	2942,00	2942,00
Gastos de administración y generales		3311,00	3311,00	3311,00	3311,00	3311,00
Utilidad bruta en ventas	-68.119,00	12469,00	12469,00	12469,00	12469,00	12469,00
TIR	12,83%					
VAN	\$ 18.185,08					

ANEXO XV
PUNTO DE EQUILIBRIO

CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

