



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del Título
Ingeniera Industrial

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES
VARIETADES (ECU-01; EC-06; EC-08) DE BAGAZO DE CAÑA
PARA LA OBTENCIÓN DEL PAPEL EN LOS PROCESOS
INDUSTRIALES”

AUTORA

INGRID JANETH CHEVEZ ALEJANDRO

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Ph.D JUAN ALEJANDRO NEIRA MOSQUERA

QUEVEDO–LOS RÍOS –ECUADOR

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **CHEVEZ ALEJANDRO INGRID JANETH**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 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 normatividad institucional vigente.

CHEVEZ ALEJANDRO INGRID JANETH

C.C. 1207025469

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



El suscrito, **Juan Alejandro Neira Mosquera Ph.D.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante, Ingrid Janeth Chevez Alejandro, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Estudio de las características de las diferentes variedades (ECU-01; EC-06; EC-08) de bagazo de caña para la obtención del papel en los procesos industriales”**, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ph.D Juan Alejandro Neira Mosquera
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificado del Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico



Ph.D Juan Alejandro Neira Mosquera, en calidad de director de proyecto de Investigación titulada **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES VARIEDADES (ECU-01; EC-06; EC-08) DE BAGAZO DE CAÑA PARA LA OBTENCIÓN DEL PAPEL EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES”**, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, la estudiante INGRID JANETH CHEVEZ ALEJANDRO, egresada de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, ha cumplido con las correcciones pertinentes, e ingresada su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 6%.

URKUND

Dokument [PROYECTO INVESTIGACION Sita INGRID JANETH CHEVEZ ALEJANDRO.docx \(ID29301908\)](#)
Inskickat 2017-06-09 09:50 (-05:00)
Mottagare sungeysanchez.uteq@analysis.orkund.com
Meddelande [PROYECTO DE INVESTIGACION Sita INGRID JANETH CHEVEZ ALEJANDRO Visa hela meddelandet](#)
6% av det här ca 34 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 10 st källor

Ph.D Juan Alejandro Neira Mosquera
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certificado de aprobación por Tribunal de Sustentación



FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título

**“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES VARIEDADES
(ECU-01; EC-06; EC-08) DE BAGAZO DE CAÑA PARA LA OBTENCIÓN DEL
PAPEL EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES”**

Presentado al Consejo Académico de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE PROYECTO DE INVESTIGACION

Ing. Mera Chinga Luis Enrique

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Bernal Gutiérrez Azucena Elizabeth

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Moreira Macías Robert Williams

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

En primer lugar le agradezco a mi Papá Dios por guiarme por un buen camino y haber estado siempre conmigo, ya que es mi fuente de inspiración, por darme salud, fuerza, sabiduría, por haberme permitido culminar una meta más en mi vida y tengo la fe que el siempre estará conmigo.

A mi Padres, por haberme apoyado siempre en los momentos más difíciles, dedicándome tiempo y esfuerzo, inculcándome buenos consejos para ser una mujer de bien. A mis hermanas que siempre me han brindado su apoyo incondicional para seguir adelante en mi vida profesional

A mi esposo, a quien amo mucho, que ha sido una persona incondicional en mi vida, mi amigo, mi consejero, mi apoyo, mi guía para seguir adelante y no decaer en los momentos difíciles, sobre todas las cosas amar a nuestro Padre Celestial, porque Dios me lo puso en mi camino para ser muy feliz, por su respeto, amor y paciencia.

Agradezco a mi director de tesis al Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera Ph.D, por compartir sus conocimientos y contribuir con la elaboración del presente proyecto de tesis, y de la misma forma agradecer al Ing. Robert Moreira por aportar en mi proyecto de investigación, además de una u otra manera a las personas que me apoyaron para culminar exitosamente una etapa más en mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mi Papá Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, y estar conmigo en cada paso que doy, por iluminar mi mente dándome sabiduría, amor y fuerzas para culminar mi meta.

A mis padres Patricia Alejandro y Antonio Chevez que siempre creyeron en mí, y me sacaron adelante humildemente, por su apoyo incondicional y por enseñarme dignos ejemplos de superación, gracias a usted, hoy pude cumplir una meta más en mi vida y a mis hermanas Liliana Alejandro y Anita Chevez por siempre apoyarme en los momentos más difíciles.

A mi esposo Mauro Rosero que con su amor y paciencia siempre estuvo conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y por haberme dedicado tiempo y esfuerzo para culminar mi meta, y a mi pequeño angelito Ismael Rosero que desde el cielo me da fuerzas para seguir en pie y cumplir cada meta que he propuesto.

RESUMEN

Con la necesidad impulsar a la industria para hacerla más competitiva a través de soluciones que favorezcan al medio ambiente y crear nuevas oportunidades a nivel nacional en las Industrias de Papel, con el objetivo de elaborar papel a partir del residuo de la caña de azúcar, de esta manera desarrollar alternativas tecnológicas que permitan el empleo de desechos agrícolas para explotar su potencial. El presente trabajo se realizó mediante un estudio sobre las características de los tipos de bagazo de caña con la finalidad de determinar que variedad de bagazo (ECU- 01; EC-06; EC-08) cuenta con las condiciones o determinantes específicos para la obtención de papel de buena calidad. La materia prima se la obtuvo, en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CINCAE), en el cantón el Triunfo Provincia del Guayas. Para la elaboración del papel, el tamaño de la muestra fue de 50 g de cada tratamiento, luego se realizó el proceso de baño maría terminada esta fase se dejó 7 días en reposo, una vez culminada la fase de reposo se llevo a cabo el proceso de tamizado, lavado, blanqueado, formación de la hoja y secado de la hoja. El análisis estadístico se realizó en un diseño factorial A*B*C se evaluaron como variables de estudios: Humedad, resistencia, blancura, calibre, ceniza estos análisis se los realizó en la Empresa Papelera Ecuatoriana S.A (Inpaecsa) y de esta conseguir una aproximación de la calidad del producto, lo que servir como punto de partida en investigaciones, destinados a mejorar la calidad del papel.

Palabras clave: producción, calidad, caña, lignina, sosa caustica

Abstract

With the need to encourage the industry to make it more competitive through solutions that favor the environment and create new opportunities at the national level in the Paper Industries, with the objective of producing paper from the residue of sugar cane, from This way to develop technological alternatives that allow the use of agricultural wastes to exploit its potential. The present work was carried out by means of a study on the characteristics of the types of bagasse of cane in order to determine which variety of bagasse (ECU-01; EC-06; EC-08) has the specific conditions or determinants for obtaining Of good quality paper. The raw material was obtained at the Research Center of the Sugar Cane (CINCAE), in the canton of El Triunfo Province of Guayas. To prepare the paper, the size of the sample was 50 g of each treatment, then the process of water bath was completed, this phase was left for 7 days at rest, after completion of the rest phase, the process was carried out Sieving, washing, bleaching, sheet formation and sheet drying. The statistical analysis was performed in a factorial design A * B * C were evaluated as variables of studies: Humidity, resistance, whiteness, caliber, ash These analyzes were carried out in Empresa Papelera Ecuatoriana SA (Inpaecsa) and to obtain an approximation Of product quality, which serve as a starting point in research, aimed at improving the quality of paper.

Key words: production, quality, cane, lignin, caustic soda

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	viii
TABLA DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE CUADRO	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICO	xiv
CÓDIGO DUBLIN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.4. Formulación del problema.....	4
1.1.5. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos Específico.....	5
1.3. Hipótesis.....	5
1.3.1. Hipótesis nulas	5
1.3.2. Hipótesis alternativas	6
1.4. Justificación.....	6
CAPITULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Estudio.....	8
2.1.2. Papel.....	8
2.1.3. Bagazo de caña.....	8
2.1.4. Hidróxido de Sodio	8
2.1.5. Peróxido de Hidrogeno.....	9
2.1.6. Proceso artesanal	9
2.1.7. Proceso industrial	9
2.2. Marco Teórico	10
2.2.1. Historia del papel.....	10
2.2.2. Características físicas del papel.....	11
2.2.3. Historia La caña de azúcar	12

2.2.4.	Morfología de la caña de azúcar.....	13
2.2.5.	Características de la caña de azúcar	15
2.2.6.	Floración de la caña de azúcar.....	15
2.2.7.	Cultivo de la caña de azúcar	16
2.2.8.	Productos derivados de la caña de azúcar	17
2.2.9.	El bagazo de caña	18
2.2.10.	Composición física y química del bagazo de caña de azúcar	19
2.2.11.	Utilización del bagazo	22
2.2.12.	Descripción de los procesos industrial del papel a partir del bagazo de caña de azúcar	24
2.2.13.	Variedades de bagazo de caña de azúcar.....	26
2.2.14.	Normas de calidad del papel	30
CAPÍTULO III.....		31
MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.		31
3.1.	Localización	32
3.2.	Tipo de investigación	32
3.3.	Tipos de métodos.....	32
3.3.1.	Método inductivo	32
3.3.2.	Método analítico.....	32
3.4.	Fuentes de recopilación e información.....	33
3.5.	Diseño de la investigación.....	33
3.5.1.	Características del Experimento	33
3.5.2.	Análisis Estadístico	33
3.5.3.	Factores de Estudio	34
3.5.4.	Tratamientos.....	34
3.6.	Instrumento de la investigación.....	35
3.6.1.	Mediciones experimentales	35
3.7.	Tratamientos de los datos	35
3.8.	Recursos humanos y materiales	35
3.8.1.	Recursos humanos	35
3.8.2.	Recursos físicos	36
3.8.3.	Recursos materiales.....	36
3.9.	Manejo experimental.....	36
3.9.1.	Materia prima	36
3.9.2.	Desintegradora de caña	37
3.9.3.	Prensa hidráulica	37
3.9.4.	Bagazo de caña.....	37
3.9.5.	Baño maría	37

3.9.6. Reposo.....	37
3.9.7. Tamizado y lavado	38
3.9.8. Blanqueo.....	38
3.9.9. Reposo.....	38
3.9.10. Lavado.....	38
3.9.11. Formación de la hoja y secado	38
3.9.12. Reproceso químico.....	39
3.9.13. Análisis de laboratorio	39
CAPÍTULO IV	41
RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Resultados.	42
4.1.1. Análisis de Varianza para las variables a estudiar en la obtención del papel.....	42
4.1.2. Resultados con relación a los Factores de Estudio en los Análisis de Laboratorio.....	47
4.1.3. Flujograma de la elaboración del papel a partir del bagazo de caña en los procesos industriales.	53
4.1.4. Flujograma del papel a partir del bagazo de caña.	54
4.1.5. Balance de materiales para la obtención del papel a partir del bagazo de caña.	55
4.2. Discusión.....	57
4.2.1. Discusión de Resultados con relación a las variables estudiadas en los análisis del papel .	57
CAPÍTULO V.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusión.....	60
5.1.1. Con respecto al factor a las Variedades de Caña.....	60
5.1.2. Con respecto a los Tipos de Fibra	60
5.1.3. Con respecto a las condiciones de desintegración (proceso-reproceso).....	60
5.2. Recomendaciones.....	62
5.2.1. Con respecto al factor A (Variedades de Caña)	62
5.2.2. Con respecto al factor B (Tipos de Fibra)	62
5.2.3. Con respecto al factor C (Condiciones de desintegración).....	62
CAPÍTULO VI.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	63
CAPÍTULO VII.....	67
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.	Esquema del Análisis de Varianza.	33
Tabla N° 2.	Factores de estudio para la determinación de los parámetros adecuados para la obtención del papel.	34
Tabla N° 3.	Combinación de los tratamientos propuestos para la determinación de los parámetros adecuados para la obtención del papel.	34
Tabla N° 4.	Materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración del papel.	36
Tabla N° 5.	Análisis De Varianza Para la Humedad.....	42
Tabla N° 6.	Análisis De Varianza Para la Resistencia.....	43
Tabla N° 7.	Análisis De Varianza Para la Blancura.....	44
Tabla N° 8.	Análisis De Varianza Para el Calibre.....	45
Tabla N° 9.	Análisis De Varianza Para la Ceniza.....	46

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro N° 1.	Características y condiciones del papel.....	30
---------------------	----------------------------------------------	----

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico N° 1	Resultados del análisis de las variedades de caña (factor A), en los niveles (a0) ECU-01; (a1) EC-06 y (a2) EC-08; prueba de tukey ($p < 0.05$).....	47
Gráfico N° 2	Resultados del análisis de los tipos de fibra (factor B), en los niveles (b0) fibra corta ; (b1) fibra larga; prueba de tukey ($p < 0.05$).....	49
Gráfico N°3	Resultados del análisis de los tipos de mecanismo (factor C), en los niveles (c0) fibra corta ; (c1) fibra larga; prueba de tukey ($p < 0.05$).....	51

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Estudio de las características de las diferentes variedades (ECU-01, EC-06, EC-08) de bagazo de caña para la obtención del papel en los procesos industriales”.
Autor:	Chevez Alejandro Ingrid Janeth
Palabras claves:	Producción, calidad, caña, lignina, sosa caustica
Fecha de publicación:	31 de mayo de 2017
Editorial:	Quevedo UTEQ 2016
Resumen hasta 250 palabras	<p style="text-align: center;">Resumen</p> <p>Con la necesidad impulsar a la industria para hacerla más competitiva a través de soluciones que favorezcan al medio ambiente y crear nuevas oportunidades a nivel nacional en las Industrias de Papel, con el objetivo de elaborar papel a partir del residuo de la caña de azúcar, de esta manera desarrollar alternativas tecnológicas que permitan el empleo de desechos agrícolas para explotar su potencial. El presente trabajo se realizó mediante un estudio sobre las características de los tipos de bagazo de caña con la finalidad de determinar que variedad de bagazo (ECU- 01; EC-06; EC-08) cuenta con las condiciones o determinantes específicos para la obtención de papel de buena calidad. La materia prima se la obtuvo, en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CINCAE), en el cantón el Triunfo Provincia del Guayas. Para la elaboración del papel, el tamaño de la muestra fue de 50 g de cada tratamiento, luego se realizó el proceso de baño maría terminada esta fase se dejó 7 días en reposo, una vez culminada la fase de reposo se llevo a cabo el proceso de tamizado, lavado, blanqueado, formación de la hoja y secado de la hoja. El análisis estadístico se realizó en un diseño factorial A*B*C se evaluaron como variables de estudios: Humedad, resistencia, blancura, calibre, ceniza estos análisis se los realizó en la Empresa Papelera Ecuatoriana S.A (Inpaecsa) y de esta conseguir una aproximación de la calidad del producto, lo que servir como punto de partida en investigaciones, destinados a mejorar la calidad del papel.</p> <p>Abstract.- With the need to encourage the industry to make it more competitive through solutions that favor the environment and create new opportunities at the national level in the Paper Industries, with the objective of producing paper from the residue of sugar cane, from This way to develop technological alternatives that allow the use of agricultural wastes to exploit its potential.The present work was carried out by means of a study on the characteristics of the types of bagasse of cane in order to determine which variety of bagasse (ECU-01; EC-06; EC-08) has the specific conditions or determinants for obtaining Of good quality paper. The raw material was obtained at the Research Center of the Sugar Cane (CINCAE), in the canton of El Triunfo Province of Guayas. To prepare the paper, the size of the sample was 50 g of each treatment, then the process of water bath was completed, this phase was left for 7 days at rest, after completion of the rest phase, the process was carried out Sieving, washing, bleaching, sheet formation and sheet drying.</p> <p>The statistical analysis was performed in a factorial design A * B * C were evaluated as variables of studies: Humidity, resistance, whiteness, caliber, ash These analyzes were carried out in Empresa Papelera Ecuatoriana SA (Inpaecsa) and to obtain an approximation Of product quality, which serve as a starting point in research, aimed at improving the quality of paper.</p>
Descripción:	87 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162
URI:	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios).

INTRODUCCIÓN

Actualmente en las industrias ya no requieren estrictamente madera para la elaboración del papel, por su disponibilidad de contenido de celulosa, fibra con que se forman las láminas de papel, considerando aspectos ambientales la tendencia apunta a la utilización de material residual (bagazo de caña) para disminuir los impactos ambientales, en la industria azucarera se pretende aprovechar materias primas fibrosas generales de la caña de azúcar por lo que es importante asegurar las propiedades del bagazo para su conversión en pulpa y utilizarlas en la fabricación del papel.

El bagazo de caña, es un subproducto en la industria azucarera conservan una posición entre las fibras no leñosas para la manufactura de papel, debido a su disponibilidad de grandes cantidades de celulosa, hemicelulosa y lignina que son componentes principales de la materia prima. Este subproducto de la caña se emplea fundamentalmente como combustible en las calderas generadoras del vapor necesario para el accionamiento de las máquinas térmicas, y los procesos de secado, destilación y otros.

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se registró 8.131.819.00 toneladas métricas (Tm) de producción de la caña de azúcar en el año 2011. Ecuador cuenta con seis principales instalaciones procesadoras de caña de azúcar (las más grandes y tradicionales) que cubren el 90% de la producción Nacional, son: San Carlos, Valdez, La Troncal, Isabel María, IANCEM y Monterrey.

El presente trabajo de investigación pretende el análisis de tres variedades de bagazo de caña: ECU-01; EC-06; EC-08, con el fin de determinar cuál ofrece mejores condiciones para el proceso de obtención de papel. Este análisis nos permitirá determinar conclusiones importantes, como por ejemplo:

Con que tipo de fibra de bagazo de caña se obtiene mayor calidad en el papel y que granulometría de molido es recomendable trabajar para dicho proceso.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Independientemente del uso de la caña de azúcar, ésta genera residuos sólidos que muchas veces son considerados un problema para el medio ambiente. Entre estos residuos están el bagazo y la cachaza. El bagazo se obtiene en gran cantidad luego de que se extrae el jugo de la caña de azúcar. Aproximadamente de 1.000 toneladas de caña procesada se obtienen 270 toneladas de residuo del mismo.

Esta gran cantidad de residuos se vuelven un problema para la industria azucarera, debido a que se busca deshacerse de ello de forma apropiada y económica. La manera más utilizada en la actualidad es quemarlos, lo más completo posible en los cocederos de las fábricas, por lo que necesita instalaciones y un determinado mantenimiento para llevar a cabo dicho proceso, las emisiones que se dan de este proceso pueden causar impacto considerable en el ambiente. También, cabe destacar que por medio de la acumulación de estos derivados se pueden originar incendios inesperados.

Por otra parte, el cultivo de la caña de azúcar es de gran importancia para nuestro país debido a que promueve el desarrollo agroindustrial y sirve como una alternativa ecológica para el cuidado del medio ambiente, permitiendo de esta manera elaboración del papel con desechos provenientes de éstas y ayuda a regular la tala de árboles.

Para la elaboración del papel mediante los residuos (bagazo) de la caña de azúcar se necesita contar con experiencia o conocimiento suficiente para realizar dicho trabajo y la materia prima utilizada debe contar con buenas características.

1.1.2. Diagnóstico

El sistema productivo de la caña de azúcar desde el punto de vista ecológico tiene el propósito de considerar la responsabilidad del medio ambiente, actualmente las industrias del azúcar comprenden una combinación de actividades: el cultivo, la cosecha de la caña,

el procesamiento primario de la materia prima y de sus residuos, cada actividad tiene un impacto de diferente índole. En la actualidad su impacto en: suelo, agua y aire, en buena parte del mundo, es algo que ha adquirido notoriedad, y el daño a la biodiversidad no puede decirse que haya concluido puesto que la diversión de cultivo de la caña de azúcar sigue en curso.

Considerando la existencia en nuestro país de esta industria y su potencial, debe tenerse en cuenta la disponibilidad de bagazo que podría sustentar una industria papelera, induciendo al empleo de este recurso de manera más amigable con el medio ambiente.

1.1.3. Pronóstico

El estudio de las características de las diferentes variedades (ECU-01, EC-06, EC-08) de bagazo de caña, permitirá conocer qué variedad posee mejores características, humedad, resistencia y blancura que permita obtener un papel de calidad.

1.1.4. Formulación del problema

¿La falta de conocimiento de las características de las diferentes variedades (ECU-01; EC-06; EC-08) de bagazo de caña constituye una limitante para la obtención del papel de calidad en los procesos industriales?

1.1.5. Sistematización del problema

El bagazo de caña de azúcar podría presentar diferencias en su estructura, esta debido a las variedades de caña, ya que las características de cada una de ellas podría diferir en aspectos intrínsecos, y esto se vería reflejado en la estructura fibrosa del bagazo, lo que podría demandar de variaciones en el proceso de obtención de celulosa, este bagazo es aquel residuo que se extrae luego de exprimir la caña y obtener el jugo. En la industria papelera otro aspecto a considerar en el proceso de obtención de papel, es la granulometría de la fibra antes de someterla al proceso de desintegración con sosa cáustica, además en algunos casos su estructura podría demandar de un reproceso.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Estudiar las características de las variedades de caña: ECU-01; EC-06; EC-08, para la obtención del papel mediante procesos industriales.

1.2.2. Objetivos Específico

- Evaluar tres variedades (ECU-01, EC-06, EC-08) de caña de azúcar para la obtención del papel.
- Determinar dos tipos de fibra (fibra corta, fibra larga) para el proceso de elaboración del papel.
- Evaluar dos condiciones de desintegración de la fibra (mediante proceso reproceso) para la obtención del papel.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nulas

- Las variedades de caña no influyen en la calidad del proceso para la obtención del papel.
- Los tipos de fibra de bagazo de la caña de azúcar, no varía en el proceso para la obtención del papel.
- La desintegración de la fibra no afecta en el proceso para la obtención del papel.

1.3.2. Hipótesis alternativas

- Las variedades de caña si influyen en la calidad del proceso para la obtención del papel.
- Los tipos de fibra de bagazo de la caña de azúcar, si varía en el proceso de la obtención del papel.
- La desintegración de la fibra si afecta en el proceso para la obtención del papel.

1.4. Justificación

El propósito de esta investigación se realizará con la finalidad de caracterizar tipo de variedad de bagazo de caña cuentan con las condiciones específicas para elaborar el papel, previo al proceso se evaluará: humedad, ceniza, calibre, blancura y la resistencia adecuada para el proceso de obtención del papel. Para la obtención del bagazo de caña se debe contar con las características apropiadas, de manera que se produzca jugo y bagazo de calidad, de esta manera proporcione un buen papel.

Un aspecto muy importante en la realización de este proyecto es identificar las variedades de bagazo, sus características productivas y de adaptabilidad, facilita determinar el sistema productivo de la caña, el rendimiento de la fibra y la resistencia que se debe tener para el proceso de elaboración del papel.

La fibra se la obtiene mediante el proceso de trituración de la caña, en la cual, se obtuvo su composición granulométrica y estructural, de esta manera determinar el tamaño de partículas apropiadas que permitan la elaboración del papel de buena calidad.

CAPITULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Estudio

Puede entenderse como la fuerza de voluntad intelectual, puesta en el aprendizaje de algo que se analizará y comprenderá para luego retenerlo en la memoria. También se entiende como el incremento de aptitudes para algo, a través de la incorporación de datos e información comprendida posteriormente. La palabra estudio a su vez puede utilizarse para nombrar al lugar en donde se realiza el acto de estudiar. Un estudio puede ser calificado según que quiera resaltarse, pudiendo ser este: epidemiológico, analítico, observacional, longitudinal, cohorte, etcétera, (1).

2.1.2. Papel

El papel es una estructura obtenida en base a fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y, según su longitud, se habla de fibras largas -de aproximadamente 3 milímetros (generalmente obtenidas de pino insigne u otras coníferas)- o de fibras cortas -de 1 a 2 milímetros obtenidas principalmente del eucalipto, (2).

2.1.3. Bagazo de caña

El residuo fibroso que queda tras la extracción del jugo de la caña de azúcar, denominado bagazo, es otra fuente importante de fibra. En la India, que es el mayor productor mundial de azúcar, podrían utilizarse unos 7.2 millones de toneladas de bagazo pasta y papel. En la actualidad, la India produce cada año más de 1 millón de toneladas de papel derivado del bagazo, y posee la mayor fábrica del mundo de este producto, (3).

2.1.4. Hidróxido de Sodio

Su fórmula química es (NaOH), también conocido como sosa cáustica es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe humedad del aire (higroscópico). El hidróxido de sodio es muy corrosivo, generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50%. Es

usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, detergente, (4).

2.1.5. Peróxido de Hidrogeno

El peróxido de hidrógeno (conocido también como agua oxigenada) es un líquido incoloro a temperatura ambiente con sabor amargo. Pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno gaseoso ocurren naturalmente en el aire. El peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone rápidamente a oxígeno y agua con liberación de calor. Aunque no es inflamable, es un agente oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica, (5).

El peróxido de hidrógeno se encuentra en bajas concentraciones (3-9%) en muchos productos domésticos para usos medicinales y como blanqueador de vestimentas y el cabello. En la industria, el peróxido de hidrógeno se usa en concentraciones más altas para blanquear telas y papel, como componente de combustibles para cohetes y para fabricar espuma de caucho y sustancias químicas orgánicas, (5).

2.1.6. Proceso artesanal

La producción artesanal es la que se realiza en forma manual y con poca o ninguna intervención de energía mecánica. Normalmente, la producción artesanal usa los recursos y materias primas locales y las actividades se llevan a cabo en talleres familiares o comunitarios. Se refiere tanto al trabajo del artesano (normalmente realizado de forma manual por una persona sin el auxilio de maquinaria o automatizaciones), como al objeto o producto obtenido en el que cada pieza es distinta a las demás. Cada objeto que realizan es elaborado a mano por eso se realizan pocos y no muchos como en las fábricas, (6).

2.1.7. Proceso industrial

El proceso de producción industrial precisa de ciertos elementos como la materia prima, la mano de obra cualificada y una cierta tecnología más o menos compleja. El resultado del proceso de producción será el producto, eje en torno al cual gira todo el proceso de producción. Dicho producto ostentará una serie de características, de entre ellas una es

fundamental desde el punto de vista de la gestión y el control de la producción: La calidad del producto. Todo proceso de producción industrial precisará una estructura donde realizar la actividad necesaria para la producción y se dará en un entorno que modificará la propia actividad industrial (demanda, disposición de materia prima y mano de obra cualificada, climatología, medios de comunicación, (6).

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Historia del papel

El inventor del papel fue Ts'ai Lun, el cual, como atestigua la Crónica Imperial China (Hou Han Shu), inició la fabricación del papel en el año 105 d. C. utilizando fibras vegetales y trapos. Sin embargo, durante 700 años el secreto de su fabricación fue celosamente guardado por el Imperio Celeste y sólo después de muchos siglos su técnica se difunde también por Alemania, pasando por Arabia, Egipto, España, Italia meridional y central. La difusión de la fabricación del papel tuvo como consecuencia la disminución del uso del pergamino que había sido, hasta entonces, el soporte habitual de la escritura, (7).

Este desarrollo dio lugar a la creación de nuevos molinos. En el siglo XIII los holandeses inventaron una máquina que entregaba una pasta de mejor calidad, más refinada y en menos tiempo. A mediados de siglo XV se inventó la imprenta y se conocieron los tipos móviles. Este hito significó el abaratamiento de la impresión de libros y estimuló la fabricación del papel. El uso del papel aumentó en los siglos XVII y XVIII provocando una escasez de trapos, única materia prima conocida por los impresores europeos. La industria papelera siempre ha estado en constante desarrollo y durante el siglo XX alcanzó elevados niveles de producción. Estados Unidos y Canadá son los mayores productores mundiales de papel, pulpa y productos papeleros, (7).

En la actualidad el papel es una parte indispensable de nuestra cultura, la base para la producción del papel consiste principalmente en el recurso renovable de las fibras naturales de los árboles. Las industrias de papel se han convertido en un complejo productor del papel, envases y productos, y productor derivados de la madera, incluyendo una aplicación más amplia de los métodos de control de calidad, (8).

2.2.2. Características físicas del papel

2.2.2.1. Humedad relativa

Una de las principales características de la hoja de papel es la que causa la humedad sobre las propiedades del papel. Es bien sabido que las fibras de celulosa son higroscópicas, es decir, son capaces de absorber la humedad del ambiente que los rodea. Dicha cantidad depende de la humedad relativa y la temperatura del aire en contacto con el papel, así como la cantidad de humedad que contenga la hoja de papel, sin embargo, la mayoría de las propiedades del papel cambia como resultado de variación en el contenido de humedad, (9).

La pérdida o ganancia de agua del papel según el aire del ambiente, al absorber humedad las fibras se hinchan y al perderlas se deshinchán, causando inestabilidad dimensional. Además al hincharse, las fibras se vuelven más flexibles, afectando a sus propiedades mecánicas, debilitando las uniones entre ellas y disminuyendo sus resistencias. Cuando la humedad relativa se encuentra entre 35% y 50% los cambios de las dimensiones del papel son mínimos, por lo que se recomienda mantener el taller dentro de este rango y la humedad relativa del papel aproximadamente un 3% más alta, (9).

2.2.2.2. Estabilidad de dimensiones del papel

Otro importante factor que contribuye a la absorción de agua del papel son los distintos cambios dimensionales que sufre el papel durante su elaboración. Dichos cambios dimensionales se originan por la tensión y concentración de la hoja de papel. Cambios en el diámetro de las fibras de celulosa de 15% a 20% han sido presentados cuando la fibra pasa de un estado seco a su estado de saturación, (9).

La estabilidad dimensional es la resistencia de papel a deformarse ante las variaciones extremas de humedad. Es la capacidad del papel para conservar sus dimensiones sin cambio, a pesar de las variaciones en su contenido de humedad o a los esfuerzos mecánicos a los que se vea sometido, desde que queda terminado en la máquina de papel, hasta su uso final, (9).

2.2.3. Historia La caña de azúcar

La caña de azúcar, caña dulce (*Saccharum Officinarum*) o cañamiel (del latín medieval *canna mellis* o *cannamella*) fue conducida desde sus lugares de origen en Asia por los árabes, y especialmente en la India, a distintas parte de África y Europa. Su aprovechamiento como materia prima para la producción de energía, el azúcar, se ha realizado de manera ininterrumpida y cubriendo grandes espacios a lo largo y ancho del Nuevo Continente. De igual modo, el posterior desarrollo que la agroindustria del dulce llegó a alcanzar en varios de los países del área del Caribe la convirtió en un sector determinante de sus economías nacionales, mientras que en otros desempeñó una función complementaria de suma importancia entre los países Brasil, Colombia, Perú o México, (10).

Es uno de los cultivos más antiguos en el mundo, no se tienen datos concretos de cuándo inician su siembra, se cree que ésta empezó 3.000 años A.C. como un tipo de césped en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India. La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas, tiene características como el tallo leñoso, lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el azúcar. Su altura puede superar los dos metros de altura; tiene hojas largas, lampiñas y flores purpúreas en panoja piramidal, (11).

Desde hace unos 3000 años, con la caña de azúcar en Asia y los primeros registros que hablaban de la extracción de una sustancia como la miel pero no hecha por la abejas, ya que eran proveniente de la India. A esa sustancia se la denominó Sarkar, y con el tiempo la caña de azúcar fue conocida con el nombre *Saccharum officinarum*. El sector azucarero ofrece un ejemplo de papel cada vez más importante desde el punto de vista de las demanda de importaciones. Este hecho refleja en parte el mayor crecimiento de la producción de la caña de azúcar para producir alcohol y también en la producción del papel, (12).

2.2.4. Morfología de la caña de azúcar

2.2.4.1. Raíz

Son de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrimentos y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso. Las raíces se producen ya sea como raíces de las plántulas después de la germinación de una semilla o como raíces adventicias originarias desde el nudo de la caña (13) .

Las raíces de la estaca se desarrollan la primordial radicular localizada en la estaca-madre mientras que las raíces de los brotes, mas espesas, provienen de los primeros días de los brotes nuevos. El sistema radicular de una cepa adulta comprende las raíces superficiales esenciales absorbentes, las raíces de fijación más espesas y las raíces cordones, capaces de absorción a profundidades considerables, (14).

2.2.4.2. Tallo

El tallo esta hecho de nudos y entrenudos con una hoja y una yema axilar dispuestas alternativamente a cada lado del nudo. Existe una gran variedad de colores, de formas y de tamaños en la Saccharum. En la cima del tallo se encuentra el meristemo apical que se divide activamente para desarrollar los tejidos del tallo y de las hojas considerables, (13).

Indica que el tallo de caña de azúcar no presenta ramificaciones, su sección transversal es aproximadamente circular, diferenciado en segmentos compuestos por un nudo y un entrenudo. Los nudos son normalmente espaciados, en intervalos de 15 a 25 cm, siendo más espaciados en la parte superior del tallo o vástago, donde se produce la elongación y, más próximos entre sí, en la base de la planta, (14).

2.2.4.3. Hoja

La hoja consta de dos partes: la vaina y el limbo. La vaina es de forma tubular y su superficie externa. En el collar de la hoja se encuentran apéndices en forma de oreja, llamada auriculares, y se localiza en la parte superior del margen de la hoja. Los bordes del limbo son en la mayor parte de las variedades dentados con dientes marginales inclinados hacia el ápice de la hoja, muy cortantes, (13).

Las hojas son compuestas por vaina y lámina foliar y se unen al tallo en la base de los nudos, de modo alternado en dos líneas opuestas al vástago, la unión entre estas dos partes se denomina lígula y en cada extremo de esta existe una aurícula con pubescencia variable. La forma y el color de la lígula, así como la forma de una aurícula, son características importantes en la diferenciación de las variedades de caña de azúcar. La lamina foliar es la parte más importante para el proceso de fotosíntesis y la vaina tiene forma tabular ya que envuelve al tallo y esta se ancha en la base, (14).

2.2.4.4. Flor

En la etapa de la inflorescencia es un panículo plumoso llevando espiguillas. Cada espiguilla está compuesta de una gluma exterior y de una interior, de un lema estéril y de un florón. La inflorescencia es un panículo plumoso llevando espiguillas. Cada espiguilla está compuesta de una gluma exterior y de una interior, de un lema estéril y de un florón (13).

Los entrenudos contienen las estructuras celulares especializadas en la transferencia y el almacenamiento de la sacarosa. Cada flor está rodeada de pubescencias largas que le dan a la inflorescencia un aspecto sedoso, en cada ovario hay un ovulo el cual, una vez fertilizado da origen al fruto, por lo tanto lo que es comúnmente se conoce como semilla es una cariósida. El fruto es de forma de 0.5 mm de ancho y de 1.5 mm de largo aproximadamente, (15).

2.2.5. Características de la caña de azúcar

Saccharum officinarum, se produce en más de cien países y constituye un cultivo de gran importancia en su gestión económica, es la materia prima para producir azúcar, numerosos derivados y alimento animal, tiene la característica de ser una de las plantas que más eficientemente aprovecha la energía solar, por ser un cultivo del tipo C4 (1), con una producción de biomasa que le da un lugar privilegiado en cuanto a la protección del medio ambiente, por su alta eficiencia en el proceso de fotosíntesis, (16).

Permite un rendimiento adecuado y estable ya que de esta manera permite una nutrición balanceada del cultivo. Las tierras en donde se cultiva tienen que ser lugares calientes y soleados para que el fenómeno de la fotosíntesis se oriente hacia la producción de carbohidratos, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo, (17).

Compone el cultivo más importante del mundo, responsable del 70% de la producción total de azúcar. Su capacidad productiva varía, entre las zonas cañeras tropicales y subtropicales, de 40 a 150 t/ha de caña y de 3,5 a 15 t/ha de azúcar. El ambiente (suelo y clima) genera el marco en el que se desarrolla y crece el cultivo, definiendo las limitaciones y disponibilidades de recursos agroecológicos dentro de los cuales se debe implantar, cultivar y producir la caña de azúcar. Es importante mencionar que otras características como maduración y longitud uniforme, tallos erectos y facilidad para el corte permiten la obtención de material poco contaminante y de buena calidad para los molinos, (18).

2.2.6. Floración de la caña de azúcar

La caña de azúcar es un panículo llamado ``espiga`` de menos de 30 cm hasta 60cm de largo. Tiene desde unos cuantos cientos de espiguillas en las variedades silvestres *spontaneum*, que tienen espiga chica, hasta varios miles en las variedades nobles *officinarum*. La caña de azúcar florea solamente bajo la influencia de días cortos. En el Hemisferio Norte la formación del botón floral tiene lugar entre agosto y octubre y la caña florea de dos a tres meses después, entre octubre y enero. En el Hemisferio Sur la

diferenciación ocurre entre febrero y abril y la emergencia de la espiga entre abril y julio, (19).

Un tallo de caña de azúcar puede ser inducido a la floración si se lo somete a un periodo de oscuridad de 11.5 a 12.5 horas, con una temperatura mínima por encima de los 18 °C y un aporte de agua suficiente. Si una de estas condiciones es desfavorable, la floración puede ser interrumpida o retardada. Los elementos esenciales para el desarrollo de la caña de azúcar son el nitrógeno, fósforo, el potasio, azufre, cobre, boro, zinc, silicio, molibdeno, (20).

La caña de azúcar presenta dos fases de desarrollo. La vegetativa, originada por la división celular en los puntos de crecimiento; y la reproductiva o de floración, que es una continuación de la anterior, y ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y de nivel de nutrientes en el suelo son favorables, (21).

2.2.7. Cultivo de la caña de azúcar

Es un cultivo cuyo procesamiento requiere de mucha mano de obra, por lo que representa una relevante fuente de empleo. En México, el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es una actividad agrícola de relevancia económica y se extiende por distintas regiones agroecológicas. Cada una de ellas posee características fisiográficas, climáticas y edáficas particulares y otros factores limitantes complejos, lo que genera diferentes condiciones y aptitudes para el cultivo, (22).

Se produce en 227 municipios ubicados en 15 estados: Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Tamaulipas, Oaxaca, Sinaloa, Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Michoacán, Colima, Puebla, Nayarit y Morelos en los cuales se concentra el 13% de la población nacional (más de 3 millones de personas dependen directa e indirectamente de su cultivo y transformación); genera el 0.5% del producto interno bruto (PIB) nacional: 11.6% del PIB del sector agropecuario, el 2.5% de la industria manufacturera. México es el séptimo productor mundial de azúcar y en la zafra, (22).

Según datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, las plantaciones de caña en el país produjeron 7,3 millones de toneladas métricas. Esta planta es el cultivo permanente que predomina en el Ecuador, por sobre el banano y la palma africana. Entre las provincias en las que se produce una mayor cantidad de caña de azúcar están Guayas, Cañar, Imbabura y Loja, (23).

La caña mide entre 5 y 6 metros y su crecimiento prospera en países como Argentina, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. Se cultiva en zonas tropicales o subtropicales. Es una planta que requiere de abundante agua y suelos adecuados para desarrollarse óptimamente, además asimila muy bien la radiación solar. Un cultivo eficiente puede producir entre 100 a 150 toneladas de caña por hectárea durante un año. Su periodo de crecimiento oscila entre los 11 y 17 meses, siempre dependiendo de la variedad de la caña y del lugar donde crece, (23).

La caña de azúcar es el segundo cultivo más importante, pero está concentrada en un área húmeda para su producción, el cultivo cañero es muy eficaz no solo en el aumento de productividad cañera, sino también en la utilización del trabajo campesino. La cual es una planta la cual permite llevar a cabo el proceso fotosíntesis con una gran eficacia y por ello en su composición es particularmente rica en carbohidratos, así como en nitrógeno, potasio, y fibras, (24).

2.2.8. Productos derivados de la caña de azúcar

El mercado mundial del azúcar ha experimentado varias reformas y cambios estructurales durante los años, en cuanto a los ingenios azucareros es el principal productor de la caña. Hoy en día no solo se produce azúcar sino que se deriva de varios productos como la energía entre otros. Mediante un proceso de destilación de las mieles se fabrica etanol, combustible vehicular, considerado como la gran alternativa en la absorción de CO₂, contribuyendo así con el cuidado del medio ambiente, (25).

La producción de alcohol y sobre todo de azúcar no es reciente en el Brasil, su importancia y difusión mundial han aumentado en el último período debido a que el alcohol combustible constituye un recurso renovable y sus emisiones de carbono a la atmósfera son prácticamente nulas. Esto obedece a la búsqueda cada vez más intensa de fuentes de

energía renovable y menos contaminante para hacer frente a los problemas ambientales en todo el mundo y promover el crecimiento sostenible. Además, se plantean temas estratégicos con respecto al potencial energético de la caña de azúcar, del que se utiliza solo un tercio debido a la falta de tecnología adecuada para la cogeneración y recolección de la paja en forma separada, (26).

Ante el crecimiento del sector azucarero y la necesidad de combinarlo con la sostenibilidad socio ambiental de la agroindustria, surge la necesidad de nuevas tecnologías que garanticen, entre otras cosas, el aumento de la productividad, la eliminación de las quemas que anteceden a la cosecha, el adecuado descarte o utilización de los residuos productivos y una mayor eficiencia en la generación de energía. (26)

La caña de azúcar es el mayor potencial productivo, y calidad industrial para diferentes aplicaciones de la materia prima (principalmente producción de azúcar, bioetanol, fibras y energía, resistente a factores bióticos y abióticos, en un marco general de estabilidad productiva. A partir de la melaza, siendo ésta la materia prima para su elaboración, según su indicador de producción una tonelada de caña industrializada de esta forma, produce aproximadamente entre 90 a 110 kg azúcar y de 9 a 11 L alcohol, (27).

La otra materia prima para la elaboración de etanol, es a partir del jugo de caña el cual es tratado pero en ésta alternativa no hay producción de azúcar. Éste sistema de producción es muy utilizado en Brasil. En cuanto al indicador de productividad es por una tonelada de caña industrializada se obtienen aproximadamente 75 L de alcohol ya que Brasil obtiene alrededor de 85 L de alcohol, (27).

2.2.9. El bagazo de caña

Es un residuo fibroso que se obtiene de la extracción del jugo. La producción mundial del bagazo de caña es de 234 millones de toneladas anualmente, de las cuales 50% es usado en los ingenios como combustible para las calderas. Esta cantidad de bagazo podría ser aprovechada al 100%, para generar productos de uso y además empleo, lo que reactivaría al sector azucarero. Las fibras vegetales, obtenidas de diferentes desechos agroindustriales, son consideradas como compuestos de origen natural, (28). Es un residuo resultante del prensado de la caña. El aprovechamiento del bagazo como materia prima para la obtención

de pulpa para la elaboración del papel, también se ha empleado tradicionalmente en países azucareros como materia prima para la producción de energía en las calderas, (29).

Son subproductos de la industria azucarera, el bagazo de caña de azúcar es parcialmente utilizado en calderas o para la extracción de subproductos como alcohol, mientras que la cachaza es utilizada para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo. En estado fresco estos bagazos contienen un 40% de agua, una parte de la producción de este desecho es reciclada como fuente de materia prima para la fabricación del papel, pero los tratamientos industriales que se utilizan en el proceso de blanqueo de la pasta de papel pueden resultar nefastos para el medio ambiente, (30).

El bagazo es un residuo del proceso de fabricación del azúcar a partir de la caña; es el remanente de los tallos de la caña después de ser extraído el jugo azucarado que ésta contiene. El residuo leñoso de la molienda se denomina bagazo, mediante el proceso se obtiene aproximadamente el 50% de la fibra para las operaciones establecidas en los ingenios azucareros. El bagazo debe ser suficiente para que las calderas generen el vapor que necesita la fábrica y si queda un excedente se puede destinar a la fabricación de papel, como combustible para la cogeneración de energía eléctrica y otros usos, (31).

2.2.10. Composición física y química del bagazo de caña de azúcar

2.2.10.1. Composición física del bagazo de caña

Considerando el azúcar como el principal producto de una fábrica de azúcar de caña se puede decir que esta industria genera otros subproductos, los cuales no son menos importantes. Algunos de ellos se originan durante la cosecha, como el cogollo y la paja y otros se obtienen en el proceso industrial, entre los cuales se encuentran principalmente el bagazo, las mieles finales y la cachaza. Entre ellos, el de mayor volumen y que tiene un uso inmediato en la propia fábrica es el bagazo, el cual puede alcanzar entre un 26 % a un 29 % del peso de la caña molida. Este bagazo está constituido por agua, sólidos insolubles y cantidades más pequeñas de sólidos solubles. Los valores más representativos son los siguientes: Humedad: 46-52 %; sólidos particulados: 40- 46 %; y sólidos solubles: 6-8 %, (32).

Por otro lado, los sólidos particulados están formados por dos tipos de estructuras bien diferenciadas: las fibras y la medula o meollo. Las fibras están formadas por células cilíndricas y tejidos vasculares de paredes duras, las cuales se encuentran en la corteza y en la parte interior. Por su parte el meollo está formado por células parenquimatosas de forma irregular y de paredes finas con poca fuerza estructural, que se encuentran en la zona central de la caña y son de carácter esponjoso pudiendo absorber hasta 20 veces su propio peso en agua, (32).

La parte fibrosa es muy apropiada para la obtención de pulpa para la fabricación de papel y la producción de elementos aglomerados en forma de tableros. Los sólidos particulados también están acompañados de algunas cantidades de elementos finos y otros elementos extraños o suciedades que acompañan a la caña durante la cosecha y el transporte a la industria. Las proporciones de estos componentes son: fibra: 60 – 65%; medula: 18 – 20 %; finos e suciedades: 10 – 12%, (32).

El azúcar se obtiene del jugo fresco y dulce de la caña, sus hojas y tallos se utilizan como forraje para el ganado. Hay diferentes tipos de azúcar, desde el piloncillo o panela hasta el azúcar refinado, los cuales se usan como alimento básico del hombre o como materia prima para la industria. La cual está compuesta: fibra 45%, sólidos no solubles 2-3 %, sólidos solubles 2-3%. La fibra está compuesta de toda la fracción sólida orgánica insoluble en agua presente, originalmente en el tallo de la caña de la azúcar, (33).

Esta fracción es la portadora de los elementos estructurales que hacen que el bagazo de caña para la fabricación de celulosa, papel y tableros. Los sólidos no solubles o fracción insoluble en agua de la naturaleza, principalmente inorgánica, está compuesta por tierra, piedras y otras materias extrañas. Esta fracción aunque es muy pequeña participa en la composición del bagazo y esta grandemente influida por las condiciones de manipulación agrícola de la caña, es decir tipo de corte, y de recolección, los sólidos solubles abarcan la fracción que se disuelve en agua compuesta, fundamentalmente, por sacarosa, (33).

2.2.10.2. Composición química del bagazo de caña

La caña de azúcar es uno de los mejores productores de biomasa y el mejor acumulador de azúcar y fibra por su alta capacidad fotosintética. Como fibra agroindustrial, el bagazo

tiene la composición, propiedades y estructura más apropiadas para diferentes usos. Se designa fibra a todos los sólidos orgánicos insolubles en agua, que se encuentran en el tallo de la caña de azúcar los cuales se caracterizan por su heterogeneidad. La composición química del bagazo, se encuentra integrado por celulosa (50%), hemicelulosa (25%) y lignina (25%). Las fibras del bagazo son fibras rígidas, de contornos irregulares, presentan fibras partidas a consecuencia del trabajo mecánico al que son sometidas durante su procesamiento, (34).

- **Celulosa:** Es el principal componente de las biomásas celulósicas (almidones) y lignocelulósicos (bagazos, raquis, hojas entre otros). La celulosa es un biopolímero que normalmente contiene entre 200-7000 unidades de monómero β - glucosa, las cuales están ligadas a través de enlaces β - 1,4 formando estructuras plano helicoidales, (35). Tanto la celulosa, como la hemicelulosa están constituidas por monómeros cíclicos saturados de alto contenido de oxígeno, en las cuales de alguna manera es posible establecer su estructura química, a diferencia de la lignina que posee una estructura tridimensional sin ninguna secuencia clara en la repetición de los monómeros. En las biomásas lignocelulosicas, la celulosa, hemicelulosa y lignina están entrelazados formando estructuras muy compleja que le confieren flexibilidad y resistencia al mismo tiempo, (35).
- **Hemicelulosa:** Tanto la celulosa, como la hemicelulosa están constituidos por alto contenido de oxígeno, en los cuales es fácil distinguir la secuencia de repetición de los monómeros, por lo cual de alguna manera es posible establecer su estructura química, a diferencia de la lignina que posee una estructura tridimensional sin ninguna secuencia de repetición de los monómeros. La hemicelulosa está formada por una estructura muy compleja que le confieren flexibilidad y resistencia estructural al mismo tiempo, (36).
- **Lignina:** Es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada de nivel nano estructural. La composición o distribución de los tres componentes en esas redes varía dependiendo de cuál sea el tipo de tejido vegetal o de cada especie de planta. La lignina se halla en todas las plantas

vasculares y, al igual que muchos otros componentes de la biomasa, se forma mediante la reacción de fotosíntesis, (37).

La lignina está químicamente enlazada y al mismo tiempo entremezclada, especialmente con hemicelulosa, de esta manera la lignina protege a la celulosa de diversos ataques y de la degradación natural en la planta viva. En la agroindustria del papel, la mayor parte de la lignina es disuelta en el licor de cocción, formando el licor agotado o negro, que puede volverse a utilizar como licor de cocción, debido a que el objetivo primario en la producción de pulpa consiste en la liberación de las fibras celulósicas eliminando la lignina, si se tiene en cuenta que una planta deposita la lignina con el propósito de reforzar la resistencia mecánica de las fibras, (37).

2.2.11. Utilización del bagazo

La Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL presentó la conferencia "Reutilización del subproducto industrial para el tratamiento de drenaje ácido de minas: un caso de estudio del bagazo de la caña de azúcar en las Américas", cuyo expositor fue el Ph.D. Mark Hernández, catedrático e investigador de la Universidad de Boulder, Colorado, Estados Unidos. El bagazo es el residuo fibroso que resulta de la caña de azúcar al ser exprimida y luego de pasar por el proceso de extracción, (38).

De acuerdo a las investigaciones realizadas, la textura fibrosa, los carbohidratos y el carbono orgánico son componentes del bagazo de la caña de azúcar que ayudan a reducir los niveles de metales pesados en los residuos mineros. Al mezclarse con las aguas residuales, estos componentes sirven de alimento para los microorganismos que absorben los gases de sulfato provenientes de los residuos que salen de las minas. El bagazo se encuentra en gran proporción en América del Sur, donde existe cercanía con la industria minera. De allí la importancia de promover la actividad microbiológica para ayudar a disminuir la contaminación de aluminio, cobre, plata y mercurio presente en los residuos mineros, (38).

El Instituto Politécnico Nacional (México) propone la reducción del contenido de cemento en el concreto, y reemplazarlo por subproductos industriales. Tal es el caso de la ceniza

volante o desechos agrícolas y las cenizas del bagazo de caña. Se trata de una investigación que lleva a cabo el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca, a cargo del doctor Pedro Montes García, quien explica que México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en producción de caña de azúcar, y durante la extracción de jugo el 30 por ciento se transforma en bagazo que podría aprovecharse para este fin, (39).

De acuerdo con el investigador politécnico, trabajos previos efectuados en el CIIDIR indican que el bagazo ha sido utilizado para sustituir parcialmente al cemento. “En la composición química de la ceniza de bagazo de caña predomina el óxido de silicio con contenidos de alúmina y óxido de hierro, que pueden reaccionar con el hidróxido de calcio en la hidratación del cemento y producir materiales que mejoren las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto”, (39).

Una tecnología desarrollada por investigadores brasileños permite usar el bagazo de caña de azúcar, un residuo abundante y de bajo precio en el país, en la mezcla para la fabricación de asfalto, Brasil produce cerca de 132 millones de toneladas de bagazo de caña de azúcar al año. La mayor parte de ese material es utilizado por los propios productores como combustible para sus calderas, pero una quinta parte es arrojada al medio ambiente, (40).

Los investigadores del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Río de Janeiro (IFF) desarrollaron una tecnología que permite usar la caña de azúcar en lugar de la fibra de celulosa como el elemento estabilizante ya que actualmente, al asfalto se le mezcla fibra de celulosa como aditivo estabilizante y para evitar que el cemento se escurra durante las etapas de mezcla y de aplicación del material. De acuerdo con los investigadores, el bagazo de caña no tiene que ser procesado para servir como aditivo para el asfalto, mediante el aprovechamiento de este residuo industrial también contribuye para el desarrollo sustentable, (40).

2.2.12. Descripción de los procesos industrial del papel a partir del bagazo de caña de azúcar

- **Cosecha y transporte:** Los trabajos de cosecha implican procesos de planificación previas partir de información del estado madurativo de la caña de azúcar, la materia prima procesada en Industria proviene en un 90% de áreas propias y el 10% restantes de proveedores externos. La caña propia se cosecha el 92% mecánicamente y el 8 % con corte manual y carga mecánico, (41).
- **Desmedulado:** Allí se separa la fracción rica en fibra de la médula que no es apta para la fabricación del papel. La fibra se envía al almacenaje y la médula es conducida a la Central Termoeléctrica en donde se quema en calderas para producir vapor y energía, reduciendo el consumo de combustibles fósiles. La separación fibra/médula se realiza mediante un proceso mecánico en equipos desmeduladores. Estos equipos poseen paquetes de martillos que golpean el bagazo integral contra cribas que permiten el pasaje (rechazo) de la médula y la retención (aceptado) de la fracción rica en fibra, (41).
- **Almacenaje de la fibra:** Para su almacenaje consiste en acomodar el bagazo de caña con una humedad del 50% en un lugar espacioso y cubierto que permita un buen estado de factores climáticos, un factor importante en este tipo de almacenamiento son la reglas de seguridad que deben seguirse para asegurar una buena ventilación y protección contra incendios, (41).
- **Digestión y lavado:** La fibra entra en la planta de pulpa es sometida a un proceso de cocción con soda cáustica y vapor de alta presión y temperatura, conocido como "proceso a la soda", el más limpio de los procesos de pulpeo. Su finalidad es eliminar parte de la lignina contenida en la fibra de caña de azúcar; la lignina es el "cemento" natural que une a las fibras de los vegetales en forma de haces fibrosos. Esta operación se efectúa en digestores continuos, (41).

En el proceso de digestión, la pulpa pasa a un tanque de soplado, en donde se efectúa la despresurización. La pulpa, en esta etapa, presenta un color marrón. Seguidamente es enviada al sector de filtros lavadores en contracorriente donde es

separada del licor residual del cocimiento, más conocido como "licor negro"; este licor se procesa en el anillo de recuperación, donde es reconvertido en soda cáustica para su nueva utilización. Posteriormente, la pulpa se depura para separar arena y otras impurezas que pudieran aparecer. La pulpa marrón depurada obtenida puede continuar así hacia el proceso de blanqueo, (41).

- **Blanqueo de la pulpa:** La función principal de esta planta es la de retirar la lignina residual que le confiere el color marrón a la pulpa. Esto se logra paulatinamente a lo largo del proceso de blanqueo por reacciones químicas que ocurren en cada una de las etapas (torres de retención y posterior lavado por filtración) para eliminar los productos de cada reacción, (41).

Mediante estos procesos químicos de digestión y blanqueo se obtiene la pulpa para producir papeles "Woodfree", término con el que en la industria papelera se distingue aquellos que no contienen lignina, a diferencia de los que provienen de un proceso de pulpeo mecánico. La pulpa blanqueada es luego utilizada para la producción del papel. Cabe destacarse que los químicos utilizados en el blanqueo son producidos en la planta química de la fábrica. Se produce soda cáustica de alta pureza, cloro, ácido clorhídrico e hipoclorito de sodio, (41).

- **Fabricación del papel:** La pulpa de fibra de caña blanqueada, materia prima principal para la fabricación del papel, se le agregan fibra larga de pino (en mínima proporción para lograr óptimas resistencias mecánicas en el papel), recorte propio (que se recicla en el propio proceso), carbonato de calcio precipitado (PCC), encolantes y aditivos, de acuerdo con la formulación específica de cada fabricación, (41).

El carbonato de calcio, que es la carga mineral agregada al empaste para dar opacidad al papel, se obtiene en forma sintética, por reacción de cal con gas carbónico CO₂, captado de las chimeneas de calderas. De esta forma se refuerza el aprovechamiento integral y se reducen las emisiones gaseosas a la atmósfera. La mezcla de fibras y aditivos en agua se pasa a través de depuradores para mejorar su calidad y limpieza antes de que ingrese a la mesa de fabricación de la máquina de papel, (41).

La mesa de fabricación posee una malla plástica que gira a alta velocidad. Mediante una combinación de efectos de gravedad y vacío, el agua drena a través de la malla quedando al final de la mesa de fabricación una estructura húmeda de fibras entrelazadas que es en sí el principio de la hoja de papel. Posteriormente se pasa esta hoja por un sistema de prensado y secadores de vapor para eliminar el exceso de humedad que todavía contiene, (41).

La hoja de papel es pasada por un sistema de rodillos pulidos, llamado calandra, que prensa la hoja, para dar lisura y calibre. Esta hoja continua de papel es enrollada en rollos de gran porte, llamados "popes", los que posteriormente se procesan en una bobinadora que corta a bobinas de anchos y diámetros menores de acuerdo con lo solicitado por los clientes o por el programa de conversión a productos finales, por ejemplo, resmas u hojas, (41).

2.2.13. Variedades de bagazo de caña de azúcar

2.2.13.1. Variedad ECU-01 (ECSP98-169)

Proviene del cruzamiento entre las variedades SP81-6215 x SP80-1816. La semilla de este cruzamiento fue creado bajo las condiciones controlada en las instalaciones del Ingenio San Carlos, en septiembre del 1998, que dio origen al estado I, de la primera serie de selección. El estado I de selección se sembró en la estación experimental de CINCAE, luego de 10 años de evaluación se seleccionó el clon ECSP98-169 por su alta producción de caña, buen rendimiento de azúcar y resistencia a las principales enfermedades, convirtiéndose en la primera variedad de caña de azúcar desarrolla en el país. Esta variedad es un poco más tolerante que la variedad llamada ragnar al ataque de plagas (insectos y enfermedades). En todos los ensayos establecidos la variedad EC-01 ha tenido una mejor respuesta a la fertilización que la variedad ragnar. En suelos franco arenosos y franco arcillosos, (42).

2.2.13.1.1. Caracteres Morfológicos

- **Tallo**
 - Porte: Medio, entre 3.07 – 3.93 m.
 - Crecimiento: Postrado
 - Alineación en zig zag: Muy débil
- **Entrenudo**
 - Forma: Conoidal con presencia de cera
 - Longitud: Largo, entre 16.4 y 21.2 cm.
 - Diámetro: Medio, entre 2.55 y 3.26 cm.
 - Color a la sombra: Verde amarillento
 - Color expuesto al sol: Rojizo
- **Yema**
 - Forma: Redonda
- **Hoja**
 - Color: Verde intenso
 - Longitud: Mediana, entre 1.56 y 1.95 m.
 - Ancho: Entre 5.67 y 6.99 cm. (Ancha)
 - Deshoje: Regular (3)
- **Aurícula**
 - Forma: Deltoide, tanto superpuesta como subyacente.
- **Vaina**
 - Color: Verde con presencia de cera y poca pelusa
- **Collar**
 - Color: Verde oscuro
- **Lígula**
 - Forma: De cuarto creciente.
 - Ancho: Entre 0.53 y 0.64 mm

2.2.13.2. Variedad EC-06 (ECSP01-588)

Las variedades EC-05 (ECSP01-190) y EC-06 (ECSP01-588) fueron seleccionadas de la serie de selección 2001 y proceden del cruzamiento entre las variedades V71-51 x SP85-3877 realizado en Brasil por el Centro de Tecnología Canavieira (CTC). Durante el proceso de mejoramiento se realizaron pruebas de resistencia y evaluaciones fitosanitarias de los clones ECSP01-190 y ECSP01-588 en condiciones de infección natural e inoculación artificial para conocer la reacción a las principales enfermedades: roya común, carbón, virus del mosaico de la caña de azúcar, y raquitismo. Asimismo, los clones estuvieron sometidos a la presión de inóculonatural del virus de la hoja amarilla (*Sugarcane yellow leaf virus, SCYLV*) usando líneas de inóculo con variedades susceptibles. Además, luego de la aparición de la roya naranja, en nuestro país, en el 2011, se realizaron evaluaciones con infección natural en campo. El origen geográfico de la semilla sexual que sirvió para la obtención de las variedades EC-05 y EC-06 es Brasil, y el origen geográfico de las dos variedades es Ecuador, CINCAE, (42).

2.2.13.2.1. Caracteres Morfológicos

- **Tallo**

- Porte: Mediana, entre 3.27 – 3.95 m.
- Crecimiento: Semierecto.
- Alineación en zig zag: Ausente o muy débil

- **Entrenudo**

- Forma: Abobinado con serosidad media.
- Longitud: Mediano, entre 9.8 y 16.2 cm.
- Diámetro: Medio, entre 2.5 y 3.7 cm.
- Color a la sombra: Amarillo cremoso verdoso; a) con cera b) sin cera.

- **Yema**

- Forma: Redonda

- **Hoja**

- Color: Verde intenso
- Ancho: Entre 5.5 y 6.5 cm (ancha).
- Deshoje: Mala (4)

2.2.13.3. Variedad EC - 08 (ECSP2000-179)

La variedad EC-08 (con código de identificación durante la selección: ECSP02-242) proviene de un policruzamiento de la variedad RB83-5486 también realizado por el CTC de Brasil. En todos los estados se evaluó la resistencia a las enfermedades: roya común, roya naranja, carbón y mosaico. Además, en los estados III y IV se evaluó la reacción de los clones a las enfermedades sistémicas: raquitismo y escaldadura de la hoja. Asimismo, en los estados avanzados de selección (III, IV y semicomercial) se evaluó el comportamiento de los clones frente a las principales plagas presentes en la zona cañera de la costa ecuatoriana que son: salta hojas, ácido amarillo. El origen geográfico del material base (semilla sexual) que se utilizó para la obtención de las dos variedades es Brasil, y el origen geográfico de selección de las dos variedades es Ecuador, mediante evaluaciones realizadas por técnicos de CINCAE, (42).

2.2.13.3.1. Caracteres morfológicos de la variedad EC-08

- **Tallo**
 - Altura: Mediana, entre 3.15 y 3.89 m
 - Crecimiento: Semierecto
 - Alineación en zigzag: Débil
- **Entrenudo**
 - Forma: Conoidal con serosidad débil
 - Longitud: Mediano, entre 12.9 y 15.7 cm
 - Diámetro: Grueso, entre 2.4 y 2.9 cm
 - Color a la sombra: Amarillo cremoso verdoso; A) Con cera y B) Sin cera
- **Yema**
 - Forma: Ovada
- **Hoja**
 - Color: Verde intenso
 - Ancho: Entre 4.5 y 5.3 cm (medio)
 - Deshoje: Regular (=3)

2.2.14. Normas de calidad del papel

2.2.14.1. Norma de calidad Peruana NTP ITINTEC 278-047

Según la Norma Técnica Peruana NTP ITINTEC 278-047 establece que para la elaboración del papel se debe considerar ciertas características técnicas que permitan obtener una buena producción del mismo, (43).

Cuadro N° 1 Características y condiciones del papel

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Gramaje (gr/m²)	Valores entre 50 y 120 con una tolerancia del + -5% del valor nominal.
Volumen específico aparente (cm³/gr)	Mínimo: 1.2
Humedad (%)	7 (+2/-1)
Blancura (%)	Mínimo: 78
Opacidad (%)	Mínimo: 70
Longitud de rotura (m)	Dirección máquina: Mínimo 3000 Dirección transversal: Mínimo 1500
Índice de reventamiento (kPa m²/gr)	Mínimo: 1.5
Lisura Gurley	Máximo: 60 Mínimo: 20
Cenizas (%)	Máximo: 20 Mínimo: 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP ITINTEC 278-047

Elaborado por: Autora.

2.2.14.2. Norma de calidad Mexicana NMX-AG-001-IMNC

La norma Mexicana NMX-AG-001-IMNC establece las especificaciones, procedimiento y precisión del método de prueba para determinar el espesor y el peso específico de papeles y cartoncillos. Esta Norma Mexicana se aplica a hojas de papel liso de cualquier espesor, Los aparatos manuales comunes permiten determinar desde 0,01 mm (0,000 4 pulg) hasta 2 mm (0,079pulg) de espesor, mientras que los digitales alcanzan a determinar espesores del orden de 0,001 mm (0,000 04 pulg) y menos, (44).

CAPÍTULO III
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización

En el presente trabajo de investigación se utilizarán los siguientes materiales y equipos disponibles pertenecientes a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en la ciudad de Quevedo Km 1 1/2 Vía Santo Domingo. Los análisis respectivos de calidad del papel se los realizó en la Empresa Industrial Papelera Ecuatoriana Inpaecsa de la ciudad de Babahoyo.

3.2. Tipo de investigación

Para el Estudio de las características de las diferentes variedades (ECU-01, EC-06, EC-08) de bagazo de caña para la obtención del papel en los procesos industriales se utilizó:

Investigación descriptiva.- se aplicó para describir la problemática concerniente en el proceso de desintegración de la fibra para la obtención del papel en los procesos industriales.

Investigación de tipo bibliográfica y documental.- fue necesaria la utilización de teorías, normativas que se obtuvieron de libros, revistas, páginas de internet con información de la problemática a solucionar.

3.3. Tipos de métodos

3.3.1. Método inductivo

Mediante las observaciones realizadas en el proceso llevado a cabo para la elaboración del papel, se pudo conocer que no hubo una buena desintegración en la fibra, lo que es necesario que se realice un reproceso para obtener un papel de calidad.

3.3.2. Método analítico

Este método analítico permitió determinar cuál era la mejor manera de lograr buenos resultados en la elaboración del papel a partir del bagazo de caña, con la aplicación de determinados procesos que ayuden a obtener una mejor calidad del producto final.

3.4. Fuentes de recopilación e información

Las fuentes de información se las obtuvo a partir de revistas, artículos científicos, fichas técnicas, tesis y documentos.

3.5. Diseño de la investigación

Se aplicó un ANOVA mediante arreglo factorial AxBxC con tres niveles en el Factor A (Variedades de bagazo de caña), dos niveles en el Factor B (Fibra corta y fibra larga) y dos niveles en el Factor C (Proceso y reproceso). Para la evaluación de los efectos entre las medias de los niveles de tratamientos se utilizó Tukey ($p < 0,05$).

3.5.1. Características del Experimento

- Tratamientos: 12
- Repeticiones: 2
- Unidades experimentales: 24
- Cada unidad experimental: 50 g
- Total muestras requeridas: 1200 g

3.5.2. Análisis Estadístico

Tabla N° 1. Esquema del Análisis de Varianza.

Fuente de variación	Grupos de libertad
Replicas	1
Factor A (variedades de caña)	2
Factor B (tipos de fibras)	1
Factor C (condiciones de desintegración)	1
A*B	2
A*C	2
B*C	1
A*B*C	2
Error Experimental	11
TOTAL	23

Elaborado por: Autora.

3.5.3. Factores de Estudio

Los factores de estudio que intervinieron en esta investigación son los siguientes:

Tabla N° 2. Factores de estudio para la determinación de los parámetros adecuados para la obtención del papel.

Factores de estudio	Simbología	Descripción
Factor A: Variedades de caña	a ₀	ECU-01
	a ₁	EC-06
	a ₂	EC-08
Factor B : Tipos de fibra	b ₀	Fibra corta
	b ₁	Fibra larga
Factor C: Condiciones de desintegración	c ₀	Proceso
	c ₁	Reproceso

Fuente: CINCAE (2013)

Elaborado por: Autora.

3.5.4. Tratamientos

Se aplicó un arreglo factorial **AxBxC**, con los niveles en **A=3; B=2; C=2** y **R=2**, dando como resultado un total de 24 tratamientos.

Tabla N° 3. Combinación de los tratamientos propuestos para la determinación de los parámetros adecuados para la obtención del papel.

N°.	Simbología	Descripción
1	a0b0c0	ECU-01+ Fibra corta + Proceso
2	a0b0c1	ECU-01+ Fibra corta + Reproceso
3	a0b1c0	ECU-01+ Fibra larga+ Proceso
4	a0b1c1	ECU-01+ Fibra larga+ Reproceso
5	a1b0c0	EC-06+ Fibra corta + Proceso
6	a1b0c1	EC-06+ Fibra corta + Reproceso
7	a1b1c0	EC-06+ Fibra larga+ Proceso
8	a1b1c1	EC-06+ Fibra larga+ Reproceso
9	a2b0c0	EC-08+ Fibra corta + Proceso
10	a2b0c1	EC-08+ Fibra corta + Reproceso
11	a2b1c0	EC-08+ Fibra larga+ Proceso
12	a2b1c1	EC-08+ Fibra larga+ Reproceso

Fuente: CINCAE (2013)

Elaborado por: Autora.

3.6. Instrumento de la investigación

Se empleo un diseño de bloques con arreglo factorial $A \times B \times C$ siendo el Factor A Variedades de bagazo de caña a_0 (ECU – 01), a_1 (EC – 06) y a_2 (EC – 08) dos niveles en el Factor B Tipos de fibra b_0 (fibra corta) , b_1 (fibra larga) y dos niveles en el Factor C Condiciones de desintegración c_0 (Proceso), c_1 (reproceso). Para la evaluación de los efectos éntrelas medias de los niveles de tratamientos se utilizó Tukey ($p < 0,05$).

3.6.1. Mediciones experimentales

Las variables evaluadas fueron:

- Humedad
- Resistencia
- Blancura
- Ceniza
- Calibre

3.7. Tratamientos de los datos

Los resultados obtenidos de nuestras variables de estudio se le aplicó el software STATGRAPHICS centurión XVI versión 16.1.18 de la Universidad de Warrenton Virginia, para la determinación de diferencias de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de TUKEY ($p \geq 0.5$).

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Investigador del proyecto.
- Tutor del proyecto.

3.8.2. Recursos físicos

- Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Laboratorio de Calidad de la Empresa Industrial Papelera Ecuatoriana S.A.

3.8.3. Recursos materiales

Los materiales y equipos utilizados en esta investigación fueron los siguientes.

Tabla N° 4. Materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración del papel.

Materiales	Equipos	Otros
Vaso de precipitación	Estufa	Internet
Cedazo	Balanza eléctrica digital Explore -OHAUS	Cámara fotográfica
Probeta 100ml	Desfibradora DENDI	Impresora
Espanja	Prensa Hidráulica	
Malla 20	Dinamómetro	
	Micrómetro	
	Mufla	
	Technidyne	
	Balanza de precisión KERN	

Fuente: CINCAE (2013)

Elaborado por: Autora.

3.9. Manejo experimental

Las operaciones para la realización de la fase experimental de este trabajo investigativo fueron:

3.9.1. Materia prima

La caña de azúcar debió cortarse cuando llega a su madurez el cual se da entre los 12-30 meses de edad, según la variedad, tipo de suelo y clima ya que es importante realizar un corte oportuno y lograr la proporción adecuada entre °Brix (19-22), azúcares reductores y pH, el corte debe ser aproximadamente unos 45°. Para esta investigación se adquirió tres variedades de caña (ECU-01; EC-06; EC-08) en la Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE).

3.9.2. Desintegradora de caña

En esta fase la caña de azúcar se trasladó a un proceso de desfibrado donde cumplen la función de cortar el tallo en material particulado de menor tamaño, sin extraer el jugo de las fibras obtenidas, este proceso se le conoce como preparación de la caña para realizar posteriormente la extracción del jugo.

3.9.3. Prensa hidráulica

Este proceso su función consiste en tomar el material desfibrado de la caña a una presión de 250 kgf/cm², de esta manera se obtuvo su jugo y bagazo, con el fin de establecer la calidad de la caña procesada.

3.9.4. Bagazo de caña

Terminada la fase de desfibrado de la caña de azúcar se obtuvo 600 g de bagazo, luego se procedió al proceso de baño maría para la obtención del papel.

3.9.5. Baño maría

Esta etapa se llevó a cabo en baño maría durante dos horas a cada una de las muestras donde las partículas son arrastradas hacia la superficie por burbujas, en donde se acondiciona la pulpa con Hidróxido de Sodio (NaOH) como este agente alcalino para ajustar el pH, este agente químico fue obtenido en los laboratorios de GENERSA S.A.

En el tiempo que va transcurriendo en el proceso de baño maría se va generando una espuma rígida, llamada froth, esta espuma es retirada de forma manual.

3.9.6. Reposo

Una vez culminado el proceso del baño maría, se dejó en reposo el bagazo de caña con Hidróxido de Sodio (NaOH) durante 7 días.

3.9.7. Tamizado y lavado

En esta etapa del proceso se colocó el bagazo de caña, usando un tamiz malla 200, para luego proceder a la fase de lavado para eliminar la lignina que contiene el bagazo de caña.

3.9.8. Blanqueo.

Las fibras destintadas se colocaron en un recipiente, donde la pulpa se mezcló con Peróxido de Hidrógeno con una concentración al 30%, lo que permite eliminar las impurezas de la lignina de color oscuro de la pasta y de este modo conseguir cierto nivel de calidad en el papel.

3.9.9. Reposo

Una vez culminado el proceso blanqueo, se dejó en reposo el bagazo de caña con Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) durante 7 días

3.9.10. Lavado

En esta etapa del proceso se colocó el bagazo de caña, usando un tamiz malla 200, para luego proceder a la fase de lavado para eliminar las impurezas de la lignina aun contenidas en el bagazo de caña.

3.9.11. Formación de la hoja y secado

Para la formación de la hoja, en un recipiente grande se adicionó una cantidad determinada de pulpa y agua, y con el uso de un molde se obtuvieron las láminas de celulosa. Cuando se tuvieron varias hojas de papel se colocaron al aire libre para secarlas. El proceso de secado se repitió varias veces, realizando un intercambio, variando el orden y la posición relativa de las hojas. En esta etapa se fabricaron hojas de diferentes calibres con el fin de observar su aspecto y definir su posible uso.

3.9.12. Reproceso químico

Se procedió a moler de nuevo el bagazo de caña a partículas más pequeñas y se dejó con el Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) con una concentración al 30%, permitió contar con las condiciones necesarias para el proceso de blanqueo ya que en este proceso de blanqueo se dejó por 7 días más, permitiendo un nuevo blanqueo en el bagazo. Al finalizar los 7 días de la fase de blanqueo al bagazo se procedió a realizar el papel, cuando ya se tuvieron varias hojas de papel se colocaron al aire libre para secarlas. El proceso de secado se repitió varias veces, realizando un intercambio, variando el orden y la posición relativa de las hojas. En esta etapa se observó que muchas hojas de papel de bagazo de caña se obtuvieron mejor resultados.

3.9.13. Análisis de laboratorio

Se realizaron, análisis de humedad, resistencia, blancura, calibre, y ceniza se procedió a realizarlo en el laboratorio de la Empresa Industrial Papelera Ecuatoriana S.A. Para determinar la humedad primero pesamos la hoja de papel hecha a base de bagazo de caña luego de obtener el valor de peso húmedo, se puso la hoja en un recipiente para luego colocarla dentro de una Estufa que duró 15 minutos, de esta manera obtuvimos el peso seco de la hoja a una temperatura de $105^{\circ}C$ y se procedió a calcular la humedad.

$$\% H = \frac{PH - PS}{PH} \times 100$$

Para el análisis de resistencia se utilizó un Dinamómetro la cual mide en $gf/3''$. Con respecto a la blancura del papel se utilizó un Technidyne la cual procede a leer en matrices de coloración (-a= verde; a=rojo; b= amarillo; -b: azul) de esta manera da el porcentaje de blancura. Para el análisis del calibre se colocó la hoja en un Micrómetro la cual mide en milímetros y de esta manera obtuvimos el valor del calibre.

Para determinar el contenido de ceniza del papel se ubicó la hoja en un recipiente para luego colocarla dentro de la Mufla durante 2 horas, luego de finalizar las 2 horas se obtuvo la ceniza del papel y se procedió a pesar en una Balanza de precisión y obtuvimos el peso de la ceniza, y procedimos a calcularla con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{P_{ceniza}}{P_{seco}} \times 100$$

CAPÍTULO IV
RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de Varianza para las variables a estudiar en la obtención del papel

4.1.1.1. Análisis de Humedad

Tabla N° 5. Análisis De Varianza Para la Humedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	408,864	2	204,432	5325,69	0,0000
B:FACTOR B	1367,31	1	1367,31	35619,90	0,0000
C:FACTOR C	1230,23	1	1230,23	32048,97	0,0000
D:REPETICIONES	0,127604	1	0,127604	3,32	0,0955
INTERACCIONES					
AB	749,834	2	374,917	9767,03	0,0000
AC	197,824	2	98,912	2576,77	0,0000
BC	1437,94	1	1437,94	37459,95	0,0000
ABC	906,496	2	453,248	11807,64	0,0000
RESIDUOS	0,422246	11	0,038386		
TOTAL (CORREGIDO)	6299,04	23			

Elaborado por: Autora.

De acuerdo a humedad, cuadro N° 5 (ADEVA), en lo que concierne a los niveles de los factores: A (ECU-01), B (EC-06) y C (EC-08), como también las interacción AB, AC, BC y ABC existió diferencia significativa, mientras que en réplicas no se encontró diferencia significativa, demostrando que existió normalidad en la toma de datos.

4.1.1.2. Análisis de Resistencia

Tabla N° 6. Análisis De Varianza Para la Resistencia

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	7,13013E6	2	3,56506E6	8604,97	0,0000
B:FACTOR B	8893,5	1	8893,5	21,47	0,0007
C:FACTOR C	3,81881E7	1	3,81881E7	92174,39	0,0000
D:REPETICIONES	352,667	1	352,667	0,85	0,3760
INTERACCIONES					
AB	185563,	2	92781,5	223,95	0,0000
AC	6,34802E6	2	3,17401E6	7661,08	0,0000
BC	5460,17	1	5460,17	13,18	0,0040
ABC	115046,	2	57523,2	138,84	0,0000
RESIDUOS	4557,33	11	414,303		
TOTAL (CORREGIDO)	5,19861E7	23			

Elaborado por: Autora.

En Resistencia, cuadro N° 6 (ADEVA) en lo que concierne a los niveles de los factores: A (ECU-01), B (EC-06) y C (EC-08), como también las interacción AB, AC, BC y ABC existió diferencia significativa, mientras que en réplicas no se encontró diferencia significativa.

4.1.1.3. Análisis de Blancura

Tabla N° 7. Análisis De Varianza Para la Blancura

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	775,785	2	387,892	82770,45	0,0000
B:FACTOR B	1,79307	1	1,79307	382,61	0,0000
C:FACTOR C	3494,02	1	3494,02	745572,54	0,0000
D:REPETICIONES	0,00735	1	0,00735	1,57	0,2364
INTERACCIONES					
AB	288,407	2	144,204	30770,88	0,0000
AC	316,983	2	158,491	33819,68	0,0000
BC	9,20082	1	9,20082	1963,32	0,0000
ABC	6,75856	2	3,37928	721,09	0,0000
RESIDUOS	0,05155	11	0,00468636		
TOTAL (CORREGIDO)	4893,01	23			

Elaborado por: Autora.

En los datos obtenidos en el cuadro N° 7 (ADEVA) considera blancura, y muestra en lo que concierne a los niveles de los factores: A (ECU-01), B (EC-06) y C (EC-08), como también las interacción AB, AC, BC y ABC existió diferencia significativa, mientras que en réplicas no se encontró diferencia significativa, demostrando que existió normalidad en la toma de datos.

4.1.1.4. Análisis de Calibre

Tabla N° 8. Análisis De Varianza Para el Calibre

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	1,64776	2	0,823882	1929,33	0,0000
B:FACTOR B	0,0910202	1	0,0910202	213,15	0,0000
C:FACTOR C	11,8217	1	11,8217	27683,47	0,0000
D:REPETICIONES	0,00112067	1	0,00112067	2,62	0,1335
INTERACCIONES					
AB	2,22733	2	1,11366	2607,93	0,0000
AC	0,147591	2	0,0737955	172,81	0,0000
BC	0,792067	1	0,792067	1854,83	0,0000
ABC	0,124174	2	0,0620868	145,39	0,0000
RESIDUOS	0,00469733	11	0,00042703		
TOTAL (CORREGIDO)	16,8574	23			

Elaborado por: Autora.

El cuadro N° 8 (ADEVA) muestra el calibre de las hojas, en lo que concierne: A (ECU-01), B (EC-06) y C (EC-08), y las interacción AB, AC, BC y ABC existió diferencia significativa, mientras que en réplicas no se encontró diferencia significativa, demostrando que existió normalidad en la toma de datos.

4.1.1.5. Análisis de Ceniza

Tabla N° 9. Análisis De Varianza Para la Ceniza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	1345,86	2	672,932	13924,07	0,0000
B:FACTOR B	2140,63	1	2140,63	44293,24	0,0000
C:FACTOR C	15,0116	1	15,0116	310,61	0,0000
D:REPETICIONES	0,028085	1	0,028085	0,58	0,4619
INTERACCIONES					
AB	3797,52	2	1898,76	39288,49	0,0000
AC	5780,23	2	2890,11	59801,20	0,0000
BC	653,972	1	653,972	13531,76	0,0000
ABC	5824,21	2	2912,11	60256,27	0,0000
RESIDUOS	0,531615	11	0,0483287		
TOTAL (CORREGIDO)	19558,0	23			

Elaborado por: Autora.

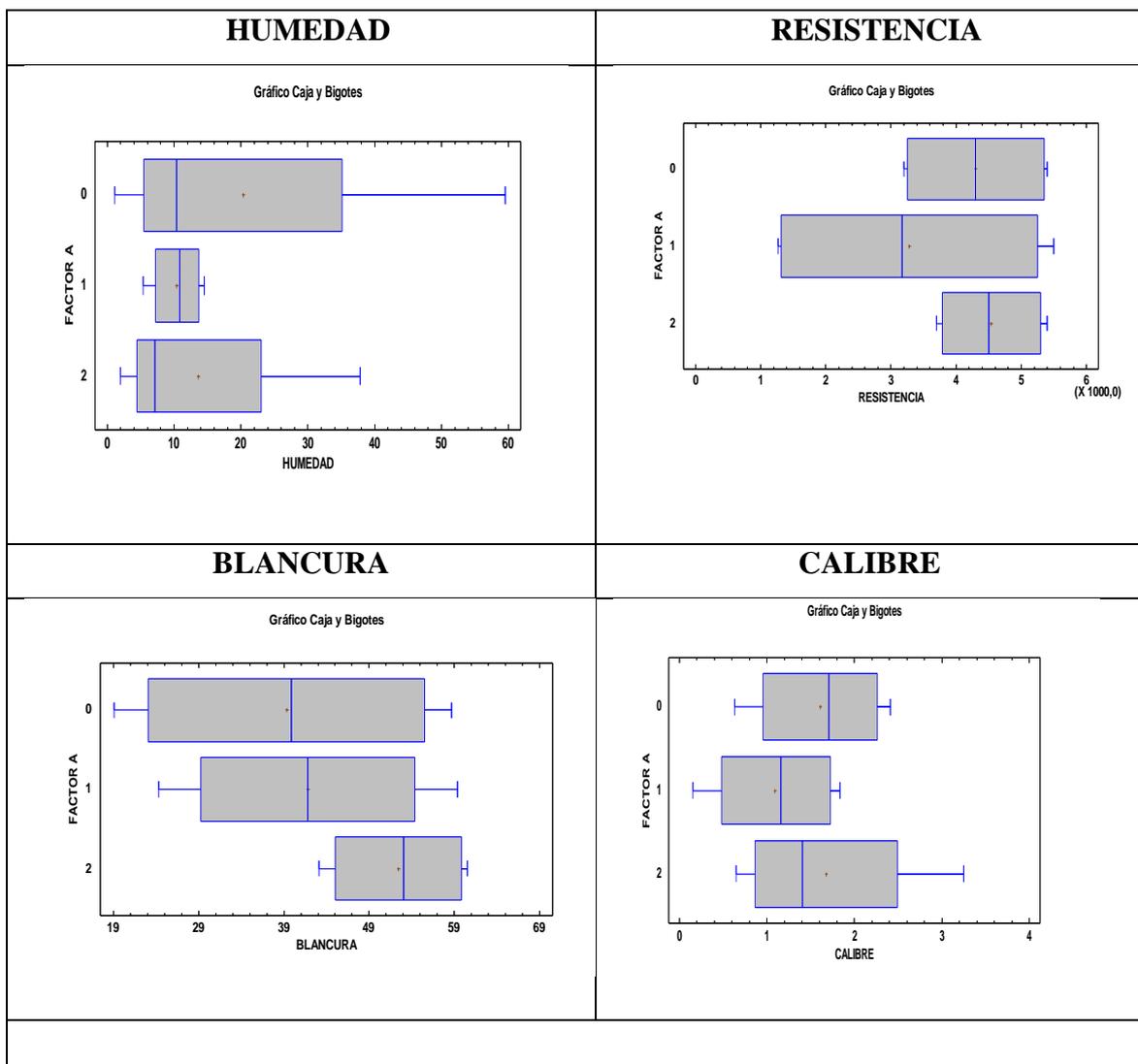
En ceniza, cuadro N° 9 (ADEVA) los niveles de los factores: A (ECU-01), B (EC-06) y C (EC-08), como también las interacción AB, AC, BC y ABC existió diferencia significativa, mientras que en réplicas no se encontró diferencia significativa, demostrando que existió normalidad en la toma de datos.

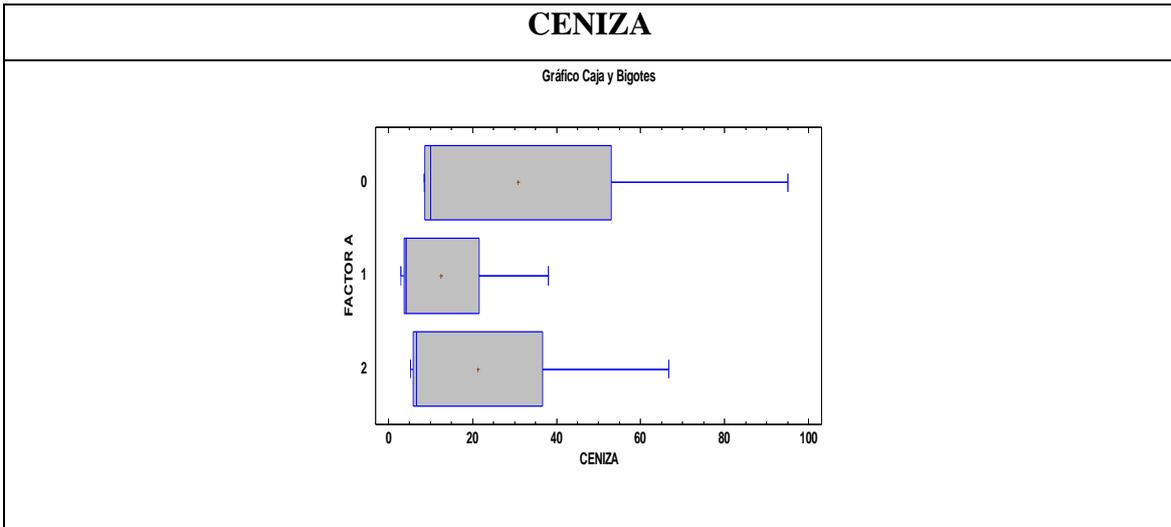
4.1.2. Resultados con relación a los Factores de Estudio en los Análisis de Laboratorio de Calidad

4.1.2.1. Con relación al Factor A (Variedades de caña)

Gráfico N° 1 Resultados del análisis de las variedades de caña (factor A), del estudio de variedades: niveles (a0) ECU-01; (a1) EC-06 y (a2) EC-08; prueba de tukey ($p < 0.05$)

- 1.- Humedad: $a_0 = 20,31$; $a_1 = 10,4$; $a_2 = 13,6212$.
- 2.- Resistencia: $a_0 = 4302,25$; $a_1 = 3280,25$; $a_2 = 4535,25$.
- 3.- Blancura $a_0 = 39,3312$; $a_1 = 41,8137$; $a_2 = 52,44$
- 4.- Calibre $a_0 = 1,61025$; $a_1 = 1,09088$; $a_2 = 1,67712$.
- 5.- Ceniza $a_0 = 30,8638$; $a_1 = 12,5261$; $a_2 = 21,31$





Elaborado por: Autora.

El gráfico N° 1 Tukey ($p < 0.05$). De acuerdo a humedad indica el valor más alto en ECU-01 ($a_0 = 20,31\%$); con relación a la resistencia el valor más alto el nivel a_2 ECU-06 ($a_2 = 4535,25\%$), en blancura el valor más alto fue en el nivel a_2 ECU-06 ($a_2 = 52,44\%$), en el calibre se encontró el valor más alto en a_2 ECU-06 ($a_2 = 1,67712\%$) y en ceniza siendo el valor más alto en el nivel a_0 ECU-01 ($a_0 = 30,8638\%$).

4.1.2.2. Con relación al Factor B (Tipo de fibra)

Gráfico N° 2. Resultados del análisis de los tipos de fibra (factor B), en los niveles (b0) fibra corta; (b1) fibra larga; prueba de tukey ($p < 0.05$).

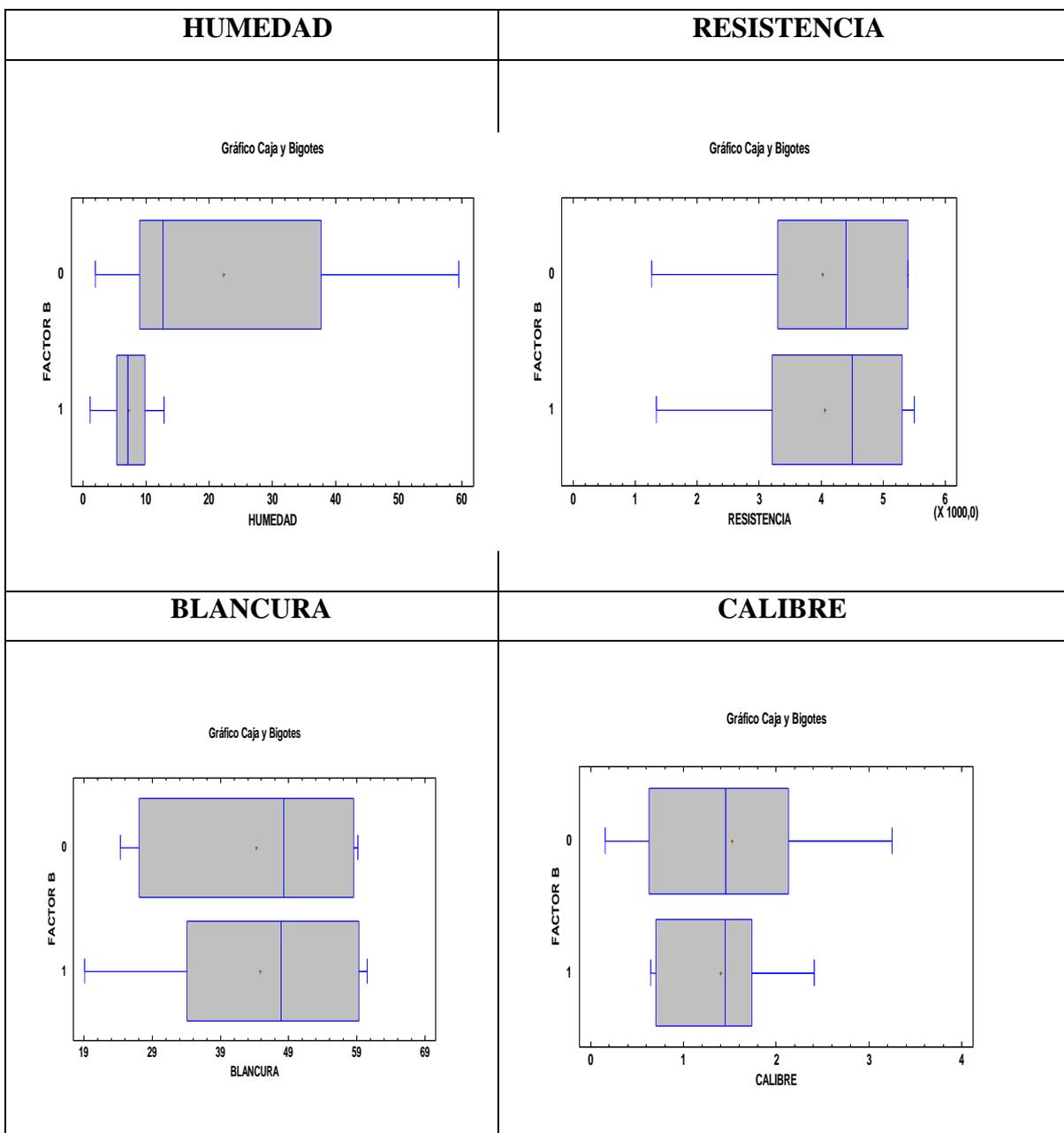
1.- Humedad: $b_0 = 22,325$; $b_1 = 7,22917$

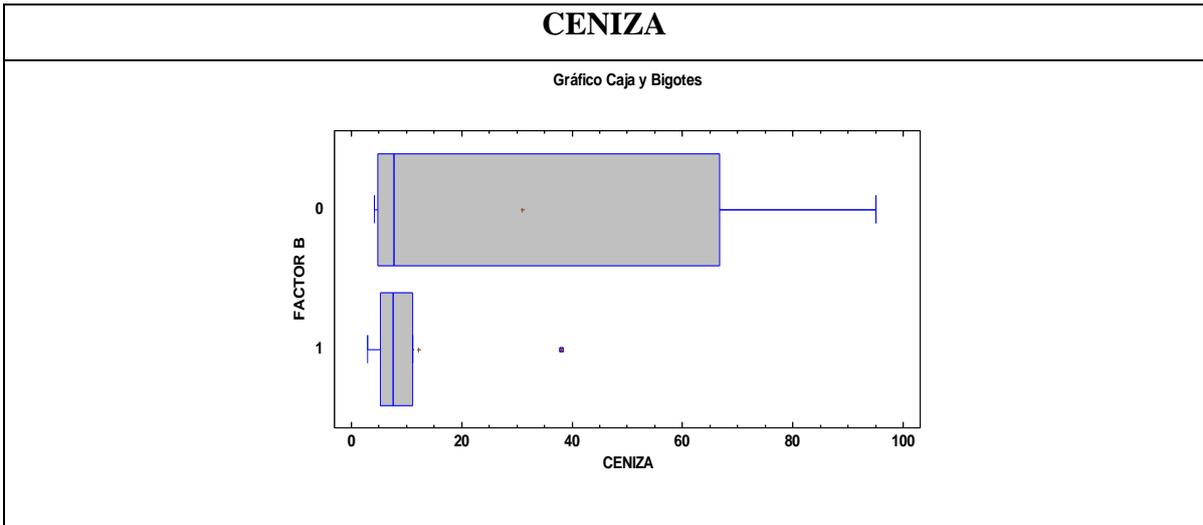
2.- Resistencia: $b_0 = 4020,0$; $b_1 = 4058,5$.

3.- Blancura $b_0 = 44,255$; $b_1 = 44,8017$

4.- Calibre $b_0 = 1,521$; $b_1 = 1,39783$

5.-Ceniza $b_0 = 31,0108$; $b_1 = 12,1224$





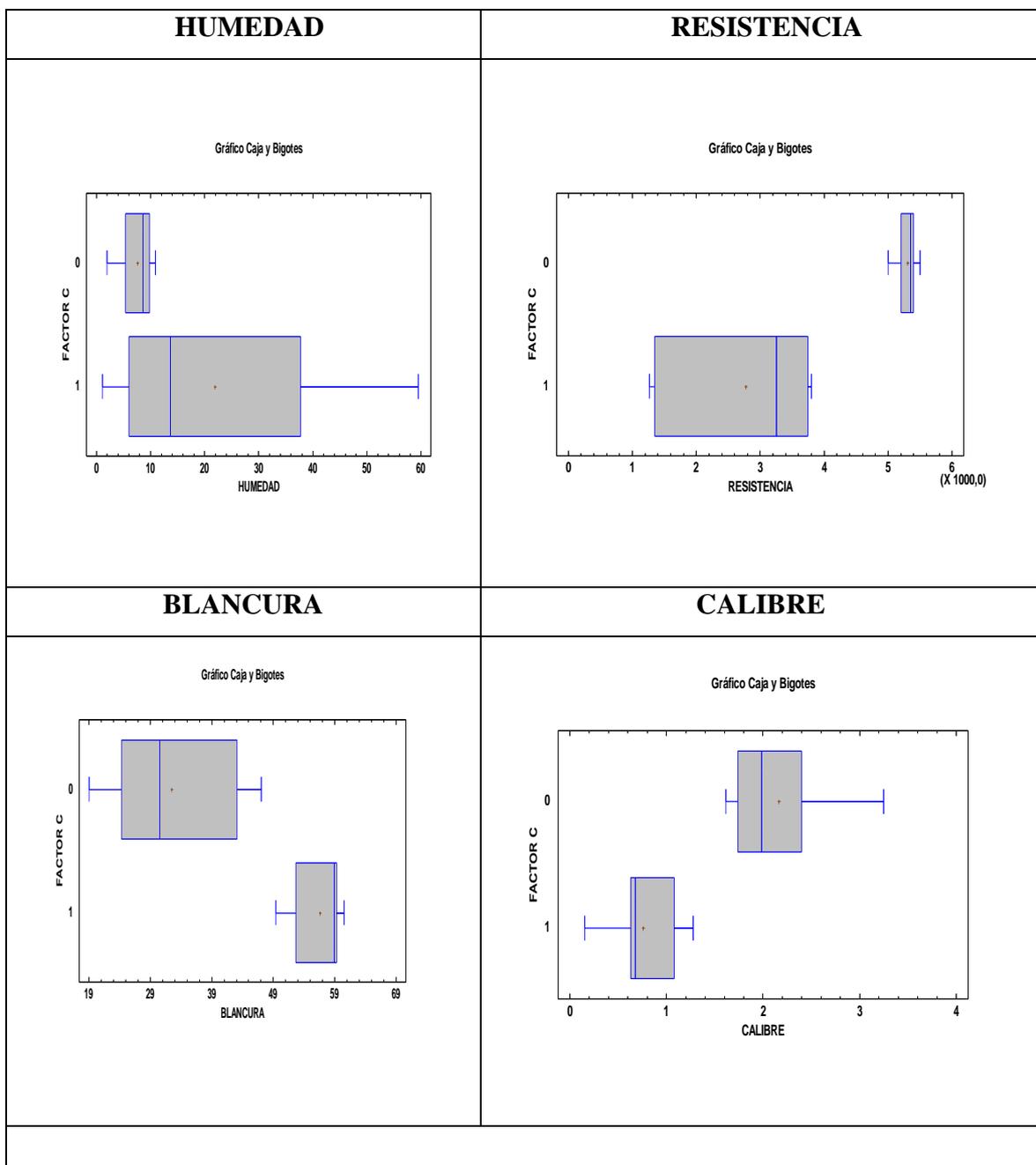
Elaborado por: Autora.

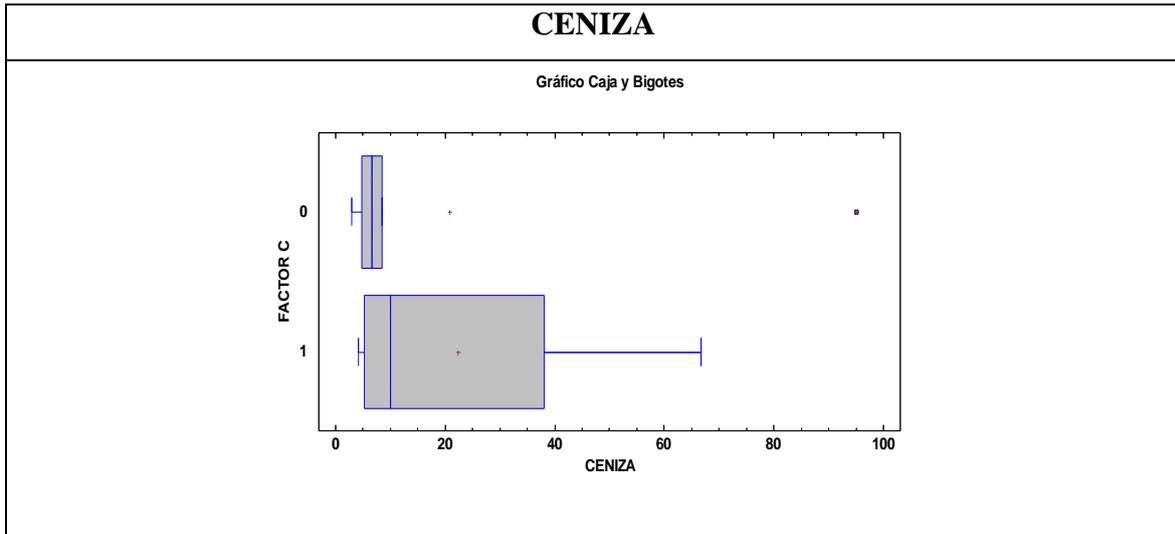
El gráfico N° 2 muestra los valores de Tukey ($p < 0.05$). De acuerdo a la humedad se encontró el valor más alto en el nivel b_0 Fibra corta ($b_0 = 22,325\%$), con relación a la resistencia siendo el valor más alto el nivel b_1 Fibra larga ($b_1 = 4058,5\%$), en blancura el valor más alto fue en el nivel b_1 Fibra larga ($b_1 = 44,8017\%$), en el calibre se encontró el valor más alto en b_0 Fibra corta ($b_0 = 1,521\%$), y en ceniza siendo el valor más alto en el nivel b_0 Fibra corta ($b_0 = 31,0108\%$).

4.1.2.3. Con relación al Factor C (Condiciones de desintegración)

Gráfico N°3. Resultados del análisis de los tipos de mecanismo (factor C), en los niveles (c0) fibra corta; (c1) fibra larga; prueba de Tukey ($p < 0.05$).

- 1.- Humedad: $c_0 = 7,6175$; $c_1 = 21,9367$
- 2.- Resistencia: $c_0 = 5300,67$; $c_1 = 2777,83$
- 3.- Blancura $c_0 = 32,4625$; $c_1 = 56,5942$
- 4.- Calibre $c_0 = 2,16125$; $c_1 = 0,757583$
- 5.- Ceniza $c_0 = 20,7758$; $c_1 = 22,3575$.

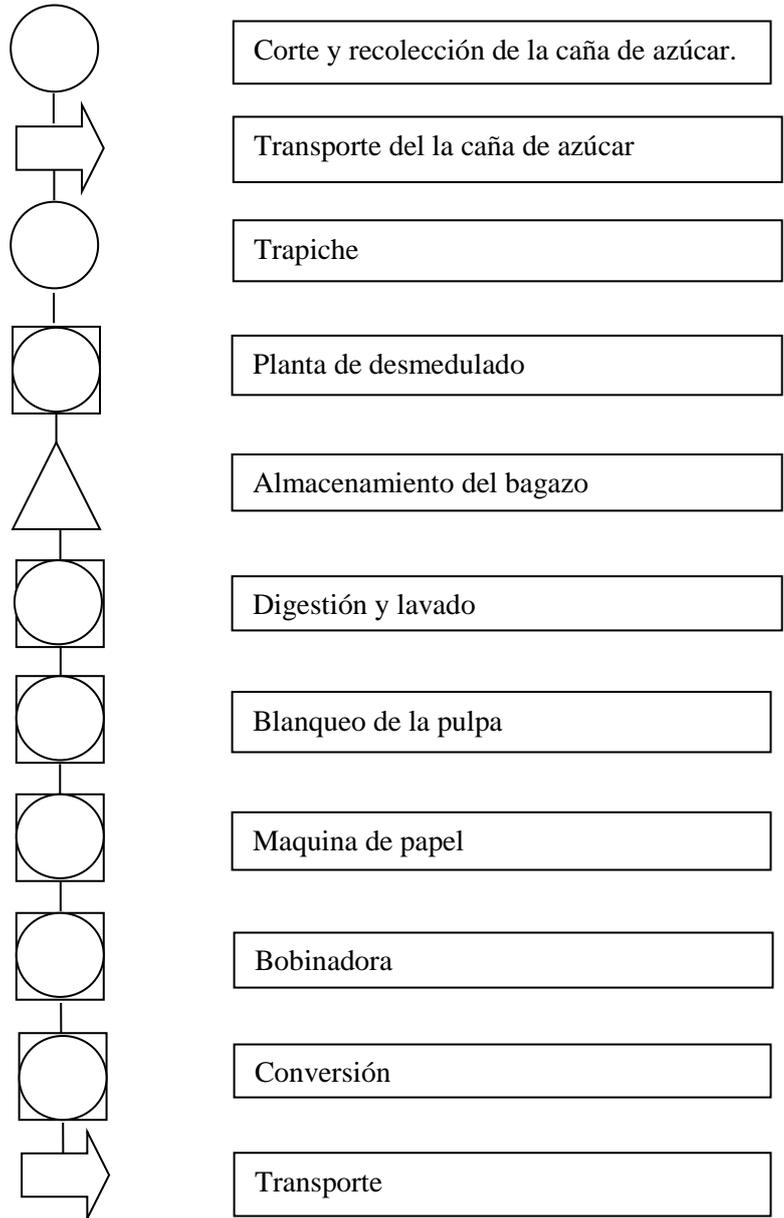




Elaborado por: Autora.

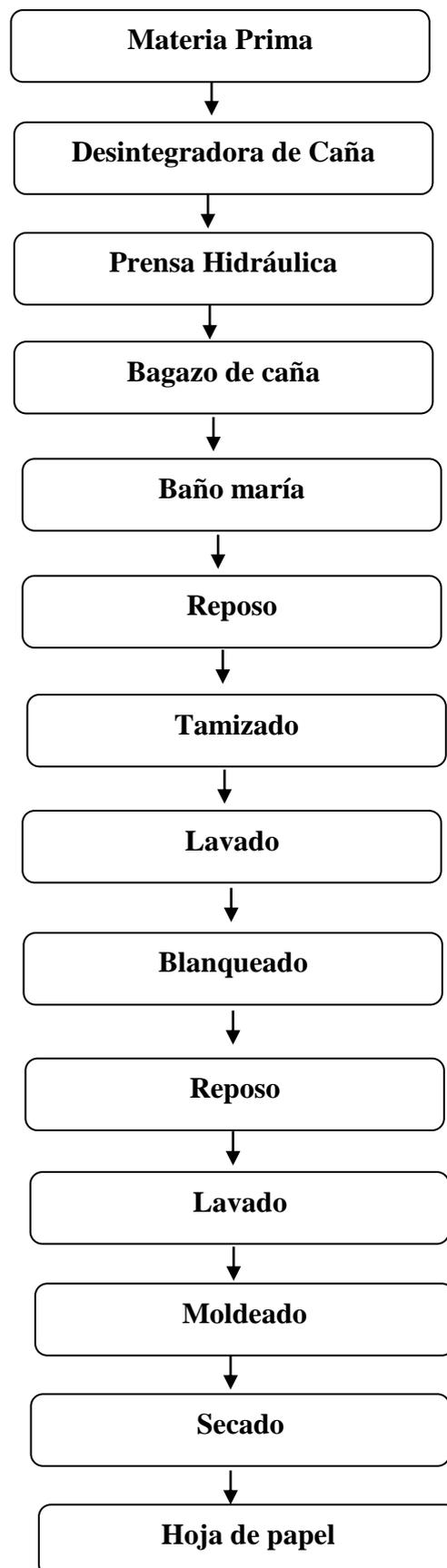
El gráfico N° 3 indica valores de Tukey ($p < 0.05$). Considerando humedad mostró el valor más alto en el nivel c_1 Reproceso ($c_1 = 21,9367\%$); con relación a la resistencia siendo el valor más alto el nivel c_0 Proceso ($c_0 = 5300,67\%$), en blancura el valor más alto fue en el nivel c_1 Reproceso ($c_1 = 56,5942\%$), en el calibre se encontró el valor más alto en c_0 Proceso ($c_0 = 2,16125\%$) y en ceniza siendo el valor más alto en el nivel c_1 Reproceso ($c_1 = 22,3575\%$).

4.1.3. Flujograma de la elaboración del papel a partir del bagazo de caña en los procesos industriales.



SIMBOLO	REPRESENTA
	Operación
	Inspección y medición
	Operación e inspección
	Transporte
	Demora
	Decisión
	Entrada de bienes
	Almacenamiento

4.1.4. Flujograma del papel a partir del bagazo de caña.



4.1.5. Balance de materiales para la obtención del papel a partir del bagazo de caña.

MATERIA PRIMA E INSUMOS	
Bagazo de caña	600g
Hidróxido de sodio	75g
Agua	4000g
Peróxido de hidrogeno	555g
TOTAL	5230

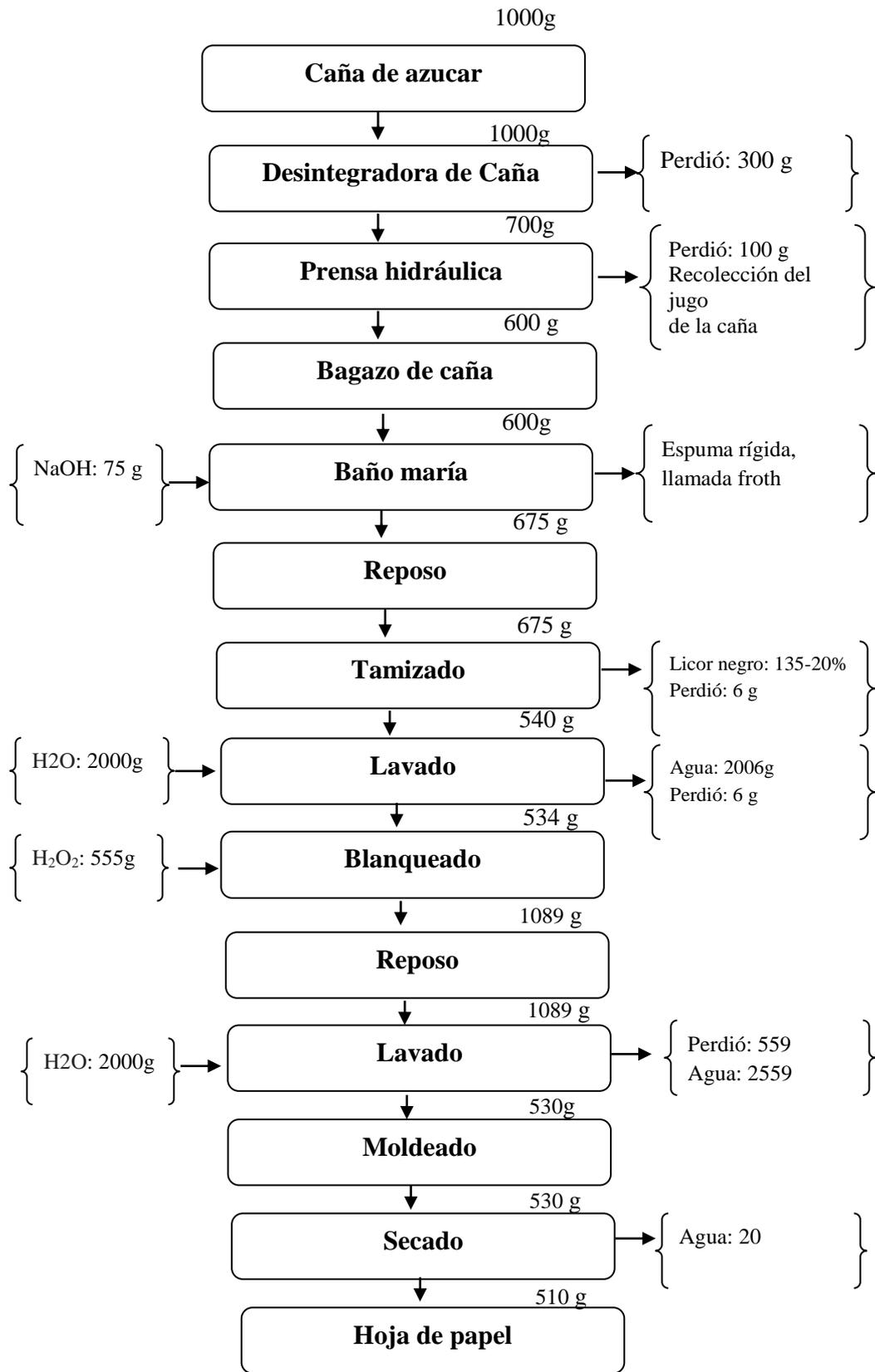
Elaborado por: Autora.

Calculo de rendimiento

$$R = \frac{P.F}{P.I} * 100\%$$

$$R = \frac{510}{5230} * 100\%$$

$$R = 9.75 \%$$



4.2. Discusión

4.2.1. Discusión de Resultados con relación a las variables estudiadas en los análisis del papel

4.2.1.1. Discusión con respecto al factor A (Variedades de Caña)

Con respecto al análisis del factor A (Variedades de Caña) de acuerdo a la variable de humedad se presentó valores a_0 (20.31); a_1 (10.4) y a_2 (13.6212) y estos datos se encuentran por encima de los valores obtenidos por Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores de 6 a 9. En cuanto a la resistencia se demostró valores en el nivel $a_0=4302,25$; $a_1=3280,25$ y $a_2= 4535,25$, estos están fuera del rango obtenido por Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores 1500 a 3000. En blancura los valores fueron $a_0= 39,3312$; $a_1= 41,8137$; $a_2= 52,44$ estos valores son inferiores a 78% señalado por Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047. Con relación al calibre se reflejaron valores en $a_0= 1,61025$; $a_1= 1,09088$; $a_2= 1,67712$ estos valores están fueran del rango 0.009 a 0.109 que pertenece a la norma Mexicana T-411 om-97. En lo correspondiente a la ceniza se obtuvo valores en el nivel $a_0= 30,8638$; $a_1= 12,5261$; $a_2= 21,31$, en donde el nivel $a_1= 12,5261$ se encuentra dentro del rango Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores 5 a 20%.

4.2.1.2. Discusión con respecto al factor B (Tipos de Fibra)

Con respecto al análisis del factor B (Tipos de Fibra) de acuerdo a la variable de humedad se presentó valores $b_0= 22,325$; $b_1= 7,22917$, en lo que corresponde al nivel $b_1= 7,22917$ se encuentra dentro del rango obtenidos Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores de 6 a 9. En cuanto a la resistencia se demostró valores en el nivel $b_0=4020,0$; $b_1=4058,5$, estos están fuera del rango obtenido Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores 1500 a 3000. En blancura los valores fueron $b_0= 44,255$; $b_1= 44,8017$ estos valores son inferiores a 78% señalado Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047. Con relación al calibre se reflejaron valores en $b_0= 1,521$; $b_1= 1,39783$ estos valores están fueran del rango 0.009 a 0.109 que pertenece a la norma Mexicana T-411 om-97. En lo correspondiente a la ceniza se obtuvo valores en el nivel $b_0= 31,0108$; $b_1= 12,1224$ en donde el nivel $b_1= 12,1224$ se encuentra dentro del rango obtenido por Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores 5 a 20%.

4.2.1.3. Discusión con respecto al factor C (Condiciones de desintegración).

Con respecto al análisis del factor C (Condiciones de desintegración) de acuerdo a la variable de humedad se presentó valores $c_0= 7,6175$; $c_1= 21,9367$, en lo que corresponde al nivel $c_0= 7,6175$ se encuentra dentro del rango obtenidos Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores de 6 a 9. En cuanto a la resistencia se demostró valores en el nivel $c_0=5300,67$; $c_1=2777,83$ en lo que corresponde al nivel $c_1=2777,83$, se encuentra dentro Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores 1500 a 3000. En blancura los valores fueron $c_0= 32,4625$; $c_1= 56,5942$ estos valores son inferiores a 78% Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047. Con relación al calibre se reflejaron valores en $c_0= 2,16125$; $c_1= 0,757583$ estos valores están fueran del rango 0.009 a 0.109 que pertenece a la norma Mexicana T-411 om-97. En lo correspondiente a la ceniza se obtuvo valores en el nivel $c_0= 20,7758$; $c_1= 22,3575$ no se encuentra dentro del rango obtenido Norma Técnica Peruana NTP.ITINTEC 272.047 con valores 5 a 20%.

4.3. Tratamiento de Hipótesis

En base a los resultados obtenidos sobre las variedades de caña: ECU-01, EC-06, EC-08 se encontró Diferencia significativa tanto en: Húmeda, resistencia, blancura, calibre y contenido de cenizas, lo que significa que estas influyeron significativamente en la obtención de papel, por lo tanto se acepta la Hipótesis alternativa ya que se estableció que las variedades si influyen en los valores de las variables antes mencionadas.

De acuerdo a los Tipos de fibra estudiados: Fibra Corta y Fibra Larga, se encontró diferencia significativa en: Húmeda, resistencia, blancura, calibre y contenido de cenizas, se acepta la Hipótesis alternativa, por lo tanto se estableció que el tipo de fibra si influyo en este proceso, en todos los parámetros estudiados.

Además se planteó como factor de estudio si existe influencia de las condiciones de Desintegración de la fibra, estudiando el bagazo de caña sometido a: Proceso y Reproceso, en este caso se estableció diferencia significativa tanto en: Húmeda, resistencia, blancura, calibre y contenido de cenizas, se acepta la Hipótesis Alternativa estableciendo influencia de este factor en el proceso de obtención de papel.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

5.1.1. Con respecto al factor a las Variedades de Caña

En lo referente a humedad la variedad EC-06 presento valores de (10.4), que son los más próximos a la norma de referencia. En resistencia el valor más bajo se obtuvo de la variedad EC-01 (3280,25); y es el más próximo a lo normalizado por NTP.ITINTEC 272.047 que va desde 1500 a 3000. En lo referente a blancura, la variedad EC-08 (52,44) pero valores óptimos, pero inferiores en un 78% Norma NTP.ITINTEC 272.047. Con respecto al calibre la variedad EC-06 presento los valores más bajos (1,09088), pero estos se encuentran fuera de lo que establece la norma Mexicana T-411 om-97 (0.009 a 0.109), mientras que los valores de ceniza de EC-06 (12.5261) están dentro de lo establecido NTP.ITINTEC 272.047 con valores 5 a 20%.

5.1.2. Con respecto a los Tipos de Fibra

Con respecto a humedad la fibra larga presento valores bajos y mayor resistencia con respecto a la fibra corta. En blancura la fibra larga dio mejores resultados pero estos están por debajo en 78% de la Norma NTP.ITINTEC. Respecto a calibre mejores resultados se obtuvo en Fibra larga ($b_1 = 1,39783$) pero estos valores estuvieron fuera de los rangos establecidos por la norma y en ceniza, la Fibra Larga ($b_1 = 12,1224$) mostro valores dentro de la Norma NTP.ITINTEC 272.047.

5.1.3. Con respecto a las condiciones de desintegración (proceso-reproceso)

Analizando los resultados de las variables estudiadas, la humedad el papel sometido solamente a proceso ($c_0 = 7,6175$) se encuentra dentro de la Norma Peruana NTP.ITINTEC 272.047, en resistencia el reproceso presento mejor resultados ($c_1 = 2777,83$), ya que los valores están dentro la Norma NTP.ITINTEC 272.047. Con respecto blancura el reproceso dio mejores resultados ($c_1 = 56,5942$) pero estos valores son inferiores. Con respecto calibre el papel sometido a reproceso nos dio mejores resultados ($c_1 = 0,757583$), y en contenido de ceniza el papel sometido a proceso ($c_0 = 20,7758$) se encuentran dentro la Normativa referenciada (NTP.ITINTEC 272.047).

En conclusión considerando los tres factores estudiados, vemos que casi en su mayoría los resultados están distantes de lo establecido por normativas oficiales, esto se debe a que el ensayo fue realizado a nivel de laboratorio en lo que respecta a la liberación de celulosa, mientras que la elaboración de papel se lo hizo a nivel de laboratorio, pero tipo artesanal.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Con respecto al factor A (Variedades de Caña)

En lo que corresponde a los tipos de variedades de caña (ECU-01; EC-06; EC-08), se recomienda utilizar la variedad de caña EC-06, debido a que cuenta con las mejores características en el proceso de la elaboración del papel.

5.2.2. Con respecto al factor B (Tipos de Fibra)

Con respecto a los tipos fibra (corta-larga) se recomienda utilizar fibra larga, proporciona un mejor acondicionamiento en la fibra para la elaboración del papel. En los valores de resistencia, blancura y calibre se encuentran dentro de los niveles de fabricación del papel.

5.2.3. Con respecto al factor C (Condiciones de desintegración)

En lo que concierne a las condiciones de desintegración (proceso -reproceso) se recomienda realizar el reproceso, debido a que existió una mejor desintegración en la fibra la cual se obtuvo un papel de excelente calidad.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura Citada.

1. Gabriel D. ABC. [Online].; 2007 [cited 2008 10 12. Available from: <http://www.definicionabc.com/general/estudio.php>.
2. Velasquez A. Proceso productivo del papel. Informe tecnico. Nicaragua: Universidad Americana , Departamento empresarial; 2007.
3. Agriculture F&. Situacion de los bosques del mundo. In Org F&A. Situacion de los bosques del mundo. Roma : FOA; 2005. p. 14-72.
4. ATSDR. Managing Hazardous Materiala Incidents,Sodium Hydroxide. [Online].; 2000 [cited 2003 Mayo 30. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMMI/mmg178.html>.
5. ATSDR. Agencia para Sustancia Toxicas y el Registro de Enfermedades. [Online].; 2000 [cited 2016 Julio 20. Available from: <http://ww.atsdr.cdc.gov/es/>.
6. Guitierrez I. Proceso de produccion artesanal industrial. [Online].; 2012 [cited 18 Diciembre 2012. Available from: <http://guitierrezirma2.blogspot.com/2012/12/holaeste-blog-esta-creada-para-trabajar.html>.
7. Vallegas C. Articulo Carlin Vallegas. [Online].; 2012 [cited 2012 Noviembre. Available from: <http://carlinvallegas.es/wp-content/uploads/2012/11/el-papel-procesos-de-fabricacion-historia-y-tipos.pdf>.
8. Escudero J. Almacenajes de producto Madrid: Paraninfo s.a; 2011.
9. Gomez A. Materiales y productos de impresion argio310. segunda edicion ed. Malaga: Innovacion y cualificacion s.l; 2013.
10. Rivera A. La caña de azucar y sus derivados. Dialogos electronica de historia. 2010 Noviembre .
11. Procaña. Historia de la caña de azucar Colombia: Altamirano S.A de C.V; 2013.
12. Gross O. El libro del azucar. Primera edicion ed. Buenos Aires : Ediciones Emede S.A; 2013.
13. Ricaud C, Egan B, Gillaspie A, Hughes , C. Anatomia, morfologia y fisiologia de la caña de azucar Julien M, Irvine J, Benda G, editors. New York: Elsevier Science ; 2012.
14. Marasca I, Reginaldo B, Pereira M, Paz A, K P. Morfologia de la caña de azucar en la preparacion profunda del suelo en canteros. Scielo Chile. 2002.
15. Amaya A, Cock J, Hernandez A, Irvine. Cultivo de la caña de azucar. Informe Tecnico. Colombia ;, Departamento de Biologia ; 2013. Report No.: ISSN.
16. Hernandez T, Leon M, Cespedes V, Perez A. Caracterizacion de los residuos de la cosecha de la

- caña de azucar almacenadas a granel. ICIDCA. 2014 Enero; 48(1).
17. Perez H, Rodrigo I. Fundamentos para el empleo eficiente nitrogenados en la caña de azucar en Cuba. Cumbres. 2015 Febrero; 1(1).
 18. Romero E, Scandaliaris P, Digonzelli M, Leggio F, Fernández GC, & Tonatto L. La caña de azucar características y ecofisiología. In Romero R, Digonzelli J, Scandaliaris J, editors. Manual Cañero. Tucuman-Argentina: Estacion experimental agroindustrial obispo colombres; 2012. p. 15-16.
 19. Humbert R. The Growing of Sugar Cane California USA: Elsevier; 2013.
 20. Ricaud C, Egan B, Gillaspie A, C. H. Diseases of Sugarcane. Segunda Edicion ed. Estados Unidos : Elsevier; 2012.
 21. Queme L, Orozco H, Castro O, Buc R, Ralda G, A. L, et al. Efecto de factores de floracion de la caña de azucar y variables relacionadas con la productividad de azúcar en Guatemala. Segunda Edicion ed. Cali-Colombia : Ecoe; 2012.
 22. Aguilar N, Rodríguez I, Enríquez R, Castillo M&HS. La industria azucarera Mexicana, vision general, limitaciones, estado actual y tendencia a largo plazo. Springer Sugar Tech. 2012; 14(3).
 23. Manabi R. Estudio sobre la caña de azucar para potenciar su produccion. Diario el Telegrafo. 2016 Marzo: p. 1.
 24. Carral C. Productos e insumos para agricultura organica. Edicion onceava ed. España: Agrotecnicas ; 2015.
 25. Moreno G, Valencia L. OCDE-FAAO. Primera edicion ed.: Perspectivas Agricolas ; 2011.
 26. Strachman E, Milan G. El sector brasileño del azucar y el alcohol: evolucion productiva e innovaciones. Cepal. 2011 Abril; 103.
 27. Mariana I, Norma G, Jorge A. Aspecto de biodiversidad relacionados con la mejora genetica de la caña de azúcar. Ciencias y Tecnologia de los Cultivos Industriales. 2011 Septiembre ;(1).
 28. Lopez B. Alimento fermentado a base de caña de azucar(Saccharum) en el cambio de bovinos en pastoreo. Ap Agro Productividad. 2016 Julio; 9.
 29. Castelle X. Reciclaje de residuos industriales solidos urbanos y fangos de depuradora. Segunda edicion ed. Castelle X, editor. Madrid: Diaz de santos S.A; 2012.
 30. Gonzales M. La agroindustria cañera cubana: tranformaciones recientes. Segunda edicion ed. Gonzales M, editor. New York: Copyright; 2015.
 31. Moreno R, Garcia J, Pascual J, Bernal M. Residuos organicos y agricultura intensiva III. Mundi prensa ed. Moreno R, Garcia J, Pascual J, Bernal M, editors. Madrid: Paraninfo S.A ; 2015.

32. Rico I, Perez G, Mas J. Caracterizacion y evaluacion del bagazo de caña de azucar como biosorbente de hidrocarburos. Afinidad. 2014 Noviembre .
33. Martinez J, Silva L. Bionergia: Fuentes, conversion y sustentabilidad. Primera edicion ed. Martinez J, Silva L, editors. Bogota-Colombia ; 2015.
34. Lincona A, Herrera H, Osorio I, Sanchez I. Obtencion de fibra dietetica nutricional a partir del bagazo de caña. Congreso XXVII. Colombia ;, Departamento de quimica; 2014. Report No.: ISSN.
35. Arbelaez J, Janna F, Guitierrez C, Valdés R, Velasco O, Blanco A, et al. Pirolisis rapida de biomasa. Primera edicion ed. Arbelaez J, Janna F, Guitierrez C, Valdés R, Velasco O, Blanco A, et al., editors. Colombia ; 2013.
36. Montoya I. Pirolisis rápida de biomasa. Primera edicion ed. Colombia: Ecopetrol; 2014.
37. Moreno A. Operaciones auxiliares de preparacion del terreno, plantación y siembra de cultivo. Nobel S.A ed. España: Paraninfo S.A ; 2015.
38. Verdezoto A. El bagazo de caña de azucar, una alternativa para reducir la contaminación minera. Noticias Espol. 2013 Mayo: p. 1.
39. ID/DICYT A. Bagzo de caña, posible componente de concreto hidraulico. NCYT-Amazings. 2014 Febrero: p. 1.
40. Leal C. Tecnologia brasileña permite uso de bagazo de caña en asfalto. Ciencia Hoje. 2012 Julio: p. 2.
41. Herminio C. Papel elaborado con fibras alternativas provenientes de bagazo de caña de azucar. Informe Tecnico. Argentina;; 2012. Report No.: ISSN.
42. Cincae. Variedades de caña de azucar. Informe Tecnico. Triunfo: Centro de Investigacion del Ecuador, Departamento de investigación; 2013. Report No.: ISSN.
43. 278-047 NTPNI. Normas de calidad del papel. Informe Tecnico. Peru;; 2005. Report No.: ISSN.
44. T-411om-97 LNM. INDUSTRIA DE CELULOSA Y PAPEL-ESPESOR Y PESO ESPECIFICO DE PAPELES Y CARTONCILLOS. I. Mexico;; 2011. Report No.: ISSN.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO DE CALIDAD EN LA OBTENCION DEL PAPEL.

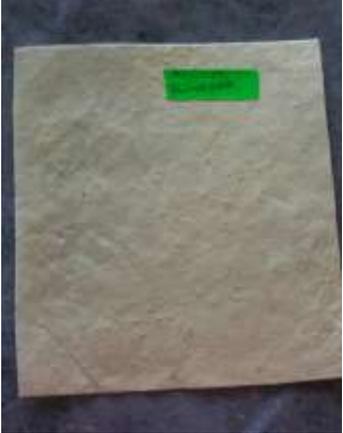
Tratamientos	Humedad		Resistencia		Blancura		Espesor		Ceniza	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
a0b0c0	10,89	10,86	5400	5400	27,09	27,05	2,136	2,132	95,05	95,01
a0b0c1	59,49	59,45	3300	3298	58,34	58,65	0,632	0,629	8,86	8,83
a0b1c0	9,79	9,75	5300	5310	19,13	19,12	2,41	2,39	8,47	8,45
a0b1c1	1,15	1,1	3200	3210	52,63	52,64	1,278	1,275	11,11	11,13
a1b0c0	8,99	8,9	5000	5000	24,39	24,32	1,838	1,835	4,22	5,26
a1b0c1	14,49	14,4	1275	1272	49,46	49,5	0,258	0,153	4,23	4,28
a1b1c0	5,47	5,35	5500	5500	34,11	34,09	1,618	1,619	3,009	3,11
a1b1c1	12,9	12,7	1350	1345	59,27	59,37	0,706	0,7	38,09	38,01
a2b0c0	2,96	1,95	5400	5398	46,99	47,01	3,247	3,239	6,6	6,5
a2b0c1	37,77	37,75	3700	3797	59,11	59,15	1,078	1,075	66,66	66,63
a2b1c0	8,26	8,24	5200	5200	43,12	43,13	1,737	1,734	6,83	6,8
a2b1c1	6,04	6	3800	3787	60,49	60,52	0,657	0,65	5,26	5,2

Elaborado: (Chevez, 2017)

ANEXO 2: FASE EXPERIMENTAL DE LA OBTENCIÓN DEL PAPEL.

<p style="text-align: center;">ECU-01</p> 	<p style="text-align: center;">EC-06</p> 	<p style="text-align: center;">EC-08</p> 
<p style="text-align: center;">Desfibradora</p>	<p style="text-align: center;">Prensa Hidráulica</p>	<p style="text-align: center;">Bagazo de caña</p>
		
<p style="text-align: center;">Estufa</p>	<p style="text-align: center;">Balanza digital</p>	<p style="text-align: center;">Proceso de desintegración</p>
		

Baño maría	Fase de reposo	Lavado de la fibra
		
Peróxido de Hidrógeno (H ₂ O ₂)	Fase de blanqueo de la fibra	Formación de la hoja
		
Proceso ECU-01	Proceso EC-08	Proceso EC-06
		

Reproceso EC-06	Reproceso EC-08	Reproceso ECU-01
		

Babahoyo, 22 de mayo del 2017

CERTIFICADO

Por medio de la presente dejamos constancia que la **Srta. Ingrid Janeth Chevez Alejandro**, con cédula de identidad # **120702546-9**, estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en respuesta al oficio recibido el día 03 de mayo del presente, por parte de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, ha realizado sus pruebas de Análisis de Laboratorio en el dep. De calidad de nuestra empresa, concerniente al tema de Investigación: Estudio de las características de las diferentes variedades de bagazo de caña (ECUA-01; EC-06; EC-08) para la obtención del papel en procesos industriales.

Investigación que servirá para terminar proyecto de tesis, previo obtención al título de ingeniera industrial.

Se emite el presente certificado a pedido de la interesada para los fines que vea por conveniente.



Damián Baeza García
Gerente General