

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*) EN LA FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE TABLEROS AGLOMERADOS EN LA PROVINCIA DE PASTAZA.

Tesis previa a la obtención del Título de:
INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTOR

JENNY PAOLA JARAMILLO PONCE

DIRECTOR

ING. JUAN ELÍAS GONZÁLEZ MSc.

PUYO - PASTAZA - ECUADOR

2015

ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE TRIBUNAL DE GRADO

Dr. Manuel Pérez PhD.

Dra. Neyfe Sablón PhD.

MSc. Karel Dieguez

2015

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jenny Paola Jaramillo Ponce egresada de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión.

Ing. Juan Elías González M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

A Dios por sus inmensas bendiciones, por su misericordia infinita y por sostenerme siempre en sus manos.

A mis padres William Jaramillo y Mirna Ponce por su apoyo incondicional y por enseñarme el valor del estudio.

A Mis hermanas Mirna, Wendy y Jessenia, que de muchas maneras me han demostrado su apoyo y su cariño.

A mi hija Jamileth por su paciencia y comprensión, por ser la luz que alumbra mis días y mi gran inspiración para luchar y seguir adelante.

A mi novio Darío, por darme ánimos y estar pendiente de mí en todo momento.

A mi tutor Ing. Juan Elías González M.Sc, por su ayuda y esfuerzo en el transcurso de mi investigación.

A la Ing. Karina Carrera Msc, por su colaboración, por impartirme sus vastos conocimientos y por su predisposición para el desarrollo de mi investigación.

A la Empresa ARBORIENTE S.A, Ing. Marcos Gutiérrez y Tlgo. Edwin Tipanta, quienes contribuyeron en la realización de ésta investigación.

A la Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de formarme como profesional y a través de los conocimientos adquiridos, ser útil a la sociedad.

DEDICATORIA

A Dios que me dio la dicha de vivir y ser parte de una maravillosa familia.

A la memoria de mi Padre William Estalin Jaramillo Ortiz, quién puso en mi pensamiento el estudio como prioridad, porque sus pasos guiarán los míos y su bendición me acompañará siempre.

A mi madre Mirna Mirella Ponce Castro, quien me inculca valores que aplico en mi diario vivir, me brinda su cariño exquisito, su confianza, su apoyo y su amor incondicional, porque su bendición me acompañará toda la vida.

A mis hermanas Mirna, Wendy y Jessenia quienes me han apoyado en el transcurso de mi formación y han estado dispuestas a brindarme su ayuda en todo momento, porque me han brindado su amor y comprensión.

A mi hija Jamileth a quién amo con todo mi corazón, ella, el motor de mi vida, porque con una sonrisa, un abrazo y una caricia, ha contribuido para lograr éste sueño tan anhelado, porque ha sido paciente y muy comprensiva, tú mi chiquita “juntas por siempre” te adoro hija mía.

A mi novio Darío, quien me ha apoyado incondicionalmente porque me comprende y a diario me demuestra su gran amor.

RESPONSABILIDAD

Yo Jenny Paola Jaramillo Ponce, declaro que el contenido de ésta investigación es de mi auditoría exclusiva.

Jenny Paola Jaramillo Ponce

Tabla de contenido

Capítulo I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
a. Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos Específicos	3
b. Hipótesis	3
Capítulo II	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Botánica de la caña de azúcar según Díaz y Portocarrero (2002) ..	4
2.2 Importancia económica en el mundo	8
2.3 Caña de azúcar en el Ecuador	8
2.4 Situación Actual.....	8
2.5 Importancia económica en el Ecuador	9
2.6 Fibras Naturales	9
2.6.1 Propiedades de las fibras INGECO TEXTIL, 2010.....	10
2.6.2 Clasificación de las fibras.....	10
2.7 Bagazo de caña de azúcar como materia prima	11
2.8 Bagazo de caña	12
2.9 Caracterización química de componentes lignocelulósicos.....	13
2.10 Aprovechamiento de los materiales lignocelulósicos.....	15
2.11 Tableros aglomerados.....	16
2.12 Adhesivos utilizados en la fabricación de tableros aglomerados...	21
2.13 Relación beneficio – costo.....	23
Capitulo III.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Localización y duración del experimento	25
3.2 Condiciones Meteorológicas	25

3.3	Materiales y Equipos	25
3.4	Factores de estudio	27
3.5	Diseño Experimental	27
3.6	Variables.....	30
3.7	Manejo del experimento.....	33
3.8	Análisis Económico.....	35
Capitulo IV	38
4.	RESULTADOS EXPERIMENTALES	38
4.1	Contenido de humedad.....	38
4.2	Hinchazón	43
4.3	Absorción de agua 2h	48
4.4	Resistencia a la tensión	53
4.5	Comprobación de Hipótesis	55
Capítulo V	56
5.	DISCUSIÓN	56
5.1	Contenido de humedad.....	56
5.2	Hinchazón	57
5.3	Absorción de agua durante 2h.....	58
5.4	Resistencia a la tensión	59
6.	CONCLUSIONES.....	61
7.	RECOMENDACIONES	61
8.	RESÚMEN.....	62
9.	SUMMARY	63
10.	BIBLIOGRAFÍA	64
11.	ANEXOS	72

Índice de tablas

Tabla 1. Componentes del tallo	6
Tabla 2. Composición física del bagazo de caña ICIDCA, 2015.....	13
Tabla 3. Composición química del bagazo de caña.....	13
Tabla 4. Clasificación de costos fijos y costos variables	24
Tabla 5. Detalle de tratamientos	28
Tabla 6. Parámetros para elaboración de tableros aglomerados.....	29
Tabla 7. Análisis de varianza A.D.E.V.A	29
Tabla 8. Costos de producción de tablero aglomerado con blancola.....	35
Tabla 9. Costos de producción de tablero aglomerado de engrudo	36
Tabla 10. Costos de operación de la elaboración de tableros aglomerados.	36
Tabla 11. Calidad y costo del tablero de bagazo de caña vs empresas nacionales.....	37
Tabla 12. Análisis de varianza contenido de humedad para 70% A, 30% B.	39
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de humedad para 70% A, 30% B.....	39
Tabla 14. Análisis de varianza contenido de humedad para 50% A, 50% B.	41
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de humedad para 50% A, 50% B.....	41
Tabla 16. Análisis de varianza contenido de humedad para 30% A, 70% B.	42
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de humedad para 30% A, 70% B.....	42
Tabla 18. Análisis de varianza hinchazón para 70% A, 30% B.....	44
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para la variable hinchazón para 70% A, 30% B.	45
Tabla 20. Análisis de varianza hinchazón para 50% A, 50% B.....	46
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para la variable hinchazón para 50% A, 50% B.	46

Tabla 22. Análisis de varianza hinchazón para 30% A, 70% B.....	47
Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para la variable hinchazón para 30% A, 70% B.	47
Tabla 24. Análisis de varianza absorción de agua 2h para 70% A, 30% B..	49
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para la variable absorción de agua 2h para 70% A, 30% B.....	50
Tabla 26. Análisis de varianza absorción de agua 2h para 50% A, 50% B..	51
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para la variable absorción de agua 2h para 50% A, 50% B.....	51
Tabla 28. Análisis de varianza absorción de agua 2h para 30% A, 70% B..	52
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para la variable absorción de agua 2h para 30% A, 70% B.....	52
Tabla 30. Resultados del ensayo de tensión PUCE, 2015	54
Tabla 31. Resultados generales	55

Índice de figuras

Figura 1. Planta de caña de azúcar (INFOAGRO, 2015).....	5
Figura 2. Partes de la caña de azúcar (UPV, 2015).....	6
Figura 3. Bagazo de caña (Agroindustria Panelera El Valle, 2015)	12
Figura 4. Componentes lignocelulósicos (Pinochet, 2013)	14
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración tableros aglomerados (Elaboración propia),.....	18
Figura 6. Método húmedo (Vásquez Vallejo, 2011)	20
Figura 7. Método seco (Tapia Bastidas, 2007)	21
Figura 8. Contenido de humedad vs 70% Aserrín (A), 30% Bagazo de caña (B).	39
Figura 9. Contenido de humedad vs 50% A, 50% B.	40
Figura 10. Contenido de humedad vs 30% A, 70% B.	42
Figura 11. Resumen general del contenido de humedad.	43
Figura 12. Hinchazón vs 70% A, 30% B.	44
Figura 13. Hinchazón vs 50% A, 50% B.	45
Figura 14. Hinchazón vs 30% A, 70% B.	47
Figura 15. Resumen general de hinchazón	48
Figura 16. Absorción de agua 2h vs 70% A, 30% B.	49
Figura 17. Absorción de agua 2h vs 50% A, 50% B.	50
Figura 18. Absorción de agua 2h vs 30% A, 70% B.	52
Figura 19. Resumen general de absorción de agua 2h.	53

Índice de anexos

Anexo 1. Alimentación de la tova del triturador.....	72
Anexo 2. Trituración del bagazo de caña.....	72
Anexo 3. Bagazo de caña triturado.....	73
Anexo 4. Análisis de contenido de humedad.....	73
Anexo 5. Análisis de hinchazón.....	74
Anexo 6. Análisis de absorción de agua.....	74
Anexo 7. Determinación del peso de las probetas.....	75
Anexo 8. Tabulación de datos.....	75
Anexo 9. Probetas ensayo de tensión.....	76
Anexo 10. Prototipos de tableros aglomerados obtenidos.....	76
Anexo 11. Ensayo de resistencia a la tensión 70% aserrín, 30% bagazo y blanca 77	77
Anexo 12. Ensayo de resistencia a la tensión 50% aserrín, 50% bagazo y blanca 78	78
Anexo 13. Ensayo de resistencia a la tensión 30% aserrín, 70% bagazo y blanca 79	79
Anexo 14. Ensayo de resistencia a la tensión 70% aserrín, 30% bagazo y engrudo..... 80	80
Anexo 15. Ensayo de resistencia a la tensión 50% aserrín, 50% bagazo y engrudo..... 81	81
Anexo 16. Ensayo de resistencia a la tensión 30% aserrín, 70% bagazo y engrudo..... 82	82
Anexo 17. Norma ASTM D1037-92 ensayo de tensión.....	83
Anexo 18. Parámetros de normas utilizadas.....	84
Anexo 19. Compromiso con la Empresa ARBORIENTE S.A.....	85

Capítulo I

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo existen estudios realizados de la elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes residuos industriales como viruta, cascarilla de arroz, cáscara de maní, escamas de pescado entre otras, así como diferentes resinas o pegamentos como cemento y urea formaldehído recomendando la utilización de resinas fenólicas (Contreras, Owen, Garay y Contreras, 1999; Cardona, 2013).

A nivel de Sudamérica se han realizado diferentes tipos de aglomerados como de fibra, astillados y de pulpa empleando cascarilla de arroz y el bagazo resultante de la caña de azúcar, rescatando que estos materiales pueden contribuir una fuente alternativa de materia prima (Alfárez Rivas, 2013).

La producción de caña de azúcar en el Ecuador es de 79.913 Ha con una producción bruta de 5'618.045 t, y un rendimiento promedio de 70,30 t/ha. La Región Amazónica reporta una producción de 8.272 Ha, desglosada de la siguiente forma: Pastaza 4.500 Ha; Zamora Chinchipe 1.800 Ha; Morona Santiago 1.382 Ha; Napo 320 Ha; Sucumbíos 150 Ha y Orellana 120 Ha. (Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2013).

En la provincia de Pastaza se registran alrededor de 70 fábricas mejoradas para la producción de panela de las cuales 13 fábricas son comunitarias y 57 fábricas son familiares, que utilizan el bagazo resultante como combustible o leña, estimando que la caña de azúcar tiene aproximadamente 40 kg/t de melaza y se puede obtener 150 kg/t de bagazo, el mismo que es subutilizado o desechado por los productores (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pastaza, 2014).

En cuanto al aprovechamiento del bagazo de caña existe una experiencia acumulada en la fabricación de paneles de fibras, sus principales aplicaciones se enmarcan para divisiones interiores, puertas interiores, closets, estantes de cocina, revestimiento de paredes y encofrado. Además son ventajosos desde el punto de vista económico ya que tienen un tiempo reducido de ejecución y también se resalta la parte ecológica por la reducción en la emisión de CO₂, debido a la disminución de utilizar cemento (PROCAÑA, 2014).

La fabricación de bloques para mampostería liviana a base de bagazo de caña, es posible debido a que mejora las propiedades físicas y mecánicas de los bloques normales o convencionales, además de abaratar costos de construcción disminuir el impacto negativo al ambiente y el impacto paisajístico (Moreno Mora, 2011).

El desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de tableros aglomerados, ofrece una respuesta a la progresiva necesidad de proporcionar uso a los residuos industriales y aumentar los valores de aprovechamiento de las explotaciones agroforestales, las mismas que representan pérdidas en términos de reducción de áreas de bosques, así como la necesidad de utilizar ramas o los desechos que aparecen durante la explotación y la elaboración de la madera en los aserraderos en forma de astillas y recortes (PROCAÑA, 2014).

La presente investigación se propone aprovechar el bagazo de caña de azúcar en la provincia de Pastaza, que no posee ningún uso industrial; por esta razón, se estudió las alternativas para la fabricación de tableros aglomerados y se dio valor agregado a este residuo, que generará múltiples ventajas para los pequeños, medianos y grandes productores a nivel local, regional y nacional, que ayude al mejoramiento socio económico de las familias campesinas.

El presente trabajo está enmarcado dentro de las líneas de investigación de la Universidad Estatal Amazónica, en la línea número 5 que comprende Desarrollo de Procesos Agroindustriales. Sub línea C: Gestión de procesos de calidad.

a. Objetivos

Objetivo general

Aprovechar el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la fabricación de prototipos de tableros aglomerados en la provincia de Pastaza.

Objetivos Específicos

- Determinar los porcentajes de bagazo de caña y aserrín a utilizar en la elaboración de los prototipos de tableros aglomerados.
- Analizar los parámetros físico-mecánicos de los prototipos de tableros aglomerados con blancola y engrudo.
- Determinar los costos de producción de los prototipos de tableros aglomerados obtenidos.

b. Hipótesis

El prototipo de tablero aglomerado obtenido durante el experimento, mostró parámetros de calidad comparables con marcas existentes en el mercado.

Capítulo II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Botánica de la caña de azúcar según Díaz y Portocarrero (2002)

2.1.1 Nombre científico

(Saccharum officinarum)

2.1.2 Nombre común

Caña de azúcar, conocida con otros nombres como caña de castilla, caña dulce, cañaduz, cañamelar, cañamiel y Sa-kar.

2.1.3 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la caña de azúcar es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Angiospermae

Sub-clase: Monocotyledoneae

Súper Orden: Commelinidae

Orden: Commelinales

Familia: Poaceae

Género: Saccharum

Especie: officinarum L.

2.1.4 Origen de la planta

La caña de azúcar es originaria de Nueva Guinea, Alejandro Magno la llevó de la India hacia Persia, mientras los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, y se extiende por todo el continente africano y a la Europa meridional. A finales del siglo XV Cristóbal Colón la llevó a las islas del Caribe, de ahí en adelante fue introducida en toda América Tropical y Subtropical (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2015).

2.1.5 Descripción de la planta

La caña de azúcar es una monocotiledónea perteneciente a la familia de las gramíneas, está emparentada con el sorgo y el maíz, las partes básicas de la estructura de la planta que determinan su forma son: la raíz, el tallo, las hojas y la flor (AGRIORIENTE, 2015), figura 1.

En la raíz podemos diferenciar dos tipos: las primordiales, delgadas y muy ramificadas que viven hasta tres meses; y las raíces permanentes que nacen de los nuevos tallos de la caña, son numerosas gruesas y de crecimiento rápido, (BOTANICAL, 2015).



Figura 1. Planta de caña de azúcar
Fuente: INFOAGRO, 2015.

La caña de azúcar desarrolla dos tipos de tallos: el subterráneo, denominado rizoma, tallo hipogeo o falso tallo, que es del tipo definido o determinado. El tallo aéreo, es aprovechado para la extracción del azúcar (ECURED, 2015).

Es macizo, cilíndrico (5-6cm de diámetro), alargado (altura de 2-5m) y sin ramificaciones. Considerado el verdadero fruto de aprovechamiento agrícola ya que en los entrenudos de éste se almacena el azúcar (INFOAGRO, 2015), tabla 1.

Tabla 1. Componentes del tallo

<i>Componente</i>	<i>% del tallo</i>
AGUA	73 – 73
SACAROSA	8 – 15
FIBRA	11 – 16

Fuente: Díaz y Portocarrero, 2002.

La hoja es en forma de vaina, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta (Díaz y Portocarrero, 2002), figura 2.

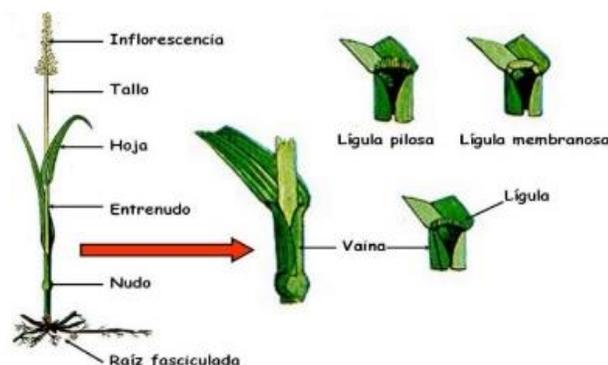


Figura 2. Partes de la caña de azúcar

Fuente: UPV, 2015.

Para que aparezca la inflorescencia es necesario que se den una serie de condiciones de edad, fertilización, fotoperiodo, temperatura y humedad adecuadas. En estas circunstancias, se pasará de un crecimiento vegetativo a uno reproductivo. Los entrenudos se seguirán alargando y finalmente aparecerá la hoja bandera, indicador de la pronta llegada de la inflorescencia (INFOAGRO, 2015).

La inflorescencia es una panícula sedosa en forma de espiga que en sus ejes secundarios presentan pares de espiguillas unidas mediante un pedicelo y con una sola flor, lo que comúnmente se conoce como semilla de la planta es un cariósido o fruto; este es de forma ovalada de 1,5 mm de largo y 0,5 mm de ancho aproximadamente (CENICANA, 2015).

2.1.6 Requerimientos Edafoclimáticos

La caña de azúcar exige un mínimo de temperatura de 25 a 30°C para su periodo de crecimiento y de 18 a 22°C, para su maduración (Palacios Corea y Peña Mercado, 2015).

Los requerimientos hídricos son de 1100 a 1500mm, siempre que la distribución de la luz sea adecuada, se requiere un reparto adecuado de los aportes hídricos a lo largo de todo el período vegetativo. Por otro lado, para estimular la producción y acumulación de carbohidratos, se recomienda disminuir el aporte hídrico un mes antes de la cosecha (CINCAE, 2015).

La caña de azúcar es una planta que necesita y asimila la radiación solar llegando a conseguir una transformación de hasta el 2% de la energía incidente en biomasa, este cultivo requiere de una buena iluminación si se pretenden conseguir óptimos resultados. Es decir a mayor radiación solar, mayor será la eficiencia de la fotosíntesis (INFOAGRO, 2015).

2.2 Importancia económica en el mundo

La caña de azúcar es considerada como uno de los más importantes cultivos para satisfacer las demandas mundiales en bioenergía, por lo que es predecible un crecimiento del cultivo. Actualmente es cultivada por más de 100 países en más de 20 millones de hectáreas en el mundo, en donde se producen 1,300 millones de toneladas de caña, los mayores productores de caña de azúcar son: India con 342,382.000 t, China con 115,123.560 t y Tailandia con 95,950.400 t (INFOAGRO, 2015).

Debido a la excepcional habilidad de la caña de azúcar para producir biomasa, será la materia prima preferida para producción de etanol o generación de energía eléctrica y otros coproductos como: bioplásticos y otros derivados de la sucroquímica. Considerando la importancia económica de la caña de azúcar es necesario que se realicen investigaciones y desarrollo de nuevas tecnologías para apoyar los programas de genética, mejoramiento y producción (INFOAGRO, 2015).

2.3 Caña de azúcar en el Ecuador

La caña de azúcar es considerada uno de los principales cultivos de producción en América Latina, para Ecuador su representación tiene importancia aunque en un grado menor. Los datos del Banco Central, nos informan, que: la producción de la caña de azúcar contribuye con el 1,4% al PIB nacional y genera más de 30.000 empleos directos y 80.000 indirectos sobre todo en la época seca de su cosecha de julio a diciembre (Barcia, 2015).

2.4 Situación Actual

La superficie destinada para la producción de la caña de azúcar fue de 94.835.00 hectáreas en el año 2011, de las cuales se produjeron 8.131.819.00 toneladas métricas y se vendieron 5.957.208.00 toneladas métricas.

Analizando la producción desde el año 2007 hasta el 2011, se puede señalar que el mejor año tanto de producción como en ventas fue el 2008; ya que se produjo 9.341.099,00 t y se vendieron 8.496.482.00 t. Su disminución pudo darse por el cambio climático, escases de mano de obra, altos costos, problemas de cosecha y otros factores de sembríos (INEC, 2011).

Ecuador cuenta con seis empresas principales procesadoras de caña de azúcar que cubren el 90% de la producción Nacional, estas son: San Carlos, Valdez, La Troncal, Isabel María, IANCEM y Monterrey, los dos últimos trabajan en producción durante todo el año por estar ubicadas en la sierra, mientras que las otras solo en épocas del año (INEC, 2013).

La superficie de siembra para la producción de la caña de azúcar se encuentra distribuida porcentualmente en las siguientes provincias: el 72.4% en el Guayas, 19.60% en el Cañar, el 4.20% en el Carchi e Imbabura, el 2.4% en Los Ríos, y el 1.40% en Loja (INEC, 2013).

2.5 Importancia económica en el Ecuador

La caña de azúcar es un producto que forma parte de la canasta básica de los ecuatorianos y es ingrediente fundamental de muchos alimentos elaborados y semi-elaborados de consumo masivo. Adicionalmente, se puede producir alcohol como carburante y proporciona el bagazo para cogeneración. Es una fuente importante de mano de obra en forma directa o indirecta a través de los ingenios azucareros, los cultivadores de caña y las industrias o pequeñas empresas que basan su producción en el azúcar y coproductos, en todas las regiones del Ecuador (CINCAE, 2004).

2.6 Fibras Naturales

Las fibras naturales son estructuras filamentosas complejas extraídas de la naturaleza mediante procedimientos físicos, químicos y mecánicos, de origen

vegetal, animal y mineral, tienen diversas aplicaciones y su aprovechamiento data desde la antigüedad (Simbaña y Pabón, 2006).

Según la FAO (2009), las fibras naturales están avanzando hacia una revolución verde, basadas en la eficacia energética, son un recurso renovable por excelencia, al procesarlas, quedan residuos que pueden ser sub aprovechados en materiales compuestos para la construcción de viviendas y a su vez para generar electricidad, resaltando que éstas al final de su ciclo de vida son 100% biodegradables.

Las fibras naturales presentan una resistencia mecánica muy buena, son de poco peso y de bajo costo lo que las hace llamativas para diversas industrias, pero aun así fueron desplazadas por la aparición de fibras sintéticas como el nylon, acrílico, poliéster y polipropileno (Simbaña y Mera, 2010).

2.6.1 Propiedades de las fibras INGECO TEXTIL, 2010

Las propiedades básicas que caracterizan a las fibras son:

- Alto punto de fusión, aptas para a tratamientos térmicos.
- Elasticidad y suficiente resistencia.
- Tintabilidad, se puede aplicar color de forma permanente.
- Hidrifilidad moderada, confortable al contacto con la piel.

2.6.2 Clasificación de las fibras

Las fibras naturales son de origen vegetal, animal y mineral; las fibras químicas que han sido fabricadas siguiendo un proceso industrial en éste grupo se encuentran las fibras artificiales y las fibras sintéticas (Romero, 2011).

Fibras de origen vegetal: principalmente compuestas por celulosa, resistentes a la mayoría de ácidos orgánicos con múltiples aplicaciones en las industria del papel utilizando el lino y el algodón, para papeles de embalaje se resalta

la utilización de gramíneas; de la fibra de madera y bagazo se obtienen tableros para la construcción aplicando un proceso similar a la elaboración de papel (SEGURIDAD PÚBLICA, 2011).

Fibras de origen animal: generalmente proteicas, se diferencian de las fibras vegetales principalmente porque su sustancia fundamental es la albúmina, que es característica de éste tipo de fibras (SEGURIDAD PÚBLICA, 2011).

Fibras sintéticas: es una fibra textil que se obtiene a partir de síntesis orgánica de diversos productos derivados del petróleo (Mondragon, 2013).

Fibras artificiales: estas fibras no son sintéticas ya que provienen de materiales naturales básicamente de celulosa (Mondragon, 2013).

2.7 Bagazo de caña de azúcar como materia prima

La explotación de la biomasa lignocelulósica, proviene principalmente de la madera que está enmarcada en la fabricación de pulpa y papel, construcción y carpintería sin embargo hay una parte de ésta biomasa (residuos industriales, forestales, agrícolas y urbanos) de la que no se obtiene ningún beneficio sin rescatar que dichos residuos ofrecen interesantes y potenciales aplicaciones como materia prima en general y a la vez son abundantes, renovables y reciclables (Vázquez y Vázquez, 2002).

El interés en la utilización de los residuos lignocelulósicos ha aumentado en los últimos años, debido a que parte de sus constituyentes pueden ser materia prima para generar diversos productos de interés y obtener una amplia gama de productos con valor agregado, éste enfoque sigue prevaleciendo en la actualidad y se prevé que continuará en el futuro (Saval, 2012).

En el país existe una gran cantidad de residuos industriales lignocelulósicos que no son sub-aprovechados, como: bagazo de caña, cascarilla de arroz, coco y raquis de palma africana. Estos materiales pueden constituir una fuente

alternativa de materia prima, que mediante el desarrollo de tecnologías sustentables, generen bienes con valor agregado (Figuroa de la Vega, 2008).

2.8 Bagazo de caña

El bagazo de caña es un residuo fibroso resultante del proceso del molino de la caña de azúcar además de ser utilizado principalmente para la generación de energía en las calderas de los ingenios azucareros (Tapia Bastidas, 2007), figura 3.

Ha sido utilizado históricamente como combustible en la industria azucarera, y aun cuando su valor calórico es relativamente bajo (1 850 kCal/kg), al ser comparado con otros combustibles fósiles tradicionales, constituye un valioso potencial energético, para aquellos países que no tienen disponibilidades significativas de combustible, y a la vez son grandes productores de caña (ICIDCA, 2015).

En la actualidad se buscan esquemas energéticos y de procesos que aseguren la mayor cantidad de bagazo sobrante para la producción de derivados y, sobre todo, en los últimos años, para generar electricidad, que se aporta a la red, sustituyendo fuel-oil y asegurando la venta de créditos de carbono con un material renovable (ICIDCA, 2015).



Figura 3. Bagazo de caña
Fuente: Agroindustria Panelera El Valle, 2015.

Desde el punto de vista físico se distinguen dos características muy importantes en el bagazo de caña, el alto contenido de humedad y gran variedad de tamaños de partículas de diferente naturaleza física, (Alarcón; Glauco; Olivares; Barbosa, 2006). Tabla 2.

Tabla 2. Composición física del bagazo de caña ICIDCA, 2015.

<i>Componente</i>	<i>Porcentaje</i>
Fibra	45%
Sólidos Insolubles	2-3%
Sólidos Solubles	2-3%
Humedad	50%

Fuente: ICIDCA, 2015

El bagazo de caña de azúcar, al ser un residuo lignocelulósico posee los mismos componentes característicos de otras fibras vegetales, pero en diferente proporción. Tabla 3.

Tabla 3. Composición química del bagazo de caña

<i>Análisis</i>	<i>Bagazo entero seco %</i>
Celulosa	51.23
Hemicelulosa	24.11
Lignina	20.67
Cenizas y otros compuestos	3.99
Suma:	100.00

Fuente: SAGARPA, 2015

2.9 Caracterización química de componentes lignocelulósicos

Los materiales lignocelulósicos están formados principalmente por: celulosa, hemicelulosa y lignina; estos materiales también presentan otros compuestos

fenólicos y minoritarios como: solubles en agua o solventes orgánicos, las proteínas y sales minerales, estos últimos considerados como cenizas después de la combustión (Prinsen, 2010), figura 4.

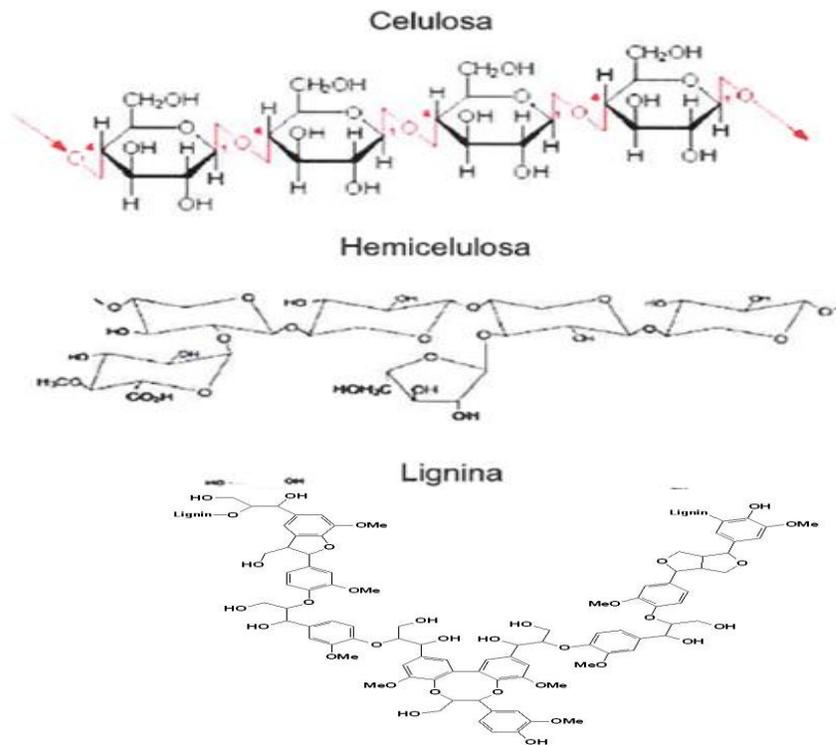


Figura 4. Componentes lignocelulósicos
Fuente: Pinochet, 2013

La composición química de los materiales lignocelulósicos varía de acuerdo con el origen y tipo de la planta. Considerablemente, éstos materiales están compuestos de un 60 y 80% de celulosa y hemicelulosa respectivamente, de 5 a 20% de lignina, de aproximadamente 5% de pectinas y lo restante de otros componentes en mínimas proporciones (Vázquez y Vázquez, 2002).

2.9.1 Celulosa

La celulosa es el componente más simple encontrado en el material lignocelulósico de las plantas, siendo así el mayor constituyente de la materia vegetal (Arboleda, M.; Córdor, B.; Cueva, N.; Góngora, E. 2015).

A nivel mundial anualmente, millones de toneladas de celulosa son consumidas en todas las formas existentes tales como: madera, papel, productos textiles, entre otros (Vázquez y Vázquez, 2002).

2.9.2 Hemicelulosa

Actualmente se conoce con éste término a los polisacáridos de la pared celular con excepción de la celulosa y las pectinas. Las hemicelulosas se diferencian de la celulosa por presentar mayor velocidad de hidrólisis en medio ácido y también por su solubilidad en álcalis, y en lo referente a la lignina, en su resistencia a la oxidación (Mejía Almeida M., 2012).

2.9.3 Lignina

La lignina es uno de los biopolímeros más exuberantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforman la pared celular de las mismas, se forma mediante de la reacción de la fotosíntesis y está considerada como un recurso renovable accesible y de potencial uso industrial (Chávez y Domine, 2013).

2.10 Aprovechamiento de los materiales lignocelulósicos

Los materiales lignocelulósicos a lo largo de la historia, han sido utilizados principalmente para la elaboración de bioetanol, papel, carbón, termoplásticos, entre otros (Álvarez Castillo, García Hernández, Domínguez Domínguez, Granados Baeza, Aguirre Cruz, Carmona García, Morales Cepeda, Herrera Franco, Licea Claverie y Mendoza Martínez, 2012).

Uno de los materiales lignocelulósicos que se produce como desecho y en grandes cantidades es el bagazo de caña, en óptimas condiciones sólo la mitad del bagazo es utilizado el otro 50% no utilizado representa un problema ambiental grave (Solorza, Rendón, Sánchez y Flores, 2013).

PROCAÑA (2014), resalta la fabricación de tableros aglomerados y paneles de fibras, elementos moldeados y otros tipos de paneles, aprovechando los materiales lignocelulósicos, siendo sus principales aplicaciones las siguientes: Panelería ligera, divisiones interiores, closets y estantes de cocina, encofrado y revestimiento de paredes.

2.11 Tableros aglomerados

Los tableros aglomerados o paneles son productos forestales, que se obtienen de la madera mediante un proceso industrial y se presenta en forma de planchas constituidas de chapas, partículas o fibras. La FAO (2015), distingue tres tipos de tableros: los de madera contrachapada o triplay, los de partículas y los de fibras.

La producción de tableros aglomerados en el mundo es aproximadamente de 51641 millones de metros cúbicos, tomando en cuenta que se están sumando esfuerzos para desarrollar productos que sean amigables con el medio ambiente; involucrando el uso de nuevas tecnologías ambientalmente sustentables (Tapia Bastidas, 2007).

Históricamente los tableros aglomerados reflejan la evolución de los cambios realizados por la industria de madera para responder a la demanda de productos, a las fuentes de suministros de materias primas y al aumento de los costos (Peraza ,2014).

La aparición de tableros aglomerados obedece a una filosofía productiva de aprovechamiento de los residuos de madera o de materiales de reciclaje.

Desde la mitad del siglo XIX se encuentra en muchas patentes la idea de crear tableros aglomerados que sustituyeran a la madera sólida y convertir así los restos de la madera en superficies con cierto valor y con propiedades incluso mejoradas respecto a la madera natural (PROCAÑA, 2015).

No obstante, no se disponía de los conocimientos tecnológicos, de procedimientos y medios apropiados, en este caso maquinaria específica y colas de resinas artificiales (CSCAE, 2015).

En 1936 se registró la primera patente por parte del científico alemán Wilhelm Klauditz (el Instituto de Investigación de Alemania especializado en tableros de partículas lleva su nombre), que conseguía fabricar tableros de partículas aglomerados, mediante la mezcla con adhesivos sintéticos prensados en una prensa de platos calientes, que se denominó tablero de partículas, fabricados tradicionalmente a partir de madera de coníferas con cuatro veces más resina que los tableros contrachapados debido a la mayor superficie total de las partículas que lo conforman (CSCAE, 2015).

En Ecuador la producción de tableros potencia la industria de la madera, siete empresas se dedican a su fabricación. La industria de tableros se ha preocupado de generar su propio patrimonio forestal (bosque nativo y plantado) y ha incluido departamentos forestales, ambientales de carácter social y de vinculación a la comunidad en su estructura empresarial (COMAFORMS, 2015).

Las empresas dedicadas a la fabricación de tableros en Ecuador generan plazas de trabajo e impulsan el avance de la industria de la madera en el país. Pese a que el desarrollo de la industria forestal y de madera no ha tenido un desarrollo desigual, la industria de tableros contrachapados ha alcanzado altos niveles tecnológicos y es considerada como un referente en América Latina (COMAFORS, 2015).

2.11.1 Fabricación de tableros aglomerados

La fabricación de tableros aglomerados, es un proceso que permite aprovechar mejor los recursos lignocelulósicos, hacen útil el material que en un principio era considerado como desecho, aplicando propiedades similares a las de la madera. A pesar de que el principal material utilizado para la fabricación comercial de tableros aglomerados es la madera, existen otras alternativas de materia prima que son residuos agrícolas tales como las fibras de bagazo, la paja cereal, kenaf, la raquis de palma de aceite, la cáscara externa de coco, el raquis de banano entre otros, que pueden ser potencialmente utilizados como materia prima con similares o mejores propiedades (Van Dam, E., Van den Oever M., Keijser, E., 2003).

2.11.2 Procesamiento actual de elaboración de tableros aglomerados

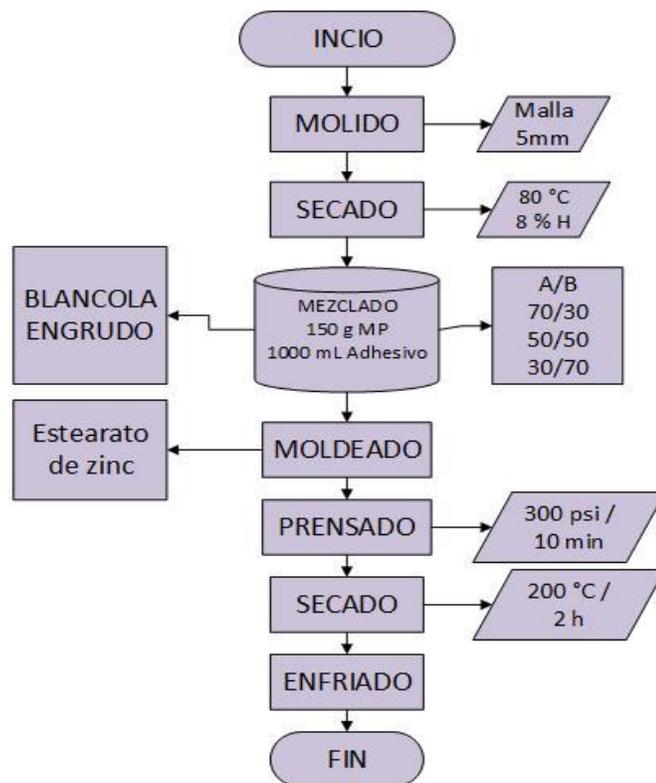


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de tableros aglomerados
Fuente: Elaboración propia.

El proceso comienza con el astillado o desmenuzamiento que consiste en obtener partículas cuya anchura y espesor sean aproximadamente iguales, y cuya longitud sea por lo menos cuatro veces mayor que el espesor en el sentido del hilo de la madera (Vásquez Vallejo, 2011).

Las astillas se almacenan en distintos tipos de depósitos que en su mayor parte están dotados de mecanismos de alimentación y descarga de tipo continuo. El siguiente paso es el desfibrado que consiste en dar a las partículas el tamaño adecuado mediante un proceso de trituración (Andrade, 2009).

El secado se realiza para garantizar que la aglomeración de las partículas sea óptima y sus características de compactación sean las mejores; por lo cual se debe llegar a un contenido de humedad del 3 al 4%. Este procedimiento se realiza en secadores del tipo de suspensión con gases, ya sean gases de combustión, con aire caliente o ambos (CNPMLTA, 2015).

Una vez secas las partículas se clasifican esto se puede realizar antes o después del secado con el objeto de separar el material fino del basto y retirar el polvo; las partículas finas son utilizadas para las capas superficiales que son las que dan el acabado al tablero y el material basto o más grueso se utiliza en las capas internas del tablero, seguidamente se realiza el proceso de encolado (Chan Martín, Araujo Molina, Azueta García y Rodríguez Solís, 2004).

Esta etapa del proceso es cuando se agrega a las partículas el aglutinante junto con los productos que garantizarán la durabilidad del tablero. Las resinas más utilizadas son las de urea-formaldehído y se sabe que del método de mezclado depende la uniformidad de la distribución del adhesivo; por lo cual actualmente se utiliza el procedimiento de mezclado por rociado de los adhesivos simultáneamente con la agitación de las partículas (Andrade, 2009).

Una vez encolado el material se coloca en los moldes y se realiza el prensado que consiste en aplicarle una gran presión al colchón a cierto tiempo y temperatura, para que todos los componentes del tablero se adhieran y obtengan la densidad deseada, una vez prensado el material se remueve del molde (Vásquez Vallejo, 2011).

Seguidamente se realiza el acondicionado es decir que se le da las medidas necesarias al tablero y se procede a almacenarlo para que posteriormente sea comercializado (Benítez, 2013).

2.11.3 Métodos para la elaboración de tableros aglomerados

2.11.3.1 Método húmedo

Comienza con convertir la materia prima en fibras; el medio de distribución y transporte se da por aplicación de agua en abundancia, promoviendo la formación de un enlace natural entre los residuos lignocelulósicos y el agua, llamados enlaces de hidrógeno, estos enlaces se presentan cuando las superficies que se requieren unir se disponen lo suficientemente cerca para que las fuerzas de atracción superficial puedan extenderse a lo largo de éstas superficies (Vásquez Vallejo, 2011), figura 6.

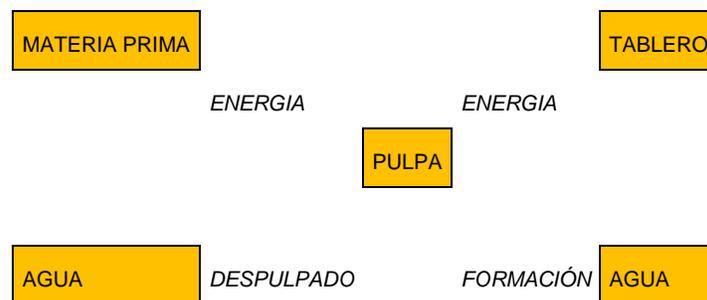


Figura 6. Método húmedo
Fuente: Vásquez Vallejo, 2011.

El método húmedo tiene la desventaja de necesitar abundante cantidad de agua, arriba de 100ton/ton de producto terminado. El tratamiento, recuperación y disposición final de ésta agua se convierte en un gran problema (Vásquez Vallejo, 2011).

2.11.3.2 Método seco

En éste método el aire es el medio de transporte y distribución de las fibras, pero al no haber la presencia de agua no se generan los enlaces naturalmente, por lo que la adición de agentes adhesivos es imprescindible (Tapia Bastidas, 2007), figura 7.



Figura 7. Método seco
Fuente: Tapia Bastidas, 2007.

En el proceso de laminación se requiere el trabajo con altas temperaturas y presión para promover enlaces fuertes de adhesión y densificación apropiada (Tapia Bastidas, 2007).

2.12 Adhesivos utilizados en la fabricación de tableros aglomerados

En la industria de los tableros aglomerados se ha utilizado históricamente adhesivos a partir de formaldehído tales como urea – formaldehido, fenol – formaldehido y melanina – formaldehido. Han sido utilizados principalmente por las propiedades químicas que poseen y por incrementar las propiedades físico – mecánicas de los mismos (Domínguez Ortiz y Londoño Zuluaga, 2014).

2.12.1 Tipos de adhesivos para tableros aglomerados según Quevedo (2015).

Las características de los polímeros son importantes en el proceso de los enlaces para el funcionamiento final del material consolidado. Algunos aspectos que deben tomarse en cuenta para la efectividad de los polímeros son el uso, la clase, el tamaño y el tipo, los más conocidos son:

- Homopolímeros (de un componente)
- Copolímeros (de dos o más componentes poliméricos)
- De enlaces Reticulados (termo estables)
- De enlaces No-Reticulados (termoplásticos)

Unos de los adhesivos altamente utilizados es la blancola en términos comerciales conocido como BIOPLAST fabricado por la empresa ecuatoriana ADHEPLAST S.A que ha sido elaborado para usos como base de pintura de interiores, muy utilizado en mezcla con albalux, cajas de cartón para embalaje, para uniones de madera, tela, papel, cartulina y papel tapiz (Eras Agila, 2014).

2.12.1.1 Auto-adhesivos

Las fuerzas que trabajan contra una buena auto-adherencia son la aspereza de la superficie y la carencia de movilidad de los componentes de la madera. Para la buena adherencia, las dos superficies tienen que ser puestas en contacto a nivel molecular (Quevedo, 2015).

2.12.1.2 Adhesivos epóxidos

Son grandemente utilizados debido a su buena resistencia ambiental y la capacidad de enlazar a una variedad amplia de superficies, incluyendo la madera, plásticos, metales, cerámica, y concreto. Son muy costosos en comparación de otros adhesivos utilizados en madera y en algunos casos su durabilidad es muy limitada (Quevedo, 2015).

2.12.1.3 Adhesivos orgánicos

En su mayoría los adhesivos orgánicos, son generados a base de proteínas, antiguamente los productos de madera consolidada fueron hechos usando los pegamentos naturales de la proteína, dichos enlaces eran durables solamente a niveles de baja humedad; el adelanto más grande en el desarrollo de los adhesivos naturales, son los de la harina de la soja que permitieron que el chapado interior se convirtiera en un reemplazo rentable de la madera sólida; varias composiciones naturales que forman adhesivos son: Engrudos, Colas de proteínas, Adhesivos de Tanino y Adhesivos de lignina (Quevedo, 2015).

2.13 Relación beneficio – costo

La relación beneficio – costo es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto es decir los ingresos entre el valor actualizado de los costos que se expresa como egresos, a una tasa igual a la tasa de rendimiento mínima aceptable, (TREMA), a menudo también conocida como tasa de actualización o tasa de evaluación (AGROPROYECTOS, 2015).

2.13.1 Costos de producción

Los costos de producción también llamados costos de operación son los gastos necesarios para mantener un proyecto, la línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una empresa estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto. El costo de producción tiene dos características opuestas, la primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo; la segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminar los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente (FAO, 2015).

2.13.1.1 Costos variables o directos

Los costos variables son los que incurre la empresa y guardan dependencia importante con los volúmenes de fabricación (FAO, 2015).

2.13.1.2 Costos fijos

Los costos fijos son aquellos en los que incurre la empresa y que el corto plazo o para ciertos niveles de producción, no dependen del volumen de producto. El costo total es la suma del costo fijo total con el costo variable total, consta del producto entre el costo variable unitario y la cantidad que se ha elaborado (FAO, 2015), tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de costos fijos y costos variables

<i>N°</i>	<i>Detalle</i>	<i>C.F</i>	<i>C.V</i>
1	Materia Prima Directa		*
2	Materiales e Insumos Directos		*
3	Mano de Obra Directa		*
4	Materiales Indirectos		*
5	Mano de Obra Indirecta	*	
6	Gasto Indirecto de Fabricación	*	
7	Gastos de Administración	*	
8	Impuestos o Patentes	*	
9	Gastos de Comercialización	*	*
10	Depreciación	*	*
11	Amortización Inversión Directa	*	
12	Costo financiero	*	

Fuente: FAO, 2015

Capítulo III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y duración del experimento

La presente investigación se realizó, en la Empresa ARBORIENTE S.A, ubicada en la Av. Ceslao Marín s/n Puyo, Pastaza.

Los análisis correspondientes se realizaron en el Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en el Km 2½ vía Napo (Paso lateral), Puyo, Pastaza y en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, ubicada en la Av Veintimilla. Y Av. 12 de octubre, Quito, Pichincha.

La investigación tuvo una duración aproximada de ocho meses los cuales se distribuyeron en el trabajo de campo y laboratorio, obtención de datos y su tabulación.

3.2 Condiciones Meteorológicas

Temperatura media anual:	25 ⁰ C
Precipitación media anual:	4321.8 mm
Humedad relativa media anual:	87.83 %

Fuente: (GADPPz, 2013).

3.3 Materiales y Equipos

El material base de esta investigación fue el bagazo de caña, y proporcionado por la panelera “El Valle” ubicada en el Km 5 ½ Vía Tarqui – Madre Tierra, en la provincia de Pastaza, el material húmedo - seco lo que facilitó su preparación previo a la molienda.

El aserrín fue proporcionado por el aserradero “Reyes” ubicado en la Av. La Unidad, parroquia Shell, provincia de Pastaza.

Los adhesivos usados se describen a continuación:

Blancola: es una emulsión homopolímero desarrollada con alcoholes polivinílicos y materias primas de alta calidad para uso de trabajos de carpintería, ebanistería, mueblería, enchapados, aglomerados y todo tipo de trabajo en madera, la cual se consiguió en una ferretería de la ciudad del Puyo y se mezcló con agua (50%), para ser utilizada.

Engrudo: es una mezcla sencilla de harina y agua, además de contener quimoside (veneno para polilla 0,37%) y catalizador (sulfato de amonio al 2%) que acelera el proceso de secado, dicho engrudo fue proporcionado por la empresa ARBORIENTE S.A. ubicada en la Av. Ceslao Marín s/n Puyo, Pastaza.

3.3.1 Equipos

- Desintegrador – triturador de cuchillas modelo JF 10-D, N° serie AHBB1645, con malla de 5 mm, donde se realizó la molienda del bagazo de caña.
- Horno marca MABE Se empleó para el proceso de secado del material aglomerado.
- Estufa con ventilación marca Memmert, modelo SN 55, que se utilizó para realizar diferentes pruebas que dictan las normas técnicas.
- Balanza analítica 22 ADAM con aproximación al 0.01 g se empleó para pesar las cantidades de bagazo de caña y aserrín a usar, además de ser utilizada para realizar las pruebas de contenido de humedad.
- Prensa hidráulica se utilizó para el proceso de compresión de los tableros aglomerados.
- Cámara (SONY) empleada para obtener las fotografías correspondientes.
- Computador portátil (SONY), dónde se registraron los datos obtenidos.

3.3.2 Utensilios e insumos

- Moldes de hierro de 350 mm x 300 mm sin fondo, con dos tapas removibles del mismo material que fueron colocadas por la parte superior e inferior, se emplearon en el proceso de compresión del material previo al proceso de prensado.
- Tina se necesitó para realizar la mezcla de la materia prima con el adhesivo usado.
- Recipientes para pruebas de humectación se emplearon para realizar las pruebas de hinchazón y absorción de humedad.
- Calibrador manual que se utilizó en la medición de los tableros aglomerados obtenidos.
- Agua Destilada.

3.4 Factores de estudio

Los factores de estudio considerados fueron la cantidad de bagazo de caña y aserrín con que se trabajó.

3.5 Diseño Experimental

El diseño experimental que se aplicó fue un DCA (Diseño Completamente al Azar) con seis tratamientos, cinco repeticiones, treinta unidades experimentales, utilizando dos tipos de adhesivo (Bernal, 2006), tabla 5.

Tabla 5. Detalle de tratamientos

<i>N°</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Detalle</i>
1	A ₁ B ₁ B ₁	Aserrín 70%, Bagazo 30%, Blancola
2	A ₂ B ₂ B ₂	Aserrín 50%, Bagazo 50%, Blancola
3	A ₃ B ₃ E ₃	Aserrín 30%, Bagazo 70%, Blancola
4	A ₁ B ₁ E ₁	Aserrín 70%, Bagazo 30%, Engrudo
5	A ₂ B ₂ E ₂	Aserrín 50%, Bagazo 50%, Engrudo
6	A ₃ B ₃ E ₃	Aserrín 30%, Bagazo 70%, Engrudo

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la cantidad de masa que se utilizó para fabricar los tableros aglomerados, se tomó como referencia la investigación de Mejía (2012), en su trabajo “Elaboración de tableros aglomerados auto-adheridos a partir de raquis de palma africana”; para ello se utilizaron 150 gramos de fibra, en base a las dimensiones del molde utilizado y se realizó el cálculo correspondiente para cumplir con el diseño experimental suscitado, además se realizaron pruebas preliminares dónde se estableció que el volumen de adhesivo, la temperatura y el tiempo de elaboración de los tableros aglomerados, tabla 6 y tabla 7.

Tabla 6. Parámetros para elaboración de tableros aglomerados

<i>N°</i>	<i>Trat.</i>	<i>Adhesivo</i>	<i>Presión/Tiempo</i>	<i>Temp./Tiempo secado</i>
1	A1B1B1	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
2	A2B2B2	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
3	A3B3B3	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
4	A1B1E1	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
5	A2B2E2	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
6	A3B3E3	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Análisis de varianza (ADEVA)

Tabla 7. Análisis de varianza A.D.E.V.A

<i>Fuentes de variación</i>	<i>G.L.</i>
Total de Unidades Experimentales	30
Tratamientos	6
ERROR EXP	24

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Pruebas de significancia

Se aplicó la prueba de Tukey al 5% para las variables en estudio y el cálculo del coeficiente de variación, expresado en porcentaje.

Para este proceso se utilizó el programa InfoStat-Statistical 2013 versión libre, para todos los análisis estadísticos descritos anteriormente.

3.6 Variables

Las presentes variables fueron evaluadas para determinar la calidad de los tableros aglomerados.

- Contenido de humedad
- Hinchazón
- Absorción de agua
- Resistencia a la tensión

3.6.1 Evaluación de las propiedades físico - mecánicas

El efecto que cada variable tuvo sobre la calidad del tablero aglomerado fue evaluado en base a las propiedades físicas y mecánicas de las muestras obtenidas, para ello se desarrolló el análisis del contenido de humedad, hinchazón y absorción de agua, prescritos en las Normas Técnicas Ecuatorianas, pero ya que éstas no especifican los porcentajes mínimos y máximos en relación a cada ensayo, se los evaluó en base a las normas internacionales UNE-EN 322:1994, UNE-EN 317:1994, COVENIN 847-91 y se realizaron ensayos estandarizados de resistencia a la tensión, prescritas en la norma ASTM D 1037-12, adicionalmente se determinó el esfuerzo máximo de tensión y la carga máxima que resisten los aglomerados, además se los comparó con los tableros aglomerados de la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A ACOSA (2015).

3.6.1.1 Contenido de humedad

Ésta variable se la llevó a cabo en el Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), en base a la norma técnica ecuatoriana INEN 896:2005 y se evaluó de acuerdo a los estándares de la norma internacional UNE-EN 322:1994. El contenido de humedad, se evaluó en períodos de 2 horas y 24 horas de inmersión. Para ello, se cortaron probetas de 50 mm², se

midió inmediatamente su masa con una aproximación a 0,01g, posteriormente se introdujo en la estufa donde se mantuvo a 103 ± 2 °C, hasta que se alcanzó la masa constante que se comprobó pesándola periódicamente, hasta que las dos masas consecutivas no difieran, la diferencia no fue más del 1%, el porcentaje del contenido de humedad CH, de cada probeta, se calcula lo más aproximado a 0,1%, con la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100$$

m_0 : masa de la probeta antes del secado, en gramos;

m_1 : masa de la probeta después del secado, en gramos.

3.6.1.2 Hinchazón y absorción de agua

El análisis de éstas variables también se realizaron en el laboratorio de química de la UEA, en base a la NTE INEN 899:1983 y fueron evaluadas de acuerdo a la norma internacional UNE-317:1994 para la hinchazón y COVENIN 847-91 para la absorción de agua.

Para la hinchazón las probetas fueron de forma cuadrada de 100 mm de lado, se pesaron con una aproximación a 0,1 g y se midió su espesor, su longitud y su ancho.

A continuación se sumergieron las probetas en un recipiente que contenía agua destilada a una temperatura de 20 ± 1 °C; se mantuvieron sumergidas durante dos horas, haciéndolas girar alrededor de su eje horizontal al cabo de la primera hora. Al principio de cada ensayo se comprobó el pH del agua que sea de 6 ± 1 , corrigiéndose en caso contrario. Por último se volvió a pesar y se midió su espesor, su longitud y su ancho, del mismo modo que antes de la sumersión.

La hinchazón se calculó por diferencia del volumen con la fórmula siguiente:

$$H = \frac{v_1 - v_0}{v_0} \times 100$$

H: hinchazón en porcentaje

V1: volumen después de la sumersión en cm³

V0: volumen antes de la sumersión en cm³

La absorción de agua se calculó con la siguiente fórmula:

$$Aa = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100$$

Aa: absorción de agua en porcentaje.

P1: peso de la probeta después de la sumersión en gramos.

P0: peso de la probeta antes de la sumersión en gramos.

3.6.1.3 Resistencia a la Tensión

El ensayo de resistencia a la tensión del tablero se realizó en el laboratorio de materiales de construcción de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), en una máquina universal, en base a la norma internacional ASTM 1037-12, previa calibración se ingresa los datos correspondientes en la máquina y se somete a esfuerzo de tracción creciente hasta que se produzca la ruptura de la probeta; adicionalmente se evaluó el módulo de elasticidad que es el cambio de forma que experimenta un cuerpo cuando es sometido a tracción, es decir, cuál es su capacidad máxima de estiramiento hasta la ruptura y también se determinó la carga máxima que mide la resistencia del material.

3.7 Manejo del experimento

3.7.1 Registro y tabulación de datos

Los datos que se obtuvieron de la evaluación de las diferentes variables (tensión, elasticidad a la ruptura, contenido de humedad hinchazón y absorción de agua) se registraron en una libreta de campo y se tabularon durante la redacción del informe final.

3.7.2 Procedimiento de elaboración de tableros aglomerados

Se inició con la recolección del bagazo de caña y aserrín los cuales se encontraron en condición húmeda – seca, lo que facilitó el proceso de secado.

El siguiente paso fue la molienda, para lo cual se introdujo el bagazo de caña en la tolva de alimentación del desintegrador, con malla de 5 mm de diámetro, por otro lado dadas las características de homogeneidad del aserrín, se omitió el paso de molienda una vez molido el material fue secado primeramente al ambiente y después en un secadero con ventilación a 80°C hasta obtener una humedad del 8%, posteriormente se realizó el mezclado.

Seguidamente se logró el mezclado para ello se utilizó 1000 gr de adhesivo que se obtuvo de las pruebas preliminares realizadas y 150 gr de fibra respetando el diseño experimental presentado, éste proceso se lo realizó en una batidora mecánica, después la mezcla fue colocada en un molde de hierro de 350 mm x 300 mm sin fondo, con dos tapas removibles del mismo material que fueron colocadas por la parte superior e inferior, cubiertas con una capa de estearato de zinc, para prevenir que las fibras se peguen en las tapas durante el secado.

Una vez listo el molde fue prensado a 300 psi durante 10 minutos, en el lapso de este tiempo se colocaron cuatro prensas de mano en cada esquina del

molde, con el objetivo de compensar el prensado que se pierde durante el secado del material.

El molde con las prensas fue colocado en el horno a 200 °C durante 2 horas, después fue retirado para una vez frío proceder a sacar el tablero aglomerado, el mismo que fue acondicionado para obtener el producto final.

3.8 Análisis Económico

Un tablero de 35 cm x 30 cm x 0,6 cm elaborado con aserrín, bagazo de caña y blancola tiene un costo de 2,454 dólares, más el costo de operación 1,20 dólares nos da 3,654 dólares, tabla 8 y tabla 10.

Un m²: 9 aglomerados de 30 cm x 35 cm x 0,6 cm multiplicado por 3,654 nos da 32,886 dólares.

Por lo tanto un aglomerado de 1 m² a base de aserrín, bagazo de caña y blancola tiene un costo de 32,886 dólares.

Tabla 8. Costos de producción de tablero aglomerado con blancola

<i>Materiales</i>	<i>Unidad</i>	<i>Total</i>
Aserrín	150 g	\$ 0,002
Bagazo de caña	150 g	\$ 0,002
Blancola	500 g	\$ 1,200
Mano de obra	1 h	\$ 1,25
TOTAL		\$ 2,454

Fuente: Elaboración propia

Un tablero de 30 cm x 35 cm x 0,6 cm elaborado con aserrín, bagazo de caña y engrudo tiene un costo de 3,37 dólares más el costo de operación 1,20 dólares nos da 4,57 dólares, tabla 9 y tabla 10.

Un m²: 9 aglomerados de 35 cm x 30 cm x 0,6 cm multiplicado por 4,57 nos da 41,13 dólares.

Por lo tanto un aglomerado de 1 m² a base de aserrín, bagazo de caña y engrudo tiene un costo de 41,13 dólares.

Tabla 9. Costos de producción de tablero aglomerado de engrudo

<i>Materiales</i>	<i>Unidad</i>	<i>Total</i>
Aserrín	150 gr	\$0,002
Bagazo de caña	150 gr	\$0,002
Engrudo	1000 gr	\$2,116
Mano de obra	1 h	\$1,25
TOTAL		\$3,37

Fuente: Elaboración propia

Los costos de operación se calcularon en base al alquiler por hora de la maquinaria utilizada para cada uno de los procesos realizados, tabla 10.

Tabla 10. Costos de operación de la elaboración de tableros aglomerados

<i>N°</i>	<i>Operación</i>	<i>Costo de Alquiler/H</i>
1	Molino	\$0,30
2	Mezcladora	\$0,20
3	Prensa	\$0,30
4	Secador	\$0,20
5	Servicios básicos	\$0,20
	TOTAL	\$1,20

Fuente: Elaboración propia

El tablero aglomerado fabricado con bagazo de caña, en base a las características físico – mecánicas y al precio obtenido, está dentro de los parámetros de calidad establecidos por las empresas nacionales, tabla 11.

Tabla 11. Calidad y costo del tablero de bagazo de caña vs empresas nacionales

<i>Tableros Aglomerados</i>	<i>CH</i>	<i>H</i>	<i>Aa</i>	<i>E.M.T</i>	<i>Precio</i>
A2B2E2	9,36%	15,17%	22,34%	9,7 MPa	\$41,13 m2
AGLOMERADOS COTOPAXI S.A	5-11%	Máx. 20%	25-35%	> ó 0,4 MPa	\$48,00 m2
NOVOPAN DEL ECUADOR S.A	5-11%	Máx. 20%	25-35%	> ó 0,4 MPa	\$48,00 m2

CH: contenido de humedad H: hinchazón Aa: absorción de agua E.M.T: esfuerzo máximo de tensión

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

4. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Con las variables de estudio definidas y con el diseño experimental suscitado, se elaboraron 30 tableros, los cuales correspondieron a las medidas de 350 mm x 300 mm x 6 mm. Previo a la obtención de los tableros aglomerados se evaluaron las variables correspondientes: contenido de humedad, hinchazón, absorción de agua, resistencia a la tensión y elasticidad a la ruptura.

4.1 Contenido de humedad

Ésta variable fue analizada para determinar en qué porcentaje de humedad se encuentran las muestras obtenidas.

El menor porcentaje presenta el tratamiento A1B1E1 con 8,88% de contenido de humedad, correspondiente a 70% aserrín, 30% bagazo de caña, engrudo y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A1B1B1 con 12,76% de contenido de humedad, correspondiente a 70% aserrín, 30% bagazo de caña y blancola, figura 8.

Además se aprecia que el porcentaje del tratamiento A1B1E1 se encuentra debajo de 11,00% de contenido de humedad que corresponde al tratamiento patrón y el tratamiento A1B1B1 se encuentra sobrepasando éste valor.

En el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% se determinó un 0,76% de coeficiente de varianza lo que determinó que sí hay diferencia significativa entre los dos tratamientos, tabla 12 y tabla 13.

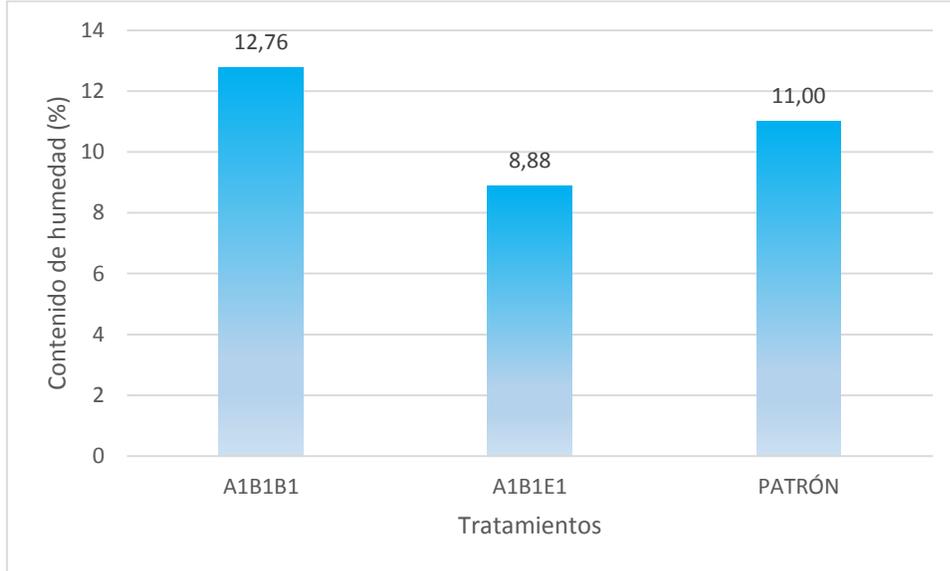


Figura 8. Contenido de humedad vs 70% Aserrín (A), 30% Bagazo de caña (B).
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Análisis de varianza contenido de humedad para 70% A, 30% B.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio cuadrados	F	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	45,2408333	1	45,2408333	6738,95233	4,96460274
ERROR EXP.	0,06713333	10	0,00671333		
TOTAL	45,3079667	11			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 0,76%

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de humedad para 70% A, 30% B.

Grupos	Suma	Promedio	Varianza
A1B1B1T	76,56	12,76	0,0114
A1B1E1T	53,26	8,87666667	0,00202667

Fuente: Elaboración propia

El menor porcentaje representa el tratamiento A2B2E2 con 9,36% de contenido de humedad, correspondiente a 50% aserrín, 50% bagazo de caña, engrudo y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A2B2B2 con 11,61% de contenido de humedad, correspondiente a 50% aserrín, 50% bagazo de caña y blanca, figura 9.

Además se observa que el tratamiento A2B2E2 se encuentra por debajo de 11,00% de contenido de humedad, valor establecido por el tratamiento patrón y el tratamiento A2B2B2 sobrepasa éste valor.

De acuerdo al análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% se determinó el coeficiente de varianza que correspondió a 0,42% lo que determinó que sí hay diferencia significativa, tabla 14 y 15.

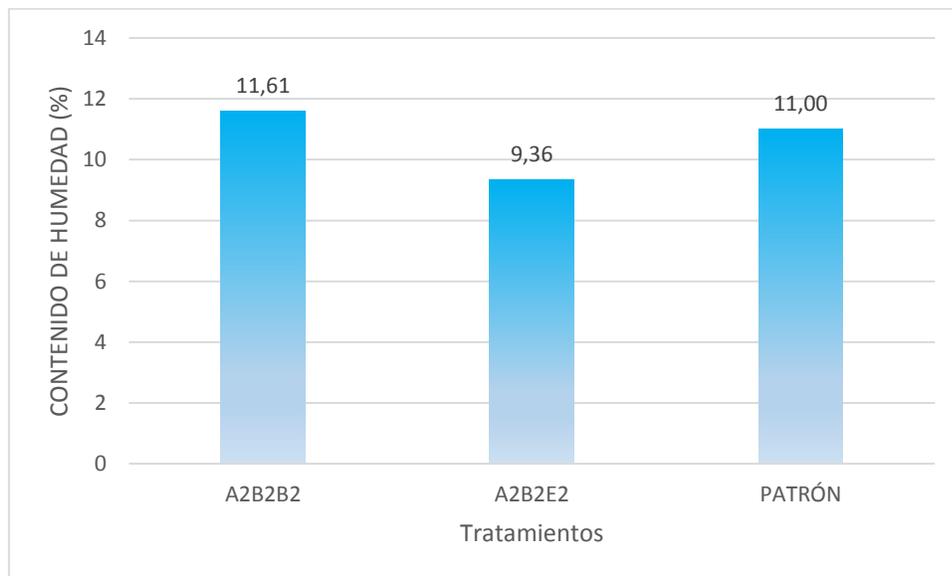


Figura 9. Contenido de humedad vs 50% A, 50% B.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Análisis de varianza contenido de humedad para 50% A, 50% B.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
TRATAMIENTOS	15,1425333	1	15,1425333	7832,34483	4,96460274
ERROR EXP.	0,01933333	10	0,00193333		
TOTAL	15,1618667	11			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 0,42%

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de humedad para 50% A, 50% B.

<i>Grupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A2B2B2T	69,66	11,61	0,0034
A2B2E2T	56,18	9,36333333	0,00046667

Fuente: Elaboración propia

El menor representa el tratamiento A3B3B3 con 11,10% de contenido de humedad, correspondiente a 30% aserrín, 70% bagazo de caña, blancola y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A2B2B2 con 13,46% de contenido de humedad que corresponde a 50% aserrín, 50% bagazo de caña y engrudo, figura 10.

Además se observa que ambos tratamientos A3B3B3 y A3B3E3 se encuentran por encima del valor establecido por el tratamiento patrón 11,00% de contenido de humedad.

El análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% determinaron el coeficiente de varianza que es 0,28% lo que determinó que sí hay diferencia significativa, tabla 16 y 17.

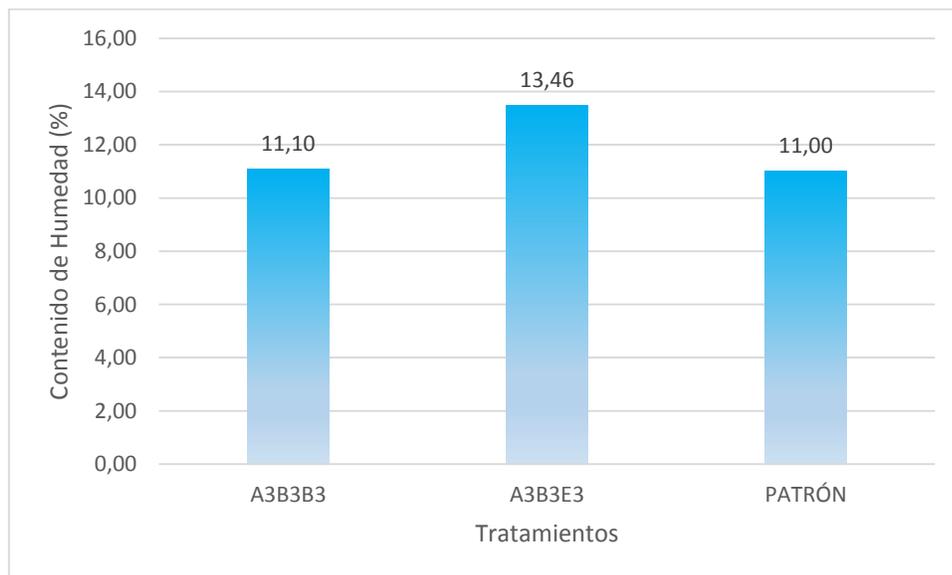


Figura 10. Contenido de humedad vs 30% A, 70% B.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Análisis de varianza contenido de humedad para 30% A, 70% B.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio cuadrados	F	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	16,6616333	1	16,6616333	13962,2626	4,96460274
ERROR EXP.	0,01193333	10	0,00119333		
TOTAL	16,6735667	11			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 0,28%

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para la variable contenido de humedad para 30% A, 70% B.

Grupos	Suma	Promedio	Varianza
A3B3B3T	66,62	11,1033333	0,00126667
A3B3E3T	80,76	13,46	0,00112

Fuente: Elaboración propia

En el resumen general de los tratamientos en cuanto a ésta variable, se determinó que los dos tratamientos que se encuentran debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 11,00% de contenido de humedad, son A1B1E1 con 8,88% de contenido de humedad y A2B2E2 con 9,36% de contenido de humedad, los dos tratamientos corresponden al uso de aglutinante engrudo, figura 11.

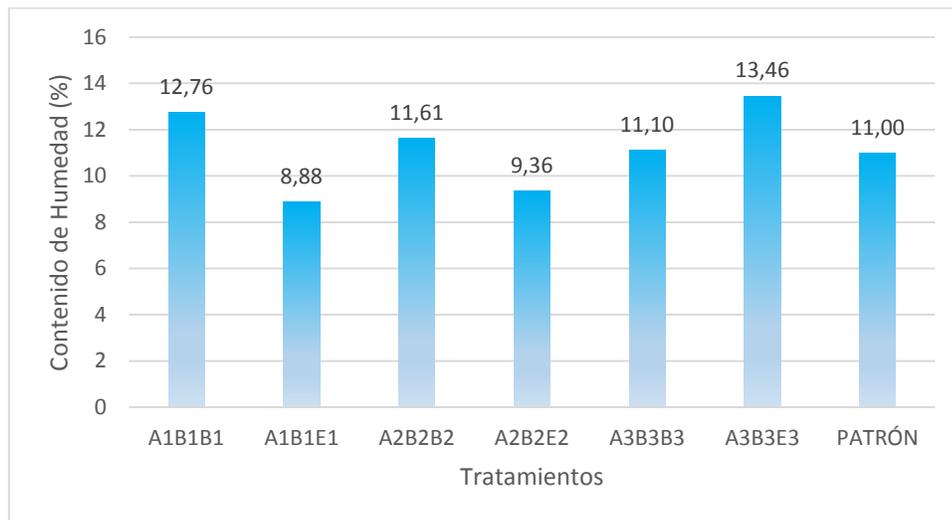


Figura 11. Resumen general del contenido de humedad.
Fuente: Elaboración propia

4.2 Hinchazón

La presente variable fue analizada para determinar la hinchazón que se va produciendo en los tableros al ser sumergidos en agua por un período de tiempo, cabe resaltar que a menor hinchazón existirá una mejor calidad del tablero.

El menor porcentaje representa el tratamiento A1B1B1 con 4,50% de hinchazón, correspondiente a 70% aserrín, 30% bagazo de caña, blancola y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A1B1E1 con 7,33% de hinchazón, correspondiente a 70% aserrín, 30% bagazo de caña y engrudo, figura 12.

Además se observa que los dos tratamientos A1B1B1 y A1B1E1 se encuentran por debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 20,8% de hinchazón.

En el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% se determinó un 1,59% de coeficiente de varianza lo que determinó que sí hay diferencia significativa, tabla 18 y 19.



Figura 12. Hinchazón vs 70% A, 30% B.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Análisis de varianza hinchazón para 70% A, 30% B.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio cuadrados	F	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	21,40369	1	21,40369	2470,13156	5,31765507
ERROR EXP.	0,06932	8	0,008665		
TOTAL	21,47301	9			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 1,59%

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para la variable hinchazón para 70% A, 30% B.

<i>Grupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A1B1B1T	22	4,4	0,01585
A2B2E2T	36,63	7,326	0,00148

Fuente: Elaboración propia

El menor porcentaje de hinchazón presenta el tratamiento A2B2B2 con 8,82% de hinchazón, correspondiente a 50% aserrín, 50% bagazo de caña, blanca y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A2B2E2 con 15,17% de hinchazón, que corresponde a 50% aserrín, 50% bagazo de caña y engrudo, figura 13.

Además se observa que ambos tratamientos A2B2B2 y A2B2E2 se encuentran por debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 20,8% de hinchazón.

En el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% se calculó un 0,28% de coeficiente de varianza lo que determinó que sí hay diferencia significativa. Tabla 20 y 21.

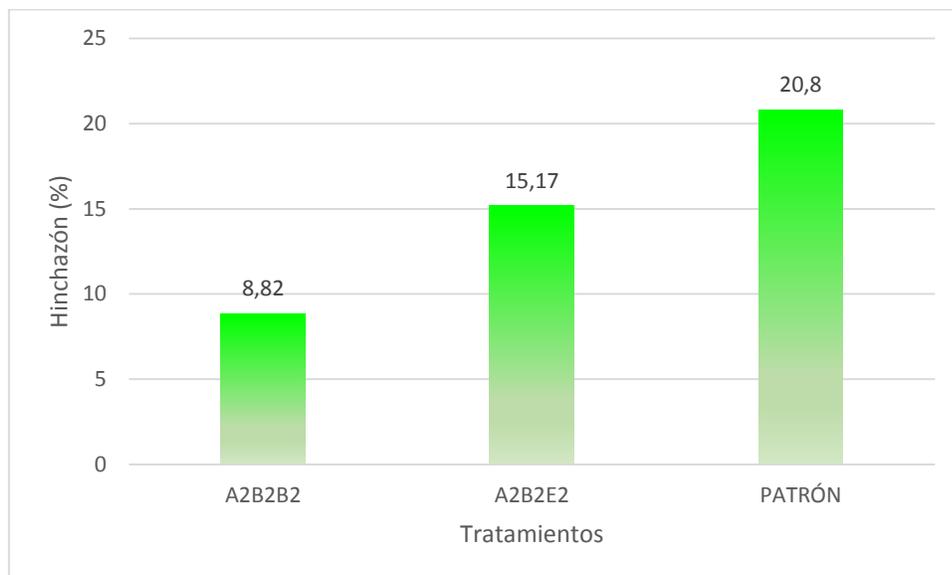


Figura 13. Hinchazón vs 50% A, 50% B.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Análisis de varianza hinchazón para 50% A, 50% B.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
TRATAMIENTOS	100,86976	1	100,86976	88872,0352	5,31765507
ERROR EXP.	0,00908	8	0,001135		
TOTAL	100,87884	9			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 0,28%

Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para la variable hinchazón para 50% A, 50% B.

<i>Grupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A2B2B2T	44,09	8,818	0,00132
A2B2E2T	75,85	15,17	0,00095

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento A3B3B3 con 4,73% de hinchazón, correspondiente a 30% aserrín, 70% bagazo de caña, blancola posee el menor porcentaje en cuanto a ésta variable y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A3B3E3 con 8,79% de hinchazón, correspondiente a 30% aserrín, 70% bagazo de caña y engrudo, figura 14.

Además se observa que los dos tratamientos A3B3B3 y A3B3E3 se encuentran por debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 20,8% de hinchazón.

Con respecto al análisis de varianza y a la prueba de Tukey al 5% se calculó un 0,39% de coeficiente de varianza, lo que determina que sí hay diferencia significativa. Tabla 22 y 23.

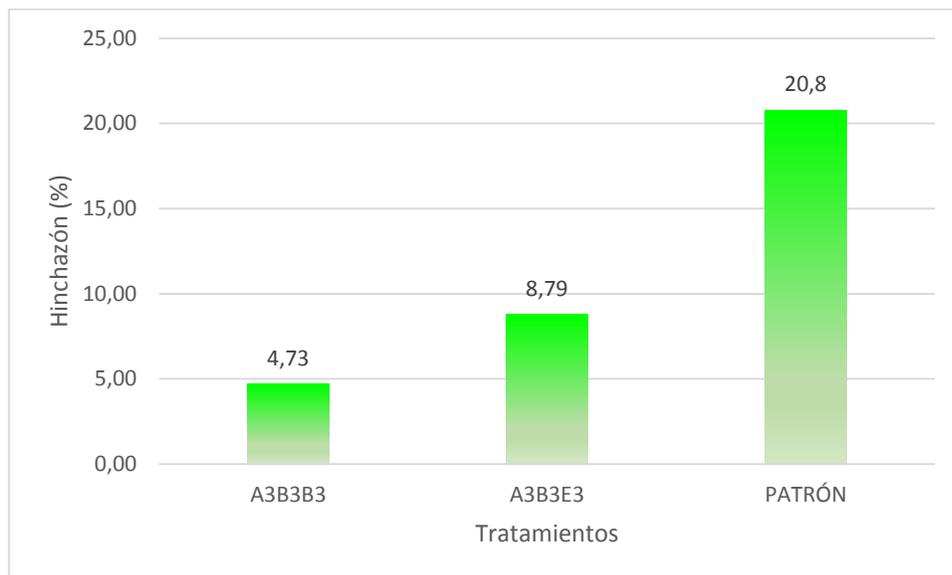


Figura 14. Hinchazón vs 30% A, 70% B.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Análisis de varianza hinchazón para 30% A, 70% B.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio cuadrados	F	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	41,37156	1	41,37156	58683,0638	5,31765507
ERROR EXP.	0,00564	8	0,000705		
TOTAL	41,3772	9			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 0,39%

Tabla 23. Prueba de Tukey al 5% para la variable hinchazón para 30% A, 70% B.

Grupos	Suma	Promedio	Varianza
A3B3B3T	23,63	4,726	0,00108
A3B3E3T	43,97	8,794	0,00033

Fuente: Elaboración propia

En el resumen general de los tratamientos en cuanto a la variable hinchazón; se determinó que todos los tratamientos se encuentran debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 20,8% de hinchazón, figura 15.

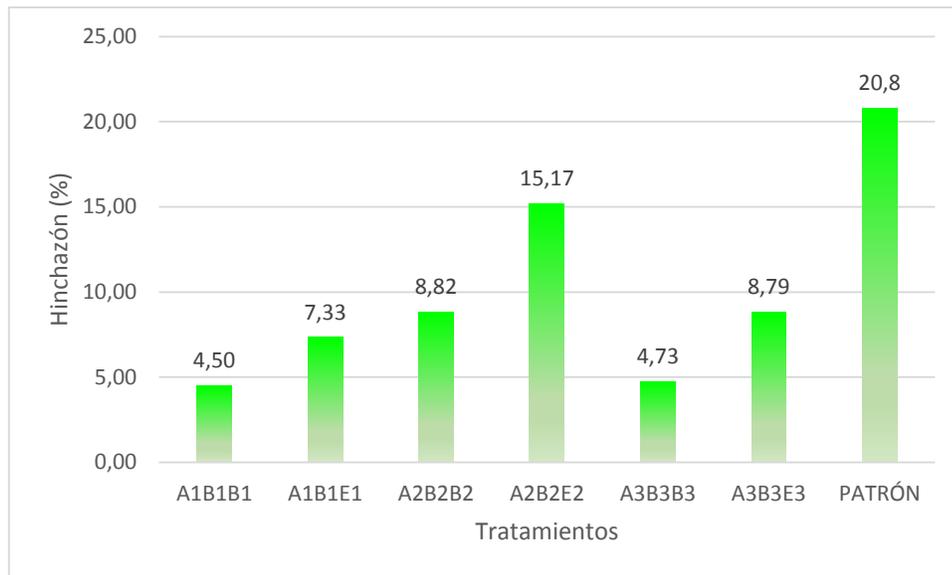


Figura 15. Resumen general de hinchazón
Fuente: Elaboración propia

4.3 Absorción de agua 2h

Esta variable se realizó para determinar el porcentaje de líquido que absorben los tableros al ser sumergidos en forma vertical en agua en el transcurso de 2 horas, cabe resaltar que a menor absorción existirá una mejor calidad del tablero.

El menor porcentaje representa el tratamiento A1B1E1 con 19,38% de absorción de agua, correspondiente a 70% aserrín, 30% bagazo de caña, engrudo y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A1B1B1 con 105,60% de absorción de agua, que corresponde a 70% aserrín, 30% bagazo de caña y blancola, figura 16.

Además se observa que el tratamiento A1B1E1 se encuentra por debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 30,50% de absorción de agua y el tratamiento A1B1B1 excede el límite establecido.

En cuanto al análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% se obtuvo un 3,93% de coeficiente de varianza lo que determinó que sí hay una diferencia significativa, tabla 24 y 25.

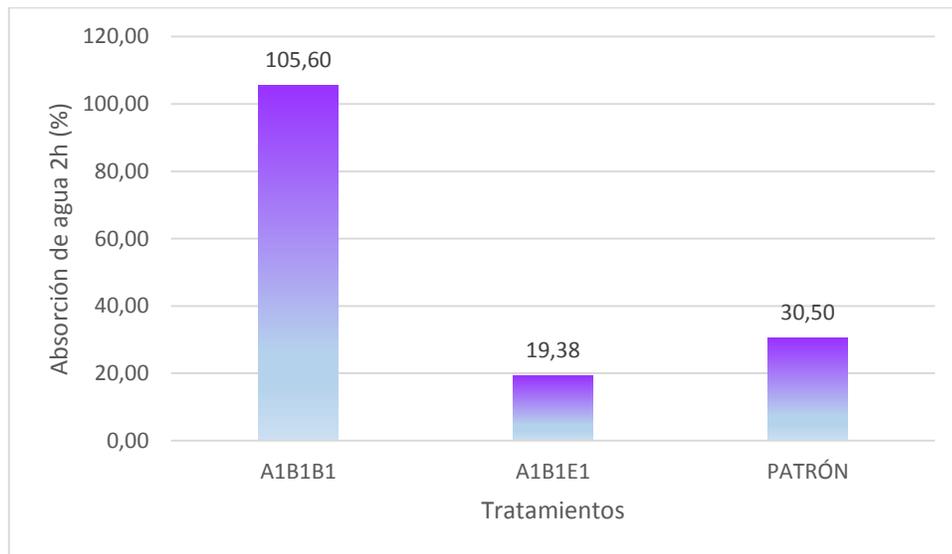


Figura 16. Absorción de agua 2h vs 70% A, 30% B.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Análisis de varianza absorción de agua 2h para 70% A, 30% B.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio cuadrados	F	Valor crítico para F
TRATAMIENTOS	18582,9966	1	18582,9966	3084,6015	5,31765507
ERROR EXP.	48,19552	8	6,02444		
TOTAL	18631,1922	9			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 3,93%

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para la variable absorción de agua 2h para 70% A, 30% B.

<i>Grupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A1B1B1T	528	105,6	11,8
A2B2E2T	96,92	19,384	0,24888

Fuente: Elaboración propia

El menor porcentaje representa el tratamiento A2B2E2 con 22,34% de absorción de agua, correspondiente a 50% aserrín, 50% bagazo de caña, engrudo y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A2B2B2 con 97,82% de absorción de agua, correspondiente a 50% aserrín, 50% bagazo de caña y blancola, figura 17.

Además se observa que el tratamiento A2B2E2 se encuentra por debajo del valor establecido por el patrón 30,50% de absorción de agua y el tratamiento A2B2B2 excede el límite establecido.

En el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% se obtuvo un 1,45% de coeficiente de varianza lo que determinó que sí hay diferencia significativa, tabla 26 y 27.

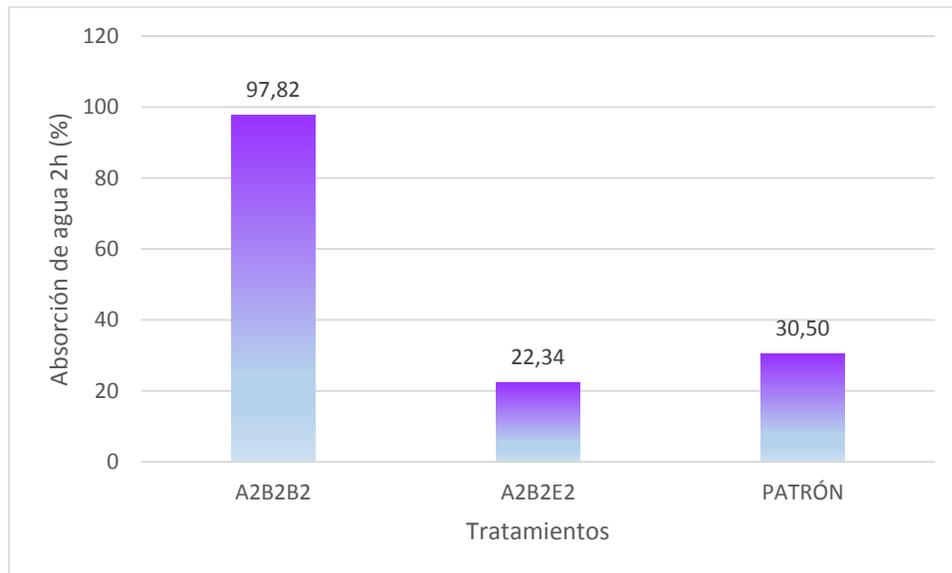


Figura 17. Absorción de agua 2h vs 50% A, 50% B.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Análisis de varianza absorción de agua 2h para 50% A, 50% B.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
TRATAMIENTOS	14245,3405	1	14245,3405	18750,0368	5,31765507
ERROR EXP.	6,078	8	0,75975		
TOTAL	14251,4185	9			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 1,45%

Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para la variable absorción de agua 2h para 50% A, 50% B.

<i>Grupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
A2B2B2T	489,11	97,822	1,38002
A2B2E2T	111,68	22,336	0,13948

Fuente: Elaboración propia

El menor porcentaje representa el tratamiento A3B3E3 con 13,11% de absorción de agua, correspondiente a 30% aserrín, 70% bagazo de caña, engrudo y el mayor porcentaje presenta el tratamiento A3B3B3 con 104,40% de absorción de agua, correspondiente a 30% aserrín, 70% bagazo de caña y blanca, figura 18.

Además se observa que el tratamiento A3B3E3 se encuentra por debajo del valor establecido por el Patrón 30,50% de Aa y el tratamiento A3B3B3 excede el límite establecido.

El análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5% permitieron calcular un 1,37% de coeficiente de varianza lo que determinó que sí hay diferencia significativa, tabla 28 y tabla 29.

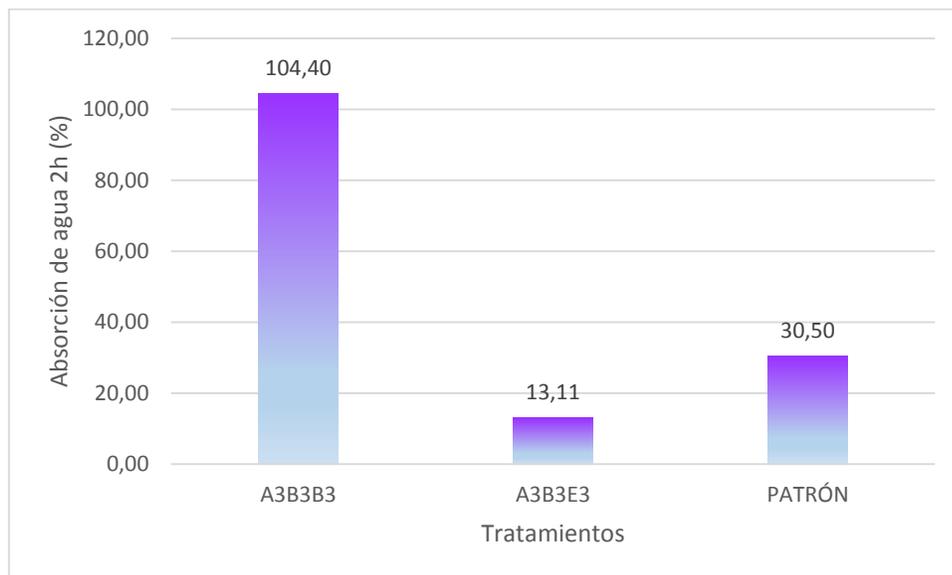


Figura 18. Absorción de agua 2h vs 30% A, 70% B.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Análisis de varianza absorción de agua 2h para 30% A, 70% B.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico para F</i>
TRATAMIENTOS	20836,4861	1	20836,4861	32028,2925	5,31765507
ERROR EXP.	5,20452	8	0,650565		
TOTAL	20841,6906	9			

Fuente: Elaboración propia

C.V= 1,37%

Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para la variable absorción de agua 2h para 30% A, 70% B.

<i>Grupos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	522	104,4	1,3
Columna 2	65,53	13,106	0,00113

Fuente: Elaboración propia

En el resumen general de los tratamientos en cuanto a la presente variable estudiada; se determinó que los tratamientos A1B1E1, A2B2E2 y A3B3E3 se encuentran debajo del valor establecido por el tratamiento patrón 20,8% de absorción de agua y los tratamientos A1B1B1, A2B2B2 y A3B3B3 se encuentran por encima de éste porcentaje, figura 19.

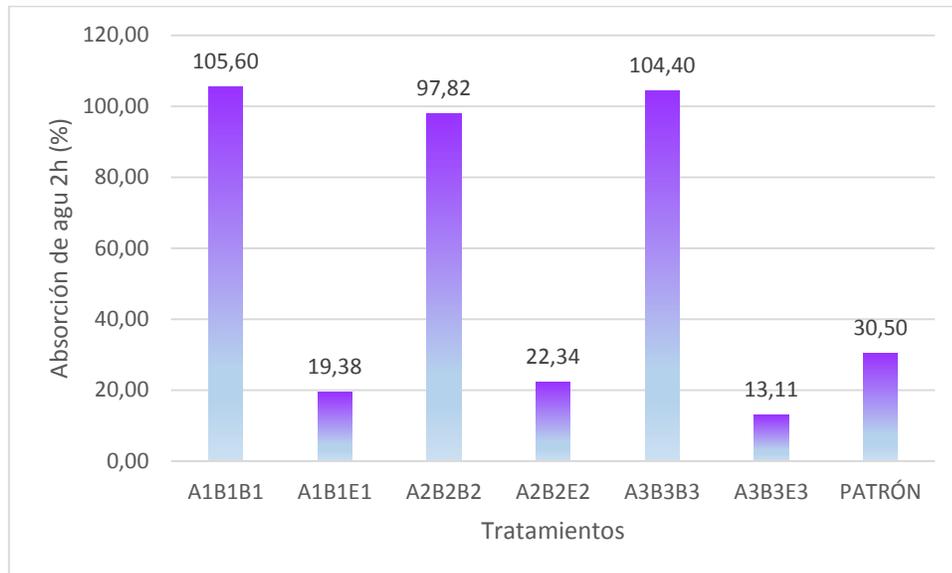


Figura 19. Resumen general de absorción de agua 2h.
Fuente: Elaboración propia

4.4 Resistencia a la tensión

Mediante ésta variable se determinó el esfuerzo máximo de tensión, el módulo de elasticidad y la carga máxima que ejercieron las probetas al ser analizadas en el laboratorio, tabla 30.

En la combinación 70% de aserrín y 30% bagazo de caña, en los análisis de Esfuerzo máximo de Tensión, Módulo de Elasticidad y Carga Máxima, los valores más altos representa el tratamiento A1B1E1 con 9,6 MPa de E.M.T; 20,8 MPa de MOE y 1835 N de C.M, mientras que el tratamiento A1B1B1 con

1,2 MPa de E.M.T; 8,1 MPa de MOE y 227 N de C.M. representa valores relativamente bajos.

En cuanto a la combinación 50% aserrín y 50% bagazo de caña, se aprecia que los valores más altos de Esfuerzo máximo de Tensión, Módulo de Elasticidad y la Carga Máxima, representa el tratamiento A2B2E2 con 9,7 MPa de E.M.T; 19,2 MPa de MOE y 1836 N de C.M, y que el tratamiento A2B2B2 con 1,4 MPa de E.M.T; 9,6 MPa de MOE y 313 N de C.M. representa los valores bajos en relación a éstas variables.

Con respecto a la combinación 30% aserrín y 70% bagazo de caña, se observa que los valores más altos de Esfuerzo máximo de Tensión, Módulo de Elasticidad y la Carga Máxima, representa el tratamiento A3B3E3 con 5,7 MPa de E.M.T; 17,5 MPa de MOE y 1173 N de C.M, y que el tratamiento A3B3B3 con 2,0 MPa de E.M.T; 5,06 MPa de MOE y 550 N de C.M. representa los valores bajos en relación a éstas variables.

Tabla 30. Resultados del ensayo de tensión PUCE, 2015

<i>N°</i>	<i>Trat.</i>	<i>E.M.T (MPa)</i>	<i>MOE (MPa)</i>	<i>C.M (N)</i>
1	A1B1B1	1,2	8,1	227
2	A2B2B2	1,4	9,6	313
3	A3B3B3	2,0	5,06	550
4	A1B1E1	9,6	20,8	1835
5	A2B2E2	9,7	19,2	1836
6	A3B3E3	5,7	17,5	1173

Nota: E.M.T: Esfuerzo máximo de tensión MOE: Módulo de elasticidad C.M: Carga máxima

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Resultados generales

<i>N°</i>	<i>Trat.</i>	<i>CH</i> %	<i>H</i> %	<i>Aa</i> %	<i>E.M.T</i> (MPa)	<i>MOE</i> (MPa)	<i>C.M</i> (N)
1	A1B1B1	12,76	4,50	105,60	1,2	8,1	227
2	A2B2B2	11,61	8,82	97,82	1,4	9,6	313
3	A3B3B3	11,10	4,73	104,40	2,0	5,06	550
4	A1B1E1	8,88	7,33	19,38	9,6	20,8	1835
5	A2B2E2	9,36	15,17	22,34	9,7	19,2	1836
6	A3B3E3	13,46	8,79	13,11	5,7	17,5	1173

Fuente: Elaboración propia

4.5 Comprobación de Hipótesis

La hipótesis se acepta, de tal manera que el tipo de adhesivo usado si mejoró las características físico-mecánicas de los tableros aglomerados, obteniendo como mejor resultado el tratamiento A2B2E2 (50 % aserrín, 50 % bagazo de caña, engrudo), con 9,36 %, de contenido de humedad, 15,17 % de hinchazón, 22,34% de absorción de agua, 9,7 MPa de esfuerzo máximo de tensión, 19,2 MPa de módulo de elasticidad y 1836 N de carga máxima, el mismo que se encuentra dentro de los estándares de calidad de la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A ACOSA (2015), además está dentro de los parámetros establecidos por las normas internacionales UNE-EN 322:1994, UNE-EN 317:1994 y COVENIN 847-91.

Capítulo V

5. DISCUSIÓN

5.1 Contenido de humedad

El mejor tratamiento en la combinación 70% aserrín y 30% bagazo de caña es A1B1E1 con 8,88% de contenido de humedad, debido a que el tratamiento A1B1B1 con 12,76% de contenido de humedad, sobrepasa el valor establecido por el patrón 11% de contenido de humedad, además referenciando a los tableros aglomerados de la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A ACOSA (2015), no se encuentra dentro de sus parámetros que van del 5% al 11% de contenido de humedad.

En la combinación 50% aserrín y 50% bagazo de caña el mejor tratamiento es A2B2E2 con 9,36% de contenido de humedad, a diferencia del tratamiento A2B2B2 con 11,61% de contenido de humedad, que sobrepasa el valor del tratamiento patrón 11% de CH y no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma UNE-EN 322:1994 que establece del 5% al 11% de contenido de humedad respectivamente.

En cuanto a la combinación 30% aserrín y 70% bagazo de caña, tanto el tratamiento A3B3B3 con 11,10% de contenido de humedad, como el tratamiento A3B3E3 con 13,46% de contenido de humedad, sobrepasan los valores establecidos por el tratamiento patrón 11% de contenido de humedad, de igual forma exceden los parámetros de la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A ACOSA (2015).

Generalizando, los mejores tratamientos son A1B1E1 con 8,88% de contenido de humedad, seguido de A2B2E2 con 9,36% de contenido de humedad, los mismos que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el

tratamiento patrón utilizado, por la Norma UNE-EN 322:1994 y por la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A ACOSA (2015).

Cabe resaltar que los dos mejores tratamientos fueron elaborados con adhesivo engrudo, ya que éstos presentaron una mejor compactación de las fibras que los elaborados con blancola.

5.2 Hinchazón

En el análisis de ésta variable se determinó que en la combinación 70% aserrín y 30% bagazo de caña los tratamientos A1B1B1 con 4,5% de hinchazón y A1B1E1 con 7,33% de hinchazón, coinciden con los valores obtenidos por Arias (2006), que van del 4% al 8% de hinchazón.

En la combinación 50% aserrín y 50% bagazo de caña el tratamiento A2B2B2 con 8,82% de hinchazón y el tratamiento A2B2E2 con 15,17% de hinchazón, a pesar de la diferencia que existe, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma UNE- EN 317:1994 que establece un máximo de 20% de hinchazón.

En cuanto a la combinación 30% aserrín y 70% bagazo de caña, tanto el tratamiento A3B3B3 con 4,73% de hinchazón, como el tratamiento A3B3E3 con 8,79% de hinchazón, están dentro de los valores establecidos por el tratamiento patrón 20,8% de hinchazón.

Para la variable hinchazón todos los tratamientos coinciden con los resultados obtenidos por Arias (2006), Norma UNE-EN 317:1994 y el patrón utilizado; pero los mejores porcentajes presentan los tratamientos A1B1B1 con 4,5% de hinchazón, seguido de A3B3B3 con 4,73% de hinchazón.

Se resalta que los dos mejores tratamientos fueron elaborados con adhesivo blancola, ya que el engrudo contiene harina y el principal componente de ésta es el almidón que al mezclarse con agua y ser calentado progresivamente

provoca que los débiles enlaces se disocien por lo tanto empieza a hincharse y la estructura interna comienza a cambiar y mientras se sigue aumentando la temperatura el almidón continúa hinchándose y gelificándose, similar al proceso de elaboración de un pan (Bernabé, 2015), por ésta razón los tableros aglomerados con engrudo presentan mayores porcentajes de hinchazón.

5.3 Absorción de agua durante 2h.

Para el análisis de ésta variable se determinó que los tratamientos elaborados con engrudo A1B1E1 con 19,38% de absorción de agua, combinación 70% aserrín y 30% bagazo de caña; A2B2E2 con 22,34% de absorción de agua, combinación 50% aserrín y 50% bagazo de caña; A3B3E3 con 13,11% de absorción de agua, combinación 30% aserrín y 70% bagazo de caña, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el tratamiento patrón 30,5% de absorción de agua y dentro de la norma COVENIN 847-91 que establece del 25% al 31% de absorción de agua durante 2h.

Los tratamientos A1B1B1 con 105,6% de absorción de agua, combinación 70% aserrín y 30% bagazo de caña; A2B2B2 con 97,82% de absorción de agua, combinación 50% aserrín y 50%; bagazo de caña; A3B3b3 con 104,4% de absorción de agua, combinación 30% aserrín y 70% bagazo de caña, se encuentran excediendo altamente el valor del tratamiento patrón 30,5% de absorción de agua, así mismo los valores obtenidos por Arias (2006) que van del 25 al 35% de absorción de agua y lo establecido por la Norma COVENIN 847-91, por lo tanto se determina que los tableros elaborados con adhesivo blancola no son resistentes al agua.

Adicionalmente se señala que los tableros elaborados con engrudo en su composición tienen harina la misma que al juntarla con agua fría no se mezcla, esto sólo sucede cuando la temperatura del agua va subiendo (Bernabé, 2015), lo que no sucede con los tableros con blancola, ya que esta resina es

soluble en agua, por lo tanto estos tableros resultaron ser totalmente permeables.

5.4 Resistencia a la tensión

Analizando ésta variable se evaluó el esfuerzo máximo de tensión, el módulo de elasticidad, y la carga máxima y se determinó que los tratamientos A1B1E1 con 9,6 MPa de E.M.T; 20,8 MPa de MOE y 1835 N de C.M, combinación 70% aserrín, 30% bagazo de caña más engrudo; A2B2E2 con 9,7 MPa de E.M.T; 19,2 MPa de MOE y 1836 N de C.M, combinación 50% aserrín, 50% bagazo de caña más engrudo y A3B3E3 con 5,7 MPa de E.M.T; 17,5 MPa de MOE, 1173 N de C.M más engrudo, muestran relevantes resultados en cuanto a la evaluación realizada.

En relación a lo mencionado anteriormente los tratamientos A1B1B1 con 1,2 MPa de E.M.T; 8,1 MPa de MOE y 227 N de C.M, combinación 70% aserrín, 30% bagazo de caña más blancola; A2B2B2 con 1,4 MPa de E.M.T; 9,6 MPa de MOE y 313 N de C.M, combinación 50% aserrín, 50% bagazo de caña más blancola y A3B3B3 con 2,0 MPa de E.M.T; 5,06 MPa de MOE y 550 N de C.M, 30% aserrín y 70% bagazo de caña más blancola, muestran porcentajes relativamente bajos en comparación con los tableros aglomerados elaborados con engrudo.

Por lo tanto se establece que los tableros aglomerados en los que se empleó engrudo muestran mejor resistencia mecánica esto se debe a que el almidón de la harina atrapa el agua durante el proceso de mezclado y secado creando una textura elástica, compacta y firme (Bernabé, 2015), que le brindan al tablero dureza lo que no sucede con la blancola, por lo tanto los mejores tratamientos son A1B1E1 y A2B2E2.

Los ensayos de resistencia a la tensión de los tableros aglomerados fueron evaluados en base a la Norma Internacional American Society for Testing and Materials ASTM D 1037-12. Anexos 11-17.

Se observó que los tableros aglomerados elaborados con engrudo tendieron a torcerse, debido a que la penetración de la humedad provoca que el aglomerado se debilite, se tuerza y pierda su fuerza característica (Schultz, 2015), siendo más notorio en los tratamientos A1B1E1 y A3B3E3; lo cual no sucedió con el tratamiento A2B2E2 ni con los tableros elaborados con blancola estos conservaron su apariencia uniforme, por ésta razón se considera que en base a todas las variables estudiadas el mejor tratamiento es A2B2E2.

6. CONCLUSIONES

1. El mejor tratamiento fue A2B2E2 (50 % aserrín, 50 % bagazo de caña, engrudo), con 9,36 % de contenido de humedad; 15,17 % de hinchazón; 22,34 % de absorción de agua; 9,7 MPa de esfuerzo máximo de tensión; 19,2 MPa de módulo de elasticidad, 1836 N de carga máxima debido a que mostró parámetros comparables con la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A y está dentro de los niveles establecidos por las normas internacionales UNE-EN 322:1994, UNE-EN 317:1994, COVENIN 847-91 y ASTM D 1037-12.
2. Los prototipos de tableros aglomerados con blancola presentaron bajas propiedades físico-mecánicas.
3. Los costos de producción de los tableros aglomerados de bagazo de caña, son menores en comparación con los tableros convencionales.

7. RECOMENDACIONES

1. Los tableros elaborados con blancola al presentar bajas propiedades físico-mecánicas son útiles sólo para decoración, mientras que los tableros con engrudo tienen un sinnúmero de aplicaciones como: divisiones y puertas interiores, revestimiento de paredes, laterales para cajones y closets, pero adicional a esto es necesario que se realice un estudio de factibilidad.
2. Se debe disminuir el uso de adhesivo o se puede implementar un sistema de recuperación, debido a que existe una pérdida promedio del 25%, en el proceso de prensado
3. Debido a la disponibilidad y la importancia del residuo lignocelulósico bagazo de caña en la provincia de Pastaza, se debería contemplar la posibilidad de crear un laboratorio de Ensayo de Materiales en la Universidad Estatal Amazónica.

8. RESÚMEN

La presente investigación titulada “Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la fabricación de prototipos de tableros aglomerados, en la provincia de Pastaza”, se desarrolló en la Empresa ARBORIENTE S.A, donde se fabricaron los tableros, los análisis físicos se realizaron en el Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica, y los análisis mecánicos se efectuaron en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, para ello se recolectó bagazo de caña y aserrín materiales base de la investigación y se utilizaron dos tipos de adhesivo blancola y engrudo. Se realizó un diseño completamente al azar (DCA), con 6 tratamientos y cinco repeticiones un total de 30 unidades experimentales. Los resultados demostraron que el mejor tratamiento fue A2B2E2 (50% aserrín, 50% bagazo de caña, engrudo), con un contenido de humedad de 9,36%, hinchazón 15,17%, absorción de humedad 22,34%, esfuerzo máximo de tensión 9,7 MPa, módulo de elasticidad 19,2 MPa y carga máxima 1836 N, además de encontrarse dentro de los estándares de calidad de la Empresa Aglomerados Cotopaxi ACOSA S.A (2015) y en lo establecido en las Normas Internacionales UNE-EN 322:1994, UNE-EN 317:1994, COVENIN 847-91 y ASTM D 1037-12.

Palabras clave: aserrín, bagazo de caña, blancola, engrudo, tableros y tensión.

9. SUMMARY

This research entitled "Utilization of sugarcane bagasse (*Saccharum officinarum L.*) in the manufacture of particle board prototypes in the province of Pastaza, was developed in the company ARBORIENTE SA, where the boards were developed, physical analysis They conducted at the Laboratory of Chemistry of the Amazon State University, and mechanical analyzes were performed at the Pontifical Catholic University of Ecuador, for this bagasse and materials sawdust research base were collected and two types of blanca adhesive is used and paste. A completely randomized design (DCA) was performed, with 6 treatments and five replicates a total of 30 experimental units. The results showed that the best treatment was A2B2E2 (50% sawdust, 50% cane bagasse, paste), with a moisture content of 9.36%, swelling 15.17%, 22.34% moisture absorption, Maximum Effort Voltage 9.7 MPa, 19.2 MPa Modulus of elasticity 1836 N Maximum load and, in addition to being within the standards of quality Aglomerados ACOSA Cotopaxi SA (2015) and the provisions of the International Standards UNE-EN 322: 1994, UNE-EN 317: 1994, COVENIN 847-91 and ASTM D 1037-12.

Keywords: sawdust, bagasse, white glue, panels and voltage.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIORIENTE, (2015). *Botánica de la caña de azúcar*. 02/08/15.
<https://agrioriente.wordpress.com/morfologia-de-la-cana/>
2. AGROPROYECTOS, (2015). *Formulación y evaluación de proyectos productivos de inversión*. 08/10/2015
<http://www.agroproyectos.org/2013/08/relacion-beneficio-costo.html>
3. Alarcón, G., Glauco, C., Olivares, E y Barbosa, L. (2006).
Caracterización del bagazo de caña de azúcar. Scielo. 05/11/15.
http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100036&script=sci_arttext
4. Alférez Rivas, L. (2013). *Selección de un proceso para la producción de tableros aglomerados a base de cascarilla de arroz*. (Tesis de maestría). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.
5. Álvarez Castillo A., García Hernández E., Domínguez Domínguez M., Granados Baeza J., Aguirre Cruz A., Carmona García R., Morales Cepeda A., Herrera Franco P., Licea Claverie A., Mendoza Martínez A., (2012). *Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos*. Revista Iberoamericana de polimeros, 13, 141-145 pp. 10/10/14. Recuperado de:
<http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/SEPT12/alvarez.pdf>
6. Andrade, D. (2008). *Implementación de un sistema de producción en base a la estandarización de procesos en PERMADOR S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Equinoccial, Quito, Ecuador.
7. Arboleda, M.; Córdor, B.; Cueva, N.; Góngora, E. *Aislamiento, selección y preservación de cepas levaduriformes degradadoras del bagazo decaña de azúcar*. Universidad Central del Ecuador.

Facultad de Ciencias Químicas. 28/10/15. Recuperado de:
<http://es.scribd.com/doc/24631737/INFORME-BAGAZO#scribd>

8. Arias Cazco D., (2006). *Diseño y construcción de una máquina para elaboración de aglomerado en la fábrica PARQUET LOS PINOS*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Latacunga, Ecuador.
9. Barcia, W. (2012). *Ámbito Económico*. [Mensaje en un blog]. 15/03/2015
Recuperado de:
<http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/produccion-de-la-cana-de-azucar-en-el.html>
10. Benítez Escobar T., (2013). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de láminas aglomeradas a base del reciclaje de envases de tetrapack en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
11. Bernabé, C. (2015). *Influencia de los componentes de la harina en la panificación*. INDESPAN SL. 11/11/15. Recuperado de:
<http://www.indespan.com/default.asp?cms004IdArea=5&cms004IdSubarea=0>
12. Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. (2da ed.) México: Pearson.
13. BOTANICAL (2015). *Caña de azúcar*. 30/09/2015. Recuperado de:
<http://www.botanical-online.com/medicinalscanadeazucar.htm>
14. Cardona Arango A. (2013). *Desarrollo de un sistema adhesivo proteínico para la fabricación de tableros aglomerados de densidad media*. (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
15. CENICAÑA (2015). *Tendencias de la investigación encaña de azúcar a*

nivel mundial. 12/05/2015. Morfología de la caña de azúcar. 14/10/2015.

http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p31-62.pdf

16. Chan Martín M., Araujo Molina O., Azueta García M. y Solís Rodríguez L. (2004). *Tablero de madera de partículas*. Ingeniería. 8 (3). 43-44 pp.
17. Chávez, M y Domine, M., (2013). *Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial*. Avances en Ciencia e Ingeniería. 4 (4). 16 p. ISSN: 0718-8706
18. CINCAE (2014). *Investigación azucarera del Ecuador*. 07/05/15.
Recuperado de: <http://cincae.org/informe-anual/>
19. CNPMLTA (2015). *Tableros de partículas*. 09/09/2014. Recuperado de: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/31104/331104_e_e.htm
20. Contreras, Owen, Garay y Contreras, (1999). *Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (Gynerium sagittatum) y adhesivo urea-formaldehído*. Revista Forest. 129-130 pp.
21. COMAFOMRS. (2015). *Industria de la madera gran oportunidad para el país*. 25/06/2015.
http://ecuadorecologico.com/directorio_empresas_ambientales_ecuador/comafors-corporacion-de-manejo-forestal-sostenible/
22. CSCAE. (2015). *Tablero de partículas*. 18/11/15.
http://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro2011/Tableros_particulas.pdf
23. Díaz, L., y Portocarrero, R. (2002). *Manual de Producción de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.)*.
http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/T1639.pdf

24. Domínguez Ortiz M. y Londoño Zuluaga C. (2014). *Elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes formulaciones adhesivas a partir de proteína de soya*. (tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
25. ECURED (2015). *Caña de azúcar*. 28/09/2015, Recuperado de:
http://www.ecured.cu/index.php/Ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar
26. Eras Agila J. (2014). *Evaluación del proceso de elaboración de un aglomerado para cielo raso, a partir del raquis de palma aceitera en combinación con la cascarilla de arroz*. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
27. FAO (2009). *Fibras Naturales*. 29/10/15. Recuperado de:
<http://www.naturalfibres2009.org/es/aifn/index.html>
28. FAO (2015). *Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera*. 28/10/15.
<http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s06.htm>
29. Figueroa de la Vega A. (2008). *Tablero de comando para la elaboración de biocombustibles en el ecuador*. 23/07/2015, de CEPAL.
<http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/33219/lcw189e.pdf>
30. GAD MUNICIPAL PASTAZA. (2013). (PD y POT). Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Pastaza.
31. GAD MUNICIPAL PASTAZA. (2014). (DDS). Departamento de Desarrollo Sustentable.
32. ICIDCA (2015). *Bagazo de caña de azúcar*. Recuperado de:
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar31/HTML/Articulo02N.htm>
33. INEC (2015). *Estadísticas Agropecuarias*. Recuperado de:

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/Informe_ejecutivoESPAC2013.pdf

34. INFOAGRO (2014). *Caña de Azúcar*. 10/01/15.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/canaazucar.htm>

35. INGECO TEXTIL (2010). *Clasificación de las fibras*. 29/10/15.

http://www.ingecotextil.com/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=9

36. MAGAP (2015). Producción de caña de azúcar en la provincia de Pastaza.

37. Mejía Almeida M. (2012). *Elaboración de tableros aglomerados auto-adheridos a partir de fibra de raquis de Palma Africana (Elaeis guineensis Jacq)*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Riobamba, Ecuador.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4638/1/CD-4269.pdf>

38. Mondragon, K. (2013). *Fibras Sintéticas y especiales*. 29/10/15.

<http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/fibras-sinteticas.html>

39. Moreno Mora J., Pozo García C. (2011). *Uso del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

40. Norma Internacional UNE-EN 317:1994 Particleboards and fibreboards. Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water.

41. Norma Internacional UNE-EN 322:1994 Wood-based panels. Determination of Moisture Content.

42. Norma Técnica Ecuatoriana N° 896 INEN (2005). Tableros de Madera Aglomerada, contrachapada y de fibra de madera (MDF): Determinación del Contenido de Humedad.

43. Norma Técnica Ecuatoriana N° 897 INEN (2005). Tableros de Madera Aglomerada, contrachapada y de fibra de madera (MDF): Determinación de la Densidad Aparente.
44. Norma Venezolana COVENIN 847-91. Tableros de partículas. Absorción de agua a las dos horas de inmersión.
45. Palacios Corea y Peña Mercado (xxxx), Capítulo 5. *Situación agrícola de la caña de azúcar en la hacienda El Madroñal*, pp. 61-117. 04/10/2015.
<http://www.bionica.info/biblioteca/PalaciosCa%C3%B1aAzucar.pdf>
46. Peraza, J. (2014). *Nacimiento y evolución de los tableros estructurales*.
http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4693_15630.pdf
47. Pinochet, P. (2013). *Biocombustibles*. 27/03/15, de GAIA.
<http://tecnologiaschile.com/2013/10/26/resultados-obtenidos-combustibles-biomasa-chile-new-technologies/>
48. Prinsen, P. (2010). *Composición Química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas*. (Tesis de post grado). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
49. PROCAÑA (2014). *Caña de Azúcar*. Recuperado de:
<http://www.procana.org/new/quienes-somos/subproductos-y-derivados-de-la-ca%C3%B1a.html>
50. Quevedo, V. (2015). *Adherencia y adhesivos para madera*.
[https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PD-MA-ASIG/PD-ASIG-200637/TAB42359/ADHERENCIA%20Y%20ADHESIVOS%20PARA%20MADERA%20\(V%20Quevedo\).pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PD-MA-ASIG/PD-ASIG-200637/TAB42359/ADHERENCIA%20Y%20ADHESIVOS%20PARA%20MADERA%20(V%20Quevedo).pdf)
51. Romero, M. (2011). *Materias Textiles*. 29/10/15.

<http://materia textiles.blogspot.com/2011/08/clasificacion-de-las-fibras-textiles.html>

52. SEGURIDAD PÚBLICA (2011). *Clasificación de las fibras*. 29/10/15.
<http://www.seguridadpublica.es/2011/01/clasificacion-de-las-fibras/>
53. Saval, S. (2012). *Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro*. BioTecnología.16 (2).14 p.
54. SIAP (2015). *Origen del azúcar*.
<http://www.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/3/03-cana-azucar/index.html>
55. Schultz, M. (2015). *Desventajas del aglomerado*. 18/11/15.
http://www.ehowenespanol.com/desventajas-del-aglomerado-lista_542114/
56. Simbaña, E y Pabón, G. (2006). *Fibras Naturales de la Provincia de Imbabura*. 1ed. Cámara Ecuatoriana del Libro. Núcleo Pichincha.
57. Simbaña, E y Mera, M. (2010). *Ensayo de materiales compuestos en la elaboración de tableros mixtos para el aprovechamiento de residuos agroindustriales*. 1ed. PUCE sede Ibarra.
58. Solorza, J.; Rendón, R.; Sánchez J. y Flores, E. (2013). *Composición del bagazo de caña por análisis termogravimétrico*, pp. 54. 28/10/15.
http://www.researchgate.net/publication/258848531_Composicion_del_bagazo_de_caa_por_analisis_termogravimetrico
59. Tapia Bastidas C.(2007). *Elaboración de Tableros de Partícula Fina a partir de Residuos Lignocelulósicos y Resinas Termoestables*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
60. UPBCO (2015). *Costos de Producción*. Recuperado de:

http://cmap.upb.edu.co/rid=1236386222735_2108514068_2146/

Tema1.CostosFijosyVariablesTeor%C3%ADayProblemas.pdf

61. Van Dam, E. G., Van den Oever, M. y Keijsers, E. (2003). *Production process for high density high performance binderless boards from whole coconut husk*. 2015/23/05, de Industrial Crops and Products.

http://www.researchgate.net/publication/222515793_Production_process_for_high_density_high_performance_binderless_boards_from_whole_coconut_husk

62. Vázquez Vallejo M. (2011). *Reciclaje de residuos agrícolas de café y cabuya en la elaboración de tableros compuestos en base de resinas urea-formaldehído (UF)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra Ecuador.

63. Vázquez, D., y Vázquez M. (2002). *Transformación de materiales lignocelulósicos*. Revista de agroquímica y tecnología de alimentos, 31 (2), 143. 2015/03/05, De DIALNET Base de datos.

11. ANEXOS

Anexo 1. Alimentación de la tova del triturador



Anexo 2. Trituración del bagazo de caña



Anexo 3. Bagazo de caña triturado



Anexo 4. Análisis de contenido de humedad



Anexo 5. Análisis de hinchazón



Anexo 6. Análisis de absorción de agua



Anexo 7. Determinación del peso de las probetas



Anexo 8. Tabulación de datos



Anexo 9. Probetas ensayo de tensión



Anexo 10. Prototipos de tableros aglomerados obtenidos



Anexo 11. Ensayo de resistencia a la tensión 70% aserrín, 30% bagazo y blancola



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

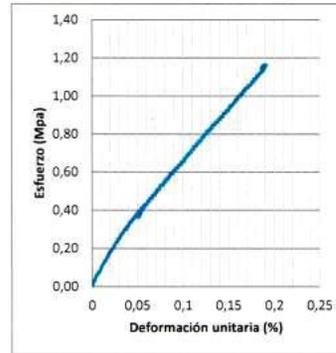
Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS

PROYECTO:	Tesis - Aprovechamiento del Bagazo de Caña en la Elaboración de Prototipos de Tableros Aglomerados	SOLICITA: Jenny Jaramillo
LOCALIZACIÓN:	El Puyo	FISCALIZACIÓN:
MUESTRA:	Tomada por el cliente	CONTRATISTA:
NORMA DE REFERENCIA:	ASTM D1037-12	FECHA DE RECEPCIÓN: 2015/09/25
RECEPCION N°:	28303	FECHA DE EMISIÓN: 2015/10/19
HOJA:	2 de 10	

Probeta N°	3	4
Identificación	T-2	T-2
Descripción	Tableros fabricados con Cola Blanca. 70 % A - 30% B	
Fecha de ensayo:	2015/10/02	2015/10/02
Ancho (mm)	37,34	38,56
Espesor (mm)	5,23	4,93
Área (mm ²)	195,29	190,10
Carga máxima (N)	227	226
Esfuerzo máximo de tensión (MPa)	1,2	1,2
Módulo de Elasticidad (MPa)	8,1	



OBSERVACIONES: 1. A= Aserrín, B= Bagazo

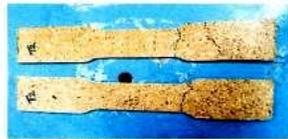


Foto 1. Probetas de Ensayo



Foto 2. Esquema de Ensayo

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.


Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área


Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...

Anexo 12. Ensayo de resistencia a la tensión 50% aserrín, 50% bagazo y blancola



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS

PROYECTO: Tesis - Aprovechamiento del Bagazo de Caña en la Elaboración de Prototipos de Tableros Aglomerados **SOLICITA:** Jenny Jaramillo

LOCALIZACION: El Puyo **FISCALIZACIÓN:**

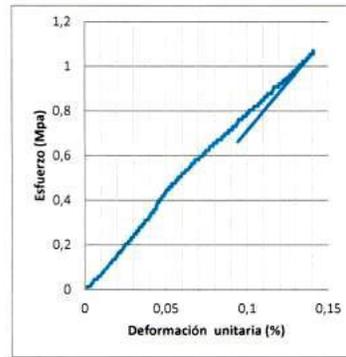
MUESTRA: Tomada por el cliente **CONTRATISTA:**

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D1037-12 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2015/09/25

RECEPCION N°: 28303 **FECHA DE EMISIÓN:** 2015/10/19

HOJA: 3 de 10

Probeta N°	5	6
Identificación	T-3	T-3
Descripción	Tableros fabricados con Cola Blanca. 50 % A - 50% B	
Fecha de ensayo	2015/10/02	2015/10/02
Ancho (mm)	35,56	36,88
Espesor (mm)	6,22	5,48
Área (mm ²)	221,18	202,10
Carga máxima (N)	313	216
Esfuerzo máximo de tensión (MPa)	1,4	1,1
Módulo de Elasticidad (MPa)	9,6	



OBSERVACIONES: 1. A= Aserrín; B= Bagazo



Foto 1. Probetas de Ensayo



Foto 2. Esquema de Ensayo

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.


Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área


Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



Anexo 13. Ensayo de resistencia a la tensión 30% aserrín, 70% bagazo y blancola



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS

PROYECTO: Tesis - Aprovechamiento del Bagazo de Caña en la Elaboración de Prototipos de Tableros Aglomerados **SOLICITA:** Jenny Jaramillo

LOCALIZACION: El Puyo **FISCALIZACIÓN:**

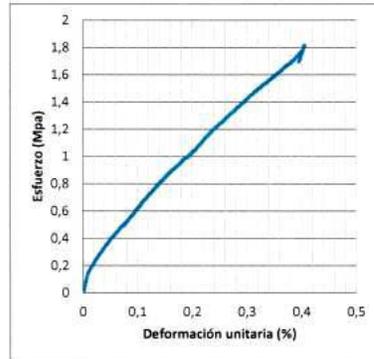
MUESTRA: Tomada por el cliente **CONTRATISTA:**

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D1037-12 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2015/09/25

RECEPCION N°: 28303 **FECHA DE EMISIÓN:** 2015/10/19

HOJA: 4 de 10

Probeta N°	7	8
Identificación	T-4	T-4
Descripción	Tableros fabricados con Cola Blanca. 30 % A - 70% B	
Fecha de ensayo	2015/10/02	2015/10/02
Ancho (mm)	37,90	38,59
Espesor (mm)	6,94	7,25
Área (mm ²)	263,03	279,78
Carga máxima (N)	478	550
Esfuerzo máximo de tensión (MPa)	1,8	2,0
Módulo de Elasticidad (MPa)	5,06	



OBSERVACIONES: 1. A= Aserrin; B= Bagazo



Foto 1. Probetas de Ensayo



Foto 2. Esquema de Ensayo

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



Anexo 14. Ensayo de resistencia a la tensión 70% aserrín, 30% bagazo y engrudo



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS

PROYECTO: Tesis - Aprovechamiento del Bagazo de Caña en la Elaboración de Prototipos de Tableros Aglomerados **SOLICITA:** Jenny Jaramillo

LOCALIZACION: El Puyo **FISCALIZACIÓN:**

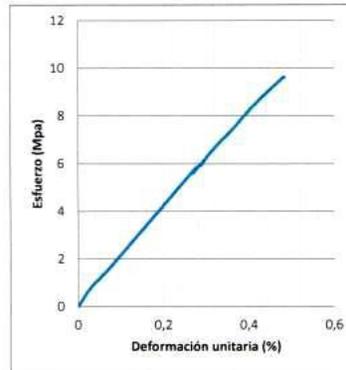
MUESTRA: Tomada por el cliente **CONTRATISTA:**

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D1037-12 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2015/09/25

RECEPCIÓN N°: 28303 **FECHA DE EMISIÓN:** 2015/10/19

HOJA: 7 de 10

Probeta N°	12	13
Identificación	T-7	T-7
Descripción	Tableros fabricados con Engrudo. 70 % A - 30% B	
Fecha de ensayo	2015/10/02	2015/10/03
Ancho (mm)	35,50	35,60
Espesor (mm)	5,37	4,90
Área (mm ²)	190,64	174,44
Carga máxima (N)	1835	1456
Esfuerzo máximo de tensión (MPa)	9,6	8,3
Módulo de Elasticidad (MPa)	20,8	



OBSERVACIONES: 1. A= Aserrín; B= Bagazo



Foto 1. Probetas de Ensayo



Foto 2. Esquema de Ensayo

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. Maria Ines Calvo
Responsable de Área

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



Anexo 15. Ensayo de resistencia a la tensión 50% aserrín, 50% bagazo y engrudo



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS

PROYECTO: Tesis - Aprovechamiento del Bagazo de Caña en la Elaboración de Prototipos de Tableros Aglomerados **SOLICITA:** Jenny Jaramillo

LOCALIZACION: El Puyo **FISCALIZACIÓN:**

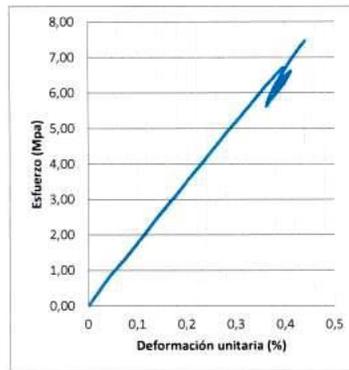
MUESTRA: Tomada por el cliente **CONTRATISTA:**

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D1037-12 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2015/09/25

RECEPCIÓN N°: 28303 **FECHA DE EMISIÓN:** 2015/10/19

HOJA: 8 de 10

Probeta N°	14	15
Identificación	T-8	T-8
Descripción	Tableros fabricados con Engrudo. 50 % A - 50% B	
Fecha de ensayo	2015/10/02	2015/10/03
Ancho (mm)	37,02	36,40
Espesor (mm)	5,48	5,20
Área (mm ²)	202,87	189,28
Carga máxima (N)	1516	1836
Esfuerzo máximo de tensión (MPa)	7,5	9,7
Módulo de Elasticidad (MPa)	19,2	



OBSERVACIONES: 1. A= Aserrin; B= Bagazo

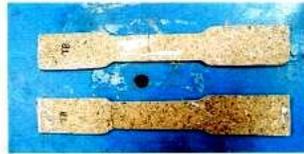


Foto 1. Probetas de Ensayo



Foto 2. Esquema de Ensayo

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.



Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...

Anexo 16. Ensayo de resistencia a la tensión 30% aserrín, 70% bagazo y engrudo



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Veintimilla y Av. 12 de Octubre
Telf.: 593 299 1529 • Fax: 593 299 1624
Cel.: 09870 49430
Quito-Ecuador
LMC-PUCE@puce.edu.ec
www.puce.edu.ec

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS

PROYECTO: Tesis - Aprovechamiento del Bagazo de Caña en la Elaboración de Prototipos de Tableros Aglomerados **SOLICITA:** Jenny Jaramillo

LOCALIZACION: El Puyo **FISCALIZACIÓN:**

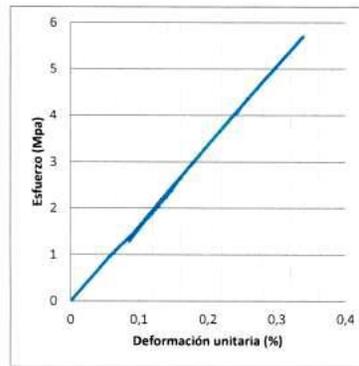
MUESTRA: Tomada por el cliente **CONTRATISTA:**

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D1037-12 **FECHA DE RECEPCIÓN:** 2015/09/25

RECEPCION N°: 28303 **FECHA DE EMISIÓN:** 2015/10/19

HOJA: 9 de 10

Probeta N°	16	17
Identificación	T-9	T-9
Descripción	Tableros fabricados con Engrudo, 30 % A - 70% B	
Fecha de ensayo	2015/10/02	2015/10/03
Ancho (mm)	35,73	35,28
Espesor (mm)	5,77	5,86
Area (mm ²)	206,16	206,74
Carga máxima (N)	1173	1247
Esfuerzo máximo de tensión (MPa)	5,7	6,0
Módulo de Elasticidad (MPa)	17,5	



OBSERVACIONES: 1. A= Aserrin, B= Bagazo



Foto 1. Probetas de Ensayo



Foto 2. Esquema de Ensayo

NOTA: Este informe de ensayo no debe ser reproducido parcialmente.

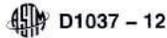
Ing. María Inés Calvo
Responsable de Área

Ing. Guillermo Realpe M.Sc.
Director LMC.

Solidarios en la construcción, excelencia en la calidad...



Anexo 17. Norma ASTM D1037-92 ensayo de tensión



S_{pl} = stress at proportional limit, psi (kPa), and
 W_{mf} = work to maximum load, lbf-in./in.³ (N-mm/mm³).
 NOTE 17—A linear regression of the load-deflection curve between 10% and 40% of P_{max} generally produces satisfactory results for ($\Delta P/\Delta y$).

NOTE 18— P_{pl} can be determined at the point on the load-deflection curve where the slope of the tangent deviates from the slope of the straight line ($\Delta P/\Delta y$) more than a given threshold value. The threshold value can be established based on statistical and graphical methods and experience. The value of 10% normally gives a good estimate but it depends on the calculation procedure, the type and condition of product.

9.7.2 The report shall include the orientation of the face of the panel during the test (face-up or face down), the description of failure, and the calculated properties for each specimen. For modulus of elasticity and stress at proportional limit the parameters used in calculations shall be reported.

10. Tension Parallel to Surface

10.1 Scope

10.1.1 The tension test parallel to the surface shall be made to determine the tensile strength in the plane of the panel. When required, the axial stiffness or modulus of elasticity can be determined. To evaluate directional properties, an equal number of specimens shall be tested with their long-axis parallel and perpendicular to the long-axis of the panel. See Note 19.

NOTE 19—When the materials exceed 1 in. in thickness, crushing at the grips during test is likely to adversely affect the test values obtained. It is recommended that for material greater than 1 inch in thickness, the material be sawn to 1/2 in. (12 mm) thickness. Test values obtained from resawn specimens may be only approximate, because strengths of material near the surface may vary from the remainder.

10.2 Test Specimen

10.2.1 Each test specimen shall be prepared as shown in Fig. 6. The reduced section shall be cut to the size shown with a band saw. The minimum width of each specimen at the reduced section shall be measured to an accuracy of $\pm 0.3\%$. The corresponding thickness shall be measured to an accuracy of 0.001 in. (0.025 mm).

10.3 Procedure

10.3.1 The specimen shall be loaded using self-aligning, self-tightening grips that distribute the force evenly over the grip surface and do not allow slipping, with gripping surfaces at least 2-in. (50-mm) square, to transmit the load from the testing machine to the specimen. Fig. 7 shows a typical assembly for the tension test of building panels.

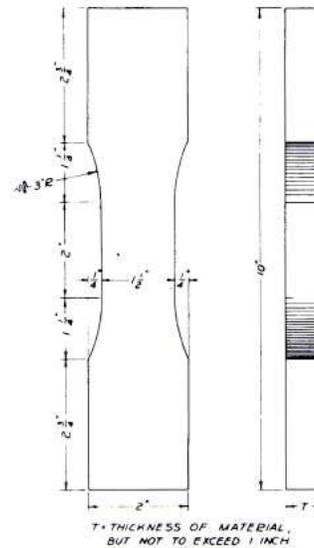
10.3.2 For each specimen, the character and location of the failure shall be noted.

10.4 Speed of Testing

10.4.1 The load shall be applied continuously throughout the test at a uniform rate of motion of the movable crosshead of the testing machine of 0.15 in./min (4 mm/min) $\pm 50\%$. See Note 13.

10.5 Load-Deformation Measurements

10.5.1 When required, obtain load-deformation curves. To measure the deformation, attach an extensometer or other suitable device over the central portion of the specimen. Points of attachment (gage points) shall be within the reduced section of the specimen. Read the deformation to the nearest 0.0001 in.



Metric Equivalents							
in.	1/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/4	3
mm	6	25.4	32	38	51	70	76

FIG. 6 Detail of Specimen for Tension Test Parallel to Surface

(0.0025 mm). Choose increments of loading so that not less than 12 readings are obtained before proportional limit.

10.6 Calculation and Report

10.6.1 The maximum tensile stress and, when required, modulus of elasticity shall be calculated for each specimen in accordance with the following equations:

$$R_t = \frac{P_{max}}{bd} \quad (6)$$

$$E_t = \frac{l_g \Delta P}{bd \Delta y} \quad (7)$$

where:

- b = width of the reduced cross-section of the specimen measured in dry condition, in. (mm),
- d = thickness of the specimen measured in dry condition, in. (mm),
- E_t = modulus of elasticity in tension parallel to the surface of the panel, psi (MPa),
- l_g = gage length or distance between the gage points of extensometer, in. (mm),
- $\Delta P/\Delta y$ = slope of the straight line portion of the load-deformation curve (see Note 17), lbf/in. (N/mm),
- P_{max} = maximum load, lbf (N), and
- R_t = maximum tensile stress, psi (MPa).

Anexo 18. Parámetros de normas utilizadas

PARÁMETROS	ACOSA S.A	EN 322	EN 317	COVENIN 847-91
Contenido de humedad	5% a 11%	5% a 11%	-	-
Hinchazón	-	-	Máx. 20%	-
Absorción de agua 2h	-	-	-	31 %
Tensión	> ó 0,4 MPa	-	-	-

Anexo 19. Compromiso con la Empresa ARBORIENTE S.A



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
RECTORADO



Puyo, 12 de marzo de 2015
Oficio N° 124-JVB.REC-UEA

Ingeniero
Marcos Gutiérrez
GERENTE DE PLANTA Y FORESTAL DE ARBORIENTE S.A.
En su Despacho.-

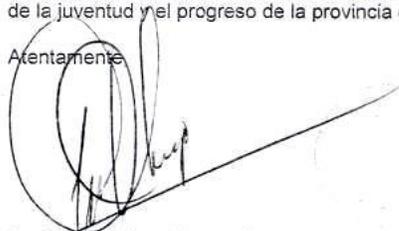
De mi consideración:

La Universidad Estatal Amazónica (UEA), de la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza-Ecuador, extiende a Usted un cordial y respetuoso saludo.

La presente tiene como finalidad, solicitar a Usted de la manera más respetuosa y comedida se sirva brindar las facilidades a la Srta. **Jenny Paola Jaramillo Ponce**, con C.I. 160047679-8, Estudiante de esta entidad de educación superior, quien se encuentra desarrollando su proyecto de investigación de Tesis: "Aprovechamiento del bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) en la elaboración de prototipos de tableros aglomerados en la provincia de Pastaza", a fin de que pueda realizar el proceso de prensado en la entidad que acertadamente representa.

Con la seguridad de que este pedido será atendido de manera favorable, anticipo mi sincero agradecimiento, no sin antes expresarle el compromiso de trabajo por el adelanto de la juventud y el progreso de la provincia de Pastaza.

Atentamente,


Dr. C. Julio César Vargas Burgos, PhD.
**RECTOR DE LA UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA.**
JVB/GY

RECIBIDO
12/03
P. JARAMILLO P.
12:58 PM '15

www.uea.edu.ec

Campus Central, Paso Lateral km. 2 1/2 Vía Napo
Tel: 03-2889118 - Telefax: 03-2888118

Pastaza - Ecuador

Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica,
km 44 vía Puyo - Tena; Tel: 033-030653