

Programa Nacional de Conformación de Cadenas Productivas para el Sector Artesanal

ESTRUCTURACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA GUADUA EN EL EJE CAFETERO

PC-06

INVESTIGACION Y DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES DE LAS MATERIAS PRIMAS ARTESANALES



CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2 MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 GUADUA LAMINADA.....	3
2.1.1 GENERALIDADES.....	3
2.1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN.....	3
2.1.3 ESPECIFICACIONES.....	4
2.2 ADHESIVOS.....	5
2.2.1 GENERALIDADES.....	5
2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS.....	6
2.2.1.2 ADHESIVOS ESTRUCTURALES.....	7
2.2.1.3 ASPECTOS PARA LA ELECCIÓN DEL ADHESIVO.....	8
2.2.2 ADHESIVOS PARA GUADUA LAMINADA.....	9
3 PARAMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA GUADUA LAMINADA.....	10
3.1 OBTENCIÓN DE LATAS.....	10
3.2 OBTENCIÓN DE TABLILLAS.....	13
3.3 PROCESO DE LAMINACIÓN.....	15
4 PARAMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA LAMINADA.....	17
5 PRUEBAS Y ENSAYOS.....	19
5.1 PROTOCOLO DE ENSAYOS.....	19
5.1.1 PROPÓSITO.....	19
5.1.2 PRUEBAS.....	19
5.1.3 RECURSOS.....	19
5.1.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	20
5.1.5 DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO.....	20
5.1.6 DISEÑO DE FORMATOS.....	21
6. FICHA TÉCNICA DE ADHESIVOS.....	37
7 CÁLCULOS DE RESULTADOS PRUEBAS FÍSICO – MECÁNICAS.....	49
7.1 CÁLCULOS PARA PVAc.....	49
7.1.1 FLEXIÓN.....	49
7.1.2 TENSIÓN PARALELA AL GRANO.....	51
7.1.3 TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	53
7.1.4 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO.....	54
7.1.5 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO.....	57
7.1.6 CORTE.....	58
7.1.7 AGRIETAMIENTO.....	60
7.2 CÁLCULOS PARA MELAMINA – ÚREA FORMALDEHÍDO.....	61
7.2.1 FLEXIÓN.....	61
7.2.2 TENSIÓN PARALELA AL GRANO.....	64
7.2.3 TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	66
7.2.4 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO.....	67
7.2.5 COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	69

7.2.6CORTE	71
7.2.7 AGRIETAMIENTO.....	72
7.3 CÁLCULOS PARA EPI.....	74
7.3.1 FLEXIÓN	74
7.3.2 TENSIÓN PARALELA AL GRANO.....	76
7.3.3 TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	79
7.3.4 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO.....	80
7.3.5 COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	82
7.3.6CORTE	84
7.3.7 AGRIETAMIENTO.....	86
8 CONCLUSIONES.....	88
8.1 PVAC	88
8.2 MELAMINA - ÚREA FORMALDEHÍDO .	90
8.3 EMULSIÓN DE ISOCIANATO - EPI.....	93
BIBLIOGRAFIA	97

INTRODUCCION

En el marco del Programa Nacional de Conformación de Cadenas Productivas Para el Sector Artesanal se avanza en la investigación de las propiedades físico - mecánicas del material guadua laminada en su presentación de tableros, en laminados con PVAc, urea y melamina formaldehído y emulsión de isocianato.

Para lograr determinar las propiedades, se realizaron ensayos de laboratorio normalizados (bajo las normas NTC 663, 961, 944, 2912 y 3377). A partir de los resultados de dichos ensayos se hizo posible determinar las Propiedades físico-mecánicas descritas en este documento.

Estas actividades se adelantaron a partir de la concertación con la empresa Acero Vegetal y con la Universidad Nacional de Colombia, focalizados en el subproyecto LAMBU.

1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las Propiedades físico-mecánicas del material guadua laminada en su presentación de tableros, en laminados con PVAc, urea y melamina formaldehído y emulsión de isocianato mediante ensayos de laboratorio normalizados (bajo las normas NTC 663, 961, 944, 2912 y 3377)

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Proponer una herramienta de consulta de las propiedades físico - mecánicas del material guadua laminada en su presentación de tableros, para ser aplicados en procesos de desarrollo de productos o desde la dimensión de Diseño Industrial, dirigida a los actores directos del eslabón de transformación y procesamiento de la cadena productiva de la guadua (artesanos, empresarios, arquitectos y diseñadores industriales entre otros)

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GUADUA LAMINADA

2.1.1 GENERALIDADES

La guadua laminada es una propuesta novedosa de utilizar la guadua de forma maciza para componer productos estructurales (pisos, vigas y en nuestro caso particular mobiliario), con ayuda de pegantes. La gran ventaja de la guadua colombiana frente al bambú asiático consiste en las mayores dimensiones de las latas que se pueden producir y en su dureza ligeramente mayor, que ofrece una resistencia abrasiva mayor.



Guadua cortada en latas

2.1.2 PROCESO DE FABRICACIÓN



Tablillas de Guadua

En el proceso de fabricación de las tablillas de guadua se debe buscar un espesor grande (la cepa de la guadua), para lograr minimizar la cantidad de pegante y de procesos técnicos respectivos.

El largo del canuto se aumenta a la medida que la guadua gana altura, mientras que el diámetro del tubo y el espesor de la pared disminuye. Pero hay una mayor densidad de la fibra en la parte alta, mientras en la parte baja hay una mayor presencia de células de parénquima, un “corcho” amortiguador entre las fibras. Por esta condición la mejor parte de la guadua aprovechable para tablillas es la basa, ya que cuenta con un comportamiento cilíndrico, buen diámetro de sección, menor distancia entre nudos y paredes más resistentes que la cepa, no obstante, las otras partes mencionadas anteriormente ofrecen también propiedades que permiten ser aprovechadas.

2.1.3 ESPECIFICACIONES

Productividad:

Según un estudio reciente que se elaboró con más de 2000 guaduas de diferentes guaduales del Eje Cafetero, se determinaron las siguientes características de las cañas:

El 80% de los tallos tienen diámetros entre 9 y 12 cm.

De una guadua se pueden obtener de 3 hasta 5 "piezas" de 4m: una cepa, hasta dos basas, una sobrebasa y un varillón.

Estas guaduas tienen hasta 20 m de longitud y una pared mayor de 0.8 cm.

El promedio del espesor de pared varía entre 0.8 y 2.5 cm.

Podríamos establecer entonces la productividad de una hectárea de guadua para obtener materia prima (tablillas de guadua):

1 culmo: 1 cepa (3m), 2 basas (4m cada uno).

1 cepa: 6 latas (3m) / 1 basa: 6 latas (4m).

caña: 18 tablillas de 3 a 4m.

hectárea: 1350 culmo aproximadamente.

hectárea: 24300 tablillas de 3m promedio.

hectárea: 72900 metros lineales de tablillas.

De las 24.300 latas se pueden descartar 300 aproximadamente por factores como, rajado, torceduras, hongos, entre otros. Los 72.900 metros lineales se podrían dar en caso ideal de producción.

Se pueden producir fácilmente 60 latas hora/operario (40segundos por los dos cortes, 20 segundos por el cepillado de dos caras de 3m). Esto suma en 8 horas teóricamente 480 latas. La sierra doble hoja genera máximo 0.5 cm. de desperdicio de corte por lata, aunque puede ser factible conseguir hasta 0.3mm de desperdicio.

La construcción de la sierra paralela es más económica, que la prensa estrella, aunque hay que construir varias unidades para lograr la misma cantidad de producción. El desgaste de los discos requiere un cambio semanal por un juego

alternos, mientras se afilan los otros. Para un buen rendimiento se necesita un motor de mínimo 7 caballos (5.222 vatios). El desgaste de cuchillas de tungsteno es mucho menor que los de acero. Los filos de la cepilladora, son los que más mantenimiento requieren, por esto se debe aprovechar al máximo la sierra paralela con disco de tungsteno.

Según la experimentación realizada por Iván Gómez (pionero en la elaboración de tablillas, para el SENA de Dos Quebradas, se estableció que de cada guadua es posible sacar 6 latas de 7 a 8mm de espesor y 3cm de ancho, aceptables, para luego ser sometidas a los diferentes procesos de maquinado. La extracción de un número mayor de latas por tallo, dificultaría el proceso de maquinado y aumentaría el porcentaje de desperdicio por las dimensiones reducidas de las piezas.

2.2 ADHESIVOS

2.2.1 GENERALIDADES

Los adhesivos o pegamentos son aquellas sustancias capaces de unir otras sustancias por contacto superficial. La mayoría de los pegamentos posibilitan la unión al rellenar los huecos y fisuras diminutos que existen normalmente en cualquier superficie, aunque sea muy lisa. Los pegamentos distribuyen la tensión en el punto de unión, resisten a la humedad y a la corrosión y eliminan la necesidad de remaches y tornillos.



Su eficacia depende de varios factores, como la resistencia al encogimiento y desprendimiento, la maleabilidad, la fuerza adhesiva y la tensión superficial, que determinan el grado de penetración del pegamento en las minúsculas depresiones de las superficies a unir. Los pegamentos varían según el propósito con el que se vayan a utilizar.

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ADHESIVOS

Los adhesivos se pueden clasificar de diversas maneras:

A. Clasificación por el origen:

○ *Adhesivos Naturales*

Animales: albúmina, goma animal, caseína, cera de abejas, lacas.

Vegetales: resinas naturales como goma arábica, tragacanto, colofonia, aceites y ceras.

Elastómeros: caucho natural y sus diferentes derivados.

○ *Adhesivos sintéticos*

Elastómeros: caucho sintético y derivados (mezcla de butilo, poliisobutileno y polibutadeno), estireno, acrilonitrilo, poliisoprenos, poliuretanos, hules, siliconas y polisulfuro. Acrilonitrilo, poliisoprenos, poliuretanos, hules, siliconas y polisulfuro.

Termoplásticos: derivados de la celulosa, polímeros, copolímeros vinílicos y oleorresinas.

Termoestables: poliésteres, poliamidas, poliacrilatos, polisulfonas, aminoplastos, epóxidos y modificados, resinas fenólicas y modificaciones, poliésteres insaturados poliaromáticos, furanos o úrea formaldehído.

B. Clasificación por métodos de unión:

○ *Sensibles a la presión*

○ *Fundidos por calor:* se funden con el calor y se fijan al enfriar.

○ *De endurecimiento químico:* se usa en aplicaciones estructurales, por su gran fuerza de unión.

○ *Por eliminación del solvente:* se solidifica al perder el solvente (evaporación).



C. Clasificación según su forma física:

○ *Líquidos de alta o baja viscosidad:* fáciles de aplicar, requieren cierto control de su viscosidad.

○ *Pastas.*

- *Película o cinta:* restringidas para superficies suaves, de rápida y fácil aplicación, mantienen un grosor uniforme y ahorro del material.
- *Polvo:* requieren mezcla con líquidos o activación con calor para lograr estado líquido.
- *Sólidos:* aplicaciones particulares, son la soldaduras con adhesivos y materiales de fusión por calor.
- *Base por soldaduras con adhesivos y materiales de fusión por calor.*

D. Clasificación por forma de fijación:

- *Fijados por calor:* se fijan desde la temperatura ambiente hasta los 250°C, pero requieren una temperatura específica para pegar y al aumentar esta temperatura, la fuerza de unión aumenta.
- *Fijados por presión:* la presión varía desde el contacto hasta la aplicación de presión con prensas y favorecen la unión por dejar películas delegadas con gran fuerza.
- *Fijados por el catalizador químico:* requieren temperaturas de 120°C y aplicación de presión, existe una gran variedad para adhesivos termofijos y elastómero.
- *Fijados por vulcanización:* adhesivos elastómeros tratados con agentes químicos como catalizadores, algunos requieren hasta temperaturas de 170°C para iniciar vulcanización.
- *Fijados por reactivación:* son adhesivos termoplásticos o elastómeros que algunas veces requieren solventes o calor para fundir el adhesivo.

2.2.1.2 ADHESIVOS ESTRUCTURALES



Se conoce como adhesivo estructural a aquel que se usa para adherir materiales estructurales, donde el adhesivo trabaja sin falla, a menos que el material falle.

Dentro de los adhesivos estructurales tenemos:

Acrilatos: líquidos de dos componentes, que se aplican por separado sobre las superficies a unir, endurece en

3-4 minutos y el 60 a 70% de su resistencia se adquiere a los 15-30 minutos .

Cianoacrilatos: líquidos de endurecimiento ultra rápido, formados por un solo componente, estables a temperatura ambiente, deben ser aplicados en superficies muy lisas, de manera que no dan buenos resultados en materiales porosos.

Resinas fenólicas: presentan alta contracción durante el curado y tienen baja resistencia al pelado y al impacto, por esto se asocian con elastómeros o termoplásticos, para mejorar estas propiedades, además necesitan de altas presiones para mantener en contacto las superficies de unir, son ampliamente usados en el laminado de madera y en las uniones de metal madera.

Resinas epóxicas: se presentan de forma sólida, líquida, pastas o cintas adhesivas, estas resinas pueden realizar la función de relleno de material entre las superficies a unir, poseen gran poder de adherencia, poca contracción durante el curado, buenas propiedades mecánicas y elásticas, capacidad de trabajar desde muy bajas temperaturas hasta 20°C, buena resistencia química y estabilidad frente al envejecimiento.

Poliuretanos: son adhesivos biocomponentes, las uniones que produce son relativamente elásticas y soportan vibraciones, normalmente utilizadas en la adhesión de superficies plásticas o metálicas; permite además adherir superficies porosas.

2.2.1.3 ASPECTOS PARA LA ELECCIÓN DEL ADHESIVO

Para la elección de un óptimo adhesivo para unir dos materiales, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Estado de las superficies a unir.
- Definición del problema de adhesión y aplicación que se le va a dar.
- Requerimientos de ensamble.
- Forma del adhesivo.
- Módulo de elasticidad del material y del adhesivo.
- Resistencia mecánica de la unión.
- Método de aplicación.
- Proceso de fabricación.
- Temperatura de servicio.

- Entorno químico al que va a quedar expuesto el elemento laminado.
- Necesidad de aislamiento.
- Especificaciones propias del adhesivo.
- Consideraciones económicas.
- Consideraciones ambientales.

2.2.2 ADHESIVOS PARA GUADUA LAMINADA

El adhesivo es uno de los factores más relevantes al momento de llevar a cabo la laminación de la guadua. El pegante es el elemento que une las tablillas de guadua para conformar los tableros y los bloques, este es capaz de proveer al elemento laminado mayor resistencia y durabilidad, por lo tanto es importante hacer un análisis del tipo de adhesivo que se va a emplear para la laminación según sus características, consecución, el aporte que puede hacer a los elementos y el impacto ambiental de su uso. Para el análisis de adhesivos se tomaron como base las referencias del IPIRTI (Indian Plywood Industries, Research & Training Institute) uno de los institutos abanderados en el desarrollo de productos con bambú laminado, que ha desarrollado estudios necesarios para encontrar los adhesivos más óptimos para la laminación de bambú.

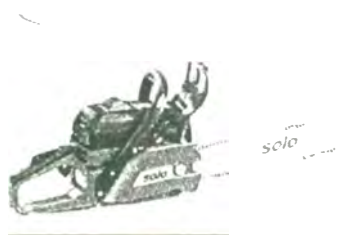
3 PARAMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA GUADUA LAMINADA

A continuación se hará una descripción del proceso productivo más común que se lleva a cabo en el eje cafetero para la obtención de tableros y bloques de guadua laminada. Este proceso consta de tres grandes etapas (aprovechamiento, producción y transformación).

3.1 OBTENCIÓN DE LATAS

A. Cosecha

El proceso productivo empieza a partir de la cosecha. Los corteros cortan la guadua entre la 1:00 y las 4:00 de la mañana en luna menguante, debido a que en esta época las mareas de la tierra bajan y por consiguiente el agua, que la guadua ha acumulado, desciende hacia el rizoma (caimán).



Para llevar a cabo el proceso de cosechado se usan tecnologías básicas como herramientas manuales como el machete, en otros casos se usa la sierra eléctrica manual para la operación de cosechado.

B. Arreo

Las guaduas maduras se encuentran generalmente en el centro del guadual y la mayoría de los guaduales están en zonas de altas pendientes, es por esta razón que se hace necesario el arreo de las guaduas a través de animales de carga, la mayoría de las veces por caballos. El arreo se efectúa montando la carga (guadua rolliza recién cortada) en caballos o burros de carga utilizando sogas.



C. Selección de la guadua

Para la obtención de tablillas se necesita guadua de mínimo 12cm de diámetro, con un espesor de pared de 1.5cm.

Debe estar recién cortada, no más de 4 días, debido a que si se realiza la preservación natural (dejar la guadua 20 días parada dentro del guadual para que sus azúcares se conviertan en alcoholes) aparecen en las latas manchas que alteran la calidad del producto.

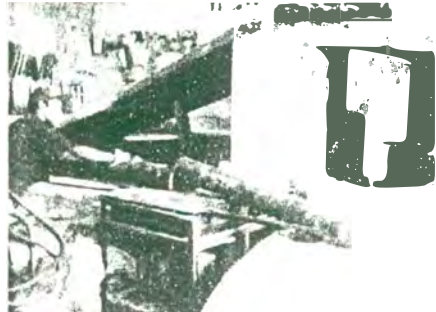
Además la guadua debe estar madura, es decir que debe tener al rededor de 5 años. Para saber cual es la guadua que ya está madura se pueden observar líquenes blancuzcos en todo el tronco de la misma.



D. Troceo

Se cortan las guaduas (Fig. 42) de una misma medida

En el mejor de los casos se alcanza a aprovechar el 38% del total de la guadua, dependiendo del ancho y espesor de las latas.



La tecnología utilizada para el proceso de troceo se basa en maquinaria industrial instalada en la planta como lo es la sierra circular.

Claro está que el largo de las tablillas depende del industrial, de acuerdo al producto que va a fabricar.

E. Aserrado - Doble corte

Con una sierra de cuchillas paralelas (Fig. 44) se logra que un solo operario vaya rotando el culmo de tal forma que se realicen los 6 cortes necesarios por guadua.

De esta manera se pueden producir 400 latas por hora aproximadamente. También se puede obtener mayor productividad de latas si para este proceso se usa una sierra estrella capaz de producir de 6.000 a 10.000 latas diarias, con dos operarios. Aún así las latas que salen de la sierra estrella tiene un corte radial y requieren de un emparejado posterior de los bordes.



Después de este doble corte las latas se sostienen unidas entre si, por los tabiques; para su desprendimiento se tiran los cúlmos al suelo y esos tabiques se separan (Fig.43).

F. Descortezado

En esta parte del proceso, como su nombre lo dice, se le quitan a las latas los nudos, pero además se retira toda la corteza de la planta.

Para hacer el denudado se usa la sierra de disco.



G. Residuos

Después del aserrado y el denudado quedan residuos sólidos grandes que se queman en el horno para producir energía para secar la guadua.

El aserrín que resulta de los cortes es utilizado como fertilizante.



H. Calidad

Es necesario verificar las latas para que no se vayan al siguiente paso del proceso latas que perjudiquen el cepillo, ya que una atascada del cepillo demora el proceso aproximadamente 2 horas. (teniendo en cuenta que se cepillan de 800 a 1000 latas por hora).

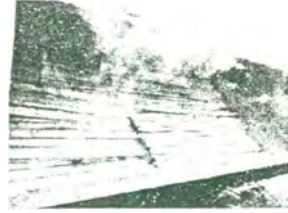


Desde que se corta la guadua hasta que se seca, pueden aparecer diferentes hongos como lo son la mancha azul, el hongo negro o la mancha roja.

3.2 OBTENCIÓN DE TABLILLAS

A. Cocción

La cocción de las latas se realiza en un tanque de acero inoxidable. Se cocinan en agua.



B. Residuos

De la cocción resulta un residuo líquido que contiene mucho almidón y mucho azúcar.



C. Preservación

En este punto del proceso productivo se acomodan todas las latas en una piscina con bórax y ácido bórico para hacerle un tratamiento de inmunización. (Fig. 53)

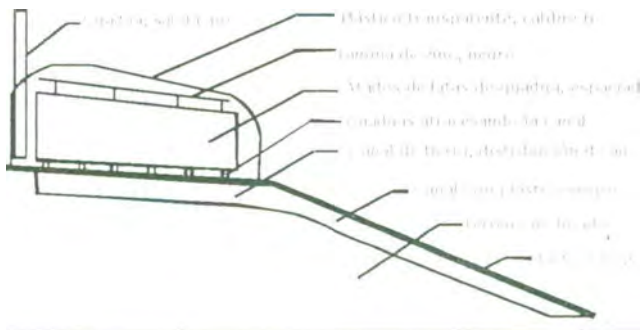


D. Secado

Después de la inmunización se llevan las latas a un horno o cámara de secado.

Existen diferentes formas de realizar el secado:

Secado por Aire - secado que se lleva a cabo utilizando el viento natural y el sol.



Secado con Cobertizo
 secado con aire bajo un cobertizo.

Secado por Aire o con cobertizo Forzado-secado bajo cobertizo con un ventilador en un extremo

para soplar viento entre la madera.

Secado con Horno - la madera se seca en una recámara controlando el flujo de aire, temperatura y humedad.

Cuando se seca la guadua se generan unas deformaciones, por esta razón es necesario que las latas estén con una dimensión superior para que cuando se sequen y se deformen, con el cepillado se pueda corregir.

E. Cepillado

Después de secadas las latas se llevan a cepillar.

Para lograr unas tablillas parejas y de iguales dimensiones es preferible cepillar las cuatro caras. La maquinaria apropiada es una molduradora o perfiladora de cuatro caras, con cuchillas de tungsteno.

- 1. Bata de ar en forma de cono
- 2. Mesa de colocación o entrada
- 3. Mesa de salida
- 4. Árbol porta-cuchilla
- 5. Cilindro de la mesa
- 6. Ajuste de la mesa en longitud y altura
- 7. Resila de tope o guía



F. Empaque de tablilla

En esta parte del proceso se pueden vender las tablillas ya dimensionadas y acabadas. Para esto se empaican generalmente en costales o simplemente se amarran las tablillas con una pita. Este proceso se hace de manera manual.



G. Blanqueamiento

El color se homogeniza con un proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno (agua con 2% hasta 4% de H₂O₂ en algunos casos se usa más el bisulfato), cocinándolo en un tanque durante una o dos horas. Este tratamiento también ablanda las fibras y libera tensiones dentro de las tablillas, que permiten una mayor densidad en el prensado final y descompone el almidón. La desventaja, independiente del costo por la evaporación del reactivo y la oxidación de los hierros cercanos a las calderas (en cemento) (Fig. 59), es el impacto sobre las paredes de las células de guadua.



H. Carbonización

Es el efecto contrario al blanqueamiento. En una autoclave (Fig. 60) se tratan las latillas de guadua con vapor caliente de 150 °C durante 30 minutos.

El efecto es un cambio en la tonalidad, cambiando a un ámbar oscuro y una homogenización del aspecto, para obtener otro acabado en los diferentes usos (como accesorios, por ejemplo)..

También se ablanda la fibra por el vapor, aunque la dureza después del secado es constante. La “mancha azul” sigue visible después de este tratamiento, aunque se destaca menos.

Este procedimiento penetra un 100% la guadua.



3.3 PROCESO DE LAMINACIÓN

A. Encolado

El encolado es el proceso en el cual se aplica el adhesivo a la guadua para ser armada y prensada posteriormente. Este proceso se puede realizar de dos maneras, la primera es aplicando el adhesivo en los cantos de la tablilla para hacer tableros mas delgados; la segunda es aplicando el adhesivo en las caras de las tablillas para unir cara con cara.



El tiempo y técnicas de aplicación dependen del tipo de adhesivo que se escoja. Normalmente este proceso se hace manualmente pero se puede usar encoladora pero solo en el caso de hacerlo por las caras de la tablilla.

B. Prensado

El prensado es necesario para que las tablillas se unan correctamente. Los tiempos, temperatura y parámetros de prensado dependen del tipo de adhesivo de se escoja para este proceso. Para el caso del PVA el adhesivo más usado para este proceso los tiempos son relativamente cortos con



una temperatura entre 15–80°C, y una presión de 1–10Kg/cm².

Actualmente se usa para este proceso, prensas manuales distribuidas equitativamente sobre el material, pero se puede implementar el uso de prensas hidráulicas que mejorarían los tiempos y la calidad de los prensados.

4 PARAMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA LAMINADA

A. Corte

El corte es un proceso que consiste en separar piezas de una material en este caso los tableros o bloques de guadua laminada) por la acción de cintas o discos dentados cuyas aristas cortantes recorren una trayectoria constante, a medida que el material avanza se va desgastando y es desgarrado por los dientes.

Para esta operación se usan diferentes tipos de maquinarias como la caladora manual, la sierra de cinta, la sierra circular o las acolilladoras.



B. Cepillado.

El cepillado se usa para crear superficies completamente planas en tableros o bloques de guadua laminada, por medio de cuchillas rotativas que desgastan la piezas cuando esta entra en contacto con ellas. Las cepilladoras pueden ser de dos tipos las que cepillan una sola cara y las que cepillan dos caras a la vez.



C. Moldurado

El moldurado es el proceso que se realiza en los cantos de las piezas de guadua laminada con el objeto de darles un terminado y apariencia particular. Una moldura es un perfil de sección uniforme que por lo general sirve para adornar o reforzar una pieza del material.



D. Curvado

El proceso de curvado consiste en hacer que la guadua laminada (en tablillas) tome una forma curva preestablecida (Fig 69), para ello existen varios métodos y herramientas, los más utilizados son el curvado por entalladura y el curvado por



vapor, en ambos casos se requieren elementos de fijación como moldes y prensas que le ayuden al material a adoptar la forma deseada y mantenerla.

E. Lijado

El lijado es el proceso que permite preparar la superficie de los tableros y bloques de guadua laminada para tratamientos de acabado y mejorar su belleza y estructura, entre más liza se logre la superficie, mejor es su apariencia y mejor su respuesta ante el polvo y humedad.

Las maquinas lijadora ofrecen diferentes tipos de acabado dependiendo del grano de la cinta o disco de lijado.



F. Torneado

El torneado es el proceso por el cual se obtienen piezas de revolución a partir de bloques de guadua laminada. Se logra básicamente a partir de un movimiento de rotación hecho por la pieza de guadua mientras la herramienta hace movimientos rectilíneos y de penetración en la pieza.



G. Maquinado

Es un proceso de conformado por eliminación de material, la eliminación del material (bloques de guadua laminada) se realizan fundamentalmente por procesos mecánicos como el taladrado, escopleado y torneado (explicado anteriormente).

5 PRUEBAS Y ENSAYOS

5.1 PROTOCOLO DE ENSAYOS

5.1.1 PROPÓSITO

Por medio de la obtención de datos, caracterizar las propiedades físico-mecánicas del material guadua laminada en su presentación de tableros, en laminados con PVAc, Úrea y melamina formaldehído y emulsión de isocianato.

5.1.2 PRUEBAS

Obtener los datos de la resistencia a la flexión.

Obtener los datos de la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra.

Obtener los datos de la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra.

Determinar la compresión paralela a la fibra

Determinar la compresión perpendicular a la fibra.

Determinar el esfuerzo de corte paralelo a la fibra.

Determinar el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra .

Determinar el agrietamiento paralelo a la fibra.

Determinar el agrietamiento perpendicular a la fibra.

Determinar la tensión paralela a la fibra.

Determinar la tensión perpendicular a la fibra.

5.1.3 RECURSOS

Tiempo: cada prueba tiene un tiempo definido por la norma.

Fecha: Del 4 de octubre al 22 de noviembre de 2004.

Adecuación de materiales: probetas definidas por las normas para cada prueba.

Equipos e instrumentos de medición: Normas técnica NTC 3377 y 2912.

5.1.4 DEFINICIÓN DE VARIABLES


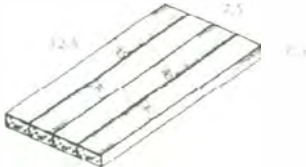

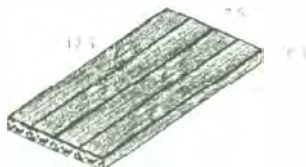

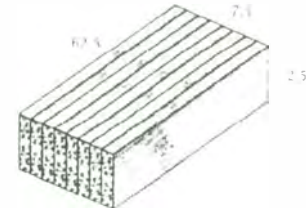

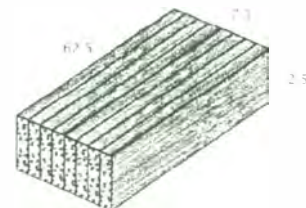

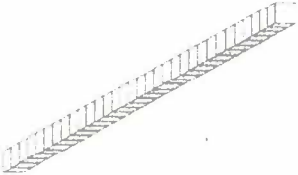
N°	Tipo	Nombre	Dimensión	Indicador
1	Ind.	Tipo de adhesivo.	Físico-mecánica	Comparación entre los laminados con cada uno de los adhesivos, para cada una de las pruebas en pruebas y probetas iguales.
2	Ind.	Tipo de laminado.	Físico-mecánica	Comparación entre los tipos de laminados con cada uno de los adhesivos, para cada una de las pruebas en pruebas y probetas iguales.
3.	Ind.	Tipo de acabado de la guadua	Físico-mecánica	Comparación entre los dos tipos de acabados de la guadua con la que se hacen los laminados (blancas y carbonizadas), para cada una de las pruebas en pruebas y probetas iguales.


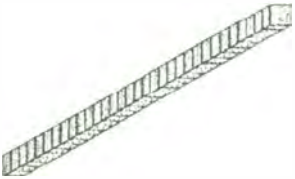








5.1.5 DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO

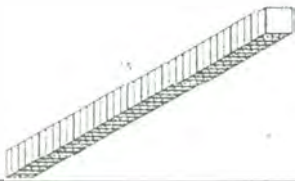
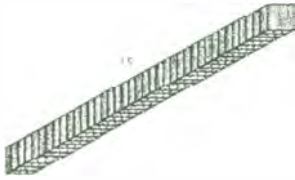

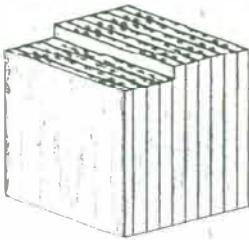

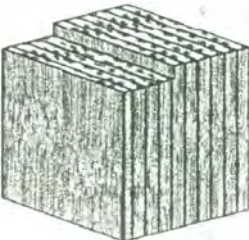

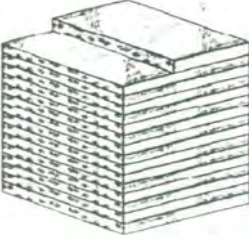
Normas técnica NTC 3377 y 2912.




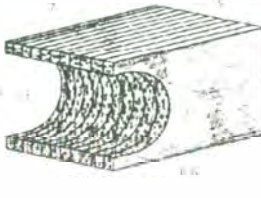

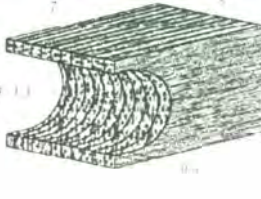

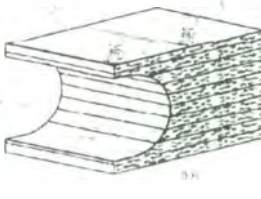

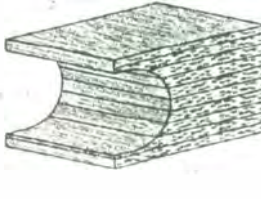
5.1.6 DISEÑO DE FORMATOS




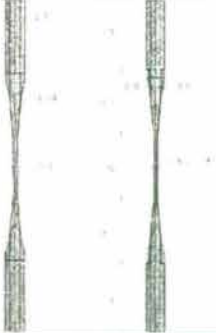

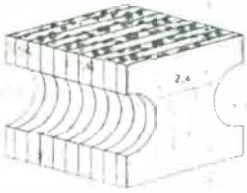

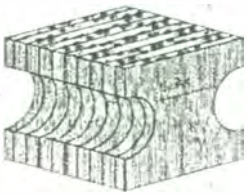
A. PVA

NOMBRE	PROBETAS	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
<p>1. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 5.0 mm Carga máxima: 136.6 Kg</p>
<p>2. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 3.23 mm Carga máxima: 121 Kg</p>
<p>3. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.9 mm Carga máxima: 570 Kg</p>
<p>4. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 25.2 mm Carga máxima: 484 Kg</p>
<p>5. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 16.2 mm Carga máxima: 24 Kg</p>


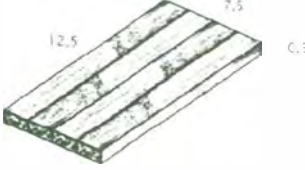

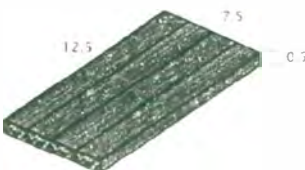

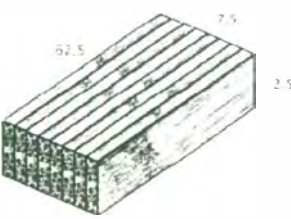
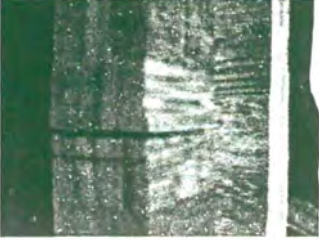

<p>6. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 17.2 mm Carga máxima: 23.5 Kg</p>
<p>7. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.626 mm Carga máxima: 888 Kg</p>
<p>8. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 7.4 mm Carga máxima: 505 Kg</p>
<p>9. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 100 mm Carga máxima: 7550 Kg</p>
<p>10. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 81mm Carga máxima: 6600 Kg</p>
<p>11. Compresión perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm,</p>	<p>Deformación: 17.72 mm Carga máxima:</p>




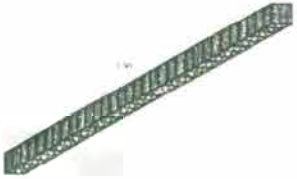




		Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.	1640 Kg
12. Compresión perpendicular a la fibra		Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.	Deformación: 21.59 mm Carga máxima: 1340 Kg
15. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra 		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.	Carga máxima: 2740 Kg
16. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra 		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.	Carga máxima: 1450 Kg
17. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra 		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.	Carga máxima: 1500 Kg
18. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra		Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA	Carga máxima: 3000 Kg



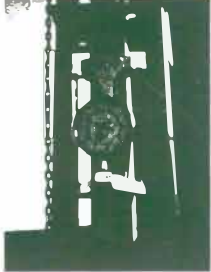





		<p>Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Se deforma pero no se corta</p>
<p>19. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 220 Kg</p>
<p>20. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 155 Kg</p>
<p>21. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: Blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 110 Kg</p>
<p>22. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 125 Kg</p>


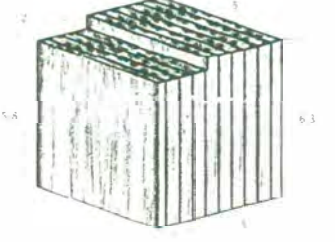

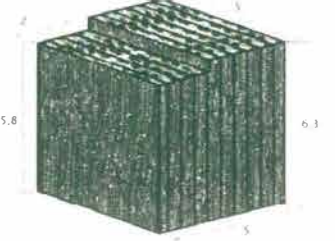




<p>23. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica Adhesivo: PVA Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $25.6\text{mm} \times 10^{-2}$ Carga máxima: 1650 Kg</p>
<p>24. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica Adhesivo: PVA Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $23.4\text{mm} \times 10^{-2}$ Carga máxima: 1250 Kg</p>
<p>25. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 210 Kg</p>
<p>26. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 230 Kg</p>


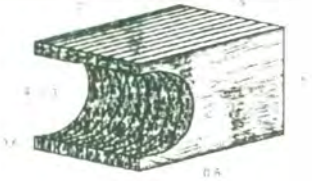

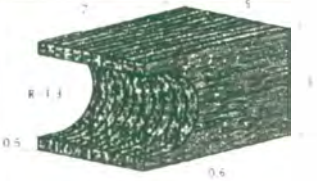

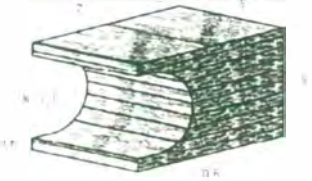

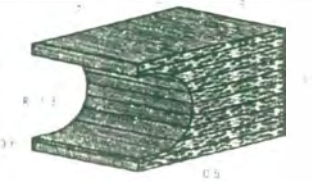
B. MELAMINA - ÚREA FORMALDEHÍDO


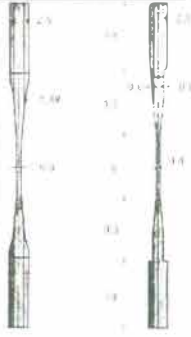

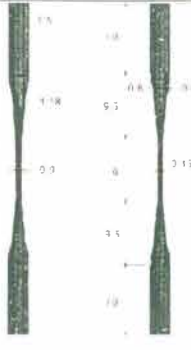



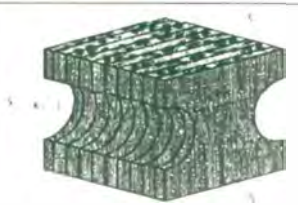
NOMBRE	PROBETAS	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
<p>1. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 5.38 mm Carga máxima: 201.6 Kg</p>
<p>2. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 4.32 mm Carga máxima: 114 Kg</p>
<p>3. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.1 mm Carga máxima: 609.6 Kg</p>
<p>4. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x .5cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 12.03 mm Carga máxima: 366 Kg</p>

<p>5. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 23.48 mm Carga máxima: 14.8 Kg</p>
<p>6. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 10.46 mm Carga máxima: 33.76 Kg</p>
<p>7. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 23.73 mm Carga máxima: 1075.5 Kg</p>
<p>8. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 24.72 mm Carga máxima: 974.4 Kg</p>


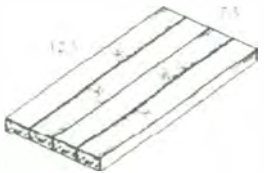



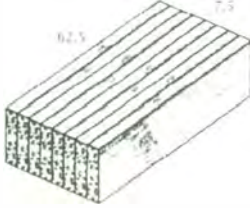

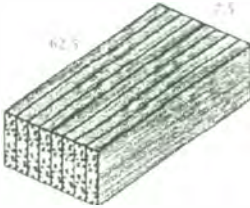


<p>9. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 41.5 mm Carga máxima: 9600 Kg</p>
<p>10. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 47mm Carga máxima: 8000 Kg</p>
<p>11. Compresión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Deformación: 27.59 mm Carga máxima: 2496 Kg</p>
<p>12. Compresión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Deformación: 31.6 mm Carga máxima: 1716 Kg</p>


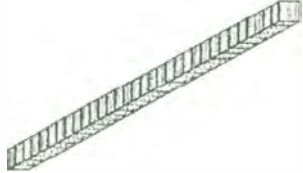








<p>13. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 1750 Kg</p>
<p>14. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 2200 Kg</p>
<p>15. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: PVA Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 1500 Kg</p>
<p>16. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>A los 1200Kg se despega el pegante A los 1650 se empieza a aplastar</p> <p>Se deforma pero no se corta</p>


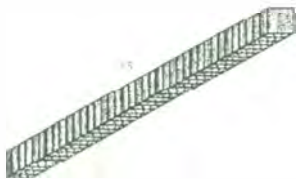
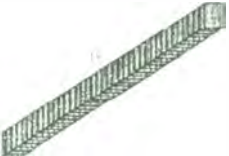
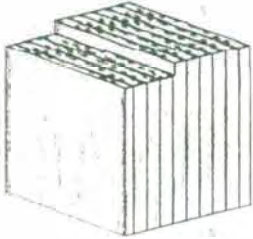

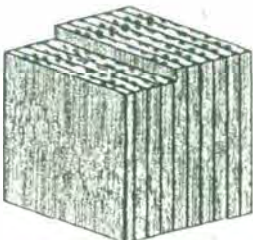

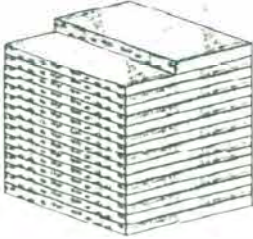
<p>17. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 130 Kg</p>
<p>18. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 90 Kg</p>
<p>19. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 80 Kg</p>
<p>20. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 100 Kg</p>


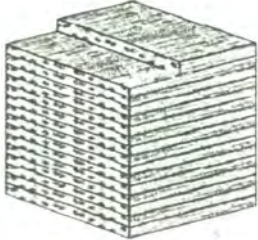

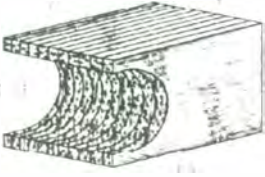

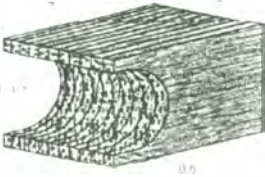

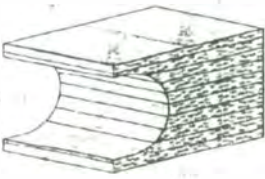

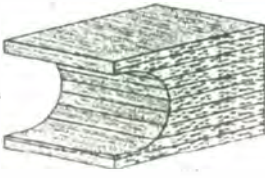
<p>21. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $25.6\text{mm} \times 10^{-2}$</p> <p>Carga máxima: 1.650 Kg</p>
<p>22. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $23.4\text{mm} \times 10^{-2}$</p> <p>Carga máxima: 1250 Kg</p>
<p>23. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 135 Kg</p>
<p>24. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: Melamina - Urea formaldehído.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 58 Kg</p>


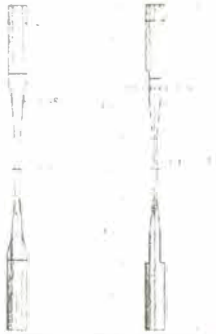

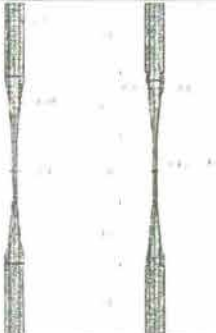

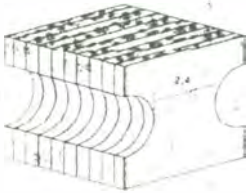

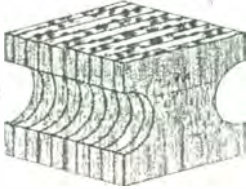
C. EPI

NOMBRE	PROBETAS	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
<p>1. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 5.63 mm Carga máxima: 217.7 Kg</p>
<p>2. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 12.5cm x 7.5cm x 0.5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 4.21 mm Carga máxima: 119.8 Kg</p>
<p>3. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x 2.5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 21.6 mm Carga máxima: 610.2 Kg</p>
<p>4. Resistencia a la flexión en tableros</p> 		<p>Dimensiones: 62.5cm x 7.5cm x .5cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 18.09 mm Carga máxima: 466 Kg</p>
<p>5. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 21.5 mm Carga máxima: 29.01 Kg</p>

<p>6. Resistencia a la flexión estática paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Elongación: 15.91 mm Carga máxima: 25 Kg</p>
<p>7. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 23.61 mm Carga máxima: 1081.2 Kg</p>
<p>8. Resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 100cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: 19.67 mm Carga máxima: 998.9 Kg</p>
<p>9. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 110 mm Carga máxima: 8068 Kg</p>
<p>10. Compresión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 30cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Deformación: 101 mm Carga máxima: 7590 Kg</p>
<p>11. Compresión perpendicular a la</p>		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x</p>	<p>Deformación: 24.61 mm</p>

<p>fibra</p>		<p>15cm, Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 1993 Kg</p>
<p>12. Compresión perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 15cm, Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Deformación: 37.03 mm Carga máxima: 1550 Kg</p>
<p>15. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 3150 Kg</p>
<p>16. Esfuerzo de corte paralelo a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 1870 Kg</p>
<p>17. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 1480 Kg</p>
<p>18. Esfuerzo de corte perpendicular a la fibra</p>		<p>Dimensiones: 63cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p>	<p>A los 2900Kg se despega el pegante Se deforma pero no se corta</p>

		<p>Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	
<p>19. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 270 Kg</p>
<p>20. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 180 Kg</p>
<p>21. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: blanca Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 135 Kg</p>
<p>22. Agrietamiento</p> 		<p>Dimensiones: 7cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica) Adhesivo: EPI. Acabado: carbonizada Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Carga máxima: 112 Kg</p>

<p>23. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: EPI.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $25.6\text{mm} \times 10^{-2}$</p> <p>Carga máxima: 1.650 Kg</p>
<p>24. Tensión paralela a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: como lo indica la gráfica</p> <p>Adhesivo: EPI.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de cara.</p>	<p>Elongación: $23.4\text{mm} \times 10^{-2}$</p> <p>Carga máxima: 1250 Kg</p>
<p>25. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: EPI.</p> <p>Acabado: blanca</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 184 Kg</p>
<p>26. Tensión perpendicular a la fibra</p> 		<p>Dimensiones: 5cm x 5cm x 5cm, (como lo indica la gráfica)</p> <p>Adhesivo: EPI.</p> <p>Acabado: carbonizada</p> <p>Especificaciones: pegada de canto.</p>	<p>Carga máxima: 198 Kg</p>

6. FICHA TÉCNICA DE ADHESIVOS

A. ADHESIVO: PVAc Modificado

NOMBRE COMERCIAL: PVAc 3339

Adhesivo para pegues de lamelas, puertas o panelería. Éste adhesivo es el de mas rápido secado y es recomendado para prensas de radiofrecuencia. Cumple con los requerimientos de la norma EN 204, clase D.

DATOS TÉCNICOS:

Tipo: Dispersión de polivinil acetato

Presentación: Liquido

Color: Blanco

Viscosidad: Aprox. 11.000cps, Brookfield LVT, sp. 4, 6 r.p.m., 25°C y en el momento de ser producido. Durante el almacenamiento la viscosidad aumentará con el tiempo. Si es almacenado a temperaturas superiores a los 20°C la viscosidad aumentara rápidamente.

Densidad: Aprox. 1.080 Kg/m³

PH: 2.5-3.5

Solvente: Agua

OTROS DATOS:

Condiciones de almacenamiento: seis meses cuando es almacenado en empaque bien cerrado a 20°C. A 30°C el tiempo de almacenamiento se reduce a tres meses aproximadamente. El PVAc puede ser utilizado mientras no se separe, se espese o sufra degradación bacteriana (mal olor, y baja viscosidad). Cuando hay separación se puede observar agua en la superficie del adhesivo.

Si el empaque es abierto por largos periodos el pegante es susceptible de formar una capa superficial, para evitar esto debe cerrarse muy bien cuando no esté en uso.

No se recomienda que sea almacenado por debajo de los 0°C ni por encima de los 30°C cortos periodos de exposición a dichas temperaturas (durante el transporte) pueden ser aceptadas.

El PVAc no decolora la madera, sin embargo, el hierro de las encoladoras puede junto con el ácido tánico, en algunas especies de maderas como el roble dar una decoloración. Para evitar este riesgo, se recomienda hacer pruebas previas.

Relación de mezcla: 100 partes en peso.

Calidad de unión: cumple con los requisitos de la norma EN 204 Clase D4. esto significa que el material pegado puede ser utilizado en exteriores si la línea de cola está protegido por un adecuado recubrimiento superficial. La resistencia al agua de acuerdo para el D4 es alcanzada después de los 7-14 días.

Preparación de la madera: La madera debe ser preparada con un tiempo no mayor de 24h antes de ser encolada.

Humedad de la madera: El contenido de humedad de la madera debe estar entre 5 -14% o mejor aún entre el 7-10%. Contenidos mayores de humedad pueden ser aceptables pero requieren de mayor tiempo de prensado y se corre el riesgo de delaminación por encogimiento de la línea de cola durante el secado.

Tiempo de ensamble: El tiempo de ensamble es el tiempo entre el encolado y el momento en el cual el material es prensado. Este coincide con el tiempo abierto (OAT open assembly time) y el tiempo cerrado (CAT close assembly time).

El tiempo abierto es el tiempo entre la aplicación y el ensamble del material a ser pegado.

El tiempo cerrado es el tiempo entre el ensamble del material y la iniciación de la presión en la prensa.

El OAT es máximo de 7min con 65% de humedad relativa y un esparcimiento de 15g/m²

El CAT es máximo de 10min a 20°C con 65% de humedad relativa y un esparcimiento de 15g/m²

Los tiempos de ensamble están influenciados por el esparcimiento, el método de aplicación del adhesivo, la temperatura y humedad relativa del aire de trabajo, la especie de madera, el contenido de humedad de la madera etc. Los tiempos de ensamble y prensado son altos cuando los esparcimientos son altos, la temperatura en el aire de trabajo es baja, el contenido de humedad en el aire es alto, y la madera absorbe el agua del adhesivo lentamente.

Temperatura de prensa y tiempos de prensado: Normalmente el adhesivo puede ser usado cuando la temperatura en la línea de unión esta entre 15–80°C. temperaturas superiores (por encima de los 110°C) pueden ser usadas si los tiempos de prensa son continuos y muy cortos. Si se usan temperaturas de prensado superiores a los 50°C se recomiendan tiempos de prensado mas cortos. Esto se debe a que el adhesivo es termoplástico y las temperaturas superiores a los 50°C pueden generar una abertura en la línea de cola cuando la presión es liberada por la termo-plasticidad del adhesivo ya que la propiedades de termo-plasticidad son incrementan con temperaturas mayores.

Presión: 1–10Kg/cm² (0.1 a 1 Mpa) preferiblemente en superficies completamente planas con buen contacto, esto se puede notar cuando se unen especies de maderas duras con alas presiones y cortos tiempos de

ensamble pueden causar que el adhesivo sea presionado hacia fuera de la línea de cola. Tiempos de ensamble largos y líneas de cola delgadas pueden dar mejor resultado.

Limpieza: El adhesivo sobre la piel puede ser lavado con agua y jabón el equipo debe ser lavado con agua tibia antes de que el adhesivo se seque.

B. ADHESIVO: ÚREA FORMALDEHÍDO

NOMBRE COMERCIAL: POLIMERO 216 FE L

GENERALIDADES: El polímero 216 FE L es una resina líquida viscosa producida por condensación de urea con formaldehído, de aspecto blanco opaco. En estado intermedio de polimerización con muy bajo contenido de formol libre. El curado o completa polimerización se logra por acción de un catalizador y/o la acción del calor, logrando así un polímero rígido, cristalino y termoestable.

El polímero 216 FE L se caracteriza por su rápido curado, alta resistencia química y mecánica, gran dureza y alto poder de adhesión.

Almacenamiento: para prevenir que el producto se dañe, este se debe almacenar bajo techo y a temperaturas inferiores a los 25°C la estabilidad de este polímetro a diferentes temperaturas es la siguiente:

- A 35°C: 1 mes
- A 25°C: 2.5 meses
- A 20°C: 3 meses

El tiempo de estabilidad se refiere al periodo de transcurrir hasta cuando el producto alcanza un tope máximo de viscosidad de 1000cps.

Aplicaciones: El polímero 216 FE L es una resina diseñada para ser usada como pegante durante el proceso de fabricación de tableros aglomerados

de madera o fibra de caña de azúcar permitiendo obtener tableros clase E3. En general, es un excelente pegante de fibras celulósicas.

También es utilizado para la fabricación de triplex o laminados de madera de diversos espesores, enchapados de tableros aglomerados con chapilla de madera o foils de papel.

En la industria de la madera en general se usa como pegante para fabricar muebles, puertas entamboradas o entableradas, unir formica con un tablero aglomerado etc. En todas las aplicaciones anteriores debe ser necesario el uso de un catalizador ácido (sal de amonio, ácido clorhídrico, o ácido fosfórico) y presión para lograr el pegue de las piezas).

Si se quiere acelerar el proceso de secado se debe aplicar calor al sistema.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA PRODUCIR TABLEROS:

Dosificación: Capa externa: 9-12% y capa interna: de 7-10%

Endurecedor: Se puede utilizar cloruro, sulfato o nitrato de amonio.

Formulación: La composición de la fórmula del pegante depende de muchos factores de proceso. Para alcanzar clase E2 es necesario usar secuestrantes de formaldehído. Las recomendaciones serán por el proveedor.

Dosificación del Endurecedor: Las recomendaciones serán por el proveedor.

Aplicación: Preferiblemente con máquina encoladora.

Agente hidrofóbico: el valor de hinchamiento se puede regular adicionando emulsión de parafina. Para la dosificación normal es de 0.5-1% de componente activo/fibra seca (sólido de parafina/fibra seca).

Humedad de viruta: para obtener tableros clase E1 se necesita una viruta más seca que para obtener tableros clase E2. Por lo tanto es favorable tener valores menores al 2% de contenido de humedad después del secado para el tablero clase E1 y menores de 4% para tableros clase E2.

Condiciones de Prensado: la temperatura de prensado debe ser menor a 170°C para obtener buenas propiedades de los tableros. El tiempo de prensa depende de factores como; el equipo de proceso, tipo de resina, la formulación del pegante, la mezcla de la fibras. Por lo tanto no se pueden dar recomendaciones en general.

RECOMENDACIONES DE SALUD Y SEGURIDAD

Rotulación: el polímero 216 FE L no está clasificado como peligros para la salud.

Manejo y limpieza: se debe evitar el contacto con la piel, retirar la resina mediante lavado con agua tibia (30-50°C) y jabón nunca utilizar agua fría.

C. ADHESIVO: MELAMINA FORMALDEHÍDO

NOMBRE COMERCIAL: COL 80

GENERALIDADES: El COL80 es una resina líquida de melamina formaldehído metilada, de grado de concentración bajo en solución acuosa.

Los grupos metilados que posee el polímero COL80 la hacen completamente soluble en agua a temperatura ambiente y compatible con otras resinas, entre ellas la urea formaldehído, lo cual permite una combinación rápida e íntima con las fibras celulósicas utilizadas en la producción de textiles, al igual que productos elaborados en madera.

Almacenamiento: El COL80 es una resina de gran estabilidad durante el almacenamiento se recomienda almacenar el producto bajo techo, a temperaturas inferiores a los 25°C y con buena ventilación.

Aplicaciones: el polímero COL 80 o resina melaminica tiene dentro del campo maderero varias aplicaciones, pero siempre con un mismo objetivo, dar resistencia a la humedad.

- A. Tableros aglomerados resistentes a la humedad.
- B. Enchapados de tableros melaminicos.
- C. Vigas laminadas: cuando el polímero se emplea puro sin ningún tipo de mezcla, puede ser utilizado para vigas instaladas a la intemperie, pero cuando se mezcla con resinas ureicas, su utilización debe ser únicamente para interiores.
- D. Pisos: los cuales por su alto tráfico y constante exposición al agua requieren de un adhesivo que le ofrezca buena resistencia y calidad en las líneas de cola.
- E. Puertas y ventanas: al igual que vigas y pisos, estos productos, sobretodos los colocados al exterior, deben tener adhesivos que permitan colocarlos a la intemperie, con la propiedad adicional de ofrecer líneas de cola transparentes.
- F. Sellado de canto de los tableros resistentes a la humedad: dichos tableros deben tener los cantos sellados para evitar que el agua penetre y lo dilate.

D. ADHESIVO: EMULSIÓN DE ISOCIANATO

NOMBRE COMERCIAL: EPI

EPI 1984 con HARDENER 1993

El sistema de adhesivo con EPI 1984 con Hardener 1993 se utiliza para pegar madera con madera; madera al aluminio, también es posible utilizarlo para unir madera a diferentes materiales plomerito pero siempre se recomienda una prueba preliminar de adhesión. El adhesivo tiene un alto grado de resistencia al calor y a los solventes, también ofrece una buena resistencia al deslizamiento bajo a cargas sostenidas.

El sistema 1984/1993 se puede utilizar para prensar tanto en frío como en caliente y para prensado con radio frecuencia.

La combinación 1984/1993 ha sido aprobada por el Institut Fenstertechnik en Rosenheim (IFT), Alemania, según la norma en 204, clase D4, por la SHR Holanda de acuerdo al BRL 2339 "adhesivos para aplicaciones no estructurales" aprobado para laminación y uniones de spruce y merati y WATT91 con el certificado KOMO GVT:32557 y GVT: 32701 y por la NTI, Noruega de acuerdo al JIS K6806, Clase 1, grado 1 y adhesivo para condiciones de exposición 2 en JAS, estándar para vigas de madera laminada estructural, MAFF modificado N° 992

PROPIEDADES

Tipo de adhesivo: 1984 Dispersión base agua
1993 Isocianato tipo MDI

Presentación: 1984 Líquido
1993 Líquido

Color: 1984 blanco
1993 café claro

Viscosidad: 1984 aprox 15000 mPas Brookfield LVI, sp, 4,6 RPM, 25°C
1993 aprox 300 mPas Brookfield LVI, sp, 2,30 RPM, 25°C

Densidad: 1984 aprox 1200Kg/m³
1993 aprox 1200Kg/m³

Ph: 1984 aprox 7
1993 aprox 7

OTROS DATOS

- Propiedades de la línea de pegue: El sistema EPI 1984 con Hardener 1993 cumple los requisitos exigidos por la EN 204, clase D4, JAS MAFF N° 992 (remojo en agua fría y remojo en agua hirviendo) JIS K6806 (esfuerzo constante en compresión y tiempo de retención de la unión bajo esfuerzo) BRL 2339 (resistencia a la delaminación en spruce y mercantil y WATT 91
- Tiempo y condiciones de almacenamiento: 1984 12 meses a 20°C en empaque bien cerrado; 1993 12 meses a 20°C en empaque bien cerrado; 1993.

A 30°C el tiempo de almacenamiento es aproximadamente la mitad de reportado para almacenamiento a 20°C.

El producto puede usarse sin problemas mientras no se observe separación de fases, espesamiento o muestre símbolos de degradación bacterial (mal olor y baja viscosidad). La separación puede observarse como un película de agua en la partes superior del adhesivo.

Si los recipientes de almacenamiento se dejan abiertos por largos periodos de tiempo se corre el riesgo de formación de películas en la superficie, para evitar esto los recipientes deben estar cerrados cuando no se este consumiendo el producto.

La temperatura de almacenamiento mas recomendable esta entre 15-20°C para ambas referencias el adhesivo EPI 1984 no debe exponer a temperaturas por debajo de 0°C o por encima de 30°C.

Cortos periodos de exposición a estas temperaturas son tolerables. Si los productos sufren congelamiento no deben ser descongelados para ser usados ya que habrían ocurrido cambios irreversibles en sus propiedades.

DIRECCIONES DE USO

- Aplicación: Utilice paleta dentada, cepillo o esparcidor de rodillo.
- Proporciones de mezcla: 1984 100 partes por peso.
1993 10–15 partes por peso
- Equilibrio de mezclado: Mezclador Casco Products o a mano.
- Tiempo de mezclado: manualmente se debe mezclar cerca de 2 minutos o hasta obtener una mezcla homogénea.
- Temperatura de mezcla: El rango óptimo de temperatura para el uso del adhesivo mezclado para garantizar el tiempo de vida y los tiempos de armado es de 15–22°C
- Temperatura de la madera: la temperatura de la madera no deberá estar por debajo de 20°C al momento de ser impregnada con el adhesivo mezclado.
- Humedad de la madera: 8–15 %
- Preparación de la madera: para mejores resultados la madera deberá ser cepillada, para lograr una unión óptima las operaciones de pegue deberá realizarse dentro de las 24 horas posteriores a las operaciones de cepillado.
- Cantidad de pegante: una aplicación de 150 –300 g/m², preferiblemente con aplicación de ambas caras.
- Tiempo de ensamble: el tiempo de ensambles es el transcurrido entre la impregnación del adhesivo y el momento en que los materiales a unir son sometidos a presión en las prensas. Esta compuesto por el tiempo abierto de ensamble (OAT open assembly

time) y el tiempo cerrado de ensamble (CAT close assembly time). El OAT es el tiempo transcurrido entre la aplicación del adhesivo y el ensamblaje de las piezas a unir. El CAT es el tiempo transcurrido entre el ensamble de las piezas y la aplicación de presión en la prensa. La presión deberá ser aplicada mientras el adhesivo permanezca como tack.

El tiempo de ensamble está influenciado por el nivel de esparcimiento, el método de aplicación del adhesivo, la temperatura, la humedad relativa en el lugar de trabajo, las especies de madera, el contenido de humedad, la temperatura de la madera, etc. El tiempo de ensamble puede incrementarse con aumentos del nivel de esparcimiento, disminución de la temperatura en el lugar de trabajo, aumento del contenido de humedad del aire y cuando la madera tiene baja capacidad de absorber el agua presente en el adhesivo. El tiempo de prensa también deberá ser incrementado

- Tiempo abierto: el máximo tiempo de ensamble abierto es de cinco minutos a 20°C, con un esparcimiento de 180 g/m²
- Tiempo cerrado: el máximo tiempo de ensamble cerrado es de 10 minutos a 20°C, con un esparcimiento de 180 g/m²
- Temperatura de prensado: cuando se usen prensas calientes o de radio frecuencia, la temperatura sobre la línea de cola no deberá superar los 70°C.
- Tiempo de prensa: mínimo ½ hora a 20°C, dependiendo de la cantidad de pegante. Los elementos pegados se pueden maquinar de 2-6 horas pero se obtienen mejores resultados si las muestras se dejan reposar 24 horas antes de maquinarlas. Mayores temperaturas pueden reducir los tiempos de prensa.

Los tiempos de prensa pueden ser influenciados de la misma manera que fue descrito el tiempo de ensamble.

Uniones con especies de maderas especiales a temperaturas diferentes o elementos con grandes tensiones requieren de la determinación del tiempo de prensa en cada caso.

La mayor resistencia a la humedad se alcanza luego de 14 días.

- Presión: 0.1– 1.0 Mpa superficies cepilladas cuidadosamente que tengan buen contacto permiten obtener los mejores resultados. Hay que anotar que altas presiones y cortos tiempos de ensamble cuando se trabajan especies duras, generan pérdidas de adhesivo a través de la línea de unión. Largos tiempos de ensamble y bajos niveles de presión permiten alcanzar mejores resultados en las uniones.

Las superficies cuidadosamente cepilladas que permitan un buen contacto permiten obtener mejores resultados.

LIMPIEZA

Limpie las herramientas de aplicación con agua antes de que el adhesivo cure.

Dispersión y/o Hardener en la piel deben ser lavados inmediatamente con jabón y agua tibia.

SEGURIDAD Y SALUD

El Hardener y las mezclas de dispersión y catalizador contienen isocianato. Se debe conservar una buena higiene. Usar guantes y anteojos de protección.

7 CÁLCULOS DE RESULTADOS PRUEBAS FÍSICO – MECÁNICAS

7.1 CÁLCULOS PARA PVAc

7.1.1 FLEXIÓN:

La resistencia a la flexión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{3PL}{2ae^2}$$

Donde:

σ_{\max} = Resistencia máxima a la flexión, en Kilogramos por centímetro cuadrado.

P = Carga de rotura en N

L = Luz entre los soportes en milímetros

a = Ancho de la probeta en milímetros

e = Altura de la probeta en milímetros

Guadua Blanca / laminada de canto:

P = 1338,7 N

L = 75 mm

a = 75 mm

e = 5 mm

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \times 1338,7 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{301207,5 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}}$$

$$\sigma_{\max} = 80,32 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1185,8 \text{ N}$$

$$L = 75 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \times 1185,8 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{266805 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\max} = 71,14 \text{ N/mm}^2$$

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 5586 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \times 5586 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{6233976 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\max} = 66,49 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de cara:

$$P = 4743,2 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3 \times 4743,2 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{5293411,2 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 56,46 \text{ N/mm}^2$$

7.1.2 TENSION PARALELA AL GRANO:

El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOE = \frac{P \times l}{A \times d}$$

Donde:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro en cm

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM= \frac{16170 \text{ N}}{1.62\text{cm}^2}$$

$$EM= 9981,5\text{N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

$$P= 16170 \text{ N}$$

$$l= 6,8 \text{ cm}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d= 0.26 \text{ cm}^2$$

$$MOE= \frac{16170 \text{ N} \times 6.8\text{cm}}{1.62\text{cm}^2 \times 0,26\text{cm}}$$

$$MOE= \frac{109956 \text{ Ncm}}{0,42\text{cm}^3}$$

$$MOE= 261800\text{N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P= 12250 \text{ N}$$

$$A= 1,62 \text{ cm}^2$$

$$EM = \frac{12250 \text{ N}}{1.62 \text{ cm}^2}$$

$$EM = 7561,1 \text{ N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$$MOE = \text{Modulo de elasticidad en N/cm}^2$$

$$P = 12250 \text{ N}$$

$$l = 6,8 \text{ cm}$$

$$A = 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d = 0.23 \text{ cm}^2$$

$$MOE = \frac{12250 \text{ N} \times 6.8 \text{ cm}}{1.62 \text{ cm}^2 \times 0,23 \text{ cm}}$$

$$MOE = \frac{83300 \text{ Ncm}}{0,37 \text{ cm}^3}$$

$$MOE = 225135 \text{ N/cm}^2$$

7.1.3 TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO:

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RT = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano en N/cm^2

P= Carga máxima soportada por la probeta en N
A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

Guadua blanca / laminada de canto:

P= 2058 N

A= 12 cm²

$$RT = \frac{2058 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 171,5 / \text{cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

P= 2245 N

A= 12 cm²

$$RT = \frac{2254 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 187,8 \text{ N/cm}^2$$

7.1.4 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO:

La resistencia máxima de rotura a la compresion paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c // \text{máx} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{m}\acute{a}\text{x} =$ Resistencia máxima de rotura a la compresi3n paralela al grano en dN/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

S= rea de la secci3n mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuaci3n:

$$E_{c//} = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_{c//} =$ Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en dN

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S= rea de la secci3n mínima de la probeta, en cm²

d= Deformaci3n de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de cara:

P= 7399 dN

S= 25 cm²

$$\sigma = \frac{7399 \text{ Dn}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 295 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//} =$ Modulo de elasticidad en dN/cm²

$$P = 7399 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$Ec// = \frac{7399 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ cm}}$$

$$Ec// = \frac{110985 \text{ dNcm}}{250 \text{ cm}^3}$$

$$Ec// = 443,94 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 6468 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{6468 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 258,7 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_c//$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 6468 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 8,1 \text{ cm}$$

$$Ec// = \frac{6468 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 8,1 \text{ cm}}$$

$$E_{c//} = \frac{97020 \text{ dNcm}}{202,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_{c//} = 479,1 \text{ dN/cm}^2$$

7.1.5 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{c//\text{máx} = P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{c//} = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S = Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d = Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 1607,2 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1607,2 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 64,28 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_c // =$ Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 1607,2 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 1,7 \text{ cm}$$

$$E_c // = \frac{1607,2 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$E_c // = \frac{24108 \text{ dNcm}}{42,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_c // = 567,2 \text{ dN/cm}^2$$

7.1.6 CORTE:

La resistencia máxima de rotura al corte se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_c = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma_c =$ Resistencia máxima de rotura a corte en Kg/cm^2

P= Carga máxima soportada por la probeta en Kgf
S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P= 2740 Kgf

S= 29 cm²

$$\sigma_{\zeta} = \frac{2740 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\zeta} = 94,4 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P= 1450 Kgf

S= 29 cm²

$$\sigma_{\zeta} = \frac{1450 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\zeta} = 50 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

NO APLICA

Guadua carbonizada / laminada de canto:

NO APLICA

7.1.7 AGRIETAMIENTO:

La resistencia máxima de agrietamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ = Resistencia máxima de rotura a corte en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en N

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 2156 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2156 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 74,34 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 1127 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1127 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 38,86 \text{ N/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 1078 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1078 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 37,17 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1225 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1225 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 42,24 \text{ N/cm}^2$$

7.2 CÁLCULOS PARA MELAMINA - ÚREA FORMALDEHÍDO

7.2.1 FLEXIÓN:

La resistencia a la flexión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3PL}{2ae^2}$$

Donde:

σ_{max} = Resistencia máxima a la flexión, en Kilogramos por centímetro cuadrado.

P = Carga de rotura en N

L = Luz entre los soportes en milímetros

a = Ancho de la probeta en milímetros

e= Altura de la probeta en milímetros

Guadua Blanca / laminada de canto:

P= 1975,7 N

L= 95 mm

a= 75 mm

e= 5 mm

$$\sigma \text{ max} = \frac{3 \times 1975,7 \text{ N} \times 95 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{563074,5 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 150,15 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de canto:

P= 1117,2 N

L= 95 mm

a= 75 mm

e= 5 mm

$$\sigma \text{ max} = \frac{3 \times 1117,2 \text{ N} \times 95 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{318402 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 84,90 \text{ N/mm}^2$$

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 5974,08 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \times 5974,08 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{6667073,2 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\max} = 71,11 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de cara:

$$P = 3586,8 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{3 \times 3586,8 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4002868,8 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\max} = 42,69 \text{ N/mm}^2$$

7.2.2 TENSIÓN PARALELA AL GRANO:

El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOE = \frac{P \times l}{A \times d}$$

Donde:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro en cm

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P= 16170 N

A= 1,62 cm²

EM= $\frac{16170 \text{ N}}{1,62 \text{ cm}^2}$

EM= 9981,5N/cm²

Modulo de elasticidad:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= 16170 N

l= 6,8 cm

A= 1,62 cm²

d= 0.26 cm²

MOE= $\frac{16170 \text{ N} \times 6.8 \text{ cm}}{1.62 \text{ cm}^2 \times 0.26 \text{ cm}}$

MOE= $\frac{109956 \text{ Ncm}}{0.42 \text{ cm}^3}$

MOE= 261800N/cm²

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P= 12250 N

A= 1,62 cm²

EM= $\frac{12250 \text{ N}}{1.62 \text{ cm}^2}$

EM= 7561,1N/cm²

Modulo de elasticidad:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= 12250 N

l= 6,8 cm

A= 1,62 cm²

d= 0.23 cm²

$$\text{MOE} = \frac{12250 \text{ N} \times 6.8 \text{ cm}}{1.62 \text{ cm}^2 \times 0.23 \text{ cm}}$$

$$\text{MOE} = \frac{83300 \text{ Ncm}}{0.37 \text{ cm}^3}$$

$$\text{MOE} = 225135 \text{ N/cm}^2$$

7.2.3 TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO:

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{RT} = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano en N/cm^2

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 1323 \text{ N}$$

$$A = 12 \text{ cm}^2$$

$$\text{RT} = \frac{1323 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$\text{RT} = 110.25 / \text{cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 568,4 \text{ N}$$

$$A = 12 \text{ cm}^2$$

$$RT = \frac{568,4 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 47,36 \text{ N/cm}^2$$

7.2.4 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = \frac{P}{S}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{P \cdot l}{S \cdot \Delta}$$

Donde:

E_c = Modulo de elasticidad en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S = Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

l = Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de cara:

$$F = 9408 \text{ dN}$$

$$A = 25 \text{ cm}^2$$

$$r = \frac{9408 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$r = 376,3 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

c// = Modulo de elasticidad en dN/cm²

$$F = 9408 \text{ dN}$$

$$L = 15 \text{ cm}$$

$$A = 25 \text{ cm}^2$$

$$l = 4,1 \text{ cm}$$

$$c// = \frac{9408 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$c// = \frac{141120 \text{ dNcm}}{102,5 \text{ cm}^3}$$

$$c// = 1376,7 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$F = 7840 \text{ dN}$$

$$A = 25 \text{ cm}^2$$

$$r = \frac{7840 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$= 313,6 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$$c// = \text{Modulo de elasticidad en dN/cm}^2$$

$$= 7840 \text{ dN}$$

$$15 \text{ cm}$$

$$= 25 \text{ cm}^2$$

$$= 4,7 \text{ cm}$$

$$c// = 1000,85 \text{ dN/cm}^2$$

2.5 COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$c//_{\text{máx}} = \frac{P}{S}$$

onde:

$$= c//_{\text{máx}} = \text{Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm}^2$$

$$= \text{Carga máxima soportada por la probeta en dN}$$

$$= \text{Área de la sección mínima de la probeta en cm}^2$$

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$c// = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_c// =$ Modulo de elasticidad en N/cm^2

$P =$ Carga máxima soportada por la probeta en dN

$l =$ Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

$S =$ Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

$d =$ Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de canto:

$P =$ 2446,08 dN

$S =$ 25 cm^2

$$\sigma = \frac{2446,08 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 97,84 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_c// =$ Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$P =$ 2446,08 dN

$l =$ 15 cm

$S =$ 25 cm^2

$d =$ 2,7 cm

$$E_c// = \frac{2446,08 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 2,7 \text{ cm}}$$

$$E_c// = \frac{36691,2 \text{ dNcm}}{67,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_c// = 543,57 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1681,68 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1681,68 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 67,26 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 1681,68 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 3,1 \text{ cm}$$

$$E_{c//} = 319,3 \text{ dN/cm}^2$$

7.2.6 CORTE:

La resistencia máxima de rotura al corte se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{c3} = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ_{c3} = Resistencia máxima de rotura acorte en Kgf/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta en Kgf

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm^2

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 1750 \text{ Kgf}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{1750 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_z = 60,34 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 2200 \text{ Kgf}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{2200 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_z = 75,86 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

NO APLICA

Guadua carbonizada / laminada de canto:

NO APLICA

7.2.7 AGRIETAMIENTO:

La resistencia máxima de agrietamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ = Resistencia máxima de rotura acorte en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

S= Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P= 1274 N

S= 29 cm²

$$\sigma = \frac{1274 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 43,9 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P= 882 N

S= 29 cm²

$$\sigma = \frac{882 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 30,4 \text{ N/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

P= 784 N

S= 29 cm²

$$\sigma = \frac{784 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 27,03 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 980 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{980 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 33,8 \text{ N/cm}^2$$

7.3 CÁLCULOS PARA EPI

7.3.1 FLEXIÓN:

La resistencia a la flexión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3PL}{2ae^2}$$

Donde:

σ_{max} = Resistencia máxima a la flexión, en Kilogramos por centímetro cuadrado.

P = Carga de rotura en N

L = Luz entre los soportes en milímetros

a = Ancho de la probeta en milímetros

e = Altura de la probeta en milímetros

Guadua Blanca / laminada de canto:

$$P = 2133,4 \text{ N}$$

$$L = 75 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3 \times 2133,4 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 5^2 \text{ mm}^2}$$

$$2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{480028,5 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}}$$

$$\sigma_{\text{max}} = 128 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1174,04 \text{ N}$$

$$L = 75 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3 \times 1174,04 \text{ N} \times 75 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{264159 \text{ Nmm}}{3750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 70,44 \text{ N/mm}^2$$

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 5679,9 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{3 \times 5679,9 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{6673635,3 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ máx} = 71,1 \text{ N/mm}^2$$

Guadua Carbonizada / laminada de cara:

$$P = 4566.8 \text{ N}$$

$$L = 372 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$e = 25 \text{ mm}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{3 \times 4566.8 \text{ N} \times 372 \text{ mm}}{2 \times 75 \text{ mm} \times 625 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma \text{ max} = \frac{5096548.8 \text{ Nmm}}{93750 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma \text{ max} = 54.36 \text{ N/mm}^2$$

7.3.2 TENSIÓN PARALELA AL GRANO:

El esfuerzo unitario máximo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EM = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOE = \frac{Px}{l}$$

Axd

Donde:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

l= Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del extensómetro en cm

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d= Deformación de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P= 16170 N

A= 1,62 cm²

EM= $\frac{16170 \text{ N}}{1.62 \text{ cm}^2}$

EM= 9981,5N/cm²

Modulo de elasticidad:

MOE= Modulo de elasticidad en N/cm²

P= 16170 N

l= 6,8 cm

A= 1,62 cm²

d= 0.26 cm²

MOE= $\frac{16170 \text{ N} \times 6.8 \text{ cm}}{1.62 \text{ cm}^2 \times 0.26 \text{ cm}}$

MOE= 109956 Ncm

$$0,42\text{cm}^3$$

$$\text{MOE} = 261800\text{N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 12250 \text{ N}$$

$$A = 1,62 \text{ cm}^2$$

$$\text{EM} = \frac{12250 \text{ N}}{1,62\text{cm}^2}$$

$$\text{EM} = 7561,1\text{N/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$$\text{MOE} = \text{Modulo de elasticidad en N/cm}^2$$

$$P = 12250 \text{ N}$$

$$l = 6,8 \text{ cm}$$

$$A = 1,62 \text{ cm}^2$$

$$d = 0,23 \text{ cm}^2$$

$$\text{MOE} = \frac{12250 \text{ N} \times 6,8\text{cm}}{1,62\text{cm}^2 \times 0,23\text{cm}}$$

$$\text{MOE} = \frac{83300 \text{ Ncm}}{0,37\text{cm}^3}$$

$$\text{MOE} = 225135\text{N/cm}^2$$

7.3.3 TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO:

El esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$RT = \frac{P}{A}$$

Donde:

EM= Esfuerzo unitario máximo a la tracción perpendicular al grano en N/cm^2

P= Carga máxima soportada por la probeta en N

A= Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 1803,2 \text{ N}$$

$$A = 12 \text{ cm}^2$$

$$RT = \frac{1803,2 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 150,2 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1940.4 \text{ N}$$

$$A = 12 \text{ cm}^2$$

$$RT = \frac{1940.4 \text{ N}}{12 \text{ cm}^2}$$

$$RT = 161.7 \text{ N/cm}^2$$

7.3.4 COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = c//\text{máx} = \frac{P}{S}$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{c//} = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S = Área de la sección mínima de la probeta, en cm²

d = Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de cara:

P = 7906,6 dN

S = 25 cm²

$$\sigma = \frac{7906,6 \text{ Dn}}{25\text{cm}^2}$$

$$\sigma = 316,2 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_c// =$ Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 7906,6 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$E_c// = \frac{7906,6\text{dN} \times 15\text{cm}}{25\text{cm}^2 \times 10\text{cm}}$$

$$E_c// = \frac{110985 \text{ dNcm}}{250\text{cm}^3}$$

$$E_c// = 474,3 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 7438.2 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{7438.2\text{dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 297.52 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 7438.2 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 8,1 \text{ cm}$$

$$E_{c//} = \frac{7438.2 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 8,1 \text{ cm}}$$

$$E_{c//} = \frac{111573 \text{ dNcm}}{202,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_{c//} = 550.9 \text{ dN/cm}^2$$

7.3.5 COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO:

La resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{c//\text{máx}}{S} = \rho$$

Donde:

$\sigma = c//\text{máx}$ = Resistencia máxima de rotura a la compresión paralela al grano en dN/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm^2

El modulo de elasticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E_{c//} = \frac{P \times l}{S \times d}$$

Donde:

$E_c//$ = Modulo de elasticidad en N/cm^2

P = Carga máxima soportada por la probeta en dN

l = Luz entre las cuchillas de las abrazaderas del comparador en cm

S = Área de la sección mínima de la probeta, en cm^2

d = Deformación de la probeta en cm

Guadua blanca / laminada de canto:

P = 1953,1 dN

S = 25 cm^2

$$\sigma = \frac{1953,1 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 78,1 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_c//$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

P = 1953,1 dN

l = 15 cm

S = 25 cm^2

d = 2,4 cm

$$E_c// = \frac{1953,1 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 2,4 \text{ cm}}$$

$$E_c// = \frac{29296,5 \text{ dNcm}}{42,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_{c//} = 488,2 \text{ dN/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1519 \text{ dN}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1519 \text{ dN}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 60.76 \text{ dN/cm}^2$$

Modulo de elasticidad:

$E_{c//}$ = Modulo de elasticidad en dN/cm^2

$$P = 1519 \text{ dN}$$

$$l = 15 \text{ cm}$$

$$S = 25 \text{ cm}^2$$

$$d = 1,7 \text{ cm}$$

$$E_{c//} = \frac{1519 \text{ dN} \times 15 \text{ cm}}{25 \text{ cm}^2 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$E_{c//} = \frac{22785 \text{ dNcm}}{42,5 \text{ cm}^3}$$

$$E_{c//} = 536.1 \text{ dN/cm}^2$$

7.3.6 CORTE:

La resistencia máxima de rotura al corte se calcula mediante la siguiente ecuacion:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ_{ζ} = Resistencia máxima de rotura acorte en Kgf/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en Kgf

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

P = 30870 Kgf

S = 29 cm²

$$\sigma_{\zeta} = \frac{30870 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\zeta} = 1064,4 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

P = 1870 Kgf

S = 29 cm²

$$\sigma_{\zeta} = \frac{1870 \text{ Kgf}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\zeta} = 64,4 \text{ Kgf/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

NO APLICA

Guadua carbonizada / laminada de canto:

NO APLICA

7.3.7 AGRIETAMIENTO:

La resistencia máxima de agrietamiento se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{S}$$

Donde:

σ = Resistencia máxima de rotura acorte en N/cm²

P = Carga máxima soportada por la probeta en N

S = Área de la sección mínima de la probeta en cm²

Guadua blanca / laminada de cara:

$$P = 1323 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1323 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 45,6 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de cara:

$$P = 1097,6 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1097,6 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 37,84 \text{ N/cm}^2$$

Guadua blanca / laminada de canto:

$$P = 2646 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2646 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 91,2 \text{ N/cm}^2$$

Guadua carbonizada / laminada de canto:

$$P = 1764 \text{ N}$$

$$S = 29 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{1764 \text{ N}}{29 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma = 60.82 \text{ N/cm}^2$$

8 CONCLUSIONES

A partir de las pruebas realizadas, se definieron las siguientes conclusiones.

8.1 PVAc

A. FLEXIÓN:

- La resistencia del material es mayor en las probetas blancas que en las carbonizadas.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- La elongación del material es menor en las probetas carbonizadas que en las probetas blancas.
- Las probetas pegadas de cara resisten más que las pegadas de canto.
- Cuando las probetas van unidas de canto fallan por la línea de pegue.
- La falla se dio en todas las probetas por el punto donde se ejercía el esfuerzo localizado.
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de canto las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 5.0 mm y carga máxima de 136.6Kg, contra una elongación de 3.23 mm y una carga máxima de 121Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de cara las probetas carbonizadas tienen mayor elongación (25.2 mm contra 21.9 mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las blancas (484Kg contra 570Kg de las blancas).
- En la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten mas carga (elongación de 21.626 mm y carga máxima de 888Kg, contra una elongación de 7.4 mm y una carga máxima de 505Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra las probetas carbonizadas tienen mayor elongación (17.2 mm contra 16.2 mm de las

probetas blancas) pero resisten menos carga que las blancas (23Kg contra 24Kg de las blancas). Estos datos tienen que ver con la capacidad del adhesivo.

B. COMPRESIÓN:

- En compresión paralela a la fibra las probetas tienden a fallar por el nudo.
- El material tiene comportamiento elástico pues las probetas que no se sometieron hasta que fallara el material, recuperaron su forma inicial al retirarles la carga.
- En compresión paralela a la fibra las probetas comienzan a fallar por la línea de pegue.
- En compresión paralela a la fibra las probetas blancas tienen mayor grado de deformación y resisten más carga (deformación de 100 mm y carga máxima de 7.500Kg, contra deformación de 81mm y carga máxima de 6.600Kg de las probetas carbonizadas).

C. TENSIÓN:

- Las fallas no se presentaron en la línea de pegue.
- El rompimiento de las fibras se da progresivamente hasta que se desprenden totalmente en dos partes.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- En las pruebas de tensión perpendicular a la fibra, las probetas carbonizadas resistieron más que las blancas (carbonizada 230Kg y blanca 210 Kg de carga máxima).

D. CORTE:

- En las comprobaciones de esfuerzo de corte paralelo a la fibra las probetas blancas resistieron más carga que las carbonizadas (2.740Kg y 1.450Kg respectivamente).
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas se deforman pero no se cortan.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas. La carga máxima para las probetas blancas fue de 1.500Kg y para las probetas carbonizadas fue de 3.000Kg.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas presentan fallas en las líneas de pegante.

E. AGRIETAMIENTO

- En las pruebas de agrietamiento resistieron más carga las probetas blancas en sentido vertical (blancas resistieron una carga máxima de 220Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 155Kg) y las carbonizadas en sentido horizontal (blancas resistieron una carga máxima de 110Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 125Kg).
- Las probetas no fallaron por la línea de pegue.

8.2 MELAMINA – ÚREA FORMALDEHÍDO

A. FLEXIÓN:

- La resistencia del material es mayor en las probetas blancas que en las carbonizadas.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.

- La elongación del material es menor en las probetas carbonizadas que en las probetas blancas.
- Las probetas pegadas de cara resisten más que las pegadas de canto.
- Cuando las probetas van unidas de canto fallan por la línea de pegue.
- La falla se dio en todas las probetas por el punto donde se ejercía el esfuerzo localizado.
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de canto las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 5.38 mm y carga máxima de 201.6Kg, contra una elongación de 4.32 mm y una carga máxima de 114Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de cara las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 21.1 mm y carga máxima de 609.6Kg, contra una elongación de 12.03 mm y una carga máxima de 366Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra las probetas blancas resisten más carga (carga máxima de 1075.5Kg, contra carga máxima de 974.4Kg de las probetas carbonizadas).pero las dos, blancas y carbonizadas, tiene igual elongación (elongación de 23.73mm en probetas blancas, contra una elongación de 24.72 mm en las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 23.48 mm y carga máxima de 14.8Kg, contra una elongación de 10.46 mm y una carga máxima de 33.76Kg de las probetas carbonizadas). Estos datos tienen que ver con la capacidad del adhesivo.

B. COMPRESIÓN:

- En compresión paralela a la fibra las probetas tienden a fallar por el nudo.
- En compresión paralela a la fibra las probetas comienzan a fallar por la línea de pegue.
- El adhesivo falla en el punto de flexión.

- En la compresión paralela a la fibra las probetas carbonizadas tienen mayor deformación (47 mm contra 41.5 mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las blancas (8.000Kg contra 9.600Kg de las blancas).

C. TENSIÓN:

- En la tensión perpendicular a la fibra las fallas se presentaron principalmente en la línea de pegue (especialmente en las probetas carbonizadas).
- El rompimiento de las fibras se da progresivamente hasta que se desprenden totalmente en dos partes.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- En las pruebas de tensión perpendicular a la fibra, las probetas blancas resistieron más que las carbonizadas (carbonizada 58Kg y blanca 135 Kg de carga máxima).
- En las pruebas de tensión perpendicular al grano se genera un desprendimiento de las fibras a nivel longitudinal.
- En la tensión perpendicular a la fibra el nudo es la principal fuente de fallas.
- En la tensión perpendicular a la fibra las probetas blancas poseen un mayor elongación y mayor carga (blanca: elongación de 25.6mmx10 y carga máxima: 1.650 Kg; carbonizada: elongación de 23.4mmx10 y carga máxima: 1.250 Kg).

D. CORTE:

- En las comprobaciones de esfuerzo de corte paralelo a la fibra las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas (1.750Kg y 2.200Kg respectivamente).

- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra las probetas se deforman pero no se cortan.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas. La carga máxima para las probetas blancas fue de 1.500Kg y para las probetas carbonizadas fue de 1.650Kg.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, el adhesivo en las probetas carbonizadas se despegó a los 1.200Kg.

E. AGRIETAMIENTO

- En las pruebas de agrietamiento resistieron más carga las probetas blancas en sentido vertical (blancas resistieron una carga máxima de 130Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 90Kg) y las carbonizadas en sentido horizontal (blancas resistieron una carga máxima de 80Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 100Kg).
- Las probetas carbonizadas fallaron por la línea de pegue.

8.3 EMULSIÓN DE ISOCIANATO – EPI

A. FLEXIÓN:

- La resistencia del material es mayor en las probetas blancas que en las carbonizadas.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- La elongación del material es menor en las probetas carbonizadas que en las probetas blancas.
- Las probetas pegadas de cara resisten más que las pegadas de canto.
- Cuando las probetas van unidas de canto fallan por la línea de pegue.
- La falla se dio en todas las probetas por el punto donde se ejercía el esfuerzo localizado.

- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de canto las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten más carga (elongación de 5.63mm y carga máxima de 217.7Kg, contra una elongación de 4.21mm y una carga máxima de 119.8Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión en tableros pegados de cara las probetas blancas tienen mayor elongación (21.6mm contra 18.9mm de las probetas blancas) pero resisten menos carga que las carbonizadas (610.2Kg contra 466Kg de las blancas).
- En la resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra las probetas blancas tiene mayor elongación y resisten mas carga (elongación de 23.61mm y carga máxima de 1081.2Kg, contra una elongación de 19.67mm y una carga maxíma de 998.9Kg de las probetas carbonizadas).
- En la resistencia a la flexión estática paralela a la fibra las probetas blancas tienen mayor elongación (21.5mm contra 15.91mm de las probetas carbonizadas) y resisten mas carga las blancas (29.01Kg contra 25Kg de las carbonizadas). Estos datos tienen que ver con la capacidad del adhesivo.

B. COMPRESIÓN:

- En compresión paralela a la fibra las probetas tienden a fallar por el nudo.
- El material tiene comportamiento elástico pues las probetas que no se sometieron hasta que fallara el material, recuperaron su forma inicial al retirarles la carga.
- En compresión paralela a la fibra las probetas comienzan a fallar por la línea de pegue.
- En compresión paralela a la fibra las probetas blancas tienen mayor grado de deformación y resisten más carga (deformación de 110mm y carga máxima de 8068Kg, contra deformación de 101mm y carga máxima de 7590Kg de las probetas carbonizadas).

C. TENSIÓN:

- Las fallas no se presentaron en la línea de pegue.
- El rompimiento de las fibras se da progresivamente hasta que se desprenden totalmente en dos partes.
- Los nudos son un factor determinante en el momento de deformar el material ya que éstos son la principal causa de falla.
- En las pruebas de tensión perpendicular a la fibra, las probetas carbonizadas resistieron más que las blancas (carbonizada 198Kg y blanca 184Kg de carga máxima).

D. CORTE:

- En las comprobaciones de esfuerzo de corte paralelo a la fibra las probetas blancas resistieron más carga que las carbonizadas (3150Kg y 1870Kg respectivamente).
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas se deforman pero no se cortan.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas blancas resistieron menos carga que las carbonizadas. La carga máxima para las probetas blancas fue de 1480Kg y para las probetas carbonizadas fue de 2900Kg.
- En el esfuerzo de corte perpendicular a la fibra, las probetas no presentan fallas en las líneas de pegante.

E. AGRIETAMIENTO

- En las pruebas de agrietamiento resistieron más carga las probetas blancas en sentido vertical (blancas resistieron una carga máxima de 270Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 180Kg) y las carbonizadas en sentido horizontal (blancas resistieron una carga máxima de 135Kg, mientras que las carbonizadas resistieron 112Kg).

- Las probetas no fallaron por la línea de pegue.

BIBLIOGRAFIA

- CASTELLANOS A., Sandra. GODOY A., Diana. LAMBU. Parámetros de Producción y Transformación de la Guadua Laminada Aplicados al Diseño Industrial. Bogotá D.C. 2005