
Desarrollo de panel aglomerado como material liviano de construcción a base de la caña de
corozo “Bactris Guineensis”

Sebastián Guerra Mercado
Daniel Eduardo Severiche Robles

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura
Arquitectura
Sincelejo
2022

Desarrollo de panel aglomerado como material liviano de construcción a base de la caña de
corozo “Bactris Guineensis”

Sebastián Guerra Mercado
Daniel Eduardo Severiche Roble

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto

Director
Elber Jose Cohen Cárdenas
Arquitecto, Magister en Urbanismo y Desarrollo Territorial

Codirector
Jorge Armando Díaz Marriaga
Arquitecto, Especialista en Gerencia Ambiental

Corporación Universitaria del Caribe – CECAR
Facultad de Ciencias Básicas, Ingenierías y Arquitectura

Arquitectura

Sincelejo

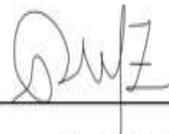
2022

Nota de aceptación

4.5



Director



Evaluador 1



Evaluador 2

Sincelejo, Sucre, 7 de diciembre de 2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo en primera instancia a Dios por permitirme llegar hasta aquí, a mi mamá, por su sacrificio, apoyo incondicional y por ser el motor de mi vida, a mis hermanos por sus consejos y apoyo en tiempos difíciles, a mis amigos y compañeros que me ayudaron a crecer durante todo el proceso de mi formación como profesional.

Sebastián Guerra Mercado

El presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios, porque su perfecta voluntad me ha permitido llegar a estas instancias acompañado de su sabiduría y Bendición, a mi madre por todo el apoyo, esfuerzo, ayuda y entrega incondicional para lograr este sueño, a mis familiares por su motivación y palabras de aliento para superarme cada día más, a mis compañeros pasados y presentes, quienes compartieron sin esperar nada a cambio su conocimiento y experiencia, y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome para lograr que este sueño se haga realidad.

Daniel Eduardo Severiche Robles

Agradecimientos

A Dios, por permitirnos llegar hasta esta etapa de nuestras vidas con bendición y sabiduría.

A nuestro director de trabajo de grado, Elber Cohen Cárdenas, y codirector, Jorge Díaz Marriaga, por su tiempo, apoyo y entereza para culminar satisfactoriamente este trabajo investigativo.

Al ingeniero Eric Vilorio Navarro, coordinador del laboratorio de ensayos de materiales y estructuras de la Universidad de Sucre, por su apoyo y disposición durante el proceso de ensayos.

A los amigos, compañeros y docentes del programa de Arquitectura de la Corporación Universitaria del Caribe, CECAR, por compartir sus conocimientos y acompañarnos durante todo nuestro proceso formativo.

Tabla de Contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción	11
Capítulo 1: Planteamiento del Problema	12
1.1. Formulación del problema	14
1.2. Justificación del problema.....	14
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo General.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	16
Capítulo 2: Estado del Arte.....	17
2.1. Antecedentes teóricos.....	17
2.2. Pertinencia.....	19
2.3. Datos y Hechos.....	20
Capítulo 3: Metodología.....	24
3.1. Materiales y Métodos	24
3.2. Propiedades de los materiales constitutivos	25
3.2.1. Caña de Corozo o Bactris Guineensis.....	25
3.2.2. Látex de Caucho	27
3.3. Extracción de partículas de Bactris Guineensis	30
3.4. Tamizaje de partículas de Bactris Guineensis.....	31
3.5. Dosificación de materiales constitutivos.....	31
3.6. Construcción de paneles aglomerados	33
Capítulo 4: Presentación y Discusión de Resultados	38
4.1. Caracterización física y mecánica de paneles	38
4.2. Ensayos.....	39
4.2.1. Recinto experimental	40
4.2.2. Equipos	40
4.2.3. Módulo de rotura.....	40

4.2.4.	Módulo de elasticidad	44
4.2.5.	Enlace interno o Cohesión	48
4.2.6.	Densidad	49
4.2.7.	Humedad	51
4.3.	Presentación de resultados	55
4.4.	Discusión de resultados	57
Capítulo 5: Conclusiones		63
Referencias Bibliográficas		64
Anexos		67

Índice de tablas

Tabla 1. Dosificación experimental 50% material - 50% aglutinante. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 2. Dosificación final 60% material - 40% aglutinante. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 3. Tolerancias dimensionales de los tableros dimensionales. Fuente: NTC 2261	38
Tabla 4. Valores mínimos para módulo de rotura, módulo de elasticidad y enlace interno. Fuente: NTC 2261.....	39
Tabla 5. Tabla de resultados con dosificación 50% material - 50% aglutinante. Fuente: Elaboración propia.	56
Tabla 6. Tabla final de resultados con dosificación 60% material - 40% aglutinante.....	57
Tabla 7. Valores mínimos para módulo de rotura, elasticidad y enlace interno. Tomado de: NTC 2261. Fuente: Elaboración propia.	62
Tabla 8. Tabla resumen de resultados. Fuente: elaboración propia.	62

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Plato de aglomerado fabricado por moldeo por planchas térmicas. Tomado de: Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de Pennisetum purpureum schum, Philodendron longirrhizum y Musa acuminata	22
Ilustración 2. Distribución de Bactris Guineensis. Fuente: Cosechar sin destruir. Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas.	26
Ilustración 3. Estructura química del Caucho. Fuente: Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de Continental Tire Andina como materiales estructurales.	28
Ilustración 4. Reacción química al proceso de vulcanización. Fuente: Evaluación técnica de las propiedades físico-mecánicas de un adhesivo para la industria del reencauche.....	29

Ilustración 5. Proceso de descomposición de la caña de corozo.....	30
Ilustración 6. Tamizaje manual de partículas de caña de corozo.....	31
Ilustración 7. Mezcla homogénea entre materia prima y aglutinante de origen natural. Fuente: Elaboración propia.	34
Ilustración 8. Proceso de elaboración de paneles moldeados. Fuente: Elaboración propia.....	35
Ilustración 9. Proceso de secado a temperatura ambiente. Paneles moldeados. Fuente: Elaboración propia.	35
Ilustración 10. Proceso de elaboración de paneles comprimidos manualmente. Fuente: Elaboración propia.	36
Ilustración 11. Proceso de secado a temperatura ambiente. Paneles moldeados. Fuente: Elaboración propia.	36
Ilustración 12. Diagrama de flujo para elaboración de paneles. Fuente: Elaboración propia.	37
Ilustración 13. Ensayo de módulo de rotura. Fuente: Elaboración propia.....	43
Ilustración 14. Ensayo de módulo de elasticidad. Fuente: Elaboración propia.	47
Ilustración 15. Ensayo de humedad. Fuente: Elaboración propia.....	54

Índice de gráficos

Gráfico 1. Composición Sectorial del PIB de Sucre y Colombia, 2018. Fuente: Perfiles Económicos Departamentales, en base a DANE (2019)	14
Gráfico 2. Gráfico resumen de resultados. Módulo de rotura. Fuente: elaboración propia.....	60
Gráfico 3. Gráfico resumen de resultados. Módulo de elasticidad. Fuente: elaboración propia. .	60
Gráfico 4. Gráfico resumen de resultados. Enlace interno. Fuente: elaboración propia	61

Índice de anexos

Anexo 1. Máquina Universal de Ensayos. Laboratorio de ensayos de materiales y estructuras de Unisucro. Fuente: Elaboración propia.....	67
Anexo 2. Certificado de calibración de máquina universal de ensayos. Fuente: Universidad de Sucre.	68
Anexo 3. Validación de resultados de ensayos. Fuente: Universidad de Sucre.	69

Resumen

El proceso llevado a cabo para la elaboración de panel aglomerado a base de “Bactris Guineensis” o como es conocida popularmente, “caña de corozo”, junto con el látex de caucho como aglutinante de origen es natural, se basó en tres fases metodológicas, una primera fase exploratoria, en la cual se ahondó en la información relacionada a las propiedades generales de las materias primas, una segunda fase experimental, que abarca todo el análisis de los materiales y el proceso de dosificación de los mismos y, por último, la fase de diseño, donde se realizó todo el proceso de elaboración de prototipos. El producto final de estas etapas metodológicas fue sometido a pruebas físico-mecánicas con el objetivo de determinar si estos cumplían con los parámetros establecidos por la norma técnica colombiana de paneles aglomerados. Las pruebas realizadas a los prototipos fueron las de módulo de elasticidad, módulo de rotura, enlace interno y por último unos ensayos de humedad y densidad, que permitieron determinar el buen comportamiento del panel ante los esfuerzos de compresión, así mismo, la obtención de resultados favorables en la prueba de enlace interno arrojando valores por encima de lo establecido por la norma, sin embargo, en la prueba de módulo de elasticidad y humedad los datos obtenidos fueron mínimos y no cumplieron con los estándares de la normativa, concluyendo así en la factibilidad económica, comercial y ambiental de los paneles a partir de las materias primas trabajadas, siempre y cuando estos cuenten con mejoras en relación a sus propiedades físico-mecánicas durante su proceso de elaboración y producción, en concordancia con lo exigido en la normatividad nacional.

Palabras clave: bactris guineensis, látex de caucho, panel aglomerado, propiedades físico-mecánicas, normatividad.

Abstract

The process carried out for the elaboration of agglomerated panel based on "Bactris Guineensis" or as it is popularly known, "corozo cane", together with rubber latex as binder of natural origin, was based on three methodological phases, a first exploratory phase, in which the information related to the general properties of the raw materials was deepened, a second experimental phase, which includes all the analysis of the materials and the process of dosing them and, finally, the design phase, where the whole process of prototyping was carried out. The final product of these methodological stages was subjected to physical-mechanical tests in order to determine whether they complied with the parameters established by the Colombian technical standard for agglomerated panels. The tests carried out on the prototypes were those of modulus of elasticity, modulus of rupture, internal bond and finally some humidity and density tests, which allowed determining the good behavior of the panel under compressive stresses, as well as obtaining favorable results in the internal bond test, showing values above those established by the standard, however, However, in the elasticity and humidity modulus test, the data obtained were minimal and did not comply with the standards of the regulation, thus concluding on the economic, commercial and environmental feasibility of the panels from the raw materials worked, as long as they have improvements in relation to their physical-mechanical properties during their elaboration and production process, in accordance with the requirements of the national regulations.

Key words: bactris guineensis, rubber latex, chipboard, physical-mechanical properties, standards.

Introducción

El siguiente trabajo investigativo documenta la elaboración de panel aglomerado a partir de la caña de corozo o “*Bactris Guineensis*” como materia prima y el látex de caucho como aglutinante de origen natural, contenidos en 5 capítulos que permiten exponer el proceso llevado a cabo.

El capítulo 1 del documento comprende todo el planteamiento del problema, donde se expone el desaprovechamiento de las materias primas en la región para la producción e innovación de materiales de construcción, haciendo la respectiva formulación y justificación de la problemática y acotando los objetivos que se permitieron alcanzar durante el proceso.

En el capítulo 2 se presenta el estado del arte, el cual expone toda la revisión bibliográfica y de referentes a investigaciones similares que permitieron la ampliación de información, generación de nuevos conocimientos y establecer comparativas con información paralela, abarcando antecedentes teóricos, la pertinencia de lo investigado para tener claridad con la problemática y su solución y, por último, los datos y hechos que permitieron una percepción clara y una objetividad adecuada.

El capítulo 3 abarca la metodología aplicada para la realización de panel aglomerado, que implica el desarrollo de tres fases metodológicas que incluyen la documentación de las propiedades de las materias primas, análisis y dosificación de materiales y por último el proceso manual de elaboración de panel aglomerado. Seguidamente, el capítulo 4 del documento corresponde a la caracterización físico-mecánica de los paneles elaborados, a partir de la normativa nacional NTC 2261, en la que se realizaron ensayos correspondientes a densidad, humedad, módulo de rotura, módulo de elasticidad y enlace interno, así también se plasman los resultados obtenidos de todo el proceso y la respectiva interpretación de los mismos

Para finalizar, se formulan en el capítulo 5 del documento las conclusiones obtenidas de todo el desarrollo investigativo para la elaboración de panel aglomerado.

Capítulo 1: Planteamiento del Problema

El departamento de Sucre con el transcurrir de los años ha consolidado el mercado de la construcción, logrando actualmente el 10,4% de la composición sectorial del PIB del departamento (DANE, Cuentas Departamentales - DANE, 2020), cifra que ha aumentado con respecto a años anteriores, evidenciando el foco productivo en el sector de la construcción por su dinamismo. En la actualidad, el concepto de construcción sostenible ha generado interés por los materiales y técnicas constructivas tradicionales o vernáculas, aumentando la implementación de estas mismas como una alternativa a la renovación de los materiales convencionales como el acero y el hormigón. Influenciando a la investigación de materias primas con capacidad o características potencialmente estructurales desde una perspectiva medioambiental, “algunas estructuras de innovación se están acoplando a estos materiales en función de mejorar nuestro ambiente, debido a su abundancia se toma como un recurso natural de uso múltiple”. (Negrete & Pérez, 2019, pág. 13)

Pero a pesar de este avance en el área de la construcción, la labor por parte de la arquitectura e ingeniería en cuanto al incremento de actuales arquetipos es insuficiente y no estimula el trabajo en la innovación de materiales, además de los pocos conocimientos en las novedades de tendencias de diseño, patrones de construcción e innovación en la construcción, todo esto es enmarcado en los escasos estudios tecnológicos y en la luxación entre las universidades y empresas en la asistencia de servicios técnicos y desarrollo de estos productos.

En el caso específico de esta investigación, se evidencia es el desaprovechamiento de la alta disponibilidad de materia prima con la que cuenta el departamento, evocando la notable carencia en la producción de materiales de construcción con materiales propios que se generan en el entorno, la cual puede ser aprovechada para la creación o desarrollo de nuevos materiales de construcción locales, posicionando al departamento de Sucre como un centro de producción estratégico de materiales.

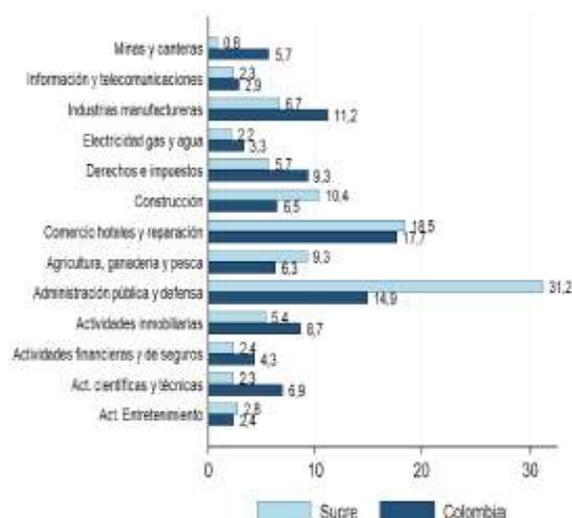
Como es el caso de la lata de corozo, que es la palma frutal cespitosa más influyente y de gran importancia cultural. que a pesar de que es quemada y cortada en los potreros, logra sobrevivir y es ubicua a lo largo y ancho del Caribe colombiano. Aunque no es una palma apreciada en las fincas ganaderas, si es extremadamente útil para el campesino costeño que obtiene de ella numerosos beneficios. (Galeano et al., 2015), específicamente en el sector de la construcción y el comercial a nivel local y regional, siendo uno de los tantos insumos y recursos, de los cuales solo disponemos para el consumo humano por la falta de información que tenemos acerca de estos, haciendo a un lado su multiplicidad de usos. Abordando desde el ámbito constructivo generalmente se aprovecha el tallo como componente estructural, gracias en parte a sus características de flexibilidad, dureza y textura, formado de densas y resistentes fibras, de donde son extraídas cañas que son empleadas para cerramientos, muros divisorios, entre otros. Sin embargo, es indispensable llenar vacíos de información y plantear el aprovechamiento sostenible de la especie, por esta razón, es necesario contar con un programa de trabajo apoyado por los diferentes sectores, que implique acciones más contundentes para aprovechar, por fin, el enorme potencial que representan las palmas para el desarrollo sostenible del país (Casas, Luisa; Gamba, Catherine, 2013).

Igualmente, el latex de caucho es un recurso vegetal que ha aportando diversidad de productos indispensables para la sociedad, tomado mayor relevancia en los últimos tiempos, generando un impacto en el desarrollo económico e industrial “como renglón de producción; sustitución de importaciones de materia prima, exportación de manufacturas y generador de mano de obra”. (SENA, 2006, pág. 13) convirtiéndose en un artículo agrícola competitivo en el entorno nacional e internacional.

Abordando el aprovechamiento de la alta disponibilidad de materia prima y los recursos naturales en el departamento de Sucre, se busca consolidar la creación de paneles aglomerados innovadores, sostenibles y funcionales a base de las palmas de corozo, permitiendo el desarrollo de elementos divisorios no estructurales, que actúen como envolventes y que sean implementados para el diseño y decoración de espacios internos, además de esto, que sean elementos que ayuden a aportar en los temas de innovación y enriquecimiento de sistemas constructivos vernáculos.

Gráfico 1

Composición Sectorial del PIB de Sucre y Colombia, 2018. Fuente: Perfiles Económicos Departamentales, en base a DANE (2019)



1.1. Formulación del problema

¿Cómo se puede aprovechar y potencializar la *Bactris Guineensis* como recurso natural del departamento de Sucre en el sector de la construcción?

1.2. Justificación del problema

Es de notoriedad que el sector constructivo en el departamento de Sucre ha crecido exponencialmente durante los últimos años trayendo consigo un dinamismo referente a nuevos focos de emprendimiento, conllevando así una competencia prudente a nivel local en temas referidos a la construcción y los materiales de construcción.

A partir de lo anterior la idea de crear paneles aglomerados que contribuyan al desarrollo sostenible de la construcción en la región aportará un nuevo foco de discernimiento y emprendimiento a partir de los recursos naturales presentes en la región, por medio de una estructura que permita, en primera instancia, hacer un aporte teórico de las bondades y cualidades de la materia prima local para el desenvolvimiento de la misma en el sector constructivo, seguido

de un proceso técnico en donde se permita corroborar la posibilidad de generar y materializar los insumos suficientes para el crecimiento del sector manufacturero de materiales, todo esto acotado por una metodología que permitirá actuar como directriz para el tratamiento de otras materias primas de la región en la elaboración de paneles aglomerados, contribuyendo al impulso en la elaboración de materiales de construcción.

El desarrollo de paneles a partir de una materia prima local, aparte de los aportes prácticos, teóricos y metodológicos para el campo constructivo, trae también consigo una serie de beneficios económicos y ambientales, no solo para la subregión de la sabana donde se concentra la materia prima, de igual manera, para la región en general, la cual se verá beneficiada de una iniciativa con estrategias innovadoras y amigables con el medio.

La extracción de una materia prima, como lo es la palma de corozo, la cual en la región se presenta de una manera informal; usualmente se negocian directamente en las fincas donde se cortan y muy pocas veces se comercializan en los aserraderos, sumándole que los precios de extracción y comercialización varían dependiendo de la cantidad que dispongan y de las necesidades de los finqueros, permitiendo que aquellos habitantes de la región que gozan de este tipo de cultivos o vivan del mismo, tengan una contribución económica considerable que impulse el desarrollo de la región, mientras que, al ser el sector de la construcción uno de los factores que más contamina en el mundo, los beneficios ambientales son de suma relevancia, la implementación de elementos que permitan la obtención de una construcción sostenible, permite mitigar el impacto ambiental a través del uso racional del recurso natural implementado, y que al ser un recurso nativo del sector, se logra un fomento del recurso vegetal presente en el medio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar paneles aglomerados a partir de la *Bactris Guineensis* para la industria de la construcción.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Adoptar un método de procesamiento para la producción de paneles a base de *Bactris Guineensis*
- Analizar las características físicas y mecánicas del panel a base de *Bactris Guineensis*
- Evaluar los resultados obtenidos bajo la Norma Técnica Colombiana 2261

Capítulo 2: Estado del Arte

2.1. Antecedentes teóricos

Los inminentes avances tecnológicos, producto de la globalización, han tenido gran impacto en la arquitectura y, sobre todo, en el campo de la construcción, el cual no ha sido ajeno a estos desarrollos que se evidencian de forma clara en la versatilidad de muchos de los materiales que actualmente son empleados en el sector que ahondan y abordan términos bioclimáticos y de sostenibilidad. Es por ello que el término de Arquitectura Sostenible ha tomado mayor importancia y relevancia con el pasar de los años, conllevando a la puesta en marcha de prácticas sostenibles, entendidas como aquellas actividades complementarias que realizan en cualquier proceso de producción, incluida la arquitectura, donde se toman en cuenta las premisas de sustentabilidad, ampliando la utilización de materiales de origen locales como el ladrillo y la madera (Palacio, 2016).

Fournier (2008), define la madera como el más noble, renovable, sano, sostenible, estético y confortable de la construcción. Es bien sabido la generosidad de dicho material, al ser un material renovable y con niveles de energía relativamente bajos, sus procesos de transformación son sencillos, planteando un impacto ecológico menor, relacionando la reducción de la manufactura, el procesamiento puede evitar el uso de energía evitando consigo los residuos y emisiones nocivas, tal como lo afirma (Borsani, 2011).

Por ende, es necesario reconocer que la madera misma en el sector constructivo se ha visto sometida a grandes cambios y procesos que han permitido una mejora en su aplicación y una variedad de alternativas para la misma, como el caso de la *Bactris Guineensis*, la cual, Brieva et al. (2020), aclara que:

Crece en áreas abiertas en las tierras bajas del caribe colombiano y cuyos frutos han sido durante mucho tiempo componente importante de la economía local y ahora están destinados a una producción mayor a mayor escala para el mercado colombiano (p.2).

Una palma cuyo uso se ha destinado no solamente al sector comestible de sus frutos, sino al aprovechamiento de su caña para el sector constructivo local durante los últimos años, en gran medida, gracias a las características físicas y mecánicas con las que esta especie cuenta, tal como lo plantea Pertuz et al. (2018), en su estudio de la *Bactris Guineensis* como componente principal para la elaboración de un material compuesto, en donde “se estudiaron las propiedades mecánicas estáticas, así como los comportamientos de fatiga, ya que en estos tipos de cargas se puede prever una amplia gama de aplicaciones dinámicas de ingeniería.” (P. 448)

Estos constantes cambios han conllevando a la generación de materiales compuestos a base de este tipo de madera, denominados también como nuevas maderas, los cuales contienen normalmente el mismo tipo de madera usada en la construcción, pero están combinados para hacerlos más resistentes y durables (Valencia, 2019). Estos compuestos están normalmente agrupados por adhesivos termoestables que permiten mejoras tanto en las propiedades de la madera como en las propiedades adhesivas, sumados a los avances de los últimos años en los equipos de fabricación y diseño de estos elementos, enfocados aún más en las propiedades de la madera y en el desarrollo de nuevos adhesivos más naturales, libres de materiales derivados del petróleo.

Dentro de este grupo de compuestos se pueden destacar la espuma de madera o Fraunhofer Wood Foam, un tipo de material ligero a base de madera, caracterizado por contar con una textura de poros abiertos y que cuya función es la de actuar como núcleo de otros compuestos híbridos que tengan la necesidad de ser ligeros y ecológicos. Esta espuma se puede combinar a modo de panel sándwich con materiales como maderas, metales, plásticos, hormigón o WPC (Wood Plastic Composite), compensando así las desventajas propias de la madera (Sanfulgencio, 2018). De igual manera encontramos Resysta, un material híbrido compuesto por cascara de arroz, sal común y aceite mineral, con una dosificación 60%, 22% y 18% respectivamente, con características altas de durabilidad, resistencia e impermeabilidad y Malai, un bio-compuesto del coco, el cual es un material recientemente desarrollado a partir de celulosa bacteriana totalmente orgánica y sostenible, cultivada con residuos agrícolas procedentes de la industria del coco en el sur de la India. (Eco, 2021).

Entre estos materiales compuestos a base de madera, los paneles aglomerados, definidos como un material compuesto por partículas de maderas a las que se les añaden colas y resinas termo endurecibles (Maderame, 2020), se han convertido en una alternativa eficaz para el mundo arquitectónico gracias en gran medida a su relación calidad-precio, sostenibilidad, estabilidad y resistencia, los cuales son sometidos a calor y presión logrando que estos materiales se compacten entre sí y se obtenga el tablero, resultado que puede variar dependiendo de las maderas, adhesivos y aditivos implementados.

2.2. Pertinencia

La clasificación de estos paneles aglomerados puede variar según ciertos parámetros de diseño, características y composición, en primera instancia, los podemos clasificar según su densidad en M.D.P. (Medium Density Particleboard), un tipo de aglomerado de densidad media fabricados mediante extrusión o prensado, en M.D.F. (Medium Density Fiberboard), un tablero cuya densidad es media y su fabricación en seco, y por último en Hard Board o H.D.F (High Density Fiberboard), un tablero de alta densidad caracterizado por tener una superficie brillante y otra corrugada.

Por otra parte, la clasificación de estos tableros aglomerados va a depender también de sus características físicas, donde encontramos los Tableros Crudos, caracterizados por tener un recubrimiento superficial elaborados a base de resinas Ureicas, los Tableros R.H. empleando para este tipo de tableros resinas melaminicas y por último los Tableros Laminados caracterizados por sus diseños y colores bien definidos.

De igual manera, según su composición, básicamente se encuentran 4 tipos de paneles aglomerados, entre lo que se reconocen los tableros aglomerados tipos Estándar, caracterizados por no contar con elementos adicionales, y su poca resistencia a la humedad y el fuego, por otra parte, se encuentran los tableros Ignífugos, que se caracterizan por contener aditivos que hacen retardar la acción del fuego. Así mismo se encuentran los tableros Hidrófugos, o también conocidos como antihumedad, donde se alteran los porcentajes de madera y aglutinante en su

respectiva composición, y por último se encuentran también los tableros Aligerados, cuya composición se basa en madera y algunos polímeros sintéticos que permiten su ligereza.

Es de mencionar que la producción comercial de estos tipos de tableros consta de un proceso automatizado y sumamente controlado, donde la madera a partir del uso de máquinas astilladoras se convierten en partículas para su posterior secado, seguido, las partículas entran en un proceso de rociado con resinas aglomerantes y se dispersan para lograr el grosor requerido, al finalizar esta actividad, se prosigue al prensado por calor de alta presión, logrando la compactación y el grosor deseado, finalizando en el proceso de lijado y curado final.

2.3. Datos y Hechos

A lo largo del tiempo, se ha visto el notorio crecimiento y desarrollo de paneles aglomerados, variando su componentes, procesos y técnicas empleadas, primeramente tenemos el caso de los tableros de partículas compactados a partir de la cáscara de yuca, en donde su proceso de elaboración se registraron 12 muestras diferentes, y se observaron sus características, apreciándose que al disminuir la relación aglomerante – cáscara, disminuía el brillo y la compactación de las muestras hasta llegar a un punto donde no se logra aglomerar las partículas. (Rojas & Viejo, 2013).

(Rangel et al., 2017) en su estudio exploratorio para la elaboración de tableros aglomerados de partículas a partir de la madera de *Eucalyptus urophylla*, se basan en determinar sus propiedades físico-mecánicas y en evaluar los resultados bajo las normativas nacionales que estandarizan este tipo de elementos, todo ello a partir de un proceso metodológico basado en 9 fases:

- *Determinación de la densidad y contenido de humedad de las materias primas*
- *Viruteado de la madera y secado de partículas*
- *Coeficiente de esbeltez*
- *Componentes para la fabricación de los tableros*
- *Encolado de partículas*

- *Formación del colchón, proceso de pre-prensado y prensado del tablero de partículas*
- *Acondicionamiento y dimensionado de los tableros*
- *Ensayos físicos y mecánicos de los tableros*
- *Diseño experimental*

Así mismo, es notoria la elaboración de paneles a partir de varios materiales, como el caso de (Akinyemi et al., 2016), que desarrolló paneles aglomerados a partir de materiales compuestos, tales como mazorca de maíz y aserrín, donde para su fabricación se utilizaron variaciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% con un volumen constante de adhesivo para evaluar su efecto sobre las propiedades mecánicas y físicas presentes.

De igual manera, (Gaitán et al., 2016) obtuvieron aglomerados fabricados con partículas lignocelulosicas provenientes de plantas encontradas en la región del Quindío-Colombia como son la “guasca de plátano”, el “tripeperro” y el “pasto elefante” y se compararon con aglomerados comerciales de madera. Ese proceso lo llevaron a cabo a partir de la obtención de las fibras vegetales de las plantas seleccionadas, el posterior secado de las fibras para obtener las partículas y llevar las partículas al promedio de humedad buscado bajo las normativas ASTM-D-1554-86 y ASTM D 1419. Finalmente, hicieron uso de resina urea-folmadehído como aglutinante y la implementación de planchas térmicas para obtener los resultados finales.

Ilustración 1.

Plato de aglomerado fabricado por moldeo por planchas térmicas. Tomado de: Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de Pennisetum purpureum schum, Philodendron longirrhizum y Musa acuminata.



Por otro lado, para la elaboración de tableros aglomerados a partir de partículas de hojas secas de árboles, (Lizama et al., 2016) presenta la siguiente metodología:

La investigación sobre el estado del arte de los tableros de aglomerado de partículas de madera; la documentación en bitácora científica de todo el desarrollo de la investigación; la experimentación en laboratorio con pruebas por triplicado de procesos de aglomerado de partículas de hojas secas con distintos adhesivos, resinas y agentes aglutinantes prensados en frío y con calor; la evaluación de los resultados y de las características físicas observables. (p.1).

Martínez et al. (2020), en su investigación “Gynerium sagittatum, una especie para la innovación y el desarrollo en el Departamento de Sucre”, utilizaron la reconocida caña-flecha a partir de una fase descriptiva-exploratoria, donde lograron un conocimiento del material:

Teniendo como base diferentes procesos artesanales desarrollados por los indígenas Zenú de Colombia y aplicados al procesamiento de los colmos, siendo estos el beneficiamiento manual, el trenzado y el teñido, con la finalidad de establecer alternativas para el desarrollo de materiales tipo paneles, usando conceptos de sustentabilidad para la producción de objetos de diseño. (p. 217)

Es de reconocer los impactos ambientales que el sector de la construcción ha tenido y las repercusiones de estas, por ello, ante el constante desarrollo de paneles aglomerados y elementos similares, el factor sustentable es cada vez más notorio, como lo plantea (Sánchez et al, 2017) al mencionar que existen recientes investigaciones que han demostrado que el uso de resinas obtenidas del procesamiento de aceites de origen vegetal, como matriz en la producción de aglomerados de madera, puede ser una solución eficiente al reducir el impacto ambiental que es generado por el uso de las resinas fénicas.

Capítulo 3: Metodología

El presente estudio cuantitativo de carácter exploratorio con finalidad aplicada, llevado a cabo en el departamento de Sucre, Colombia, dónde metodológicamente se realizó en 3 fases: **fase exploratoria** (donde se recurrió a la exploración de las propiedades del material y las técnicas implementadas), **fase experimental** (se procedió a hacer la experimentación del material a base de la *Bactris Guineensis* y látex de caucho, partiendo de una técnica manufacturada de elaboración de paneles aglomerados), y por último, la **fase evaluativa** (Etapa que consistió en la ejecución de los ensayos de los paneles manufacturados, para determinar si cumplen con los estándares mínimos exigidos por la NTC 2261).

La metodología para la elaboración del prototipados de paneles aglomerados a base de la corteza de la caña de corozo (*Bactris Guineensis*), se desarrolló en la ciudad de Sincelejo, Sucre, dónde primeramente se distribuyeron las virutas de la caña triturada, de forma aleatoria, en un aglomerante de origen natural, el látex de caucho centrifugado al 60% medio amonio, de la línea de RubberCop SAS, como opción viable por su fácil adquisición comercial y disponibilidad en la región cauchera de Córdoba y Antioquia, obtenido a través de su página web. Para la elaboración de los paneles se recurrió a un método manufacturero, que consiste en un moldeo manual y un segundo método, que consiste en la compactación con prensas manuales a temperatura ambiente. El comportamiento físico y mecánico de los paneles se evaluó a partir de pruebas contempladas en la NTC 2261, con relación al porcentaje de humedad, densidad, módulo de elasticidad, módulo de rotura y enlace interno.

3.1. Materiales y Métodos

Se llevó a cabo la siguiente secuencia metodológica para la elaboración de los paneles aglomerados:

- Propiedades de los materiales constitutivos
- Extracción de partículas de *Bactris Guineensis*

- Tamizaje de partículas de *Bactris Guineensis*
- Dosificación de materiales constitutivos
- Construcción de paneles aglomerados

3.2. Propiedades de los materiales constitutivos

Los paneles aglomerados están hechos a base de dos materiales principales, la caña de corozo o *Bactris Guineensis* y un aglutinante de origen natural como el Látex de Caucho.

3.2.1. *Caña de Corozo o Bactris Guineensis*

La *Bactris Guineensis*, comúnmente conocida como Palma de Corozo, Palma de Lata o Lata de Corozo, es una palma cespitosa que se localiza mayoritariamente en la región Caribe de Colombia, específicamente en los departamentos de Sucre, Córdoba, Bolívar, Atlántico, Guajira, Magdalena y Antioquia, este último perteneciente a la región andina. Es una especie que crece en agrupaciones de hasta 100 tallos de entre 0.80 - 4 metros de altura, 1.5 - 3 centímetros de diámetro y que se caracteriza por contar con espinas en sus tallos y hojas.

Ilustración 2.

Distribución de Bactris Guineensis. Fuente: Cosechar sin destruir. Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas.



Es una palma que crece normalmente en zonas abiertas cercanas a pequeños bosques húmedos en ciénagas o bajos caños, donde requieren de alta incidencia de luz para su rápido crecimiento y desarrollo, a pesar que pueden crecer bajo sombra, pero de manera más lenta. Su uso y destino en la región abarca desde lo gastronómico, artesanal y constructivo, empleando así desde sus frutos para la elaboración de bebidas y comidas, hasta sus tallos, conocidos como latas, para la elaboración de artesanías y elementos de construcción como paredes, techos y cercas, generalmente en las zonas rurales, donde es su hábitat de crecimiento.

Su uso en el ámbito de la construcción, en gran parte se debe a sus comportamientos técnicos, procesos de labrado-mecanizado y su uso, a pesar de ser una palma y no una madera, llegando a asemejarse a otras especies más comunes como la guadua y el bambú, por lo que se puede regir bajo unas mismas especificaciones técnicas en su procedimiento y análisis.

La palma de lata presenta una corteza de alta rigidez sobre todo en la dirección de las fibras, debido a que alcanza valores de 8.18 Mpa +- 2.32 de esfuerzo con escasos

9.22 e-4 mm/mm +- 5.15e-4 en deformación, de modo que es comparable o incluso superior su módulo elástico con el de maderas duras como el roble o el álamo. (Castro et al, 2018)

Estudios han determinado que la estructura aniso trópica de la *Bactris Guineensis*, cuya configuración se basa en una corteza dura y porosa internamente, provoca que sus propiedades sean relativamente más bajas con respecto a otras maderas o similares, y que sometida a esfuerzos de compresión, tensión y flexión presente un comportamiento visco elástico, característica presente en las fibras naturales de origen vegetal, y que se define como “un tipo de comportamiento reológico anelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman” (“Equipos y Laboratorios de Colombia” 2022).

Sobre este comportamiento viscoelástico, Negrete & Pérez (2019) expresan:

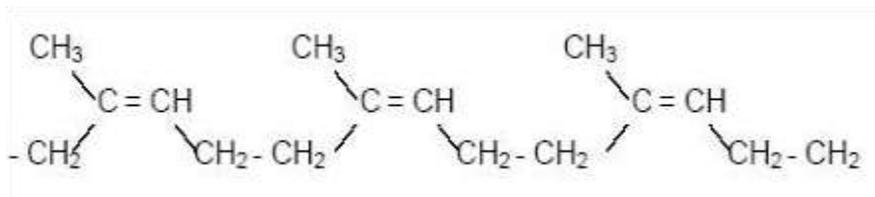
Este modelo de comportamiento mecánico, ha representado ser complejo y por lo tanto deber ser analizado a mayor detalle, no solo replica las condiciones de respuesta mecánica de las fibras naturales y vegetales, como las fibras de lata y de corozo, sino también refleja la participación de los componentes en la misma curva, pues al aumentar el porcentaje de muestra de cáscara en la especie, aumenta el regimen elástico, mientras que al disminuirlo baja el aporte de la deformación elástica y aumenta el aporte de la deformación viscoplástica. (p. 44).

3.2.2. *Látex de Caucho*

El caucho de origen natural se denomina como un polímero elástico, cuya estructura química se compone por átomos de carbono e hidrogeno (C₅H₈). Es obtenido a través de la extracción de la savia del árbol “*Hevea Brasiliensis*” y varios tipos de plantas existentes en Sudamérica, el sudeste asiático y África ecuatorial. Mediante un proceso que se conoce como sangrado, en el cual se realiza un corte en espiral a la corteza del árbol y se deja que a través de este fluya el látex a un recipiente ubicado en la parte baja de dicho corte.

Ilustración 3

Estructura química del Caucho. Fuente: Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de Continental Tire Andina como materiales estructurales.



La savia o látex es una sustancia de color blanco y de aspecto lechoso que se descompone apresuradamente en un tiempo no mayor a tres meses, por lo cual generalmente se le agrega un conservante como el amoníaco.

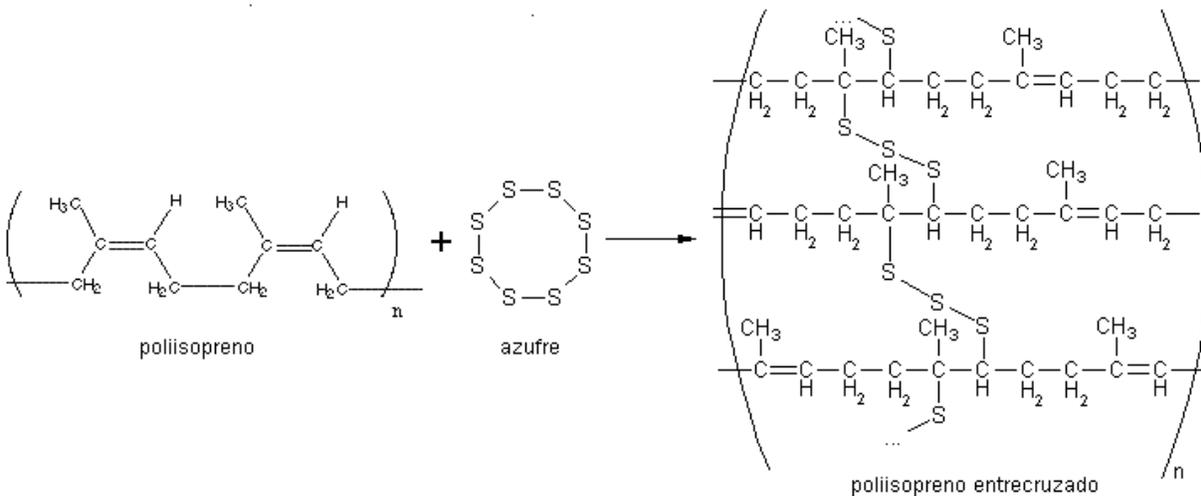
El amoníaco rompe las partículas de caucho y produce un producto que forma dos fases con un 30 - 40 % de parte sólida. Este producto se concentra hasta obtener un 60 % de parte sólida, obteniéndose así un concentrado de látex amoniacal con un 1,6 % de amoníaco en peso. (Beliczky & Fajen)

Además, esta savia o látex posee una “gran variedad de elementos como gomas, aceites, azúcares, sales minerales, proteínas, alcaloides, terpenos, ceras, hidrocarburos, almidón, resinas, taninos y bálsamos”. (Penagos Rubiano, 2017) La cantidad o porcentaje de cada uno de estos compuestos por lo general es variable y van a depender de la edad del árbol, la especie vegetal, las condiciones climáticas, la época del año, y el tipo de suelo en el que crece. Derivándose de estos factores las propiedades del caucho. Propiedades mecánicas que si no poseen un tipo tratamiento cuenta con elevadas deformaciones, producto de su naturaleza plástica, considerándolo también como un caucho ácido por su porcentaje de PH (10-11), siendo deficientes para el uso industrial, aunque la plasticidad de este y las características requeridas varían por la aplicación de productos o procesos químicos como la activación, curado y/o vulcanización.

El proceso de vulcanización puede ser entendido como el mecanismo mediante el cual se generan uniones químicas entre las cadenas poliméricas por medio de la formación de puentes de azufre, si la formulación se establece de esta manera, o la formación de cadenas entrecruzadas del mismo elastómero si en la formulación se emplean peróxidos. La reacción de vulcanización puede ser lenta o no de acuerdo a la composición del compuesto de caucho y adicionalmente a la temperatura empleada durante dicho proceso. (Urrego et al, 2017).

Ilustración 4

Reacción química al proceso de vulcanización. Fuente: Evaluación técnica de las propiedades físico-mecánicas de un adhesivo para la industria del reencauche.



Interviniendo directamente en las propiedades finales, logrando obtener mejor resistencia mecánica y cumplir con las especificaciones técnicas del producto.

Es de aclarar que para la presente investigación se utilizó un látex de caucho comercializado en el mercado local de la ciudad de Sincelejo, pero cuyo origen es proveniente de los hevicultores del cordón cauchero entre las zonas de Córdoba, Bajo Cauca y Urabá.

3.3. Extracción de partículas de *Bactris Guineensis*

Primeramente, se hizo la obtención de las latas de corozo en los centros de distribución y acopio de madera localizados en el municipio de Sincelejo. Es de mencionar que estas latas de corozo son provenientes de sus áreas de cultivos, localizadas mayoritariamente en las regiones de Sábana y Montes de María, en el departamento de Sucre.

Seguidamente, mediante un proceso mecánico se descompuso o astilló el tallo de la caña de corozo con el fin de separar lo que es la corteza de las partículas más blandas que se encuentran en el interior de esta. Para este proceso mecánico, se recurrió a un cepillo canteador o canteadora de madera, una máquina utilizada en el sector maderero cuya función es la de dar acabados lisos y uniformes a las piezas de madera, pero que pertenecen al grupo de máquinas de labrado, por lo que permitió el uso de sus cuchillas para el triturado de los tallos en pequeñas partículas.

Ilustración 5

Proceso de descomposición de la caña de corozo.



3.4. Tamizaje de partículas de *Bactris Guineensis*

Para el proceso de tamizaje, se recurrió a dos tamices manuales de 0,5 mm y 0,3 mm.

El primer tamiz permitió separar las partículas internas de las partículas de la corteza de la caña, mientras que el segundo tamiz, permitió separar de manera aún más fina las partículas internas.

Ilustración 6

Tamizaje manual de partículas de caña de corozo.



3.5. Dosificación de materiales constitutivos

Para definir la cantidad materia prima y aglomerante a implementar se emplearon dos tipos de dosificaciones, la primera que equivalente a 50% materia prima y 50% aglutinante, buscando un equilibrio entre ambas partes y lograr una mezcla homogénea y la segunda, equivalente a 60% materia prima y 40% aglutinante, sumándole prioridad al porcentaje de materia prima utilizada y así obtener una mejor consistencia en la mezcla, las dosificaciones son explicadas en las siguientes tablas:

Tabla 1

Dosificación experimental 50% material - 50% aglutinante. Fuente: Elaboración propia.

FORMULACIÓN	Grosor de prototipo (cm)	40 % Látex-Agua	60 % Viruta de Caña de Corozo
N° 1	1,0	150 ml	60 gr
	1,0	150 ml	60 gr
	1,0	150 ml	60 gr
N° 2	1,5	180 ml	80 gr
	1,5	180 ml	80 gr
	1,5	180 ml	80 gr
N° 3	2,0	200 ml	100 gr
	2,0	200 ml	100 gr
	2,0	200 ml	100 gr

Tabla 2

Dosificación final 60% material - 40% aglutinante. Fuente: Elaboración propia.

FORMULACIÓN	Grosor de prototipo (cm)	50 % Látex-Agua	50 % Viruta de Caña de Corozo
N° 1	1,0	150 ml	40 gr
	1,0	150 ml	40 gr
	1,0	150 ml	40 gr
N° 2	1,5	180 ml	60 gr
	1,5	180 ml	60 gr
	1,5	180 ml	60 gr
N° 3	2,0	200 ml	80 gr
	2,0	200 ml	80 gr
	2,0	200 ml	80 gr

3.6. Construcción de paneles aglomerados

Para la construcción de los paneles se utilizaron los siguientes equipos y elementos:

- Recipiente metálico para mezcla
- Bascula gramera de máx. 5000 gr.
- Beaker 700 ml
- Moldes de madera
- Molde de acero
- Prensa tipo C
- Espátula
- Elementos de protección personal o EPP

Procedimiento:

- a) Con la dosificación lista, se procedió a hacer la elaboración de la mezcla homogénea entre la materia prima y el aglutinante.
- b) La mezcla ya homogeneizada se vertió en moldes de madera, y de manera manual, se esparció por todas las superficies del mismo.
- c) En primera instancia, se procedió a dejar secar a temperatura ambiente los primeros prototipos realizados a partir del moldeo manual y cuya dosificación fue 50% material - 50% aglutinante.
- d) Posteriormente, para los prototipos cuya dosificación fue 60% material – 40% aglutinante, se hizo uso de prensas manuales tipo C, para lograr comprimir los elementos. Es de aclarar, que, por utilizar este tipo de prensado manual, no se logró calcular con precisión los datos de la fuerza ejercida para dichos elementos.
- e) Los primeros moldes, correspondiente a los prototipos que solo fueron moldeados, permanecieron un total de 48 horas a temperatura ambiente para su secado. Pasadas estas horas, se procedió a ser el desmoldado de los mismos.

- f) Para los segundos prototipos, estos fueron prensados manualmente con prensas tipo C durante 30 minutos en promedio. Posterior a esto, por 48 horas se dejaron secar a temperatura ambiente. Al finalizar el tiempo de secado estipulado, se desmoldaron.

Ilustración 7.

Mezcla homogénea entre materia prima y aglutinante de origen natural. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 8

Proceso de elaboración de paneles moldeados. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 9

Proceso de secado a temperatura ambiente. Paneles moldeados. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 10

Proceso de elaboración de paneles comprimidos manualmente. Fuente: Elaboración propia.



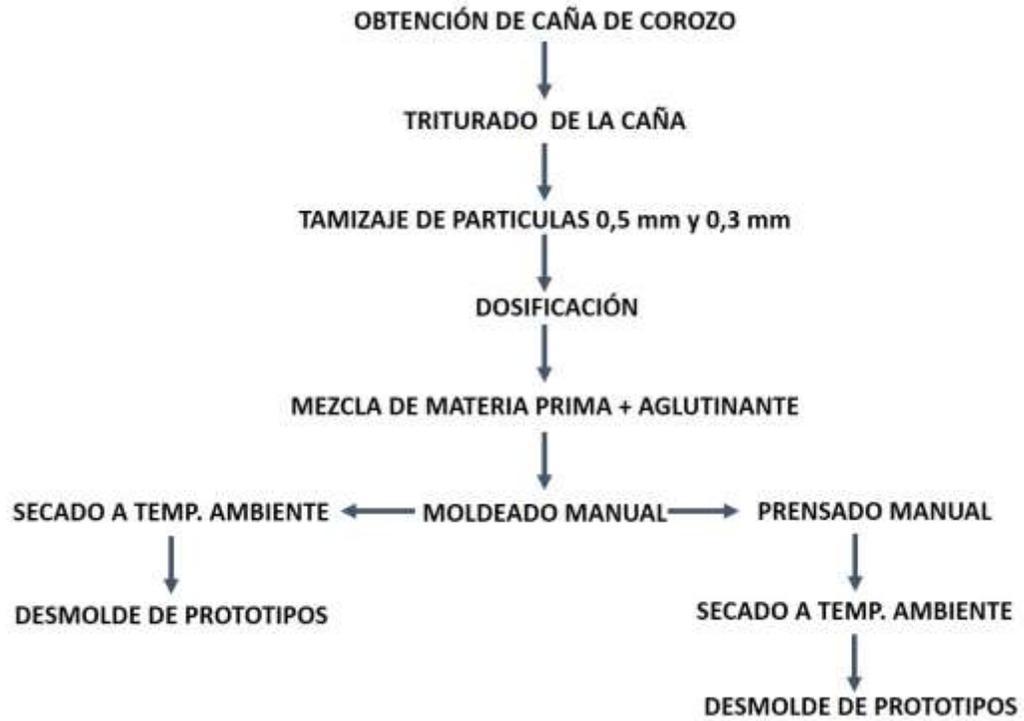
Ilustración 11

Proceso de secado a temperatura ambiente. Paneles moldeados. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 12

Diagrama de flujo para elaboración de paneles. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 4: Presentación y Discusión de Resultados

4.1. Caracterización física y mecánica de paneles

La caracterización física y mecánica de los paneles aglomerado fue basada en la NTC 2261, también conocida como Norma Técnica Colombiana para Tableros de Partículas Aglomeradas para Aplicaciones Interiores No Estructurales, que concibe una serie de disposiciones generales y específicas que deben guardar y cumplir los paneles de partículas aglomeradas de madera u otro material lignocelulósico lijados.

A). Requisitos generales:

1. La superficie de sus dos caras debe ser homogénea, presentar un color uniforme, no debe presentar manchas, costras de pegantes o grietas y debe estar exento de delaminación.
2. El pandeo del tablero se acordará entre los aportes de acuerdo al uso que se le destinará.

B). Requisitos específicos:

1. Los tableros presentaran un contenido de humedad entre 5% y 11%. El tablero no debe exceder la humedad en equilibrio con el medio ambiente.
2. Las dimensiones serán acordadas entre el comprador y vendedor con las tolerancias dimensionales indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 3

Tolerancias dimensionales de los tableros dimensionales. Fuente: NTC 2261

Espesor nominal en mm	Tolerancias del espesor mm	Tolerancias del largo mm		Tolerancias del ancho mm
		Mayor de 2 550	Menor de 2 550	
4 - 20	± 0,2	± 5	± 2	± 2
Mayor de 20	± 0,3			

3. La cuadratura no deberá exceder 3mm/m del ancho del tablero cuando el largo y el ancho cumplan con las tolerancias exigidas en la tabla 1.

4. El módulo de rotura, módulo de elasticidad, enlace interno, sostenimiento del tornillo de acuerdo con el espesor y la densidad del tablero serán los indicados en la tabla 2.

Tabla 4

Valores mínimos para módulo de rotura, módulo de elasticidad y enlace interno. Fuente: NTC 2261.

Grado	Módulo de rotura (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (N/mm ²)	Enlace interno (N/mm ²)	Sostenimiento del tornillo (N)	
HG	21,0	2400	0,90	Cara 1800	Canto 1325
MGS	14,5	2000	0,40	900	650
MG1	11,0	1500	0,30	800	600
LG	8,0	800	0,15	550	NA*
* NA significa no es aplicable					

4.2. Ensayos

Los ensayos físicos y mecánicos destinados para los paneles aglomerados fueron tomados de la NTC 2261 y corresponden a los siguientes:

- Módulo de rotura
- Módulo de elasticidad
- Enlace interno o Cohesión
- Densidad
- Humedad

La normativa NTC 2261 estipula el esquema de muestreo para un panel aglomerado, en nuestro caso particular, para cada ensayo se estipularon un total de tres (3) probetas, con las dimensiones establecidas por la para cada uno de estos. Es de aclarar que se estipuló esta cantidad de probetas al ser un proceso experimental y de estudio, en que se exploraban las posibilidades de que el material tuviese el comportamiento adecuado en cada ensayo. De igual manera, se aclara el proceso de elaboración individual de cada una de las probetas, considerando las factibilidades económicas y de equipos con las que se contaban al momento de realizar dicha investigación.

4.2.1. Recinto experimental

Las elaboraciones de los prototipos de panel aglomerado se realizaron en una residencia de la ciudad de Sincelejo, en un espacio amplio, parcialmente cubierto y al aire libre, permitiendo el óptimo desarrollo de la actividad, además, cumpliendo con el uso adecuado del EPP o equipo de protección personal. Para la fase mecánica se ejecutaron las pruebas en el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la Universidad de Sucre.

4.2.2. Equipos

- Máquina de ensayos universal

4.2.3. Módulo de rotura

Para determinar el módulo de rotura en las probetas ensayadas, se hizo uso de una maquina universal de ensayos para resistencia de materiales, cuyos apoyos fueron provistos a una distancia regulable y donde la carga de manera continua y uniforme se aplicó a todo el ancho de la probeta hasta llegar al fallo o fractura del elemento.

La cantidad de probetas destinadas al ensayo fueron 3 para cada panel de distinto espesor (10 mm, 15 mm y 20 mm) y en este caso, de distinta dosificación (50-50 y 60-40), para determinar y comparar el comportamiento del elemento ante los esfuerzos.

El módulo de rotura se expresó en N/mm² y se calculó mediante la siguiente formula:

$$MOR = \frac{3 \times P \times L}{2 \times a \times e^2}$$

MOR=Módulo de rotura en N/mm²

P= Carga aplicada en N

L= Distancia entre los apoyos

a= Ancho de la probeta en mm

e= Espesor nominal de la probeta en mm

- Ensayos a probetas e= 10 mm, dosificación 50% material -50% aglutinante

Probeta N°1:

MOR: Sin resultados

Probeta N° 2:

MOR: Sin resultados

Probeta N°3:

MOR: Sin resultados

- Ensayos a probetas e= 15mm, dosificación 50% material – 50% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOR = \frac{3 \times 4300 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}^2} = \frac{1.290.000 \text{ N}}{90.000 \text{ mm}^2} = 14,33 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Probeta N° 2:

$$MOR = \frac{3 \times 4550 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}^2} = \frac{1.365.000 \text{ N}}{90.000 \text{ mm}^2} = 15,16 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Probeta N° 3:

$$MOR = \frac{3 \times 4450 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}^2} = \frac{1.335.000 \text{ N}}{90.000 \text{ mm}^2} = 14,83 \text{ N} / \text{mm}^2$$

- Ensayos a probetas e= 20 mm, dosificación 50% material – 50% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOR = \frac{3 \times 4660 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2} = \frac{1.398.000 \text{ N}}{64.000 \text{ mm}^2} = 21,84 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Probeta N° 2:

$$MOR = \frac{3 \times 4460 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2} = \frac{1.326.000 \text{ N}}{64.000 \text{ mm}^2} = 20,71 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Probeta N°3:

$$MOR = \frac{3 \times 4735 \text{ N} \times 100 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2} = \frac{1.720.000 \text{ N}}{64.000 \text{ mm}^2} = 21,19 \text{ N/mm}^2$$

- Ensayos a probetas e= 10 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probetas N° 1:

$$MOR = \frac{3 \times 6330 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}^2} = \frac{949.500 \text{ N}}{16.000 \text{ mm}^2} = 59,34 \text{ N/mm}^2$$

Probetas N° 2:

$$MOR = \frac{3 \times 5770 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}^2} = \frac{865.500 \text{ N}}{16.000 \text{ mm}^2} = 54,0 \text{ N/mm}^2$$

Probeta N° 3:

$$MOR = \frac{3 \times 6630 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}^2} = \frac{944.500 \text{ N}}{16.000 \text{ mm}^2} = 62,15 \text{ N/mm}^2$$

- Ensayos a probetas e= 15 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOR = \frac{3 \times 5790 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}^2} = \frac{868.500 \text{ N}}{36.000 \text{ mm}^2} = 24,12 \text{ N/mm}^2$$

Probeta N° 2:

$$MOR = \frac{3 \times 6240 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}^2} = \frac{936.000 \text{ N}}{36.000 \text{ mm}^2} = 26,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Probeta N° 3:

$$MOR = \frac{3 \times 6770 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}^2} = \frac{1.015.000 \text{ N}}{36.000 \text{ mm}^2} = 28,20 \text{ N/mm}^2$$

- Ensayos a probetas e= 20 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOR = \frac{3 \times 6520 \text{ N} \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2} = \frac{978.000 \text{ N}}{64.000 \text{ mm}^2} = 15,28 \text{ N/mm}^2$$

Probeta N°2:

$$MOR = \frac{3 \times 6390N \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2} = \frac{958.500 \text{ N}}{64.000 \text{ mm}^2} = 14,97 \text{ N/mm}^2$$

Probeta N° 3:

$$MOR = \frac{3 \times 6520N \times 50 \text{ mm}}{2 \times 80 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2} = \frac{978.000 \text{ N}}{64.000 \text{ mm}^2} = 15,28 \text{ N/mm}^2$$

Ilustración 13

Ensayo de módulo de rotura. Fuente: Elaboración propia.



4.2.4. *Módulo de elasticidad*

Para determinar el módulo de elasticidad en las probetas ensayadas, se usó una maquina universal de ensayos para resistencia de materiales, cuyos apoyos fueron provistos a una distancia regulable y donde la carga de manera continua y uniforme se aplicó a todo el ancho de la probeta hasta llegar al fallo o fractura del elemento.

La cantidad de probetas destinadas al ensayo fueron 3 para cada panel de distinto espesor (10 mm, 15 mm y 20 mm) y en este caso, de distinta dosificación (50-50 y 60-40), para determinar y comparar el comportamiento del elemento ante los esfuerzos.

El módulo de elasticidad se expresó en N/mm² y se calculó mediante la siguiente formula:

$$MOE = \frac{P1 \times L^3}{4 \times a \times e^3 \times y1}$$

MOE= Cálculo de elasticidad en N/mm²

P1= Carga en el límite proporcional en N

y1 = Deflexión en el límite proporcional en mm

e = espesor nominal de la probeta en mm

a= ancho de la probeta en mm

L= distancia entre los apoyos en mm

- Ensayos a probetas e= 10 mm, dosificación 50% material -50% aglutinante

Probeta N°1:

MOR: Sin resultados

Probeta N° 2:

MOR: Sin resultados

Probeta N°3:

MOR: Sin resultados

- Ensayos a probetas e= 15 mm, dosificación 50% material -50% aglutinante

Probetas N°1:

$$MOE = \frac{6560 N x 100 mm^3}{4 x 80 mm x (15mm^3) x 20 mm} = \frac{6.56 e9 N}{21.600.000 mm^2} = 303,703 N/mm^2$$

Probetas N°2:

$$MOE = \frac{6750 N x 100 mm^3}{4 x 80 mm x (15mm^3) x 20 mm} = \frac{6.75 e9 N}{21.600.000 mm^2} = 312,50 N/mm^2$$

Probetas N° 3:

$$MOE = \frac{6650 N x 100 mm^3}{4 x 80 mm x (15mm^3) x 20 mm} = \frac{6.65 e9 N}{21.600.000 mm^2} = 307,87 N/mm^2$$

- Ensayos a probetas e= 20 mm, dosificación 50% material -50% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOE = \frac{7120 N x 100 mm^3}{4 x 80 mm x (20mm^3) x 20 mm} = \frac{7,12 e9 N}{51.200.000 mm^2} = 139 N/mm^2$$

Probeta N°2:

$$MOE = \frac{4480 N x 100 mm^3}{4 x 80 mm x (20mm^3) x 20 mm} = \frac{4,48 e9 N}{51.200.000 mm^2} = 87,5 N/mm^2$$

Probeta N°3:

$$MOE = \frac{5620 N x 100 mm^3}{4 x 80 mm x (20mm^3) x 20 mm} = \frac{5,62 e9 N}{51.200.000 mm^2} = 109,76 N/mm^2$$

- Ensayos a probetas e= 10 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N°1:

MOE: Sin resultados

Probeta N° 2:

MOE: Sin resultados

Probeta N°3:

MOE: Sin resultados

- Ensayos a probetas e= 15 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOE = \frac{5910 N \times 50 mm^3}{4 \times 80 mm \times (15mm^3) \times 20 mm} = \frac{738.750.000 N}{21.600.000 mm^2} = 34,20 N/mm^2$$

Probeta N° 2:

$$MOE = \frac{6320 N \times 50 mm^3}{4 \times 80 mm \times (15mm^3) \times 20 mm} = \frac{790.000.000 N}{21.600.000 mm^2} = 36,57 N/mm^2$$

Probeta N°3:

$$MOE = \frac{6600 N \times 50 mm^3}{4 \times 80 mm \times (15mm^3) \times 20 mm} = \frac{825.000.000 N}{21.600.000 mm^2} = 38,19 N/mm^2$$

- Ensayos a probetas e= 20 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$MOE = \frac{6090 N \times 50 mm^3}{4 \times 80 mm \times (20mm^3) \times 20 mm} = \frac{761.250.000 N}{51.200.000 mm^2} = 14,86 N/mm^2$$

Probeta N°2:

$$MOE = \frac{6530 N \times 50 mm^3}{4 \times 80 mm \times (20mm^3) \times 20 mm} = \frac{816.250.000 N}{51.200.000 mm^2} = 15,94 N/mm^2$$

Probeta N°3:

$$MOE = \frac{6100 \text{ N} \times 50 \text{ mm}^3}{4 \times 80 \text{ mm} \times (20 \text{ mm}^3) \times 20 \text{ mm}} = \frac{762.500.000 \text{ N}}{51.200.000 \text{ mm}^2} = 14,89 \text{ N/mm}^2$$

Ilustración 14

Ensayo de módulo de elasticidad. Fuente: Elaboración propia.



4.2.5. Enlace interno o Cohesión

Para determinar el enlace interno o cohesión de las probetas a ensayar, se hizo uso de una maquina universal de ensayos para resistencia de materiales donde una carga de manera continua y uniforme por todo el ancho de la probeta hasta llegar al fallo o fractura del elemento.

La cantidad de probetas destinadas al ensayo fueron 3 para cada panel de distinto espesor (10 mm, 15 mm y 20 mm) y de una misma dosificación (60-40)

El enlace interno se expresó en N/ mm² y se calculó mediante la siguiente formula:

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

EI = Enlace interno en N/ mm²

P = Carga aplicada en N

A = Área en mm²

- Ensayos a probetas e= 10 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N° 1:

$$EI = \frac{134.480 N}{2500 mm^2} = 53,78 N/ mm^2$$

Probeta N° 2:

$$EI = \frac{138.650 N}{2500 mm^2} = 55,46 N/ mm^2$$

Probeta N° 3:

$$EI = \frac{136.700 N}{2500 mm^2} = 54,68 N/ mm^2$$

- Ensayos a probetas e= 15 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N° 1:

$$EI = \frac{226.200 N}{2500 mm^2} = 90,48 N/mm^2$$

Probeta N° 2:

$$EI = \frac{235.300 N}{2500 mm^2} = 94,12 N/mm^2$$

Probeta N° 3:

$$EI = \frac{232.450 N}{2500 mm^2} = 92,98 N/mm^2$$

- Ensayos a probetas e= 20 mm, dosificación 60% material - 40% aglutinante

Probeta N° 1:

$$EI = \frac{343.470 N}{2500 mm^2} = 137,380 N/mm^2$$

Probeta N° 2:

$$EI = \frac{358.000 N}{2500 mm^2} = 143 N/mm^2$$

Probeta N° 3:

$$EI = \frac{355.000 N}{2500 mm^2} = 142 N/mm^2$$

4.2.6. Densidad

Para el diagnostico de las pruebas de densidad de las probetas, se estudiaron nueve especímenes, divididos equitativamente en tres espesores, 1.0 cm, 1.5 cm y 2.0 cm, y bajo la dosificación de 60-40, basados en las especificaciones y medidas establecidas por la norma técnica colombiana NTC 2261.

La densidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{M}{V} \times 1000$$

En donde

D = densidad, en kg/m^3

M = masa de la probeta, en gramos

V = volumen, en cm^3

- Ensayo a probetas $e= 10$ mm, dosificación 60% material 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$D = \frac{130 \text{ gr}}{225 \text{ cm}^3} \times 1000 = 577,8 \text{ kg/m}^3$$

Probeta N°2:

$$D = \frac{130 \text{ gr}}{225 \text{ cm}^3} \times 1000 = 577,8 \text{ kg/m}^3$$

Probeta N°3:

$$D = \frac{130 \text{ gr}}{225 \text{ cm}^3} \times 1000 = 577,8 \text{ kg/m}^3$$

- Ensayo a probetas $e= 15$ mm, dosificación 60% material 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$D = \frac{160 \text{ gr}}{337,5 \text{ cm}^3} \times 1000 = 474 \text{ kg/m}^3$$

Probeta N°2:

$$D = \frac{160 \text{ gr}}{337,5 \text{ cm}^3} \times 1000 = 474 \text{ kg/m}^3$$

Probeta N°3:

$$D = \frac{160 \text{ gr}}{337,5 \text{ cm}^3} \times 1000 = 474 \text{ kg/m}^3$$

- Ensayo a probetas e= 20 mm, dosificación 60% material 40% aglutinante

Probeta N°1:

$$D = \frac{200 \text{ gr}}{450 \text{ cm}^3} \times 1000 = 444,5 \text{ kg/m}^3$$

Probeta N°2:

$$D = \frac{200 \text{ gr}}{450 \text{ cm}^3} \times 1000 = 444,5 \text{ kg/m}^3$$

Probeta N°3:

$$D = \frac{200 \text{ gr}}{450 \text{ cm}^3} \times 1000 = 444,5 \text{ kg/m}^3$$

4.2.7. *Humedad*

Para la determinación del porcentaje de absorción de agua se desarrolló el ejercicio en nueve especímenes, divididos equitativamente en tres espesores, 1.0 cm, 1.5 cm y 2.0 cm, basados en las especificaciones y medidas establecidas por la NTC 2261. Los resultados se determinaron en dos tiempos, uno de 2 horas de inmersión y el segundo de 24 horas de inmersión, realizados en recipientes plásticos y con un secado a temperatura ambiente promedio de 33°C.

La cantidad de humedad se expresa en la siguiente formula:

$$CH = \frac{M1M2}{M2} \times 100$$

En donde

CH = contenido de humedad, en porcentaje en masa

M1 = masa inicial de la muestra, en g

M2 = masa seca de la muestra, en g

- Ensayo a probetas e= 10 mm, dosificación 60% material 40% aglutinante

Probeta N°1, 2 horas de inmersión:

$$CH = \frac{130 \times 200}{200} \times 100 = 13\%$$

Probeta N°2, 2 horas de inmersión:

$$CH = \frac{130 \times 200}{200} \times 100 = 13\%$$

Probeta N°3, 2 horas de inmersión:

$$CH = \frac{130 \times 200}{200} \times 100 = 13\%$$

Probeta N°1, 24 horas de inmersión:

$$CH = \frac{130 \times 200}{200} \times 100 = 13\%$$

Probeta N°2, 24 horas de inmersión:

$$CH = \frac{130 \times 200}{200} \times 100 = 13\%$$

Probeta N°3, 24 horas de inmersión:

$$CH = \frac{130 \times 200}{200} \times 100 = 13\%$$

- Ensayo a probetas e= 15 mm, dosificación 60% material 40% aglutinante

Probeta N° 1, 2 horas de inmersión

$$CH = \frac{160 \times 190}{190} \times 100 = 16\%$$

Probeta N° 2, 2 horas de inmersión

$$CH = \frac{160 \times 190}{190} \times 100 = 16\%$$

Probeta N° 3, 2 horas de inmersión

$$CH = \frac{160 \times 190}{190} \times 100 = 16\%$$

Probeta N° 1, 24 horas de inmersión

$$CH = \frac{160 \times 190}{190} \times 100 = 16\%$$

Probeta N° 2, 24 horas de inmersión

$$CH = \frac{160 \times 190}{190} \times 100 = 16\%$$

Probeta N° 3, 24 horas de inmersión

$$CH = \frac{160 \times 190}{190} \times 100 = 16\%$$

- Ensayo a probetas e= 20 mm, dosificación 60% material 40% aglutinante

Probeta N° 1, 2 horas de inmersión

$$CH = \frac{200 \times 280}{280} \times 100 = 20\%$$

Probeta N° 2, 2 horas de inmersión

$$CH = \frac{200 \times 280}{280} \times 100 = 20\%$$

Probeta N° 3, 2 horas de inmersión

$$CH = \frac{200 \times 280}{280} \times 100 = 20\%$$

Probeta N° 1, 24 horas de inmersión

$$CH = \frac{200 \times 280}{280} \times 100 = 20\%$$

Probeta N° 2, 24 horas de inmersión

$$CH = \frac{200 \times 280}{280} \times 100 = 20\%$$

Probeta N° 3, 24 horas de inmersión

$$CH = \frac{200 \times 280}{280} \times 100 = 20\%$$

Ilustración 15

Ensayo de humedad. Fuente: Elaboración propia.



4.3. Presentación de resultados

Se presentan tabulados los resultados obtenidos de los distintos ensayos realizados a los prototipos, arrojando variables cuantitativas con datos de tipo continuo, los cuales permitieron identificar, medir y clasificar estos valores en las siguientes tablas. Estos fueron analizados y comparados con las especificaciones mínimas que exige la NTC 2261 para cada uno de los ensayos realizados, porcentaje de humedad, densidad, módulo de elasticidad, módulo de rotura y enlace interno, logrando así determinar y evaluar si los paneles elaborados cumplen con los estándares comerciales exigidos por la normativa nacional.

Cabe resaltar que la tabla número 5, la cual presenta una dosificación 50% material 50% aglutinante, está destinada netamente como una fase experimental de ensayo y error, los cuales arrojaron resultados que nos permitieron diagnosticar posteriormente una dosificación final con la cual se obtendría una mezcla de mejor consistencia y homogeneidad.

La tabla numero 6 expresa la fase definitiva de los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los prototipos con la dosificación final de 60% material 40% aglutinante.

Tabla 4

Tabla de resultados con dosificación 50% material - 50% aglutinante. Fuente: Elaboración propia.

Formulación	Espesor del prototipo (cm)	% Látex-Agua	% Viruta de Caña de Corozo	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Rotura (N/ mm ²)	Módulo de Elasticidad (N/ mm ²)
N° 1	1,0	50	50	266	N.A.	N.A.
	1,0	50	50	311	N.A.	N.A.
	1,0	50	50	311	N.A.	N.A.
N° 2	1,5	50	50	355	14.33	303.70
	1,5	50	50	355	15.16	312.5
	1,5	50	50	355	14.83	307.87
N° 3	2,0	50	50	533	21.84	139
	2,0	50	50	533	20.71	87.5
	2,0	50	50	488	22.19	109.76

Tabla 5

Tabla final de resultados con dosificación 60% material - 40% aglutinante.

Formulación	Espesor del prototipo (cm)	% Látex-Agua	% Viruta de Caña de Corozo	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Rotura (N/mm ²)	Módulo de Elasticidad (N/mm ²)	Enlace Interno o Cohesión (N/mm ²)	% Absorción de agua por 2 horas	% Absorción de agua por 24 horas
N° 1	1,0	40	60	577.8	59.34	N.A.	53.78	13%	13%
	1,0	40	60	577.8	54.0	N.A.	55.46	13%	13%
	1,0	40	60	577.8	62.15	N.A.	54.68	13%	13%
N° 2	1,5	40	60	474	24.12	34.20	90.48	16%	16%
	1,5	40	60	474	26.0	36.57	94.12	16%	16%
	1,5	40	60	474	28.20	38.19	92.98	16%	16%
N° 3	2,0	40	60	444.5	15.28	14.86	137.38	20%	20%
	2,0	40	60	444.5	14.97	15.94	143.20	20%	20%
	2,0	40	60	444.5	15.28	14.89	142	20%	20%

4.4. Discusión de resultados

- Es posible obtener paneles aglomerados de forma artesanal a partir de la sola mezcla de virutas de caña de corozo y látex de caucho que cumplan con los parámetros de rotura, enlace interno y densidad establecidos en la NTC 2261, pero sin conseguir los estándares exigidos por la misma normativa, específicamente con relación a los parámetros de elasticidad y contenido de humedad.
- Con relación a la dosificación implementada, inicialmente se buscaba realizar una mezcla equilibrada, moldeable, de óptima consistencia y buena homogeneidad. Luego de hacer una serie de ejercicios experimentales con las mismas, se evidencio que la mezcla de 60% material y 40% aglutinante, donde se le dio prioridad a la cantidad de material, fue la que mejor se ajustó a las características anteriormente mencionadas.
- Las muestras que fueron sometidas a una compresión manual a partir de prensas tipo C durante el proceso de fabricación, fueron las que mejor apariencia estética y comportamiento físico - mecánico presentaron con relación a las primeras muestras

experimentales que se realizaron a partir de un moldeo manual y que no lograron un comportamiento óptimo a los esfuerzos de rotura, elasticidad y cohesión.

- De acuerdo a los resultados de la tabla final, y basados en lo estipulado por la normativa NTC 2261, los paneles cuyo espesor corresponden a 10 mm presentan densidades promedio entre 500 Kg/mm³ y 800 Kg/mm³, por lo que se categorizan como tableros de media densidad, mientras que los paneles de 15 mm y 20 mm de espesor, presentan densidades menores a 500 Kg/mm³, por lo que se categorizan como tableros de baja densidad.
- Con relación al tema de humedad, se logró determinar que las probetas ensayadas no cumplieron con los parámetros mínimos exigidos por la normativa, que corresponden a un contenido de humedad entre el 5% y 11%. Las probetas de 10 mm arrojaron un contenido de humedad promedio de 13%, las de 15 mm un contenido de humedad del 16% y finalmente las de 20 mm presentaron un contenido de humedad considerablemente alto, con un promedio de 20%.
- En el ensayo de módulo de rotura para las probetas de 10 mm y dosificación final de 60%-40%, los resultados arrojaron un promedio de 58,49 N/mm², por lo que se categorizarían como tableros de grado alto, HG. Para las probetas de 15 mm, estas arrojaron un promedio de módulo de rotura de 26,10 N/mm², por lo que se categorizarían también como tableros de grado alto, HG. Por último, los paneles de 20 mm de espesor, arrojaron un promedio de 15,17 N/mm², categorizándolos como tableros de grado medio especial, MGS.
- En lo referente al módulo de elasticidad, solamente se obtuvieron valores para las muestras con espesores de 15 mm y 20 mm, en el caso de las muestras de 10 mm, estas no arrojaron resultados debido al grosor de las probetas, las cuales sumadas a su superficie nula de contacto, no permitieron un correcto agarre de las tenazas de la máquina para lograr el fallo que se buscaba. Mientras que las muestras de 15 mm arrojaron un promedio 36,32 N/mm² y las de 20 mm un promedio de 15,23 N/mm². Se muestra un claro descenso del promedio del módulo de elasticidad a medida que el espesor aumenta, pero a pesar de ello, los datos obtenidos no alcanzan los valores mínimos exigidos por la normativa, por lo que las muestras no son realmente eficientes a esfuerzos de tensión.

- Para el tema de enlace interno o cohesión, se lograron obtener valores considerables en relación a la resistencia de las muestras a las cargas aplicadas, en primera instancia, las muestras de espesor 10 mm, arrojaron un promedio de 54,64 N/mm², las muestras de 15 mm arrojaron en promedio 92,42 N/mm² y finalmente las muestras de 20 mm arrojaron en promedio 140, 86 N/mm². Esto evidencia una notable curva ascendente, en la que se demuestra que, a mayor espesor de la muestra, mayor es la resistencia a las cargas aplicadas, reflejando datos que superan los estándares mínimos exigido en la norma para enlace interno o cohesión.
- Se logró determinar que el espesor de los paneles afecta de manera directa su comportamiento a los esfuerzos físicos y mecánicos a los que fueron sometidos. En el caso del contenido de humedad, se evidenció que a medida que el espesor de la muestra aumentaba, su porcentaje de absorción de agua aumentaba y de la misma manera sucedió con los resultados de enlace interno o cohesión, donde los ensayos arrojaron datos que muestran como entre mayor era el espesor de la probeta, mayor era su resistencia a las cargas aplicadas. Por otra parte, con relación al módulo de rotura, se evidenció un comportamiento inversamente proporcional, en el que a mayor el espesor de las probetas, menor eran los datos arrojados de resistencia a la compresión, y de la misma forma con los valores de elasticidad, los cuales disminuían a medida que el espesor de las muestras aumentaban.
- Desde un enfoque económico, se concluyó que la realización de paneles aglomerados a partir de la caña de corozo y el látex de caucho como material aglutinante, puede llegar a ser viable por la gran disponibilidad de los materiales constitutivos en la región

Gráfico 2

Gráfico resumen de resultados. Módulo de rotura. Fuente: elaboración propia.

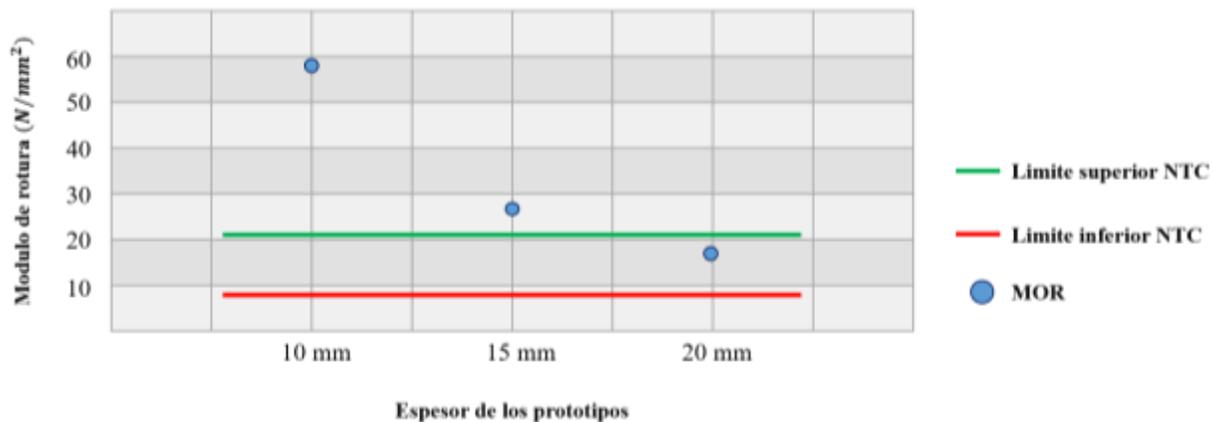


Gráfico 3

Gráfico resumen de resultados. Módulo de elasticidad. Fuente: elaboración propia.

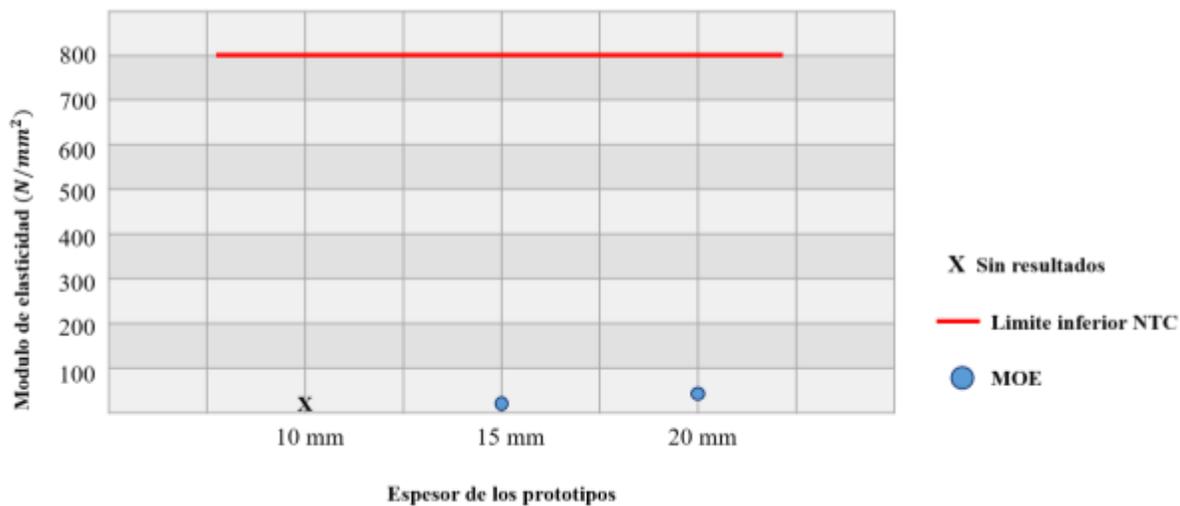


Gráfico 4

Gráfico resumen de resultados. Enlace interno. Fuente: elaboración propia

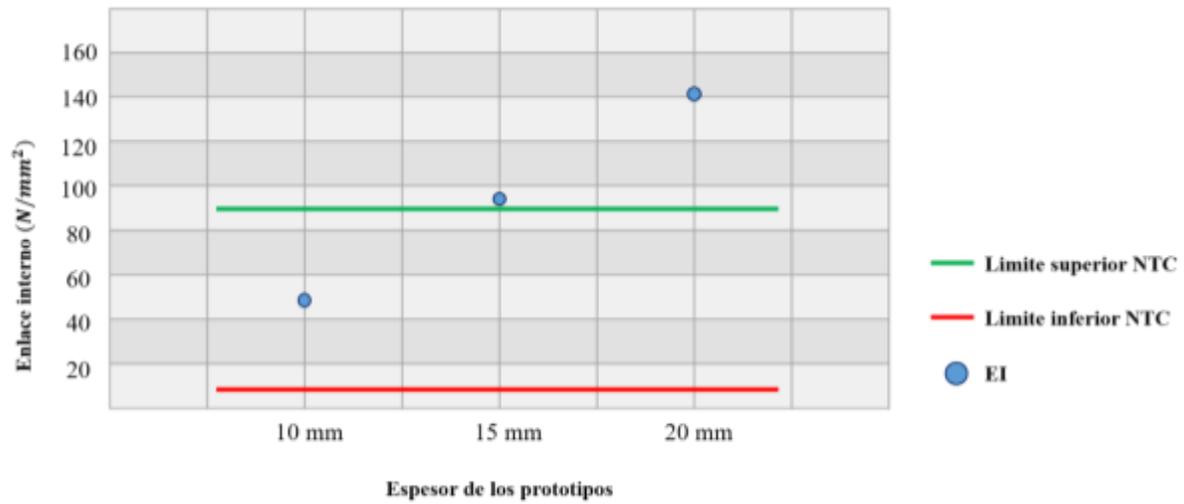


Tabla 6

Valores mínimos para módulo de rotura, elasticidad y enlace interno. Tomado de: NTC 2261. Fuente: Elaboración propia.

VALORES MÍNIMOS PARA MODULO DE ROTURA, ELASTICIDAD Y ENLACE INTERNO			
Grado	Módulo de rotura (N/mm²)	Módulo de elasticidad (N/mm²)	Enlace interno (N/mm²)
Tablero de alto grado, HG	21.0	2400	0.90
Tablero de grado medio especial, MGS	14.5	2000	0.40
Tablero de grado medio uno, MG1	11.0	1500	0.30
Tablero de grado bajo, LG	8.0	800	0.15

Tabla 7

Tabla resumen de resultados. Fuente: elaboración propia.

ESPESOR (mm)	DENSIDAD (gr)	MOE (N/mm²)	MOR (N/mm²)	EI (N/mm²)
10	577,8	N.A	58,49	54,64
15	474	X	26,10	92,52
20	444,5	X	15,17	140,86

Los resultados obtenidos de los ensayos se presentan en la anterior tabla, basados en la NTC 2261, identificando que los valores representados en color verde son aquellos que se encuentran por encima de dicha norma, en color negro los que se encuentran dentro del promedio establecido por la misma y por último la "x" que son aquellos resultados situados por debajo de lo mínimo establecido por la norma.

Capítulo 5: Conclusiones

Para el desarrollo de futuras investigaciones, se logra concluir lo siguiente:

- Hacer uso de moldes de fácil desarme para obtener paneles aglomerados de mejor aspecto formal y estéticos.
- Se sugiere adicionar materiales orgánicos y/o sintéticos que permitan un mejoramiento a las propiedades elásticas y de absorción de agua que presentan los materiales constitutivos de los paneles para lograr alcanzar los estándares comerciales exigidos por la NTC 2261, con relación al módulo de elasticidad y porcentaje de humedad.
- Durante el proceso de fabricación de los paneles, se recomienda hacer uso de equipos y elementos más industrializados que permitan una optimización correcta de los materiales y resultados finales.
- Explorar más a profundidad el uso del látex de caucho como aglutinante para este tipo de elementos y/o similares, aprovechando sus características elásticas y de hidrofobicidad.
- Realizar ensayos y pruebas que permitan determinar el comportamiento de los paneles ante agentes químicos, biológicos y su reacción ante el fuego.
- Sumar el acompañamiento investigativo de las industrias y empresas relacionadas al tema de paneles aglomerados y maderas, para visualizar las posibilidades que brindan materiales como la caña de corozo y el látex de caucho en aspectos como la sostenibilidad, el medio ambiente y la economía e industria de la construcción regional.

Referencias Bibliográficas

- Akinyemi, B., Afolayan, J., & Oluwatobi, O. (2016). Some Properties of Composite Corn and Sawdust Particle Boards. *Construction and Building Materials*, 436-441.
- Bedoya, C. (2011). *Construcción Sostenible*. Colombia: Biblioteca Jurídica Diké.
- Beliczky, L. D., & Fajen, J. (s.f.). Industria del caucho 80. En A. Echt, *Cultivo del árbol del Caucho* (pág. 3).
- Borsani, M. (2011). *Materiales ecológicos. Estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles*. UPC.
- Brieva, E., Campos, A., & Nuñez, L. (2020). Pollination of *Bactris Guineensis* (Arecaceae), a potential economically exploitable fruit palm from the Colombian Caribbean. *Flora*, 269.
- Casas, L., & Gamba, C. (Octubre de 2013). *researchgate.net*. Obtenido de *researchgate.net*: <http://www.researchgate.net/publication/315481703>
- Castro, D., Ortega, I., Jaimes, R., & Martínez, M. (2018). Determinación de propiedades mecánicas de la corteza de la palma de lata por medio de ensayos de tracción y cortante. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 15, 59-76.
- Chabannes, m., benezet, j.-c., clerck, l., & diaz, e. g. (2014). Use of raw rice husk as natural aggregate in a lightweight insulating concrete: An innovative application. *Construction and Building Materials*, 11.
- Colombia, E. y. (31 de Mayo de 2022). *Equipos y Laboratorios de Colombia*. Obtenido de Equipos y Laboratorios de Colombia Web Site: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-la-viscoelasticidad#:~:text=La%20viscoelasticidad%20es%20un%20tipo,propiedades%20el%C3%A1sticas%20cuando%20se%20deforman>.
- Colombiana, N. T. (2003). *Tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones interiores no estructurantes*. Norma Técnica Colombiana NTC 2261.
- Cuartas, P., Evin, M., Hernández, Á., Rodríguez, J., & Monroy, M. (2014). Sistema estructural sostenible medioambientalmente de maloka hecha con madera, bahareque y boñiga de vaca en el municipio de tuchín, departamento de córdoba, Colombia. *Colombiana cienc. Anim.*, 261-282.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Cuentas Departamentales - DANE*. Bogotá : DANE.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Gran Encuesta Integrada de Hogares - .* Bogotá: DANE.
- Development, C. (2014). Construcción. En C. Development, *Componente 1: priorización y activación de los drivers derrs de Sucre* (págs. 72-79). Sincelejo: Cluster Development.
- Eco, M. (19 de Septiembre de 2021). *malai.eco*. Obtenido de malai.eco: <https://malai.eco/blogs/news/about-malai-material>
- Fournier, R. (Octubre-Diciembre de 2008). Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 92-101.
- Garcia, M., & Röthlisberger, R. (2013). *Técnicas Vernaculares*. Region Caribe.
- Homecenter. (2017). *homecenter.com.co*. Obtenido de homecenter.com.co: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/tableros-madera-aglomerada/>
- Hossain, U., Sohail, A., & Thomas, S. (2019). Developing a GHG-based methodological approach to suport the sourcing of sustanaible construction material and products. *Resources, Conservations & Reciclyng*, 145, 160-169.
- Khedari, j., nankongnab, n., hirunlabh, j., & teekasap, s. (2004). New low-cost insulation particleboards from mixture of durian peel and coconut coir. *Building and Enviroment* 39, 7.
- Madecentro. (2018). *madecentrocolombia.wordpress.com*. Obtenido de madecentrocolombia.wordpress.com: <https://madecentrocolombia.wordpress.com/aglomerados/>
- Maderame. (2020). *Maderame*. Obtenido de Maderame Web site : <https://maderame.com>
- Martínez, P., Da Cruz, P., & Queiroz, T. (2020). Gynerium sagittatum, una especie para la innovación y el desarrollo en el Departamento de Sucre. *Innovación en la Región Caribe de Colombia: aportes teóricos y buenas prácticas*, 204-222.
- Mathur, V. (2006). Composite Materials from Local Recources. *Construction and Building Materials*, 20, 470-477.
- Mesa, P. P. (julio-diciembre de 2019). El lenguaje de programación. *Ingenierías*, 5(60), 55-70. Obtenido de <https://cecar.edu.co/>
- MueblesG10. (9 de Julio de 2013). *g10muebles*. (G. D. S.A., Productor) Obtenido de <http://www.g10muebles.com/blog/grupo-diez/tableros-de-aglomerado-como-se-hace/>

- Muthuraj, r., lacoste, c., lacroix, p., & bergeret, a. (2019). Sustainable thermal insulation biocomposites from rice husk, wheat husk, wood fibers and textile waste fibers: elaboration and performances evaluation. *Industrial Crops & Products*, 8.
- Negrete, C., & Pérez, M. (2019). *Caracterización Fisico-Mecánica de la lata de Corozo (Bactris Guineensis)*. Montería : Universidad Pontificia Bolivariana .
- Palacio, B. (2016). La enseñanza integral de la Arquitectura, desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental. *Módulo Arquitectura CUC*, 16(1), 35-58.
- Penagos Rubiano, D. F. (2017). *Propuesta de mejora para el proceso de fabricación de empaques de caucho natural en industrias Jolferb*. BOGOTÁ, D. C.
- Pérez-Gómez, J., & Suárez, L. C. (2020). *La ingeniería en el siglo veinte* (3a. ed., Vol. 1). McGraw-Hill.
- Pertuz, A., Diaz, G., Chavez, D., & García, F. (2018). Study of Dynamic Behavior of a Composite Laminated Material Manufactured of the Bark of Lata's Palm "Bactris Guineensis". *Composite Structures* , 448-455.
- Rojas, L., & Viejo, F. (2013). Obtención y caracterización de materiales compactados a partir de cáscara de yuca para la fabricación de tableros de partículas . *Revista Colombiana de Materiales*, 158-163.
- Sánchez, M., Morales, L., & Caicedo, J. (2017). Physical and mechanical properties of agglomerated panels made from bamboo fiber and vegetable resin. *Construction and Buildings Materials*, 156, 330-339.
- Sanfulgencio, J. (14 de Mayo de 2018). *Arrevol*. Obtenido de Arrevol : <https://www.arrevol.com/blog/7-materiales-compuestos-de-madera-para-una-arquitectura-sostenible-futuro>
- SENA. (2006). *El caucho natural, caracterizacion ocupacional*. bogota: Servicio nacional de aprendizaje SENA.
- Urrego, W., Vasquez, N., Velazquez, S., & Carrascal, C. (2017). Caracterización de compuestos de caucho con residuos de cuero posindustrial. *Prospectiva*, 13-25.
- Valencia, A. (2019). La madera como nuevo material sostenible . *Revista Colombiana de Materiales*, 1-16.

Anexos

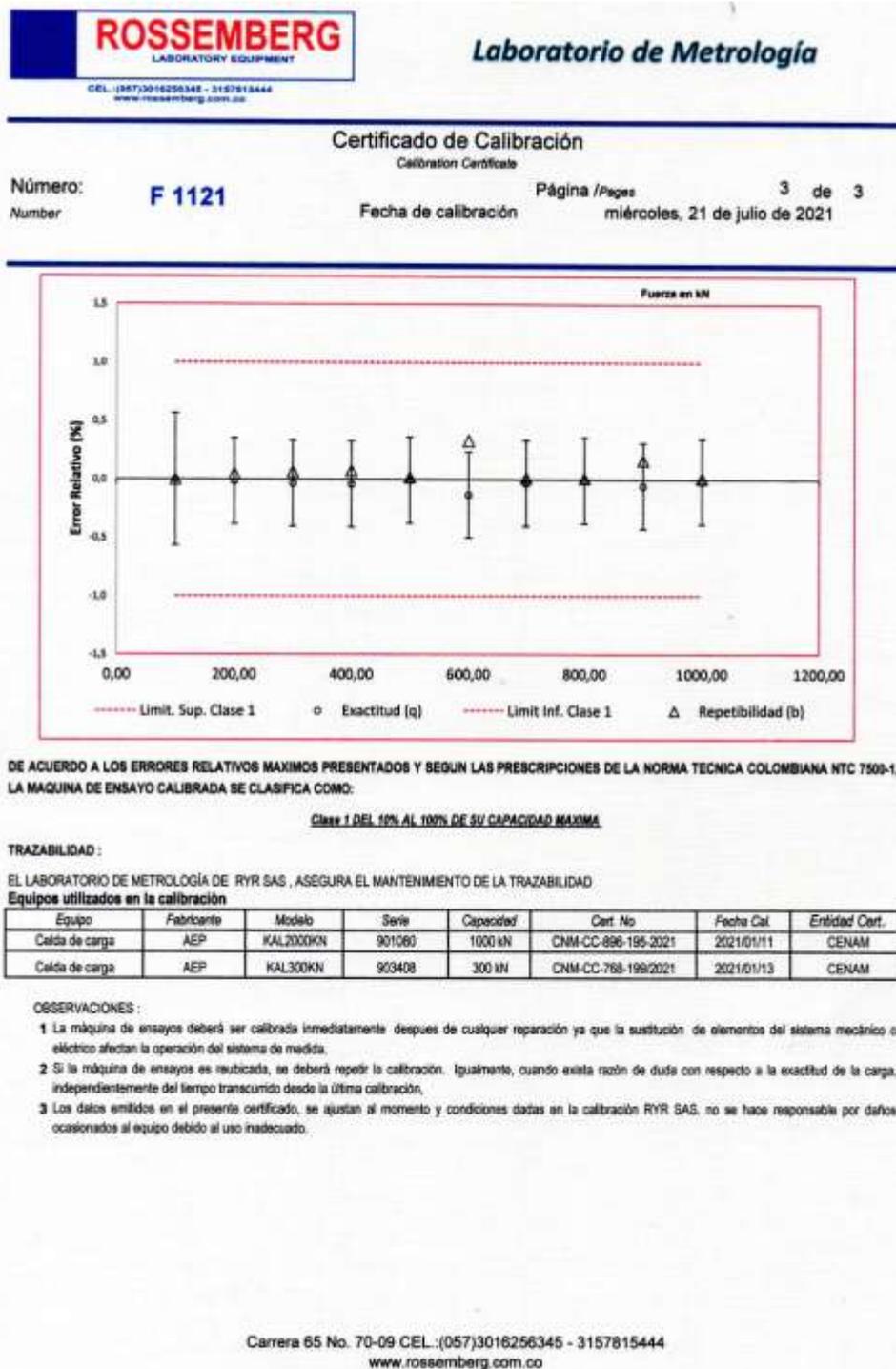
Anexo 1.

Máquina Universal de Ensayos. Laboratorio de ensayos de materiales y estructuras de Unisucre. Fuente: Elaboración propia.



Anexo 2.

Certificado de calibración de máquina universal de ensayos. Fuente: Universidad de Sucre.



Anexo 3.

Validación de resultados de ensayos. Fuente: Universidad de Sucre.

	UNIVERSIDAD DE SUCRE CENTRO DE LABORATORIOS	Código:	FOR-PS-020
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Versión:	1.0
	INFORME DE ENSAYO	Vigente a partir de:	05/04/2022

**PROCEDIMIENTO DE ENSAYOS Y RESULTADOS
PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE MATERIALES**

INFORME DE ENSAYO No. 14	FECHA: 20/09/2022
ENSAYO: ENSAYOS MODULO DE ROTURA Y MODULO DE ELASTICIDAD	NORMA: NTC 2251
PROYECTO: Tesis "DESARROLLO DE PANEL AGLOMERADO COMO MATERIAL LIVIANO DE CONSTRUCCIÓN A BASE DE LA CAÑA DE COROZO "BACTRIS GUINEENSIS"	
SOLICITANTE: Jorge armando Diaz	TELEFONO / E-mail: 3015412875
CLIENTE: Sebastián guerra – Daniel severiche	TELEFONO: 3005608956
CIUDAD: Sincelejo - Sucre	

RESULTADOS

TABLA DE RESULTADOS / ENSAYOS 16-03 -22 – PROBETAS MOLDEADAS

Formulación	Grosor De Prototipos (cm)	% Látex-Agua	% Viruta de Caña de Corozo	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Rotura (N/ mm ²)	Módulo de Elasticidad (N/ mm ²)
#1	1.0	50	50	266	N.A.	N.A.
	1.0	50	50	311	N.A.	N.A.
	1.0	50	50	311	N.A.	N.A.
#2	1.5	50	50	355	14.33	303.70
	1.5	50	50	355	15.16	312.5
	1.5	50	50	355	14.83	307.87
#3	2.0	50	50	533	21.84	139
	2.0	50	50	533	20.71	87.5
	2.0	50	50	488	22.19	109.76

TABLA DE RESULTADOS / ENSAYOS 18-04 -22 – PROBETAS COMPRIMIDAS

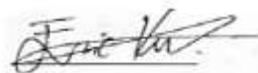
Formulación	Grosor De Prototipos (cm)	% Látex-Agua	% Viruta de Caña de Corozo	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Rotura (N/ mm ²)	Módulo de Elasticidad (N/ mm ²)
#1	1.0	40	60	266	39.75	N.A.
#2	1.5	40	60	355	20.25	26.56

	UNIVERSIDAD DE SUCRE CENTRO DE LABORATORIOS LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS INFORME DE ENSAYO	Código:	FOR-PS-020
		Versión:	1.0
		Vigente a partir de:	05/04/2022

TABLA DE RESULTADOS / ENSAYOS 12-05-22 – PROBETAS COMPRIMIDAS

Formulación	Grosor De Prototipos (cm)	% Látex-Agua	% Viruta de Caña de Corozo	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de Rotura (N/mm ²)	Módulo de Elasticidad (N/mm ²)
#1	1.0	40	60	577.8	59.34	N.A.
	1.0	40	60	577.8	54.0	N.A.
	1.0	40	60	577.8	62.15	N.A.
#2	1.5	40	60	474	24.12	34.20
	1.5	40	60	474	26.0	36.57
	1.5	40	60	474	28.20	38.19
#3	2.0	40	60	444.5	15.28	14.86
	2.0	40	60	444.5	14.97	15.94
	2.0	40	60	444.5	15.28	14.89

OBSERVACIONES


ERIC VILORIA NAVARRO
 LABORATORISTA

Informe válido solo para la(s) muestra(s) analizadas, el laboratorio no se hace responsable por el método de muestreo, fecha e información, realizado y suministrados por el cliente. El presente documento es válido solo con las firmas autorizadas.