

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FORESTALES

**PROGRAMA DE CONCURSO DE CREDENCIALES
ÁREA DE CONOCIMIENTO: PROCESAMIENTO MECÁNICO**

**ASIGNATURAS: - PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA;
- PRODUCTOS ENCOLADOS.**

**I.- ASIGNATURAS INTEGRANTES DEL ÁREA DE CONOCIMIENTO OBJETO DEL
CONCURSO:**

Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera, Anatomía de la Madera, Productos Encolados, Aserrado y Labrado Mecanizado, Secado y Preservación de la Madera.

II.- CONTENIDO DEL PROGRAMA DE CONCURSO:

TEMA 1: LA MADERA COMO MATERIAL.

Introducción. Características similares de todas las maderas. Factores que tienen control sobre las propiedades de la madera y que permiten distinguir a cada una de las especies. Grado de variabilidad dentro de una especie. La madera como materia prima industrial. La madera como material para la construcción.

TEMA 2: PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA.

Concepto. Factores que determinan la naturaleza física de la madera. Situación del agua en la madera. Higrscopia en la madera. Factores que la hacen variar: Temperatura (bulbo seco y bulbo húmedo) y humedad relativa (carta psicométrica y la tabla psicométrica, ecuaciones psicométricas). Contenido de humedad. Concepto. Determinación. Punto de saturación de la fibra. Contenido de humedad de equilibrio. Contenido de humedad máximo. Histéresis. Movimiento del agua en la madera. Cambios dimensionales: Contracción y dilatación. Relación entre la contracción tangencial y radial. Anisotropía de los cambios dimensionales. Peso específico y densidad. Definiciones. Relaciones con el contenido de humedad. Propiedades térmicas. La madera como aislante térmico. Inflamabilidad y combustión de la madera.

TEMA 3: PERMEABILIDAD.

Ley de Darcy. Tipos de flujo. Permeabilidad específica. Ley de Poiseville para flujo viscoso. Flujo turbulento. Flujo no lineal debido a pérdida de energía cinética. Difusión de Knudsen o de flujo de deslizamiento. Correcciones para radios de capilares cortos. Modelos de permeabilidad aplicables a la madera: modelo simple de capilares uniformes en paralelo, modelo de Sebastián para Coníferas, modelo de Petty para conductancias en series, modelo de Comstock para Coníferas. Caracterización de la estructura de la madera a partir de las determinaciones de la permeabilidad. Determinación de la permeabilidad usando líquidos. Determinación de la permeabilidad en gases. Efecto del secado sobre la permeabilidad de la madera. Efecto del contenido de humedad sobre la permeabilidad. La influencia de la longitud de la muestra sobre la permeabilidad. Tratamientos para incrementar la

permeabilidad de la madera seca. Zonas paralelas de diferentes permeabilidades en la madera. Permeabilidad de la pared celular. Efecto de especies y dirección de grano o fibra.

TEMA 4: CAPILARIDAD.

Tensión superficial. Tensión y presión capilar. Porosímetro de mercurio. Influencia de las fuerzas capilares en la impregnación de la madera con líquidos. Colapso en la madera. Aspiración de punteaduras.

TEMA 5: CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

Ley de Fourier. Ecuaciones empíricas para la conducción de calor en la madera. Modelo geométrico de conductividad de Siau. Resistencia y resistividad. Conductancia y conductividad. Derivación de la ecuación para la conductividad térmica transversal del modelo Siau. Derivación de la ecuación para la conductividad térmica longitudinal del modelo Siau. Efecto de la temperatura y del contenido de humedad de la madera sobre el calor específico y la conductividad térmica de la madera.

TEMA 6: DIFUSIÓN DE HUMEDAD BAJO REGIMEN ESTACIONARIO.

Primera ley de Fick bajo condición isotérmica. Difusión del agua higroscópica en la pared celular. Efectos combinados de contenido de humedad y temperatura sobre el coeficiente de difusión. Coeficiente de difusión del vapor de agua del aire en los lúmenes. Modelo para la difusión transversal de humedad. La importancia de las punteaduras en la difusión del vapor de agua. Modelo para la difusión longitudinal de humedad. Determinación de los coeficientes de difusión por el método de régimen estacionario.

TEMA 7: HIGROEXPANSIÓN EN LA MADERA.

Definición de términos. Higroexpansión volumétrica de la pared celular. Higroexpansión volumétrica de la madera. Contracción y dilatación volumétrica máxima. Coeficientes de higroexpansión volumétrica. Higroexpansión longitudinal. Higroexpansión radial y tangencial. Higroexpansión y esfuerzo mecánico. Reducción de la higroexpansión en la madera.

TEMA 8: TERMODINÁMICA Y TEORÍA DE SORCIÓN.

Introducción, Termodinámica del agua. Calor de mojado y calor de sorción. Histéresis de sorción. Energías de activación para difusión, flujo capilar y sorción capilar. Teorías de Sorción: Hailwood y Horrobin, Anderson y McCarthy, Dent, Hunter.

TEMA 9: PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LA MADERA.

Introducción. Resistencia eléctrica y resistividad eléctrica. Variables de la madera que afecta la resistividad: contenido de humedad y especies, temperatura, orientación del grano, composición química, densidad. Variables externas que afectan la resistividad: Geometría de los electrodos, presión de contacto, geometría y dimensiones de la muestra. Efectos electrolíticos. Magnitud de voltaje y aplicación. Teoría de la conducción eléctrica de la madera. Propiedades dieléctricas. Principios dieléctricos: polarización dipolar, polarización interfacial. Propiedad dieléctrica del agua. Propiedades dieléctricas de la madera seca. Propiedades dieléctricas de la madera húmeda. Detectores de humedad: basados en resistencias eléctricas y basadas en propiedades dieléctricas.

TEMA 10: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.

Concepto. Esfuerzos. Tipos de esfuerzos. Resistencia del material. Elasticidad. Ley de Hooke. Diagrama de esfuerzos y deformaciones. Deformación unitaria. Módulo de elasticidad. Módulo de Young. Límite proporcional. Tenacidad. Ruptura o falla. Carga máxima. Módulo de ruptura. Resistencia máxima a la compresión. Factores que afectan la resistencia mecánica de la madera. Determinación de las propiedades mecánicas de la madera: Flexión estática, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, cizallamiento o corte paralelo, tenacidad y dureza. Relaciones entre la resistencia y: el peso específico, contenido de humedad. Duración de la carga y la temperatura. Comportamiento anisotrópico de la madera.

TEMA 11: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA MADERA.

Introducción a los ensayos no destructivos. Definiciones. Justificación del uso de métodos de evaluación y ensayos no destructivos. Descripción y campo de aplicación de los métodos más comunes: a) Visual; b) Líquidos Penetrantes; c) Partículas Magnetizables; d) Radiaciones Ionizantes (Radiografía, Gammagrafía, etc.); e) Ultrasonido; f) Corrientes Inducidas (Eddy Current); g) Otros métodos particulares para casos especiales. Identificar la normatividad aplicable a los ensayos no destructivos. Requisitos de seguridad industrial en la aplicación según el método. Importancia, aplicación, ventajas y desventajas de los ensayos no destructivos en la madera.

TEMA 12: DEFECTOS Y CALIDAD DE LA MADERA.

Definición. Tipos de defectos: Naturales y artificiales o de procesamiento. Defectos naturales: Nudos, madera de reacción, madera de compresión y madera de tensión. Orientación del grano: Cruzado, inclinado, espiralado y diagonal. Grietas o fendas. Defectos Artificiales: de manufactura y de secado. Degradación anaeróbica de la madera. Degradación de la madera por agentes químicos. Importancia de las prácticas silviculturales en la calidad de la madera. Influencia sobre la variabilidad de la madera de una misma especie. Variabilidad de la madera dentro de los árboles de una misma especie. Variabilidad de la madera entre árboles de la misma especie. Variabilidad resultante de las condiciones de crecimiento. Variabilidad resultante de los factores genéticos.

TEMA 13: ADHESIÓN Y ADHESIVOS PARA MADERA.

Consideraciones generales del encolado. Definición de adhesivos o cola. Definición de una junta encolada.

Principios físico-químicos del encolado. Cohesión y adhesión. Naturaleza de la adhesión. Adherencia mecánica. Adherencia específica. Fuerzas intermoleculares. Polaridad. Enlaces primarios y secundarios. Influencia de la temperatura, concentración y grado de polimerización. Influencia del pH en la solidificación de una junta encolada. Ventajas y desventajas de las juntas encoladas.

Componentes de un adhesivo o cola. Bases. Solventes. Diluentes. Catalizadores y endurecedores. Cargas o extendedores. Rellenos. Preservantes. Fortificadores. Portadores. Formulaciones de cola para tableros contraenchapados y tableros aglomerados de partículas. Aplicación de un adhesivo o cola en una junta encolada. Dosis o cantidad de cola en tableros contraenchapados y elementos laminados: línea de cola simple y línea de cola doble. Dosis de cola en tableros aglomerados de partículas y de fibra. Resinosidad del tablero.

Clasificación de los adhesivos. Adhesivos naturales. Adhesivos sintéticos. Adhesivos termoresistentes. Fenol-formaldehído (FF). Resorcinol-formaldehído (RF). Urea-formaldehído (UF). Melamina-formaldehído (MF). Fenol-resorcinol-formaldehído (FRF). Urea-melamina-formaldehído (UMF). Isocianato (4-4' Difenilmetano diisocianato, MDI). Adhesivos termoplásticos. Celulósicos y acetatos de polivinilo. Otros adhesivos sintéticos: epóxicos y poliuretanos.

Bases para la selección de un adhesivo. Procesos de desarrollo de resistencia de los adhesivos. Tiempo de almacenamiento de un adhesivo o cola. Vida útil. Tiempo de gel.

Desarrollo de una junta encolada. Etapas: flujo, transferencia, penetración, humectación y solidificación. Tipos de juntas identificadas según la movilidad de la cola en cada una de estas etapas.

El proceso de encolado. Preparación de los adherendos. Preparación de los adhesivos. Aplicación de los adhesivos. Tiempo de ensamblado o de espera: abierto y cerrado. Temperatura y presión. Tiempo de prensado.

Variables en el encolado de la madera. Adhesivo. Madera. Variables del proceso. Usos.

Efecto de las especies de madera y del contenido de humedad en relación con el encolado y la resistencia de la junta. Contenido de humedad de equilibrio de la madera y de los productos encolados.

TEMA 14: INTRODUCCIÓN A LA FAMILIA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS A BASE DE MADERA.

Definición del término compuesto a base de madera.

Clasificación.

Tableros: contraenchapados (Plywood) de coníferas y de latifoliadas, contraenchapados enlistonados o de panelforte (Blockboard), aglomerados de partículas (Particleboard), de fibra de densidad media (MDF) (Medium Density Fiberboard), de fibra no comprimida o de aislamiento (Insulating Fiberboard), de fibra comprimida o duros (Hardboard), de Com-Ply de tres y cinco capas, de obleas (Waferboard), de partículas o hebras orientadas (OSB) (Oriented Strandboard).

Productos moldeados (Molded Products)

Productos unidos con materiales inorgánicos (cemento o yeso) (Inorganic-Bonded Products): tableros de partículas y de fibra, tableros excelsior o de pajilla y cemento, roof shingles y shakes.

Productos compuestos similares a madera sólida (Lumber and Timber Products): elementos de chapa laminada (LVL) (Laminated Veneer Lumber), elementos compuestos de tablero orientado de virutas y chapa (Com-Ply Joist Lumber), elementos de tiras laminadas paralelas (PSL) (Parallel Strand Lumber): ParallamTM, ScrimblerTM y ZephyrwoodTM, elementos de tiras laminadas orientadas (OSL) (Oriented Strand Lumber): TimberstranTM, durminentes (Railroad ties).

Materias primas. Adhesivos. Usos.

TEMA 15: CHAPA Y TABLEROS CONTRAENCHAPADOS.

Definición de chapa. Características de las especies de madera adecuadas para la producción de chapa.

Preparación de las rolas para la producción de chapa. Almacenamiento. Descortezado. Calentamiento de las rolas y de los módulos antes de su procesamiento en tornos y rebanadoras. Temperaturas y tiempos de calentamiento. Métodos de calentamiento. Efectos sobre la madera verde.

Corte de chapa. Espesores. Planos de corte. Métodos de corte: rotatorio (desbobinado) y rebanado. Factores que influyen en la calidad de la chapa verde. Ajustes de la barra y de la cuchilla en el torno y la rebanadora. Producción de chapa decorativa para tornos y rebanadoras. Tipos de rebanadoras: horizontales, verticales y longitudinales. Transporte y guillotinado de la chapa verde. Tipos de plantas para la producción de chapa verde. Flujograma de producción de chapa.

El secado de la chapa. Factores que afectan el secado. Tipos de secadoras de chapa: de malla y de rodillos. Control de calidad de la chapa seca.

Operación de encolado. Preparación del adhesivo. Aplicación. Métodos. Dosis. Tiempo de espera. Operación de Prensado: temperatura, presión y tiempo. Acondicionamiento de los tableros. Escuadrado y lijado.

Propiedades y usos. Determinación de sus propiedades físicas y mecánicas. Normas de evaluación y de niveles de calidad.

TEMA 16: TABLEROS AGLOMERADOS DE PARTÍCULAS Y TABLEROS DE FIBRA DE DENSIDAD MEDIA (MDF).

Materias primas. Madera y otros materiales lignocelulósicos. Adhesivos. Aditivos.

Aspectos tecnológicos. Preparación de las partículas y fibras. Clasificación o separación por tamaño. Transporte de las partículas y fibras. Almacenamiento de las partículas y fibras. Dosificación. Encolado. Formación del Colchón (Mat-Laying). Pre-prensado. Prensado. Sistema de bandejas (Caull) y sin bandejas (Caulless). Terminado del tablero: escuadrado y lijado. Recubrimientos o laminados para tableros de partículas y de fibras de densidad media.

Diagramas esquemáticos de plantas para la producción de tableros de partículas y de fibras de densidad media.

Propiedades físicas y mecánicas. Normas de ensayo y de calidad: ASTM D 1037-64, DIN, COVENIN, ANSI-A208. 1-1993. CAN-30188.OM88, CS 236-66, ANSI-A208.2-1986. Usos.

TEMA 17: TABLEROS ESTRUCTURALES DE HOJUELAS (FLAKES) (FLAKEBOARDS), DE OBLEAS (WAFERBOARDS) Y DE HEBRAS (STRANDS) ORIENTADAS (ORIENTED STRANDBOARDS).

Características básicas de los tableros. Materia prima. Especies individuales y mezcla de especies. Sub-productos del bosque, plantaciones y procesos industriales.

Procesos de producción para tableros de hojuelas (flakes) y de obleas (wafers). Preparación de la materia prima. Obtención de las hojuelas (flakes y wafers). Maquinas hojueleras: de anillo (Ring flaker), de tambor (Drum flaker) y de disco (Disc flaker). Almacenamiento húmedo. Secado. Almacenamiento seco. Clasificación o tamizado de las hojuelas. Encolado y mezclado. Formación del colchón. Prensado. Enfriamiento. Terminado.

Proceso de producción para tableros de partículas alargadas o hebras orientadas (OSB) (strands). Preparación de la materia prima. Obtención de las partículas alargadas o hebras. Maquinas: de disco (Disc flaker), molino de martillo (Hammer drum), astillador de tambor (Drum Chipper). Almacenamiento húmedo. Secado. Almacenamiento seco. Clasificación o tamizado de las hebras. Encolado y mezclado. Formación del colchón. Orientación mecánica y electrostática. Prensado. Enfriamiento. Terminado.

Propiedades físicas y mecánicas. Normas. Usos.

III.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing Materials. 1975. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, United States. 952 p.

American Plywood Association. 1983. U.S. Product Standard PS1-83 for construction and industrial plywood with typical AP trademarks. APA, Tacoma, Washington, 44 p.

American Plywood Association. 1991. Performance Standards and Policies for Structural-Use Panels. APA PRP-108. Tacoma, Washington: American Plywood Association.

American Society for Testing and Materials. 1980. Annual book of ASTM Standards. Part 22. Wood; Adhesives. Philadelphia, Pa., 1122 p.

Arcos, P., y Allen, J. 2005. Fabricación de OSB y contrachapado a partir de *Eucalyptus nitens*: análisis del comportamiento en proceso (Tesis de Pregrado). Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.

Arroyo, J. 1983. Propiedades Físicas-Mecánicas de la Madera. Texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Publicaciones. Mérida, Venezuela.

Baar, J., Tippner, J., & Rademacher, P. 2015. Prediction of mechanical properties-modulus of rupture and modulus of elasticity-of five tropical species by nondestructive methods. Maderas. Ciencia y tecnología, 17(2): 239-252.

Baldwin, R. 1975. Plywood Manufacturing Practices. A Forests Industries Book, Miller L. Freeman Publications, Inc. 260 p.

Basterra, L., Casado, M., Acuña, L., y Pinazo, O. 2006. Techniques of pseudo- non destructive testing on structural wood, by extraction of screws. Revista RECO PAR, 2: 37-59.

Bastidas, A., Delgado, L., Trejo, S., Valero, S., Márquez, E., y Albornoz, O. 2018. Sostenibilidad e influencia del tratamiento térmico en rolas de madera de *Stryphnodendron polystachyum* (yiguire) en la obtención de chapas por corte rotatorio. Ecodiseño & Sostenibilidad, 10(1): 145-171.

Bianchi, J., y Dávila, A. 2001. Fabricación de tableros aglomerados del tipo flakeboard a partir de la especie de Pino Caribe (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, Mérida, Venezuela.

Bobadilla, I., Esteban, M., Iñiguez, G., Arriaga, F., Ballarín, D., y Palacios, J. 2007. Estimación de la densidad de la madera aserrada de conífera mediante técnicas no destructivas de arranque de tornillos y penetrómetro y su aplicación en la estimación del módulo de elasticidad. Informes de la Construcción, 59: 107-116.

Brown, H., Davidson, R., & Skaar, C. 1963. Mechanism of electrical conduction in Wood. Forest Products Journal, 13: 455-459.

Canadian Standards Association. 1991. Standards on Construction Sheathing, CSA 0325-91. Rexdale, Ontario, Canada: Canadian Standards Association.

Canadian Standards Association. 1992. Standards on OSB and Waferboard, CAN/CSA 0437-92. Rexdale, Ontario, Canada: Canadian Standards Association.

Carballo-Collar, J., Hermoso-Prieto, E., y Díez-Barra, R. 2012. Ensayos no destructivos sobre madera estructural. Una revisión de 30 años en España. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 6(17): 26-41.

Casado, M., Acuña, L., Basterra, L., Vecilla, D., Relea, E., y Pando, V. 2007. Determinación de la capacidad resistente de madera estructural de *Pinus sylvestris* mediante PLG. Técnicas Ensayos no Destructivos.

Cerrada, G., y Zambrano, Y. 2004. Estudio preliminar de las propiedades físicas de la especie forestal *Gmelina arborea*, proveniente de las plantaciones de 25 años de edad de la Reserva Forestal Ticoporo del Estado Barinas (Tesis de Pregrado). Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela Técnica Superior Forestal, Mérida, Venezuela.

Chen, M., Luo, J., Shi, R., Zhang, J., Qiang, G., & Li, J. 2017. Improved adhesion performance of soy protein-based adhesives with a Larch Tannin-based resin. Polymers, 9(408): 1-11.

Chudnoff, M. 1984. Tropical timber of the World. United States. Department of Agriculture. Forest Service. Handbook 607. Washington, D. C. 464 p.

Clark, J., & Williams, J. 1932. The electric conductivity of commercial dielectric and its variation with temperature. The Journal of Physical Chemistry, 37(1): 119 - 131.

Comstock, G. 1965. Longitudinal permeability of green eastern hemlock. Forest Products Journal, 15(10): 441 - 449.

Davidson, R. 1958. The effect of temperature on the electrical resistance of Wood. Forest Products Journal, 8: 160 - 164.

Dieffenbacher 2005. OSB Plant, Kronospan, Jihlava, Czech Republic.

Durán, J. 1999. Manual de experimentos para física de la madera. Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

EN 13183:2004. 2004. Moisture content of a piece of sawn timber - Part 2: Estimation by electrical resistance method. Brussels, BE, Comité Européen de Normalisation. (Standard).

Espinoza, N., y León, W. 1993. Influencia de las características anatómicas sobre las propiedades mecánicas de la madera. Revista Forestal Venezolana, 37: 21- 38.

Espinoza, N., y León, W. 2001. Atlas para la Identificación microscópica de maderas latifoliadas. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.

Espinoza, N., y León, W. 2002. Identificación macroscópica de 64 maderas latifoliadas de Latinoamérica. IFLA. Serie Maderas. Mérida, Venezuela.

Forest Products Laboratory. 2010. Centennial Edition, Wood handbook— Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113.

Garay, D. 1997. Tableros aglomerados de partículas (Trabajo de Ascenso). Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela.

Garay, R. 2007. Tableros contrachapados. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Chile.

García, L., Guindeo, A., y Peraza, C. 2002. La madera y su tecnología. Madrid, España: Mundi-Preaso.

Hermoso, A., Arriaga, E., & Richter, F. 2008. Comparison of the Spanish visual strength grading Standard for structural sawn timber (UNE 56544) with the German one (DIN 4074) for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from Germany. Holz als Roh und Werkstoff. 241 p.

Hermoso, E., Mateo, R., Cabrero, J., y Fernández-Golfín, J. 2015. Evaluación y análisis de propiedades estructurales de productos de madera. Informes de la Construcción, 67(537): e062, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.061>.

Hoheisel, H. 1968. Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela.

Instituto Forestal División Regional. Chile. 1987. Tecnología y perspectivas de tableros de partículas tipo waferboards, flakeboards y osb. Informe Técnico Nº 109. Corporación de Fomento de la Producción. Gerencia de Desarrollo. AF 96/18. Santiago de Chile.

Instituto Forestal Latinoamericano. Series "Maderas Comerciales de Venezuela".

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2016. Formaldehído en la industria de fabricación de tableros. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, España.

Iñiguez, G. 2007. Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso estructural (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica. Madrid, España.

James, W. 1968. Effect of temperature on readings of electrical moisture meters. Forest Products Journal, 18(10): 23 - 31.

James, W. 1975. Dielectric properties of Wood and hardboard: variation with temperature, moisture content, and grain orientation. USDA For. Serv. Res. Pap. FLP 245. 32 pp.

James, W. 1975. Electric moisture meters for Wood. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. Res. FPL 6. 28 pp.

Jhon, F. 1995. Wood: Influence of moisture on physical properties, Department of Wood Science and Forest Products. Virginia Polytechnic Institute and State University. USA, 227 pp.

JUNAC. 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de Maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

JUNAC. 1989. Manual del Grupo Andino para Aserrío y Afilado de Sierras Cintas y Sierras Circulares. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

JUNAC. 1989. Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.

Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España. 675 p.

Kollmann, Franz F.P., Edward W. Kuenzi & Alfred J. Stamm. (1975). Principles of Wood Science and Technology. II. Wood Based Materials. Springer-Verlag, New York, Heidelberg. Berlin. 703 p.

Kollmann, F., & Wilfred, C. 1968. Principles of wood science and technology. I. Solid Wood. Springer. Berlin. Heidelberg. New York. 592 pp.

Laboratorio Nacional de Productos Forestales. 1990. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de Pino caribe (*Pinus caribaea* var. *Hondurensis*) de 10, 15 y 20 años de edad proveniente de las plantaciones de Uverito (Edo. Monagas). Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. 50 p.

León, W. 2002. Anatomía e identificación macroscópica de maderas. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.

León, W. 2010. Anatomía y densidad o peso específico de la madera. Revista Forestal Venezolana, 56: 67-76.

León, W., y Espinoza, N. 1993. Anatomía y tecnología de la madera. Departamento de Botánica. Laboratorio de Anatomía de Maderas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 57 p.

Li, J., Hunt, J., Gong, S., & Cai, Z. 2014. Wood-based tri-axial sandwich composite materials: design, fabrication, testing, modeling and application. CAMX Conference Proceedings. Orlando, FL, October 13-16.

Lin, R. 1965. A study on the electrical conduction in Wood. Forest Products Journal, 15: 506-514.

Lin, R. 1967. Review of the electrical properties of Wood and cellulose. Forest Products Journal, 17(7): 54-56.

Londoño, A., Lozano, L., Gómez, C., y Pórtela, L. 2014. Elaboración de tableros de partículas aglomeradas a partir de los residuos de Guadua (*Guadua angustifolia* KUNTH) resultado de los procesos de transformación. *Revista Tumbaga*, 2(10): 7-20.

Lutz, J. 1974. Techniques for peeling. Slicing, and veneer drying. U.S. Dep. Agric. For. Serv. For. Prod. Lab. Res. Paper FPL 228, Madison, Wis. 63 p.

MacLean, J. 1941. Thermal conductivity of Wood. Heating, piping, and air conditioning. 13: 380-391.

Maloney, T. 1993. Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Updated Edition. Miller Freeman Inc., San Francisco. USA. 688 p.

Maloney, T. 1993. Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Updated Edition. Miller Freeman Inc., San Francisco. USA. 688 Chapter 19: New Developments 626-669 p.

Maloney, T. 1996. The Family of Wood Composite Materials. *Forest Product Journal* 46(2): 19-26.

Maragaño, L. 2005. Tableros de contrachapados de *Eucalyptus nitens*: Efecto de las diferentes dosificaciones de adhesivo en las propiedades físico-mecánicas (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.

Mendoza, V. 2017. Pruebas no destructivas y destructivas de la madera de la especie *Tachigali colombiana* Dwyer (Guamo querré) procedente del bajo calima municipio de Buenaventura, Colombia (Tesis de Pregrado). Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué, Tolima.

Modern Plywood Techniques. Volume 1. Proceedings of the First Plywood Clinic, Portland, Oregon, February 1974. Edited by Herbert G. Lambert. A Forest Industries Book, Miller Freeman Publications, 500 Howard Street, San Francisco, California 94105, USA. Peters, C. W. 1974. Water bath peeler heating. pp 30-39. Carter, Paul M. 1974. Green veneer handling: close-coupled or trays. pp 40-47. Henderson, Dick, Les Hixson, and Jim Senkel. 1974. Minimizing veneer loss at trashgate, tipple, and trays. pp 48-56.

Modern Plywood Techniques. Volume 2. Proceedings of the Second Plywood Clinic, New Orleans, Luisiana, November 1974. Edited by Herbert G. Lambert. A Forest Industries Book, Miller Freeman Publications, 500 Homward Street, San Francisco, California 94105, USA. Mortensen, A.W. 1974. Block conditioning methods for improved panel yield. pp 27-46. Mechanizad Layup of Sothern Pine Plywood. 1974. pp 97-135.

Modern Plywood Techniques. Volume 6. Proceedings of the sixth Plywood Clinic, Portland, Oregon, March 1978. A Forest Industries Book, Miller L Freeman Publications, 500 Howard Street, San Francisco, California 94105. Walsler, D.C. 1978. New Developments in Veneer Peeling. pp 6-18. Youngquist, John A. 1978. Production and Marketing opportunities for parallel-laminated veneer products. pp. 49-55. Bryant, Ben S. 1978. Parallel-laminated veneer: Its manufacture and potential as a structural lumber substitute. pp 56-65.

Modern Plywood Techniques. Volumen 7. Proceedings of the seventh Plywood Clinic, Portland, Oregon, March 1979. A Forest Industries Book, Miller L Freeman Publications, 500 Howard Street, San Francisco, California 94105. Stratton, Richard. 1979. Automatic Veneer Block Lcentering. pp 7-13. Ellingson, Peter. 1979. Production and Marketing of elcboard Panels. pp 14-21. Bryan Eugene L. And Robert LE. Ridgeway. 1979. Factors affecting Plywood Profitability: Logs, Equipment, and Product Mix. pp 43-50. Springate, Norman C. And Theodore T. Roubicek. 1979. Improvements in Lathe and Clipper Production. pp 51-61.

Modern Sawmill and Panel Techniques 1. Volume 1. Proceedings of the North american Sawmill and Panel Clinic, Portland, Oregon, March 1980. A Forest Industries Book, Miller Freeman Publications, 500 Howard Street, San Francisco, California 94105. Pierson, Darrell E., Byron Brookhyser and Dick Allen. 1980. Platen Dryer for Veneer. pp 98-108. Edmond E. Gene James, 1980. Plywood from Radiata: Fir Region Block Heating. pp 129-132.

Molina, A. 2008. Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas de tableros contrachapados fabricados a partir de híbridos de Álamo (Tesis de Pregrado). Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Talca, Chile.

Montero, E., y Reyes, E. (s/f). Variación del peso específico básico de madera de 26 árboles de *Pinus caribaea* var. hondurensis provenientes de Uverito, estado Monagas. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado, Mérida, Venezuela. 19 p.

Moreno, P., Durán, J., Garay, D., Valero, S., Trejo, S., y Nieto, R. 2005. Utilización de la madera de ramas de *Fraxinus americana* (fresno) en la fabricación de tableros de partículas. *Theoria* 14(2): 57-64.

Moreno, P., Garay, D., Durán, J., Valero, S., y Trejo, S. 2010. Utilización de tallos de *Guadua angustifolia* en la fabricación de tableros de partículas. *Forest Systems* 19(2): 241-248.

National Particleboard Association. 1992. American National Standard Medium Density Fiberboard for Interior Use, ANSI/A208.2-1986. Gaithersburg, Maryland: National Particleboard Association.

National Particleboard Association. 1992. Standards for Particleboard for Mobile Home Decking, NPA 1-82. Gaithersburg, Maryland: National Particleboard Association.

National Particleboard Association. 1993. American National Standard Wood Particleboard ANSI/A208.1-1993. Gaithersburg, Maryland: National Particleboard Association.

Ninin, L. 1993. La anatomía de la madera y la resolución de problemas tecnológicos. *Revista Forestal Venezolana*, 37: 107-116.

Ninin, P. 1987. Lineamientos básicos para la utilización de maderas (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 256 p.

Ninin, P. 1997. Calidad de trozas y madera de Teca de diferentes densidades arbóreas, provenientes de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, Bum – Bum, Estado Barinas. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.

Notivol, E., Gil, L., y Pardos, J. 1992. Una metodología para la estimación de la densidad de la madera de árboles en pie y de su grado de variabilidad en *Pinus pinastre* Ait. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales, 1(1): 41- 49.

Ordoñez, V., y Dávalos, R. 1996. Ajuste a las propiedades mecánicas de la madera estructural por cambios del contenido de humedad. Madera y bosques, 2(2): 43-51.

Owen de Contreras, M. 1996. Elaboración de un elemento estructural laminado, tipo Parallam, con tiras de madera juvenil de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* y adhesivo fenol-formaldehído (Tesis de Maestría). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado.

Pashin, A., De Zeeuw, C. 1964. Textbook of Wood Technology. Vol I. 3th Edition. McGraw Hill Series in Forester Research. New York. 705 pp.

Pashin, A., De Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood Technology. Vol I. 4th Edition. McGraw Hill Series in Forester Research. New York. 722 pp.

Peraza, F., Arriaga, F., y Peraza, E. 2004. Tableros de madera de uso estructural. Madrid, España: AITIM.

Pérez, G., y Carrillo, L. 2002. Elaboración de tableros aglomerados de partículas orientadas (OSB) con urea formaldehído a partir de la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.

Perng, W. 1980. Studies on flow in wood I. Permeability and axial structural variation. Mokuzai Gakkaishi. 26: 132-138.

Perng, W. 1980. Studies on flow in wood II. Permeability and axial structural variation of short sample. Mokuzai Gakkaishi. 26: 219-226.

Poblete, H. y Vargas, R. 2006. Relación entre densidad y propiedades de tableros HDF producidos por un proceso seco. Maderas. Ciencia y tecnología 8(3): 169-182.

Proceedings of the 33rd International Particleboard/Composite Materials Symposium. April 13-15, 1999. Washington State University. Forest Products Society, 2801 Marshall Court, Madison, WI 53705-2295.

Rangel, L., Moreno, P., Trejo, S., y Valero, S. 2017. Propiedades de tableros aglomerados de partículas fabricados con madera de *Eucalyptus urophylla*. Maderas. Ciencia y tecnología 19(3): 373 – 386.

Reyes, E., Molina, M., Valero, S., Molina, Y., y Betancourt, J. 2012. Propiedades físicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*, resinado y no resinado de las plantaciones de Uverito (Monagas, Venezuela). Revista Forestal Venezolana, 56 (1): 21-28.

Reyes, E., Valero, S., Molina, Y., y Betancourt, J. 2015. Propiedades mecánicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* resinados y no resinados de las plantaciones de Uverito, Estado Monagas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 59(1): 63-71.

Rivas, S. 2004. Determinación de las propiedades mecánicas de elementos laminados de madera de la especie Melina (*Gmelina arborea*) (Tesis de Pregrado). Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. San José, Costa Rica.

Rivera, A. 1979. Adhesivos o colas para madera. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela.

Rivera, A. 1988. Corte y secado de chapas. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela.

Rivera, A. 1998. Tableros contrachapados (Trabajo de Ascenso). Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela.

Rodríguez, I. 2009. Evaluación de la técnica no destructiva del georradar para la inspección, diagnóstico y análisis resistente de la madera (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

Rolleri, A., y Roffael, E. 2006. Rugosidad de tableros de fibra de densidad media (MDF) usando método de contacto y no contacto. *Bosque* 27(1): 72-77.

Selbo, M. 1975. Adhesive Bonding of Wood. U.S. Dep. Agric., Tecn. Bull. N° 1512. U.S. Gov. Print. Off., Washington, D.C. 124 p.

Siau, J. 1984. Transport Processes in Wood. Springer Series in Wood Science T. E. Timell. Editor. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio. 245 pp.

Siau, J. 1995. Wood: Influence of Moisture on Physical Properties. Department of Wood Science and Forest Products. Virginia Polytechnic Institute and State University. USA. 227 pp.

Skaar, C. 1972. Water in Wood. Syracuse Wood Science Series. Syracuse University Press. 218 pp.

Skaar, C. 1988. Wood-Water Relations. Springer Berlin, Heidelberg, New York, 283 pp.

Skeist, Irving, Ed. 1962. Handbook of Adhesives. Reinhold Publ. New York. 683 p.

Taquiri, A. 1995. Relación entre la estructura anatómica y las propiedades físico mecánicas de tres especies forestales procedentes de los altos llanos occidentales de Venezuela (Tesis de Maestría). Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela.

Trejo, S. 2015. Factibilidad de uso de la guadua (*Guadua angustifolia*) proveniente de los llanos occidentales, en la fabricación de tableros de pajilla y cemento para la construcción (Tesis de Maestría). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida, Venezuela.

USDA. 1974. Wood Handbook. USDA Agricultural Handbook. 72. 384 pp.

Vilela, E. 1973. Estudio tecnológico de *Pinus caribaea* mor. var. *Hondurensis* barr., de 15, 10, y 5 años procedentes de Surinam. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. 19 p.

Voth, C. 2009. Lightweight sandwich panels using small-diameter timber wood-strands and recycled newsprint cores (Thesis of Postgrad). Washington State University, Department of Civil and Environmental Engineering, Washington, Unit States.

Wangaard, F., & Muschler, A. 1952. Properties and uses of tropical woods, I, II, III and IV. Yale University, School of Forestry.

Willinston, Ed M. 1991. Value-Added Wood Products. Manufacturing and Marketing Strategies. A Forest Industries Book, Miller Freeman, Inc., 600 Harrison Street, San Francisco, California 94107, USA. pp 217.

Wood Adhesives 1995. Proceedings of the Symposium held in Portland, Oregon, 1995. Forest Products Society, 2801 Marshall Cort, Madison, WI 53705-2295. 254 p.

Wood Adhesives 2000. Proceedings of the Symposium Held in South Lake Tahoe, Nevada, USA, June 2000. Forest Products Society, 2801 Marshall Court, Madison, WI 53705-2295.

Zambrano, L., Moreno, P., Muñoz, F., Durán, J., Garay, D., y Valero, S. 2013. Tableros de partículas fabricados con residuos industriales de madera de *Pinus patula*. *Madera y Bosques* 19(3): 65-80.

Zhang, J., Chen, H., Pizzi, A., Li, Y., Gao, Q., & Li, J. 2014. Characterization and application of urea-formaldehyde-furfural co-condensed resins as wood adhesives. *BioResources* 9(4): 6267-6276.

Zhang, J., Wang, X., Zhang, S., Gao, Q., & Li, J. 2013. Effects of melamine addition stage on the performance and curing behavior of melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin. *BioResources* 8(4): 5500-5514.

Zink, S. 2000. Effects of wood anatomy on the mechanical behavior of single-bolted connections. *Wood and Fiber Science*, 31(3): 249-263.

Zobel, B., & Talbert, J. 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons. New York.