



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

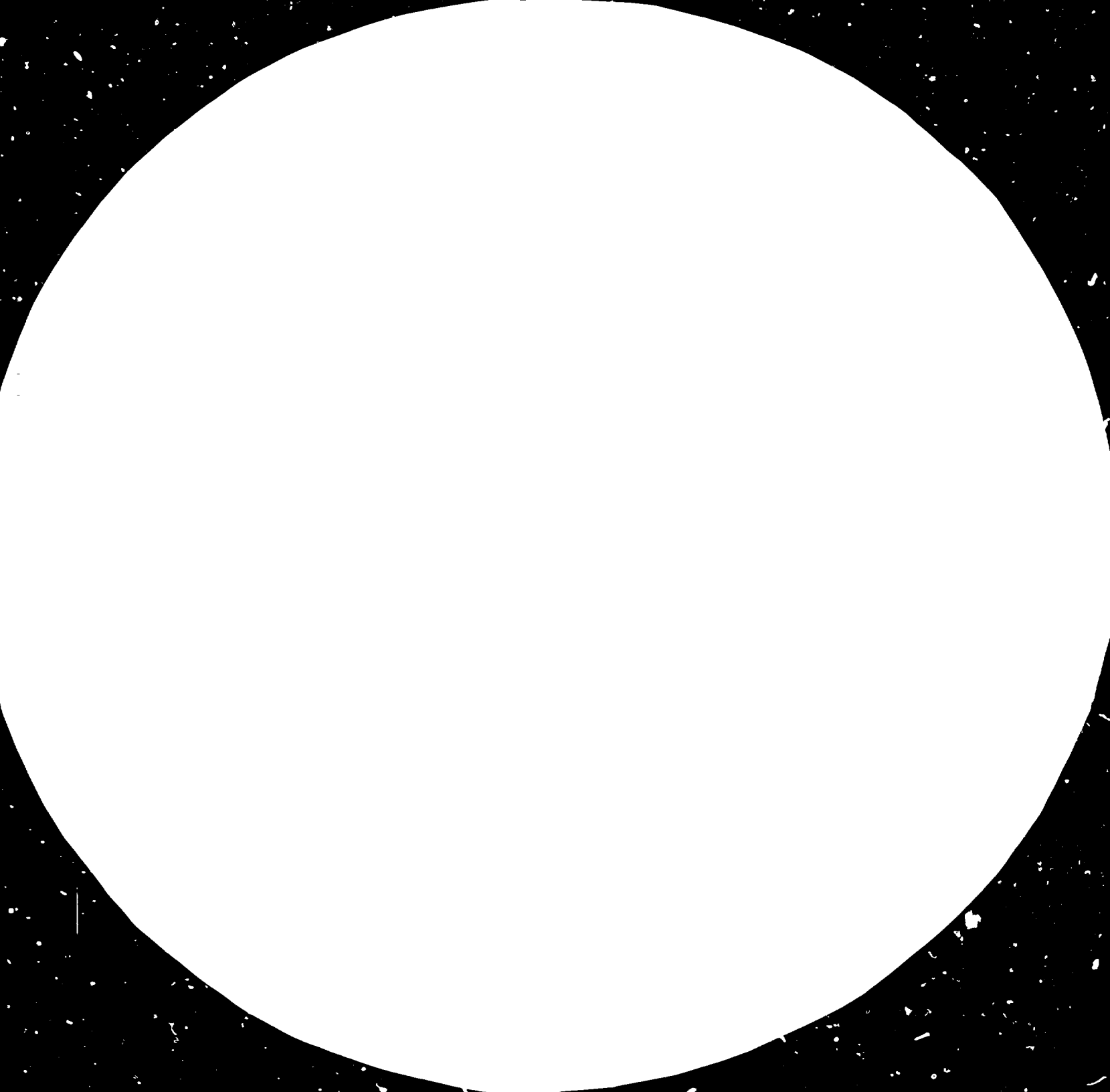
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





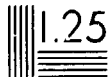
2.8 2.5

2.5 2.2



2.0

1.8



Metzger, J. P. (1992). The effect of resolution on the readability of text. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1, 1-10.



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

PRIMERA CONSULTA
SOBRE LA INDUSTRIA DE LA MADERA
Y LOS PRODUCTOS DE MADERA

Helsinki (Finlandia)
19 - 23 septiembre 1983

Distr.
LIMITADA

ID/WG.395/2
25 de mayo de 1983

ORIGINAL: ESPAÑOL

12607-S

PROMOCION DEL USO DE LA MADERA
EN LA CONSTRUCCION *

por

Marcelo Tejada

Consultor de la ONUDI

* Las opiniones expresadas en el presente documento son las del autor, y no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. Este documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

V.83-56340

C O N T E N I D O

Página

1	El Problema de la Vivienda en los países en vías de desarrollo.
2	Problemas de Utilización de la Madera Tropical como Material de Construcción.
7	Factores que Limitan actualmente el Uso de la Madera en la Construcción.
12	Criterios Generales sobre la Promoción de la Madera Tropical como Material de Construcción.
15	Elementos para la Formulación de un Programa de Promoción de Viviendas de Madera.
25	Costos Comparativos entre Viviendas de Madera y Convencionales.
35	Vías y Medios para Promover el Uso de Madera en la Construcción.
52	Posibles acciones de Cooperación Internacional.
55	Proyectos Específicos.

EL PROBLEMA DE LA VIVIENDA EN LOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO

Uno de los sectores más críticos que afecta el cuadro económico-social de los países en vías de desarrollo, es el de la vivienda. Algunas características particulares inherentes a la estructura de estos países, como el desempleo o subempleo, el alto grado de urbanización de las grandes ciudades -producto principalmente de las migraciones de pobladores rurales en busca de medios de subsistencia-; la escasa capacidad de pago de gran parte de la población por consecuencia de inequidad en la distribución de la riqueza; las debilidades financieras y operativas de las entidades encargadas de atender este sector; la inexistencia de una estructura técnico-política vigorosa y definida que enmarque cambios efectivos para propiciar el desarrollo de vivienda barata; la persistencia de esquemas tradicionalistas en cuanto a materiales y técnicas de construcción, entre otros factores, agudizan el problema de la vivienda y no facilitan la generación de nuevas soluciones.

En la actualidad, para la mayor parte de los países en vías de desarrollo, el déficit de vivienda en los estratos económicos mediano e inferior de la población, no presenta tasas decreciente, sino por el contrario, aumenta año tras año.

En estudios realizados en algunos países latinoamericanos ^{1/} se ha logrado determinar que en los próximos quince años estas naciones deberán

^{1/} Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En este grupo de países el ritmo actual de construcción de viviendas económica es, en conjunto, de 150,000 unidades por año. Para cubrir el déficit existente y atender el crecimiento de la población en los próximos 15 años, deberían edificarse 635,000 unidades por año.

cuadruplicar el ritmo anual de construcciones actual para cubrir la demanda de vivienda. Este problema sería aún más grave en ciertos países de Asia y Africa. En la India, Pakistán, Zaire y Camerún, por ejemplo, se requeriría construir con un ritmo entre cinco y ocho veces mayor que el actual para satisfacer el déficit de vivienda existente.

Sin cambios sustantivos relativos especialmente al sistema financiero y a los materiales y técnicas de construcción utilizados, el problema de la vivienda no podrá ser solucionado o paliado en corto tiempo en los países en vías de desarrollo.

En resumen, el desfase entre la oferta y demanda de viviendas en los países en desarrollo, se debe en buena parte a problemas estructurales típicos de ellos. Sin embargo, el encarecimiento y agotamiento continuo de los materiales convencionales de construcción y la persistencia de técnicas de construcción costosas y lentas, agudizan el problema general.

PROBLEMAS DE UTILIZACION DE LA MADERA TROPICAL COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

La estructura vigente actualmente en el sector de la construcción, basada en materiales aceptados tradicionalmente como ladrillo, acero u hormigón, así como en técnicas de construcción convencionales, no podría ofrecer solución al problema de la vivienda fundamentalmente debido a la escasez y encarecimiento de los materiales de construcción usuales.

De los múltiples sectores que intervienen en el sector de la construcción, existen dos áreas en las que se podría actuar para conseguir aportes que contribuyan a la solución efectiva del problema de la vivienda, estas áreas son:

- a) El área de materiales de construcción alternativos a los usados actualmente. La utilización de materiales diferentes al acero, la drillo u hormigón permitiría ampliar la oferta de materiales constructivos.
- b) El área de sistemas y tecnologías de construcción, cuya cobertura técnica se podría orientar hacia actividades que operen independientemente de una costosa infraestructura de producción y que tenga tales características de versatilidad que permita la construcción y la producción industrial, en pequeña o gran escala, de viviendas.

En los países en desarrollo no se han hecho esfuerzos integrales respecto a la solución del problema con nuevos materiales y técnicas de construcción. Las técnicas y materiales usados actualmente son producto de la importación de modelos exóticos, que desplazaron técnicas y materiales de construcción locales, adaptados al medio y que tenían cientos de años de evolución. La madera y sus productos derivados, que como materiales constructivos tienen innumerables ventajas, son víctimas importantes de este proceso ya que fueron reemplazados casi totalmente por el concreto. Este hecho, que responde a la adopción indiscriminada de

patrones de consumo ajenos a nuestra realidad, resulta extraño ya que en muchos países desarrollados la construcción con madera cubre hasta el 70% de las necesidades de vivienda urbana y rural, dejándose el acero y el hormigón para grandes edificaciones y obras de infraestructura.

El uso de la madera, que fue intensivo en muchos países en desarrollo hasta inicios del presente siglo, se redujo a niveles mínimos con el advenimiento de la era del concreto. A partir de entonces la utilización de la madera en la construcción fué disminuyendo progresivamente a la vez que, como consecuencia, se estancaba el progreso tecnológico referente al conocimiento de sus propiedades y condiciones de uso y se diluía la estructura económica-financiera conjuntamente con el interés de los usuarios.

El panorama general de la vivienda en los países productores de madera tropical podría resumirse de la siguiente manera:

Por un lado, la existencia de un recurso efectivamente o potencialmente cuantioso y, por otro lado, la presencia de un déficit de viviendas que evidentemente no podrá ser cubierto con materiales de construcción convencionales ni con los sistemas de construcción actualmente existentes.

El problema de la vivienda en estos países podría ser encarado con nuevas fórmulas. El uso intensivo de madera y productos deri

vados en la construcción y la introducción de la prefabricación contribuirían decisivamente a la solución del déficit habitacional.

Algunas consideraciones que resaltan la posibilidad de introducir la madera en el mercado de la construcción son las siguientes:

- 1) La madera es un recurso renovable, a diferencia de los demás materiales usados en construcción. Adicionalmente tiene ventajas sobre otros materiales, especialmente por su alta relación resistencia-peso y resiliencia, fácil trabajabilidad y manipuleo, estética y versatilidad. Algunas desventajas relativas, derivadas de su condición orgánica tales como susceptibilidad al ataque de hongos, insectos, intemperie y su menor resistencia al fuego pueden ser solucionadas en gran parte mediante la adopción de técnicas de preservación, diseño y normas de seguridad, a tal punto que en algunos países desarrollados los sistemas financieros y de seguros dan similar tratamiento a la casa de madera y a la construida con materiales convencionales.

- 2) La vivienda de madera tendrá que seguir un proceso gradual de adaptación por parte de los usuarios. La discontinuidad de su uso en la construcción de casas, produjo la pérdida de nuestra "cultura de la madera" y detuvo la evolución técnica que en cambio sí prosiguió en otros países. De esta manera prejuicios que se hubieran elimina

do con el progreso tecnológico inhiben su incorporación en el sector de la construcción.

Sin embargo, la vivienda de madera podrá ser una solución véli da inmediata en ciertas áreas, especialmente rurales, donde sea barta la materia prima y donde no se ha perdido completamente la tradición de su uso.

- 3) La madera presenta ventajas innegables como material estructural, respecto de otros materiales. Su utilización, especialmente para techos puede ser fácilmente incentivada para la construcción de viviendas mixtas en áreas urbanas y rurales.

La incorporación de la madera como material estructural, con una adecuada base técnica, incidiría favorablemente en los costos y tiempo de edificación.

- 4) La madera, por su versatilidad y trabajabilidad, se presta para el desarrollo de sistemas industrializados de prefabricación y puede facilitar la estructuración de sistemas de autoconstrucción dirigida, que potencialmente podría ser una de las soluciones más viables que se avizoran para el suministro de viviendas a las poblaciones de bajos ingresos.
- 5) La obtención de la madera como materia prima para la construcción

de viviendas puede hacerse en forma relativamente fácil a base de la infraestructura industrial existente. Es conocido que en los países tropicales la mayor parte de la producción consiste de ma dera aserrada y que dentro de la industria de la madera las plan tas de aserrío y carpinterías son las predominantes.

FACTORES QUE LIMITAN ACTUALMENTE EL USO DE LA MADERA EN LA CONS-
TRUCCION

Hay muchos factores que han restringido el uso de la madera en la construcción. Los principales se refieren al rechazo de la población especialmente urbana a la vivienda de madera por la existencia de pre juicios respecto a su comportamiento ante incendios o ante agentes bio lógicos; la falta de difusión técnica necesaria para desterrar estos prejuicios, la escasa respuesta del sector financiero hacia soluciones de vivienda en madera; las debilidades técnicas de la infraestructura de producción, etc. Sin embargo la base principal de los aspectos limi tantes que afectan el uso de la madera en la construcción, se encuentran en el área técnica. Dentro de las dificultades técnicas que impi den el uso de la madera tropical como material de construcción se pueden mencionar las siguientes:

- 1) Falta de investigación tecnológica especializada para maderas tropicales. Debido a la falta de laboratorios y personal en el área de ingenie ría de la madera, así como del poco criterio de aplicabilidad que se otorga a los trabajos de investigación, el conocimiento tecnoló

gico de la madera tropical, en muchos casos, es escaso e inapropiado. La información disponible, para efectos de ingeniería de la madera, no ofrece la confiabilidad estadística requerida. Los resultados de los ensayos tecnológicos disponibles, en general, se han obtenido a base de un pequeño número de muestras y la tecnología maderera se ha circunscrito en la mayor parte de los países tropicales al estudio de probetas pequeñas libres de defectos que no consideran la influencia de estos en los elementos de tamaño natural y no permiten por sí solos, el establecimiento de valores de diseño. Además la información disponible en general no abarca todas las propiedades significativas demandadas por el diseño.

Gran parte de la información tecnológica disponible y los criterios utilizados para el diseño con maderas tropicales se basan en experiencias obtenidas con maderas coníferas, que presentan diferencias notables en cuanto a sus características anatómicas y comportamiento.

Por lo tanto, los elementos constructivos fabricados con estas especies responderán en forma distinta a las cargas aplicadas. Los textos y manuales de diseño de que se dispone provienen de países que usan principalmente maderas coníferas en la construcción. Sin embargo por las mismas diferencias de constitución anatómica entre las coníferas y las maderas tropicales, el comportamiento de unas y otras es diferente y la manera cómo afecta este comportamiento la presencia de defectos también difiere sustancialmente.

2) Heterogeneidad del bosque tropical

En los bosques tropicales de todo el mundo se estima que existen alrededor de 5,000 especies forestales, de las cuales alrededor de 1,500 por lo menos serían adecuadas para construir. En cambio, el número de especies de coníferas corrientemente usadas en los países con larga tradición en el uso de la madera de construcción no pasa de una veintena. Superar estas características de nuestros bosques, que se dá con diferente grado dependiendo de las regiones tropicales de que se trate ^{1/}, plantea grandes dificultades si se espera conocer en detalle las propiedades físico-mecánicas de todas ; cada una de estas especies a fin de usarlas individualmente en la construcción. Más aún si el grado de variación entre las características de las especies tropicales es tan grande que, en materia de densidades, por ejemplo, existen en la misma formación boscosa especies que registran pesos de 120 kg/m² y otras que presentan densidades de 1,300 kg/m³. El concepto de agrupación de especies de acuerdo con su resistencia, es pues una necesidad tecnológica que no ha sido afrontada con suficiente profundidad por los países en vías de desarrollo.

3) Falta de técnicas de diseño adaptadas a maderas tropicales

Por consecuencia de las diferencias en propiedades, los conceptos de diseño arquitectónico y estructural deben variar notablemente si

^{1/} El grado de heterogeneidad de los bosques tropicales y por consiguiente la dispersión en densidades y propiedades físicas y mecánicas varía en las regiones tropicales del mundo. Los bosques mixtos naturales de América Latina, por ejemplo, son más heterogéneos que los africanos, y estos, más que los bosques del sudeste asiático.

se trata de maderas tropicales o coníferas. La misma carencia de información técnica adaptada a maderas tropicales ha limitado el trabajo de los constructores al uso de especies conocidas tradicionalmente y ha motivado que los criterios de diseño se basen en datos de derivados de experimentos realizados con maderas coníferas. Por ejemplo, actualmente se reconoce que una de las diferencias más notables entre las maderas tropicales y coníferas de clima templado es la diferente relación entre su resistencia y su módulo de elasticidad. A pesar de que las maderas tropicales, en iguales condiciones de densidad, muestran características de resistencia similares o mayores que las de coníferas, su módulo de elasticidad es más bajo. Por lo tanto los criterios de diseño estructural para maderas tropicales son gobernados por deformaciones y no por resistencia. Este aspecto debe ser particularmente considerado en el caso del diseño con maderas tropicales.

4) Falta de infraestructura industrial apropiada

Por consecuencia del escaso nivel en que se ha desenvuelto la investigación forestal en los países en desarrollo y de las pocas exigencias cualitativas y cuantitativas del incipiente mercado local para construcción, la industria de madera aserrada es, en general, modesta e ineficiente. Se caracteriza por ser selectiva en el número de especies procesadas y por la persistencia de equipo obsoleto y de técnicas de procesamiento inadecuadas. Los índices de aprovechamiento de la madera rolliza son muy bajos (en general la tasa de rendimiento se sitúa alrededor del 35%). La escasez de líneas de preservación y secado así como la falta de métodos para solucionar problemas de aserrado y de trabajabilidad en la actividad industrial maderera, agravan aún más el proble-

ma y son factores importantes que han impedido la incorporación de nuevas especies al mercado que indudablemente mejoraría las condiciones de rentabilidad económica y eficiencia técnica de los sectores de extracción y procesamiento industrial.

- 5) Falta de aceptabilidad de la vivienda de madera debido a factores socio-económicos

Existen en la población de los países en desarrollo prejuicios respecto a la aceptación de la vivienda de madera. Estos prejuicios se refieren fundamentalmente a los problemas de incendios y durabilidad. A pesar de que en muchos países tropicales los problemas de aceptación son menores, la falta de un entorno técnico y financiero que responda a cabalidad las inquietudes del usuario, ha incidido negativamente en el crecimiento y aceptabilidad de la vivienda de madera por parte del mercado de la construcción. Muchos programas de vivienda de madera - fomentadas en algunos casos por los gobiernos - han resultado negativos para su futura expansión y desarrollo debido a fallas técnicas derivadas del desconocimiento del manejo apropiado de la madera como material de construcción o de la vivienda en sí.

- 6) Falta de códigos y regulaciones que promuevan el uso de la madera en la construcción

En los países tropicales, en su gran mayoría, no existe una legislación apropiada, sustentada en códigos de construcción y estándares que garantice la eficiencia de la construcción de madera. En muchos casos, y según verificaciones constatadas en algunos países la

tinoamericanos, las leyes sobre construcciones de vivienda no incluyen la madera como material de construcción y la alienan de potenciales programas de vivienda ^{3/}. La inexistencia de códigos de construcción y de legislaciones apropiadas se debe fundamentalmente a la falta de conocimiento tecnológico de la madera tropical, que a su vez impide sustentar ante los medios políticos la conveniencia de introducir la madera como material de construcción con respuestas que anulen los muchos argumentos negativos y prejuicios que existen, en todos los niveles, en los países en vías de desarrollo.

CRITERIOS GENERALES SOBRE LA PROMOCION DE LA MADERA TROPICAL COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

Hay algunos argumentos que sustentan firmemente la posibilidad de que la utilización de la madera tropical pueda ser un aporte importante para la solución del problema de la vivienda en los países productores:

- a) Existen en el mundo grandes áreas de bosque que no han sido todavía explotadas y que constituyen fuentes de materia prima incorporables de inmediato a la producción. Aún en las regiones del mundo donde se han cosechado intensivamente los bosques tropicales, hay remanentes importantes de las especies menos apetecidas comercialmente, que podrían utilizarse en construcción. Todavía más: en todas las regiones tropicales del mundo existe tierra suficiente para establecer plantaciones con especies de rápido crecimiento cuyo rédito más importante podría obtenerse de su uso

1/ En una ciudad tropical del Ecuador, asentada en una zona rica en madera, la legislación municipal existente prohibía la edificación de casas de madera. Según investigaciones realizadas, esto se debía a experiencias negativas en construcciones de este tipo que se incendiaron o se deterioraron por agentes biológicos.

en la fabricación de viviendas.

- b) Existe conciencia y preocupación en los medios gubernamentales respecto al agudizamiento del problema de la vivienda y de la necesidad de afrontarlo urgentemente. Igualmente, se reconoce que la escasez y la persistencia de técnicas inadecuadas de construcción compliean la solución del problema. Se acepta universalmente, por otro lado, que una de las vías para abaratar y masificar la producción de viviendas es introducir y aplicar los conceptos de industrialización, prefabricación, autofabricación y autoconstrucción.

Dentro de estas políticas, que están siendo ya encaradas por muchos países en vías de desarrollo, la madera presenta innumerables ventajas respecto a otros materiales.

- c) De entre las perspectivas para el mejoramiento de la industria de la madera en los países tropicales, se reconoce universalmente la necesidad de fomentar y desarrollar los mercados locales. Dentro de esta concepción, el mercado para la construcción de viviendas muestra un cuantioso potencial de desarrollo. Las ventajas de insumir una buena parte de la producción maderera de los países tropicales en la construcción de viviendas, son múltiples y evidentes. En primer lugar se contribuiría a la solución del déficit habitacional. En

segundo lugar hay la posibilidad de introducir especies secundarias, no apetecidas por el mercado de exportación, lo que reforzaría las actividades de extracción e industrialización. Una tercera ventaja importante es que se lograría un nivel de agregación en el procesamiento industrial que beneficiaría grandemente a los países productores. Finalmente, el desarrollo industrial podría gestarse, en buena parte, a base de la infraestructura industrial ya existente o con inversiones para nuevas plantas que se caracterizan por ser poco intensivas en capital, intensivas en mano de obra y dependientes casi exclusivamente de insumos de procedencia local.

- d) Como ya se anotó, la estructura industrial necesaria para iniciar el fomento de la producción de viviendas de madera o elementos estructurales, prácticamente ya existe en los países en desarrollo. Esta infraestructura consiste en aserraderos y líneas de procesamiento secundario que operan con bajos niveles técnicos en estos países. Con programas de asistencia técnica para mejoras en los procesos, capacitación, y la introducción de normas de calidad y de dimensionamiento, acciones que son posibles de conseguir en términos razonables de tiempo y costo, podrá decirse que la infraestructura industrial básicamente necesaria para producir viviendas y elementos de madera ya está conformada en los países tropicales y que sólo está esperando la demanda de un mercado exigente en calidad para mejorar su nivel de operatividad.
- e) La producción de viviendas y elementos de madera, debe responder primordialmente a la existencia de una base industrial que tenga una estructura racionalizada y estandarizada. Igualmente la actividad cons -

tructiva, demandaría la existencia de técnicas de construcción simples, versátiles y normalizadas. Los sistemas de construcción que se desarrollen a base de madera pueden responder a estas características en forma relativamente fácil si se aplican conceptos técnicos relacionados con normas de calidad, códigos de buen uso y estándares en cuanto a dimensionamiento y modalidades de construcción. Estos elementos normativos, según experiencias analizadas en algunas naciones latinoamericanas, son factibles de conseguir y aplicar a través de programas de investigación y desarrollo perfectamente manejables en forma autónoma por los países productores de maderas tropicales.

ELEMENTOS PARA LA FORMULACION DE UN PROGRAMA DE PROMOCION DE VIVIENDA DE MADERA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCION

La introducción efectiva de la madera como material de construcción debe necesariamente responder a la creación o fortalecimiento progresivo de una estructura global que debe integrar todos los factores primordiales que intervienen en el sector de la construcción: aspectos técnicos relacionados con el conocimiento de la materia prima y las técnicas de construcción, aspectos industriales y de mercado, de normalización y legislación, aspectos institucionales, además de elementos de financiamiento y promoción.

La cobertura integral de todos estos factores, sería una fórmula que produciría resultados efectivos y permanentes.

1) Aspectos Técnicos

Como todo material de construcción, la madera debe ser avalada técnicamente y debe buscar una adopción y respaldo por parte de los medios de ingeniería y arquitectura, pues solamente con este respaldo los sectores financieros y los usuarios abrirán su confianza a nuevos materiales y nuevas soluciones.

Hay que considerar que los sectores técnicos de la construcción están acostumbrados a desenvolverse con materiales como hierro y concreto, que disponen de una base normativa establecida y un respaldo de investigación que les ofrece suficiente seguridad para manejarlos. El sector de la ingeniería y la arquitectura antes de adoptar un "nuevo" material demandará respuestas respecto a sus propiedades y comportamiento.

En este sentido, un primer paso para lograr el reconocimiento de la madera como material de construcción en los medios técnicos es tener respuestas confiables en un grado suficiente para cubrir sus principales inquietudes.

De aquí se deduce que los países tropicales deben emprender investigaciones tecnológicas destinadas a proveer de insumos técnicos al sector de la ingeniería. Este concepto, define por sí solo la orientación que deben tener los trabajos de experimentación en términos de pragmatismo y aplicabilidad.

Desafortunadamente, los trabajos de investigación en cuanto a maderas tropicales, en general, no se han estructurado de modo tal que ofrezcan características de aplicabilidad práctica y en su mayor parte se han convertido en ejercicios científicos especulativos. Un cambio en este sentido es una necesidad urgente y su concreción es perfectamente viable.

El desarrollo técnico referente al sector de la construcción en sí es otro de los elementos importantes que debe ser atendido.

El solo conocimiento del material y de sus propiedades y calidades no resulta suficiente para aplicarlo en edificaciones. Es necesario establecer las condiciones y requisitos de utilización de los elementos y componentes de madera. Se debe afrontar el desarrollo de sistemas de construcción sencillos y versátiles, adaptados a las condiciones locales y que faciliten la aceptación de los constructores y de los usuarios.

El objetivo central de los sistemas de construcción que se propongan debe conciliar tanto las posibilidades de prefabricación e industrialización total con modalidades cuya implementación se hace muy atractiva, como es el caso de la autofabricación, autoconstrucción y las técnicas de crecimiento progresivo de las viviendas.

En este sentido se hace necesario el fomento de programas de capacitación tanto a nivel de ingenieros como de profesores de nivel medio y obreros de la construcción.

2) Aspectos Industriales

La disponibilidad de conocimientos tecnológicos de la madera tropical como material de construcción así como respecto a técnicas de construcción no son suficientes para garantizar su ingreso al mercado de la construcción.

La madera debe ser procesada industrialmente para tener las condiciones que la conviertan en materia prima adecuada para construir viviendas. Por lo tanto el sector industrial de procesamiento primario y secundario es un factor importante dentro de este esquema.

Si consideramos que, en general, la industria maderera de los países tropicales - y en especial la referida al procesamiento primario - se desenvuelve en niveles técnicos muy bajos y tomando en cuenta que el aspecto de calidad y dimensionamiento es crítico para lograr un material promovible entre los sectores técnicos de la construcción, es fácil colegir que una gran parte del esfuerzo debe dirigirse a mejorar integralmente el área industrial.

En este caso la difusión de tecnologías destinadas a mejorar la calidad de aserrado, la dotación de soluciones para industrializar especies difíciles de aserrar, la introducción de técnicas de preservación y secado (que son generalmente los factores que limitan el ingreso de nuevas especies al mercado), así como la introducción de técnicas de clasificación que garanticen al constructor un material de calidad comprobada, serán elementos importantes para conseguir

una respuesta adecuada del sector industrial hacia un nuevo mercado potencial. Adicionalmente, el ejercicio de programas tendientes a lograr la racionalización industrial en cuanto a calidades y volúmenes, la demostración de técnicas de producción que integren las industrias de procesamiento primario con las de procesamiento secundario y la proposición de estudios de factibilidad para la instalación de plantas modelo destinadas a producir elementos o componentes prefabricados y casas de madera, son factores que deben ser considerados.

La organización de tareas de capacitación a todo nivel, en el campo industrial, y la creación o fortalecimiento de estructuras que asistan técnicamente a las industrias de procesamiento primario y secundario, son en este sentido acciones importantes que se deben prever.

3) Normalización y estandarización

La introducción de la madera tropical en el sector de la construcción tiene una ventaja y perspectiva importante, que es la posibilidad de crear una estructura de producción industrial normalizada.

Efectivamente, los insumos técnicos que se pueden ofrecer al sector de la ingeniería en forma de códigos o manuales deben incluir estándares en cuanto a calidades, dimensiones y condiciones de uso, tanto para elementos de madera, estructuras o módulos completos. Con esta información los constructores demandarán a la industria el material normalizado para satisfacer las exigencias del diseño. Enton

ces se creará progresivamente una "demanda técnica" que forzará a la industria de procesamiento a proveer de material en la forma y calidad demandada por el usuario.

En las condiciones actuales, hay una carencia de normas y estándares para uso de la madera tropical en la construcción en la mayor parte de los países productores. Cuando estas existen, las normas han sido en su mayoría adoptadas casi indiscriminadamente de literatura similar desarrollada para coníferas o para frondosas de clima templado y dentro de ámbitos socio-económicos diferentes. En general la normalización en cuanto a maderas tropicales no se ha desarrollado a base de experimentación propia.

En cierto modo la situación de carencia de normas es ventajosa ya que permite que las nuevas propuestas sean más fácilmente aceptadas por el sector productivo. Por supuesto esto implica una gran responsabilidad para el sector normativo y la necesidad de que las propuestas de normalización respondan a condiciones de rigurosidad y seriedad científica.

4) Aspectos de Mercado

El conocimiento cabal del mercado de la vivienda es otro elemento esencial para la promoción de la madera como material de construcción.

Actualmente la madera en la construcción está siendo utilizada básicamente para viviendas temporales, campamentos o viviendas precarias

para la gente que habita en las zonas donde ésta es abundante. En el otro extremo, la madera como elemento estructural y decorativo se utiliza en viviendas de alto costo.

Pero, con muy pocas excepciones, verificadas en su mayoría en experiencias pasadas, la vivienda de madera no ha sido adoptada en los programas masivos destinados a atender la demanda de grupos sociales de bajos o medianos ingresos. Precisamente, este es el ámbito que presenta mejores posibilidades para el desarrollo de las construcciones con madera.

En este sentido la promoción de la vivienda de madera debe acentuarse inicialmente de preferencia en estratos medianos de la población para lograr que por el efecto de emulación, los sectores de menores ingresos acepten más fácilmente este tipo de construcciones.

Por experiencias analizadas el efecto de emulación se produce en general desde los sectores más bajos a los altos y difícilmente a la inversa. Asimismo, por derivación, es posible que este efecto sea más apreciable desde el medio rural a las ciudades.

Otra consideración importante respecto al mercado es que los programas iniciales de viviendas de madera deben empezarse en zonas donde exista la materia prima, haya aceptación de los usuarios hacia este tipo de edificaciones y se disponga de infraestructura industrial y programas de vivienda que contemplen la dotación de servicios, en especial sanitarios y de agua potable. Paulatinamente, a medida que

crezca la oferta industrial y se desarrolle la prefabricación, las construcciones de madera podrán eventualmente abastecer mercados alejados del recurso y ganar progresivamente la aceptación en las zonas urbanas.

5) Factores institucionales y de promoción

Hasta ahora, los sectores oficiales encargados de la política y de desarrollo de vivienda económica, en su mayoría, no han incorporado a sus programas construcciones con madera. Aunque hay varios factores que han limitado esta aceptación, lo más probable es que la falta de proyectos consistentes sustentados sólidamente con argumentos técnicos convincentes, haya sido la causa de esta renuencia. Algunas experiencias negativas respecto a viviendas registradas en algunos países y que han dañado su imagen y potencial, precisamente se han ocasionado por la falta de conocimiento integral respecto al uso, control y manejo del material o de las técnicas de construcción.

Los prejuicios existentes respecto a los problemas de combustibilidad y susceptibilidad al ataque de agentes biológicos, se han extendido no sólo a nivel de los usuarios sino hasta los niveles de decisión en materia de política de vivienda, hasta el punto que en algunos casos se proscriben las construcciones con madera.

Este aspecto sirve para sustentar la necesidad de tener respuestas para aclarar las inquietudes y prejuicios respecto a la madera como material de construcción.

Como consecuencia de esta limitación, el sistema financiero, de seguros y los incentivos que existen para otras industrias no han respondido a cabalidad respecto a las edificaciones de madera.

De las opciones para lograr el desarrollo de la vivienda de madera, con más realismo aparece la de captar el interés de las entidades de vivienda para establecer programas específicos. Esta situación generaría una escala considerable de mercado que a su vez demandaría el crecimiento cualitativo y cuantitativo del sector extractivo y sector industrial. Además robustecería la actividad constructiva a nivel de la ingeniería y de arquitectura lo que a su vez fortalecería los sectores tecnológicos y de educación.

Una de las opciones analizadas y sugeridas continuamente como la del "Do it yourself", si no son supervisadas y dirigidas, no podrán ser sino elementos tangenciales de desarrollo debido a las condiciones de nuestros países caracterizados por niveles bajos de alfabetización y carencia de infraestructura maderera industrial y comercial accesible a los pobladores individualmente.

Entonces, como una línea importante de acción aparece la de pro
mover intensivamente y objetivamente las construcciones con ma-
dera en los medios técnicos gubernamentales relacionados con el
sector de la vivienda. La construcción de prototipos, la dota-
ción a estas entidades de códigos y manuales de construcción así
como la capacitación de su personal, serían elementos importan-
tes.

COSTOS COMPARATIVOS ENTRE VIVIENDAS DE MADERA Y CONVENCIONALES ^{1/}

INTRODUCCION

El análisis comparativo de costos entre sistemas tradicionales y sistemas a base de madera debe analizarse tomando en cuenta 3 aspectos básicos: Costos Directos, Costos Indirectos y Beneficios Complementarios, estos últimos que en general son poco perceptibles pero no menos importantes.

Es conveniente mencionar que los costos directos establecidos para viviendas en madera se hicieron a base de los costos reales unitarios obtenidos de la construcción de prototipos, lo que equivale a decir que en estas cifras no están incorporados los beneficios de una economía de escala, que si se contempla en el caso de las construcciones con materiales tradicionales.

Del mismo modo los porcentajes de costos indirectos presentados en el siguiente cuadro son los mismos que los aplicados para construcciones convencionales (promedio 28% del costo directo), debido principalmente a que no existe mayor información relacionada con edificaciones a base de madera.

El cuadro 1 presenta una comparación de tres tipos de vivienda de interés social en Colombia, Ecuador y Perú, utilizando sistemas tradicionales y sistemas a base de madera.

^{1/} Este estudio se realizó a base de prototipos construídos en tres países del Grupo Andino.

CUADRO N° 1

COSTOS COMPARATIVOS ENTRE VIVIENDA TRADICIONALES Y DE MADERA

	SISTEMA TRADICIONAL	SISTEMA MADERA	ECONOMIA
COLOMBIA * (68 m ²)	Bloque y pañete		
Costo directo	\$ 130.09 (100%)	\$ 106.48 (81.85%)	18.15%
Costo indirecto	\$ <u>35.12</u>	\$ <u>27.75</u>	-----
Costo Total	\$ 165.21	\$ 135.23	18.15%
ECUADOR * (54 m ²)	JNV (P4)		
Costo directo	\$ 128.18 (100%)	\$ 115.17 (89.85%)	10.15%
Costo indirecto	\$ <u>38.45</u>	\$ <u>30.60</u>	-----
Costo Total	\$ 166.63	\$ 149.72	10.15%
PERU ** (66 m ²)	Cemento-acero- ladrillo		
Costo directo	\$ 113.54 (100%)	\$ 100.00 (88.07%)	11.93%
Costo indirecto	\$ <u>30.66</u>	\$ <u>27.00</u>	-----
Costo Total	\$ 144.20	\$ 127.00	11.93%

* Tipo de cambio a agosto de 1981

** Tipo de cambio a junio de 1981

Los resultados anteriores, si bien no resultan espectaculares en términos comparativos, si indican que las construcciones con madera resultan más económicas que sus similares en material tradicional, en porcentajes que oscilan entre el 10 y 20% del costo total. Esto equivale a decir, que aún en las peores condiciones de competencia, se pueden construir más unidades de vivienda (ó metros cuadrados) con la misma inversión de capital.

En esta comparación no ha sido tomado en cuenta la mayor área de ocupación de muros en el sistema tradicional, lo que representa una menor área útil para el usuario en una misma área de construcción. A manera de ejemplo se puede mencionar que el efecto comparativo de ocupación de muros de dos viviendas de 54 m² (similares a las del cuadro 2) representa para el usuario, en el caso del sistema tradicional, que tenga que abonar alrededor de 930 dólares por una área inútil por no ser habitable.

Independientemente de esto, resulta importante sin embargo, analizar las razones por las cuales estos criterios de comparación de costos pueden modificarse sustancialmente una vez que la construcción con madera represente una solución estable y sistemática en aquellos países donde se le pretende popularizar.

Por tal propósito, se analizarán separadamente el efecto de ciertos facto

res de modificación, tanto en el renglón de los costos directos como en el de los costos indirectos.

Costos Directos.-

En relación a los costos directos se estima que hay dos factores que incidirán en una futura reducción en los costos de las viviendas de madera.

El primero de ellos se refiere al efecto de la prefabricación masiva que permitirá beneficiarse de las ventajas de una mayor economía de escala. Se ha estimado que el factor de repetitividad en construcciones con madera permite reducir los costos directos en alrededor de 12%, sobre la base de considerar un menor tiempo de fabricación y montaje de componentes de la vivienda, un menor costo de materiales de construcción especialmente industrializados y estandarizados (ahorro en desperdicios), un mayor control de calidad y menores costos por tratamiento de la madera.

Se prevé asimismo una reducción estimada en alrededor de 8% por ajuste en el diseño arquitectónico, estructural y constructivo de las viviendas. Esto debido a una mayor familiarización con el material de parte de investigadores, técnicos y usuarios que debe verse reflejada en una menor cautela en términos de confiabilidad tecnológica, seguridad contra siniestros, degradación y sobre todo problemas de mano de obra deficiente o no entrenada para el efecto.

Esto permitiría concluir que la transición de la etapa experimental a la industrial para viviendas de madera, debe representar conservadoramente una reducción no menor del 20% de los costos directos de construcción.

Costos Indirectos.-

Los costos indirectos promedio de los 5 países de la subregión andina re presentan alrededor de 28% de los costos directos. En las comparaciones previas señaladas en el Cuadro N° 1, se han tomado en cuenta los mismos costos indirectos para uno y otro tipo de edificaciones.

A manera de ejemplo se indica una relación de items que componen el porcentaje de costo indirecto para construcciones tradicionales en los países del Pacto Andino:

- Dirección Técnica	(5%)
- Administración General	(10%)
- Devaluación Monetaria	(2%)
- Tasa inflacional	(5%)
- Intereses Financieros	(6%)
- Comisión Bancaria	(2%)
- Depreciación de Muebles, Equipos y Herramientas	(1%)
- Cargas Sociales	(5%)
- Imprevistos Físicos	(5%)

Tal como se puede observar, la mayor parte de estos criterios están íntimamente ligados con el factor tiempo (duración de la construcción) que para viviendas en madera se reduce en no menos de 40% comparativamente con los sistemas tradicionales.

Esta reducción de tiempo, es debido a que los trabajos en sistemas a base de madera no son secuenciales (sistema tradicional), sino que llegan a ser paralelos o superpuestos, principalmente por basarse en operaciones desarrolladas en "seco" y elaboradas en planta, ajenas a la incidencia de factores climáticos, lo que igualmente repercute en un menor costo en términos de mano de obra.

Esto permite aseverar que hay porcentajes que deben modificarse por el menor tiempo de construcción característico de la fabricación y construcción de viviendas de madera. Las cargas impositivas de costos indirectos sujetas a modificación son las siguientes: dirección técnica, administración general, devaluación monetaria, tasa inflacional, intereses financiero y depreciación de equipos y maquinaria.

Se puede estimar de este modo, que los factores anteriormente mencionados reducirán en un 30% los costos indirectos, lo que equivaldría decir, una reducción promedio al 20% en vez del 28% como se estimó anteriormente.

Cabe mencionar que en este análisis no se ha contemplado el efecto que significaría modificar el marco legal y normativo de los países en relación a estímulos tributarios o arancelarios para la construcción de viviendas que premien el contenido social de las mismas, su ubicación geográfica (generalmente cerca del recurso y descentralizadas) y el carácter no tradicional de las soluciones.

Una vez analizadas las posibles modificaciones de los componentes principales de costos en construcciones a base de madera, se presenta a continuación un cuadro resumen de lo que significaría la reducción de costos directos (20%) y de costo indirectos (30%) en la comparación de dos viviendas de ambos sistemas, de 54 m² de construcción en Ecuador:

CUADRO N° 2

COMPARACION ESTIMADA DE COSTO EN ECUADOR

	COMPARACION ACTUAL		COMPARACION ESTIMADA	
	S. Tradic.	S. Madera	S. Tradic.	S. Madera
COSTOS DIRECTOS	\$ 7,034.7 (100%)	\$ 6,320.6 (89.9%)	\$ 7,034.7 (100%)	\$ 5,056.5 (71.9%)
COSTO INDIRECTOS	\$ 2,110.4 (100%)	\$ 1,896.2 (89.9%)	\$ 2,110.4 (100%)	\$ 1,011.3 (47.9%)
TOTAL	\$ 9,145.1 (100%)	\$ 8,216.8 (89.9%)	\$ 9,145.1 (100%)	\$ 6,067.8 (66.4%)

Se puede observar que esta vez la reducción de costos abarataría las viviendas de madera un un 33.6% en comparación con las edificaciones hechas a base de material tradicional, siempre y cuando se establezcan programas masivos de construcción con madera que signifiquen la fabricación de 1,000 unidades o más de viviendas al año.

Finalmente es importante mencionar que en ésta última comparación no se han incluido los beneficios de programas de auto-construcción y auto-fa**br**icación que reducen notablemente el efecto del costo de mano de obra calificada y sus correspondientes costos indirectos.

En ese sentido si se consideraran marginalmente programas de construcción con madera empleando ambos criterios, los estudios preliminares indicar una reducción adicional del orden de 25 a 30% de los costo totales. La utilización de estas mismas ventajas en sistemas tradicionales de cemento, hierro y ladrillo resultan más difíciles de aplicar en el caso de la auto-construcción y poco menos que imposibles de realizar para efectos de la auto-fabricación de componentes de piso, muro y techo.

Beneficios Complementarios.-

El análisis anterior, estuvo basado en señalar únicamente las ventajas comparativas directas o "visibles" en términos de costos entre un sistema y otro de construcción. Existen sin embargo beneficios indirectos ó

"invisibles" tanto ó más importantes que los anteriores, que generalmente no son tomados en cuenta cuando se proponen políticas de vivienda de mayor provecho para los países.

Para poder entender mejor este enfoque, sería necesario imaginar lo que significaría para un país, el hecho que se invierta una misma cantidad de dinero para construir viviendas en uno y otro sistema considerando los beneficios marginales en términos de necesidad de importación de bienes de capital, consumo de energía y captación de mano de obra, desde la etapa de extracción de la materia prima, su transformación como material de construcción y su posterior utilización.

Resultaría reiterativo analizar la gran inversión de capital indispensable para establecer fábricas productoras de cemento o siderúrgicas y su correspondiente consumo de energía requerida para producir los materiales necesarios para construir el mismo metro cuadrado de vivienda que podría hacerse en madera, con los consiguientes beneficios de ahorro para el país en estos dos rubros. Baste decir que para que la madera se convierta en material de construcción, muchas veces es simplemente suficiente cortar un árbol y utilizarlo como palo redondo sin ninguna transformación.

Estas diferencias se hacen mucho más evidentes a favor de la madera en términos de captación de mano de obra calificada y sobre todo no califi

cada para restituir el recurso (improcedente con recursos no renovables), en las etapas de extracción y explotación, transporte, transformación (primaria y secundaria), comercialización y su posterior utilización, no sólo en construcción sino también en subproductos y actividades secundarias.

La conclusión final indicaría que si la industria privada o las entidades del estado invirtieran una misma cantidad de dinero utilizando ambos sistemas de construcción, no solamente ofrecerían viviendas más baratas y por lo tanto podrían construir más unidades, sino que al mismo tiempo aportarían una variedad de beneficios complementarios al país, aumentando por consiguiente, su efecto multiplicador.

RESUMEN

Sintetizando lo analizado anteriormente y sobre la base de la experiencia realizada en algunos países del Pacto Andino podría elaborarse el siguiente cuadro resumen:

	SISTEMA TRADICIONAL ^{1/}	SISTEMA DE MADERA
Costos y estimados a base de la construcción de viviendas unitarias.	\$ 9,145.1 (100%)	\$ 8,216.8 (89.9%)
Costos estimados a base de producción industrializada	\$ 9,145.1 (100%)	\$ 6,067.8 (66.4%)
Costos estimados a base de la aplicación de sistemas de auto-fabricación y auto-construcción.	\$ 9,145.1 (100%)	\$ 4,550.9 (49.7%)

^{1/} Este tipo de sistema y los costos correspondientes, representan la mayor parte de los programas habitacionales ejecutados por los gobiernos del Pacto Andino.

VIAS Y MEDIOS PARA PROMOVER EL USO DE MADERA EN LA CONSTRUCCION ^{1/}

Como se ha indicado, la introducción de la madera tropical en el mercado de la construcción requiere de programas tendientes a organizar una estructura productiva integral que englobe los aspectos tecnológicos, técnicos, sociales, financieros e industriales referentes al sector.

Un programa de fomento debe incluir la cobertura de las siguientes áreas:

- 1) Conocimiento del material
 - 2) Técnicas de construcción
 - 3) La Base Industrial
 - 4) El Mercado y la Promoción
-
- 1) Conocimiento del material

En cuanto al conocimiento del material, es decir de la madera como materia prima para la construcción de viviendas, es necesario realizar un conjunto de investigaciones que permitan obtener un conocimiento suficiente respecto a las propiedades y características de la madera

^{1/} Esta metodología se basa en la experiencia recogida en el Estudio Integral de la Madera para Construcción ejecutado por la Junta del Acuerdo de Cartagena, Secretaría Técnica de los Países Andinos.

ra. Algunos criterios importantes deben tomarse en cuenta para organizar los programas de investigación tecnológica.

El desarrollo de las actividades de laboratorio deben servir para cumplir dos objetivos principales:

- i) La obtención de datos técnicos confiables que permitan proponer tablas de valores estructurales para uso de la ingeniería.
- ii) Obtener con la base experimental mejoras en el campo del procesamiento de la madera que luego puedan ser aplicadas a nivel industrial.

Dentro de este primer grupo de investigaciones (literal i) es necesario realizar trabajos de investigación tecnológica en las siguientes áreas:

- a) Propiedades físicas y mecánicas de la madera
- b) Uniones estructurales
- c) Anatomía de la madera
- d) Influencia de los defectos en el comportamiento físico y mecánico de la madera
- e) Ensayos de elementos y componentes a escala natural, principalmente vigas, columnas, módulos de pared y estructuras de cubierta.

Este conjunto de investigaciones debe servir para elaborar manuales de diseño que provean a los ingenieros de información suficiente para trabajar con madera tropical.

Las investigaciones sobre el campo tecnológico deben realizarse a base de criterios de aplicabilidad. En este sentido la multi disciplina, en especial con la participación de especialistas no solamente del campo forestal sino ingenieros y arquitectos es necesaria.

En lo referente a las investigaciones tecnológicas que servirán posteriormente para mejorar el sector industrial referidas en el literal ii), se debe programar el desarrollo de los siguientes trabajos:

- Estudio de las aptitudes de aserrado y labrado de las maderas con el fin de preparar claves que puedan ser asimiladas posteriormente por la industria ^{1/}.
- Investigaciones sobre preservación y secado de la madera. El objetivo de estos trabajos debe igualmente servir para fomentar y promover entre la industria de procesamiento las técnicas más adecuadas de secado y preservación.

La validez, confiabilidad y aplicabilidad de los trabajos de investigación sólo puede alcanzarse si se toman en cuenta algunos conceptos:

- Las especies que se seleccionen para los estudios deben tener características de abundancia y accesibilidad para

^{1/} En experiencias realizadas en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales de Mérida, Venezuela, se ha logrado solucionar problemas de aserrado para especies de alta densidad. A base de estas experiencias la industria maderera ha logrado introducir en el mercado maderas que antes no se comercializaban por los problemas que oponían al aserrado.

su explotación. Otra línea importante de especies que deben estudiarse es la de aquellas que estén utilizándose en programas de plantaciones forestales.

- Los estudios tecnológicos, descritos anteriormente, deben ser integrales y efectuados simultáneamente.
- El número de muestras ensayadas debe ser representativo de la población total de árboles ^{1/}.
- Debe realizarse la identificación botánica y dendrológica de las especies para asegurar su promoción en el mercado.
- Las normas técnicas que se utilicen para la ejecución de ensayos deben ser verificadas cuidadosamente. En algunos casos se ha constatado que es necesario cambiar ciertos parámetros y criterios de las normas internacionales vigentes para adecuar el resultado de las investigaciones con los objetivos de aplicabilidad en un medio determinado.

Para el establecimiento de proyectos iniciales de investigación en el campo tecnológico, es preferible concentrar los esfuerzos e intensificar las investigaciones en un reducido número de especies antes que efectuar estudios superficiales para abarcar un mayor número de especies.

- Es necesario introducir modalidades de ensayos a escala natural. De las experiencias verificadas en el proyecto de los países andinos se ha determinado la representatividad y fidelidad de los ensayos a esca

^{1/} En las mismas experiencias efectuadas en el Grupo Andino, se ha reportado que en general los ensayos tecnológicos deben realizarse sobre muestras provenientes de 10 árboles por especie para obtener la confiabilidad estadística.

la natural para fines de ingeniería ^{1/}.

- El conjunto de ensayos debe servir para desarrollar reglas de clasificación por defectos, agrupamiento de especies de acuerdo a su resistencia y por la derivación de valores de diseño utilizables por la ingeniería.^{2/}.

2) Técnicas de Construcción

Una segunda área que se debe cubrir dentro de los programas de promoción es el desarrollo de sistemas de construcción apropiados. Una vez conocida la madera tropical como material de construcción en sus características técnicas básicas, se hace necesario organizar y racionalizar el uso de esta materia prima a través del desarrollo de sistemas de construcción.

Algunos criterios básicos que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de estos sistemas son los siguientes:

- Los elementos y componentes deben ser seleccionados en función de la infraestructura industrial existente y de las posibilidades futuras de industrialización.

^{1/} Los ensayos a escala natural demandan un cierto equipamiento especial, el entrenamiento de personal y un costo más alto por concepto de materiales de investigación. Por consecuencia para este tipo de trabajos es importante la coparticipación de varios países. En la experiencia andina se ha demostrado objetivamente que las economías de escala en materia de investigación son tan importantes como en otras actividades del sector productivo.

^{2/} A base de los estudios tecnológicos realizados con 105 especies forestales por los cinco países integrantes del Grupo Andino se han desarrollado: un Sistema Andino de Clasificación de Madera Estructural (SA - CLAME); el Manual de Diseño para Maderas Tropicales, y un Sistema de Agrupamiento de especies en tres grupos estructurales, a cada uno de los cuales se le asigna sus valores de diseño.

- Se debe procurar que los sistemas propuestos sean fácilmente industrializados, las técnicas de construcción puedan ser rápidamente asimilables por los constructores y los procesos de construcción demanden la utilización de herramientas simples de carpintería.
- Los sistemas de uniones, asimismo deben diseñarse a base de elementos de unión existentes en el mercado, de preferencia clavos.
- Desde el inicio, los sistemas de construcción deben considerar aspectos de normalización en cuanto a dimensiones. Es importante para lograr economía y funcionalidad de los sistemas que las piezas de madera utilizadas tengan la menor cantidad de secciones, con el objeto de facilitar el procesamiento industrial y la autofabricación. Asimismo los sistemas deben responder a técnicas de coordinación modular para la producción de elementos prefabricados. Se deben racionalizar los módulos de tal manera de simplificar su armado y el proceso de erección, y el intercambio de componentes.
- Para escoger las dimensiones de las piezas de madera, así como los módulos de piso, muros y techo es necesario hacer investigaciones previas respecto a los siguientes aspectos principales:
 - Medidas preferidas a base de las modalidades de producción industrial, estudios tipológicos, estudio de antropometría y análisis de materiales complementarios utilizados en la construcción de viviendas.

- Desde el punto de vista del diseño arquitectónico es importante producir sistemas versátiles, abiertos y flexibles que posibiliten el crecimiento progresivo de las viviendas.

Este aspecto es particularmente importante debido a que en muchos países hay una fuerte tendencia a entregar a los usuarios los denominados lotes con servicios o provistos de núcleos mínimos habitables, con la perspectiva de suministrar progresivamente - a medida que crezca la capacidad de pago del usuario - materiales prefabricados que posibiliten al usuario expandir la vivienda según sus necesidades.

La consideración de este criterio también tiene importancia para el desarrollo de programas de autofabricación y de autoconstrucción dirigida.

- En el desarrollo de los sistemas de construcción hay necesidad de buscar la participación de los grupos organizados de ingenieros y arquitectos que pertenecen a asociaciones gremiales, universidades, y entidades de vivienda. Esta participación será particularmente importante para lograr que los sistemas de construcción se adapten a la estructura del sector de la vivienda en cada país.
- En muchos casos, hay necesidad de comprobar experimentalmente los elementos o módulos que se propongan antes de aplicarlos en la práctica. La experimentación a escala natural en cuanto a estructuras

de techo, muros y otros componentes constructivos, así como materiales de revestimiento ofrecen indicadores del comportamiento y funcionalidad de estos componentes en las edificaciones.

- En materia de revestimientos hay necesidad de efectuar investigaciones respecto de los materiales disponibles así como de su utilización en función de tiempos y costos. Considerando que el aspecto de revestimientos puede ser crítico para el fomento de la vivienda de madera, no se deben desestimar soluciones que restrinjan el uso de la madera para construcción para resolver únicamente la estructura de la edificación ^{1/}.

- El diseño debe ser especialmente cuidadoso con los aspectos de protección de la madera tanto para el fuego como para el ataque de agentes biológicos. Si se considera que uno de los sitios más vulnerables de las viviendas de madera es el revestimiento de muros cuando consisten de tablas o tableros a base de madera, las soluciones como la descrita en el punto anterior ofrecen ventajas respecto a estos problemas. La consideración de utilización de materiales incombustibles en la cocina, especialmente, y la planeación de conjuntos habitacionales considerando muros cortafuegos, es otro aspecto que debe ser tomado muy en cuenta.

1/ En el caso de los Programas del Grupo Andino algunas de las soluciones propuestas para muros consisten en paneles de madera forrados exterior e interiormente con capas sucesivas de polietileno, malla de alambre y mortero de cemento-arena.

- Como en el caso de la materia prima, el entrenamiento de personal a todo nivel, en técnicas de diseño y construcción con madera aparece como una acción importante.

- La elaboración de códigos de construcción para viviendas de madera debe ser un objetivo primordial de estas actividades. No es posible esperar la aceptación de las construcciones con madera por parte de las entidades de vivienda, si no se les ofrece anticipadamente herramientas técnicas que le permitan controlar y manejar apropiadamente este tipo de edificaciones.

3) La Base Industrial

a) Desarrollo de la Infraestructura Industrial

La base industrial es fundamental para lograr el desarrollo de la vivienda de madera. Dentro de programas para lograr su promoción en el mercado de la construcción se podrían tener en cuenta los siguientes aspectos:

- i) Hay necesidad de realizar estudios que permitan obtener un panorama del estado actual de la industria maderera en los países tropicales. Estos estudios deben incluir análisis respecto de las actividades de explotación y comercialización. Una evaluación detenida del sector maderero en general posibilitará el conocimiento de especies comerciales, dimensiones en que

se producen, sistemas de comercialización, defectos que comúnmente se presentan en las piezas de madera, precios y definición de las áreas tecnológicas carenciales. Igualmente un conocimiento cabal de localización y potencial de producción servirá para elaborar planes respecto a futuras expansiones y abastecimiento del mercado de la construcción por parte de la industria de la madera.

- ii) Un paso para lograr el mejoramiento técnico-económico de la industria maderera en los países tropicales es la introducción de nuevas especies. Esto remediaría el grado de subutilización del potencial de producción que se debe principalmente a la falta de abastecimiento de materia prima ocasionado por la preferencia de la industria del procesamiento respecto a pocas especies. Actualmente la industria procesa maderas que no ofrecen dificultades en aserrado y labrado, que secan fácilmente, que tienen características de alta durabilidad natural y que presentan buena apariencia.

La incorporación de nuevas especies al mercado de la construcción demanda el conocimiento del comportamiento mecánico y la solución a los problemas de aserrado, cepillado, clavado y de técnicas de preservación y secado.

Los problemas de estabilidad dimensional, aserrado, trabajabilidad y ataque de hongos e insectos pueden subsanarse por pro-

cedimientos en su mayor parte ya disponibles por parte de los laboratorios y que pueden ser transferidos a la industria. La industria de procesamiento primario y secundario prefiere las especies fáciles de procesar por la poca capacidad de autosolución de problemas técnicos derivada de su escaso nivel tecnológico general.

En este sentido, el enlace efectivo, a través de programas funcionales de asistencia técnica, entre el sector de investigación y el sector industrial aparece como un requisito importante.

- iii) Los programas de desarrollo de la infraestructura industrial deben considerar pricritariamente la conformación de núcleos de asistencia técnica permanente a la industria. Esto implica que se debe previamente preparar personal perteneciente a las entidades encargadas de estas funciones.

- iv) Las acciones de mejoramiento técnico de la industria de la madera deben concentrarse inicialmente en un grupo seleccionado de industrias, con capacidad e interés para asimilar las mejoras tecnológicas. Esta política permite racionalizar los esfuerzos de asistencia técnica y produce frutos ya que el resto de industrias se interesarán progresivamente en obtener los mismos beneficios de la asistencia técnica o "copiarán" las

soluciones adoptadas por las industrias "mejoradas".

vi) Es necesaria la realización de talleres demostrativos y seminarios de promoción para industriales y obreros. En estos talleres se deberá buscar promover el procesamiento y uso de la madera en la construcción a través de la familiarización de los asistentes en técnicas de manejo industrial y de la mejora en las tecnologías de procesamiento.

b) Producción Industrial de Casas de Madera

Como se ha dicho anteriormente, básicamente en los países tro
picales ya existe infraestructura industrial suficiente para que, con algunos cambios y orientaciones, se pueda iniciar el abastecimiento del mercado de la construcción. El principal obstáculo que ha impedido el desarrollo pleno para la produc
ción de elementos, componentes y viviendas de madera ha sido la falta de un mercado que demande a la industria los productos que desea consumir, con claras especificaciones de dimensiones y calidades. Si se logra definir esta demanda, la industria de procesamiento más tecnificada actualmente existente ya estaría en capacidad de producir satisfactoriamente para el mer
cado de la construcción.

i) Es necesario realizar estudios que permitan definir la integración de las industrias de procesamiento primario con las de secundario. Esta integración no debe ser necesariamente

física sino en materia de complementariedad y especialización de las producciones individuales. Por ejemplo, el sector de la construcción puede demandar directamente de los aserraderos piezas estructurales como vigas y columnas según estándares de calidad que muchos aserraderos están en capacidad de cubrir. Por otro lado la producción de elementos y componentes prefabricados puede provenir de las industrias de procesamiento secundario existentes.

Se debe tomar en cuenta que estas soluciones funcionarán inicialmente para abastecer las primeras demandas del mercado de la construcción. Cuando esta demanda crezca, necesariamente la industria de procesamiento deberá desarrollar un grado mayor de especialización para atender demandas más grandes y exigentes en calidad.

- ii) Habrá necesidad de elaborar estudios de racionalización industrial para plantas, de diversa escala para la producción de elementos y viviendas de madera. El propósito de esta actividad sería promover la creación de una infraestructura industrial apropiada para el abastecimiento del mercado de la construcción con madera. En algunos casos las propuestas deben ser simplemente de racionalización de las unidades de producción existentes y, en otros, de nuevas plantas. En estos estudios

deben aplicarse todos los desarrollos técnicos disponibles o que se generarían en la fase de investigación tecnológica.

Los estudios deberían incluir los siguientes tipos de unidades de producción:

- a) Unidades de producción basadas en pequeñas industrias ya existentes.

Para este tipo de plantas se analizaría el equipo y procesos disponibles en unidades industriales de pequeña escala o artesanales y se verificaría el tipo de elementos que pueden ser producidos bajo las condiciones actuales de procesamiento o con pequeñas modificaciones.

En estos estudios, dada la estructura económica de estas plantas, se daría énfasis a la proposición de métodos sencillos de secado y preservación.

- b) Estudios para adecuar a la producción de componentes y viviendas de madera a industrias de mediana escala.

Mediante estos estudios se sugerirán cambios en equipos y procesos de plantas actualmente en operación. Se daría especial atención a la integración de aserraderos con líneas de procesamiento secundario.

- c) Estudios para el establecimiento de nuevas plantas especializadas, de diversa escala, para la producción de componentes y viviendas de madera.

Con estos trabajos se propondrían diseños de plantas completas integradas que incluirían desde la transformación primaria hasta la producción de viviendas completas de madera, incluyendo líneas de clasificación, preservación y secado.

4) El mercado y la promoción

a) Desarrollo de mercados locales

El principal criterio para lograr el desarrollo del mercado de la casa de madera es afrontar la ejecución de programas de vivienda con las entidades oficiales encargadas del sector.

Esta vía aparece como la mejor posibilidad de masificar la producción, estimular la actividad privada de construcción y lograr proyectos con bases serias de ingeniería y arquitectura.

Adicionalmente, la realización de programas de construcción a base de viviendas de madera que posean bases técnicas adecuadas, demandará una producción industrial de calidad debido a los requisitos que se exigen al constructor y que éste a su vez traslada al sector industrial.

- El mejoramiento industrial y la producción de material preservado, secado y clasificado demandarán un cierto nivel de inversiones por parte de la industria de la madera que solamente se justificaría cuando se demanden cantidades importantes de materia prima.
- Habrá necesidad de que los sectores técnicos de los países tropicales relacionados con el sector de la madera desarrollen conjuntamente con las entidades de vivienda programas que se adecúen a las políticas de los gobiernos.

Estos programas deberán ser cuidadosamente planeados y deberán involucrar los siguientes aspectos:

- Localización de los programas (aspectos de clima, cercanía a los bosques y existencia de infraestructura industrial deberán ser tomados en cuenta).
- Investigaciones tipológicas destinadas a garantizar la aceptabilidad de los usuarios respecto a las viviendas de madera.
- Los aspectos de costos; que deben adecuarse a las políticas de financiamiento vigentes en cada país.
- Requisitos de apariencia, economía y comodidad; los programas deberán ofrecer casas que cubran estos requisitos para garantizar su aceptación en el mercado.

- Características técnicas. Los programas a desarrollar deberán explotar las ventajas que tiene la madera respecto a otros materiales. En este sentido la experimentación con modalidades de autofabricación y autoconstrucción dirigida serán importantes, así como la demonstración de las posibilidades de los sistemas a base de madera respecto el crecimiento progresivo de las edificaciones y a sus ventajas en cuanto a tiempos y costos de construcción.

- Preferencias del mercado; en muchos casos, ciertas poblaciones prefieren casas de madera que luzcan este material interior y exteriormente. Sin embargo otros sectores de la población asocian la casa de madera con la vivienda precaria o provisional. En este último caso los programas de vivienda iniciales deben contemplar la construcción de viviendas hechas a base de madera, pero con revestimientos que las hagan aparecer como de concreto. Esta solución, como se anotara anteriormente, se puede lograr con la utilización de revestimientos exteriores e interiores a base de cemento. Aparte de obviar el problema de apariencia, resulta ventajoso por la protección contra el fuego y agentes biológicos que se da a la edificación.

- Promoción

Los aspectos de promoción deberán comprender los siguientes campos principales:

- Preparar y difundir publicaciones sencillas destinadas a vencer la resistencia de los usuarios hacia la vivienda de madera.
- Publicaciones educativas destinadas a familiarizar a los sectores universitarios de ingeniería y arquitectura que, en muchos casos, no reciben instrucción académica adecuada respecto al uso de la madera en la construcción.
- Producción de material técnico para uso de la ingeniería y la arquitectura.
- Elaboración de cartillas de construcción que puedan ser divulgadas entre los pobladores.

POSIBLES ACCIONES DE COOPERACION INTERNACIONAL EN ESTE CAMPO

Las acciones de cooperación internacional serán decisivas para conseguir la introducción de la madera tropical como material de construcción.

Considerando el enorme potencial que existe en los bosques tropicales en términos de materia prima para viviendas y el considerable déficit habitacional que afecta a los países en vías de desarrollo, la cooperación

internacional debería concentrar sus esfuerzos en el mejoramiento integral de las áreas técnicas involucradas en el sector de la madera para construcción.

En este sentido hay algunos criterios que se deben enunciar:

- La asistencia técnica internacional debe promover el desarrollo de esfuerzos que integren los sectores tecnológicos y los sectores industriales. Los mejoramientos que podría obtener la industria de procesamiento de madera, deben originarse en investigaciones propias intensivas y desarrolladas para las condiciones locales.
- La cooperación internacional debe facilitar la transferencia horizontal de conocimientos desde los países donde se han obtenido avances en este campo hacia el resto. Esto permitiría, en muchos casos, que los países menos desarrollados tecnológicamente en este sector ahorren tiempo y costos de investigación. La transferencia de conocimientos debe darse en las siguientes áreas:
 - Conocimiento tecnológico de la materia prima en todas las fases necesarias.
 - La elaboración de manuales y códigos que incluyan técnicas de clasificación por defectos, sistemas de agrupamiento de especies y metodologías para definición de esfuerzos de diseño.

- Técnicas en el desarrollo de sistemas de construcción
- Tecnologías para mejorar los procesos industriales

- Otra área importante que debe ser motivo de cooperación internacional es la de desarrollar trabajos que permitan integrar las actividades de las industrias de procesamiento primario con las de procesamiento secundario.

- La asistencia técnica internacional debe propiciar en forma prioritaria el desarrollo de estudios de racionalización industrial y de factibilidad técnico-económica para prever la instalación de plantas modelos para la producción de elementos y viviendas de madera.

- La asistencia técnica debe cooperar en la organización de estructuras de asistencia técnica permanente a la industria de la madera, reforzando las entidades forestales que tienen a su cargo estas tareas.

- La cooperación técnica debe facilitar la organización de proyectos multidisciplinarios que integren el sector maderero, el sector industrial, los sectores de vivienda y las entidades de normalización técnica, entre otras.

- La cooperación técnica también debería proveer de facilidades para intensificar el establecimiento de talleres demostrativos y programas de capacitación para personal técnico vinculado a actividades de investigación tecnológica, del sector industrial y del sector de la construcción.

PROYECTOS ESPECIFICOS

En las siguientes páginas se presentan perfiles básicos para la realización de proyectos en las siguientes áreas:

- 1) Investigación tecnológica:
 - a) Propiedades físicas
 - b) Propiedades mecánicas
 - Flexión estática
 - Compresión paralela al grano
 - Compresión perpendicular al grano
 - Cizallamiento
 - Dureza
 - Tenacidad
 - Extracción de clavos
 - c) Influencia de defectos en la rigidez y resistencia de vigas a escala natural
 - d) Vigas clasificadas sometidas a flexión
 - e) Trabajabilidad
 - Cepillado
 - Taladrado
 - Moldurado
 - Torneado
 - Lijado
 - f) Uniones clavadas y empernadas
 - g) Preservación
 - h) Secado al aire y al horno

ENSAYOS PARA DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS

Objetivos.

- Determinar las densidades: seca al aire, anhidra, básica.
- Evaluar las contracciones tangencial, radial y volumétrica entre los estados verde y seco al aire y entre verde y seco al horno.
- Determinar el contenido de humedad de equilibrio.

Normas a considerar: COPANT 460, 461 y 462.

Número de probetas por especie: 40 (10 árbol-s x 4 repeticiones por árbol, tomadas al azar). Las mismas probetas serán utilizadas para los diversos ensayos, en etapas sucesivas.

Dimensiones de las probetas: 3 cm. x 3 cm. x 10 cm.

Condición inicial: verde (CH \approx 35%)

Otras características: las probetas tendrán orientación de corte bien definida (radial-tangencial). Serán libres de defectos. La inclinación del grano será menor que 1/20.

Equipo requerido:

- Balanza, con capacidad mínima de 2 Kg. y precisión de 0.1 g
- Horno eléctrico, con termostato, que opere a 103 ± 2 °C
- Desecador, con sustancias higroscópicas
- Micrómetro, con precisión de 0.1 mm.
- Accesorios para medir volumen por inmersión en agua

ENSAYOS DE PROPIEDADES MECANICAS EN PROBETAS PEQUEÑAS LIBRES DE DEFECTOS

Objetivos:

Evaluar las propiedades mecánicas más significativas en probetas pequeñas libres de defectos. Estas incluyen:

- a) Flexión estática: Módulo de Elasticidad (MOE) y Módulo de Rotura (MOR)
- b) Compresión paralela al grano: Módulo de Elasticidad y esfuerzo de rotura.
- c) Compresión perpendicular al grano: esfuerzo al límite proporcional
- d) Cizallamiento paralelo al grano, radial y tangencial: esfuerzo promedio de rotura.
- e) Dureza, lados y extremos: fuerza requerida para penetración estándar (Janke)
- f) Tenacidad, radial y tangencial: energía requerida para romper probetas estandarizada.
- g) Extracción de clavos, lados y extremos: carga máxima

Normas a considerar: COPANT 458, 459, 555, 464, 466, 463, 465, 556 y 744.

ASTM D 143-53 (1972) (parte II)

Número de probetas por especie: 40 de cada tipo (10 árboles x 4 probetas por árbol). Para los ensayos de cizallamiento y tenacidad se prepararán 80 probetas, ensayándose 40 en dirección radial y 40 en dirección tangencial.

Dimensiones de las probetas:

- a) Flexión: 5 cm. x 5 cm. x 75 cm. Para especies con árboles de menos de 30 cm. de diámetro se utilizarán probetas de 2.5 cm. x 2.5 cm. x 41 cm. (ASTM).
- b) Compresión paralela al grano: 5 cm. x 5 cm. x 20 cm. Alternativamente podrán utilizarse probetas de 2.5 cm. x 2.5 cm. x 10 cm., para especies con árboles de poco diámetro o especies de alta densidad, para las que, en caso de utilizar las probetas de 5 cm. x 5 cm., la capacidad del equipo podría ser insuficiente.
- c) Compresión perpendicular al grano: 5 cm. x 5 cm. x 15 cm.
- d) Cizallamiento paralelo al grano: 5 cm. x 5 cm. x 6.5 cm., con recorte en una de las caras, según Normas.
- e) Dureza: 5 cm. x 5 cm. x 15 cm.
- f) Tenacidad: 2 cm. x 2 cm. x 30 cm.
- g) Extracción de clavos: 5 cm. x 5 cm. x 15 cm.

Condición de las probetas: 20 probetas de cada tipo se ensayarán en condición verde (CH 35%); las restantes 20 serán ensayadas en condición seca al aire, es decir al contenido de humedad de equilibrio.

Otras características: Todas las probetas tendrán orientación de corte bien definida (radial-tangencial). El acabado será cepillado. Las probetas serán libres de defectos. La inclinación del grano será menor que 1/20.

Equipo requerido:

- Máquina universal de ensayo, controlada por desplazamiento o (preferiblemente) por deformación. Capacidad: 10 ton. como mínimo, preferiblemente 25 ton. El registro directo de las curvas carga-deformación es deseable, pero no indispensable.
- Accesorios de apoyo, aplicación de carga y de mediciones de carga y deformaciones que correspondan a las Normas COPANT o ASTM consideradas.
- Cámara húmeda
- Máquina especial para ensayos de tenacidad.
- Equipo para determinación de propiedades físicas.

ENSAYOS DE INFLUENCIA DE DEFECTOS EN LA RIGIDEZ Y RESISTENCIA DE VIGAS
A ESCALA NATURAL

Objetivo.

Estudiar la influencia de defectos en la rigidez y resistencia de vigas a escala natural, para complementar la información existente relativa a maderas de características similares y establecer una Regla de Clasificación Visual para madera de uso estructural.

Norma a considerar: ASTM D-198-67 (1974), D 143-52 (1972).

Programa de Ensayos:

Número de especies : 5, distribuidas en el rango de densidades básicas entre 0.3 y 0.8. Se seleccionarán especies que en conjunto presentan la mayor gama de defectos posible.

Número de vigas : 120 por especie (como mínimo), provenientes de 10 árboles diferentes. Toda la madera deberá ser colectada directamente en el bosque. Se tomarán 4 vigas de cada una de 3 trozas, correspondientes a la base, la parte central y superior del fuste.

Dimensiones de las vigas : 4 cm. x 14 cm. x 330 m.

- Orientación de corte : arbitraria
- Acabado : cepillado
- Calidad : Las vigas deberán incluir defectos, aislados o en combinación, en diversos grados de magnitud o extensión. La calidad de la oblación estudiada deberá ser representativa de lo que normalmente se encontraría en un aserradero, entendiéndose que una parte de las vigas serían rechazadas para uso estructural.
- Condición : 50% de las vigas de cada especie se ensayarán en condición verde (CH 35%); el resto se ensayarán en condición seca al aire (CH de equilibrio).

Equipo requerido:

- Herramientas para clasificación (detector de grano, cuchillas, lupas, etc.) y cámara fotográfica.
- Cámara húmeda (para almacenar un máximo de 60 vigas).
- Marco de ensayos, de 10 ton. de capacidad, con dispositivos de apoyo, de aplicación de carga y de arriostre en conformidad con norma ASTM D 198-67. Puede utilizarse una máquina universal de ensayos con adaptaciones para ensayar vigas de 3 m. de luz entre ejes de apoyo.

Preferentemente el equipo debe ser controlado por desplazamiento, pero equipos controlados por fuerza son aceptables. Las fuerzas deben ser medidas directamente, por ejemplo, mediante una celda de carga. Un registro directo de las curvas carga-deflexión es deseable, pero no indispensable.

- Equipo para ensayo de probetas pequeñas libres de defectos sometidas a flexión (accesorios para probetas de 2.5 cm. x 2.5 cm. x 41 cm., según ASTM D 142-52, parte II).
- Equipo para determinación de propiedades físicas.

ENSAYOS DE VIGAS CLASIFICADAS SOMETIDAS A FLEXION

Objetivo:

Verificar la aplicabilidad de la Regla de Clasificación Visual para Madera Estructural en especies distintas de las consideradas en el programa previo de influencia de defectos en la rigidez y resistencia de vigas a escala natural.

Normas a considerar: ASTM D 198-67 (1974), D 143-52 (1972).

Programa de Ensayos:

Número de vigas: 30 por especie (10 árboles x 3 trozas/árbol x 1 viga/troza).

Dimensiones de las vigas: 4 ca. x 14 cm. x 330 cm.

Orientación de corte: arbitraria

Acabado: cepillado

Calidad: todas las vigas deberán ser de calidad estructural, según la Regla de Clasificación Visual.

Condición de las vigas al ensayarse: verde (CH 35%).

Equipo requerido:

El mismo que para los ensayos de influencia de defectos en la rigidez y resistencia de vigas a escala natural.

ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD

Objetivos:

- Evaluar la aptitud de las diferentes especies para trabajarse con máquinas en condiciones típicas de los procesos de manufactura.
- Determinar las condiciones de trabajo más adecuadas para cada especie.

Se incluyen en este grupo ensayos de:

- a) Cepillado
- b) Taladrado
- c) Moldurado
- d) Torneado
- e) Lijado

Norma de Referencia: ASTM D 1666-64

Número y dimensiones de las probetas

- a) Cepillado: se prepararán 30 probetas por especie, 10 de las cuales serán de corte radial, 10 de corte tangencial y 10 de corte oblícuo, con dimensiones 4 cm. x 10 cm. x 100 cm.
- b) Taladrado: 60 probetas de 3 cm. x 12 cm. x 30 cm., 20 con cada orientación.
- c) Moldurado: 30 probetas de 2 cm. x 7.5 cm. x 100 cm., 10 con cada orientación.
- d) Torneado: se prepararán 20 probetas de 2 cm. x 2 cm. x 12.5 cm.
- e) Lijado: se utilizarán probetas ensayadas en cepillado.

Condición de la madera al momento del ensayo: seca al aire

Número de ensayos:

- a) Cepillado: se harán un mínimo de 12 repeticiones por probeta, cepillando a favor y en contra del grano y con diversas velocidades de alimentación.
- b) Taladrado: las probetas se dividirán en dos grupos de características similares, para ensayarse con dos velocidades distintas. En cada probeta se harán por lo menos dos repeticiones.
- c) Moldurado: se harán 2 ensayos por probeta (a favor y en contra del grano), como mínimo.
- d) Torneado: para cada probeta se harán 3 ensayos, con diferentes ángulos de corte.
- e) Lijado: para cada probeta se harán ensayos con lija # 60 y lija # 100.

Equipo necesario:

- Cepilladora. velocidad de giro de portacuchilla: 5,000 rpm.
Diámetro de portacuchillas: 10 a 12 cm. Angulo de Portacuchillas 30 a 35°. 3 ó 4 cuchillas H 55. Alimentación perpendicular al eje de rotación, con velocidades de 3, 6, 9 y 12 m/seg.
- Taladro de un solo eje, con dos velocidades: aprox. 500 rpm. y 1000 rpm. Broca H 55 de 1/2"
- Tupí, con velocidad de giro entre 5,000 y 7,000 rpm. Portacuchillas de 10 cm. de diámetro para 2 o más cuchillas.
- Torno con velocidad de rotación de aprox. 2,500 rpm.
- Lijadora de banda con mesa o portátil.

ENSAYOS DE UNIONES ESTRUCTURALES

A. ENSAYOS DE UNIONES CLAVADAS

Objetivo

Determinar la capacidad resistente de uniones clavadas sometidas a simple cizallamiento, con clavos de 2 1/2" y 4" de longitud.

Norma a considerar: ASTM D 1761-74, con algunas modificaciones para el caso de uniones sometidas a doble cizallamiento.

Especies: Sólo se ensayarán uniones clavadas en las especies con densidad básica menor que 0 60

Número de probetas: se ensayarán 20 probetas de cada tipo (10 árboles x 2 probetas/árbol x 4 tipos).

Dimensiones de las probetas (indicadas en cm)

a) Uniones sometidas a simple cizallamiento (un solo clavo);

	1 = 2 1/2"	1 = 4"
Elemento adyacente a la cabeza	2 x 5 x 30	3 x 5 x 40
Elemento que contiene a la punta	5 x 5 x 30	8 x 5 x 40

b) Uniones sometidas a doble cizallamiento (4 clavos):

	1 = 2 1/2"	1 = 4"
Elemento central	3.2 x 10 x 30	5 x 10 x 40
Elementos laterales	1.6 x 10 x 30	2.5 x 10 x 40

Condición de las probetas al momento de ensayarse: verde (Cl 35%)

Otras características de las probetas: Los elementos de madera serán libres de defectos, con inclinación de grano menor que 1/20. El acabado será cepillado.

Equipo necesario:

- Máquina universal de ensayos, con accesorios para ensayo en tracción conforme a la norma ASTM D 1761 (uniones sometidas a simple cizallamiento) y accesorios para ensayo a compresión (doble cizallamiento). Preferentemente el equipo deberá ser controlado por deformación o desplazamiento.
- Cámara húmeda.
- Equipo para determinación de propiedades físicas.

B. ENSAYOS DE UNIONES EMPERNADAS

Objetivo:

Determinar la capacidad resistente de uniones empernadas sometidas a doble cizallamiento, con pernos de 3/8" y "relaciones de esbeltez" de 2, 4, 6 y 8, y con dos distintas orientaciones de los elementos de madera en relación a la carga.

Norma a considerar: ASTM D 1761-74, con modificaciones.

Especies: sólo se ensayarán uniones empernadas para las especies con densidad básica mayor que 0.4.

Número de probetas: se ensayarán 20 probetas de cada uno de los 8 tipos considerados (10 árboles x 2 probetas/árbol x 4 relaciones de esbeltez x 2 orientaciones de los elementos).

Dimensiones de las probetas: Todos los elementos serán de 2.5" de ancho y 6" de longitud, con excepción de los elementos cargados en dirección perpendicular al grano, cuya longitud será de 12". El espesor del elemento central será de 2, 4, 6 u 8 veces el diámetro del perno, según el caso. El espesor de los elementos laterales será igual a la mitad del espesor del elemento central.

Condición de las probetas al momento de ensayarse: verde (CH 35%)

Otras características: todas las probetas serán libres de defectos, con máxima inclinación del grano de 1/20. El acabado será cepillado.

Equipo necesario: el mismo que para uniones clavadas.

ENSAYOS DE PRESERVACION

Objetivos:

Determinar la absorción y penetración de preservantes al utilizar los siguientes tratamientos:

- a) Difusión después de inmersión utilizando bórax y ácido bórico.
- b) Inmersión con pentaclorofenol al 5% en petróleo Diesel N° 2.
- c) Inmersión con sales tipo CCB al 4% en agua.
- d) Baño caliente y frío con pentaclorofenol al 5%.
- e) Vacío-presión con pentaclorofenol al 5% en petróleo Diesel N° 2.
- f) Vacío-presión con sales tipo CCB al 4% en agua.

Norma de referencia: AWPA A3-71

Número de probetas: se ensayarán 40 probetas de cada caso, considerando 10 árboles x 2 tipos de madera (albura y duramen) x 2 repeticiones.

Dimensiones de las probetas: 5 cm. x 5 cm. x 50 cm.

Condición: todas las probetas estarán inicialmente al contenido de humedad de equilibrio. Los extremos serán sellados con resinas epóxicas.

Otras características de las probetas: serán seleccionadas con un mínimo de defectos, evitando la presencia de grietas, rajaduras, médula o pudriciones. Todas las probetas serán cepilladas y escuadradas.

Equipo necesario:

- Tanques abiertos para inmersión
- Equipo de baño caliente y frío

- Planta de preservación que permita obtener vacío y presión
- Refrigerador
- Balanza de 5 Kg. de capacidad y 0.2 g. de precisión
- Plástico grueso para envoltura (ensayos de difusión).

ENSAYOS DE SECADO

A. SECADO AL AIRE DE MADERA ESTRUCTURAL

Objetivos:

Determinar tiempos de secado desde la condición verde al contenido de humedad de equilibrio, la magnitud de las contracciones transversales y la frecuencia de defectos de secado.

Normas a considerar: COPANT 460, 461, 462 y 746.

Número de especies: 5, con densidades básicas entre 0.3 y 0.8.

Número de probetas: 60 por especie (10 árboles x 3 orientaciones de corte x 2 repeticiones). Estos elementos serán los mismos utilizados en el programa de influencia de defectos en la rigidez y resistencia de vigas a escala natural.

Dimensiones de las probetas: 4 cm. x 14 cm. x 330 cm.

Condición: todos los elementos estarán en condición inicial verde (CH 35%)

Equipo necesario:

- Balanza de 25 kg. de capacidad y 10 g. de precisión
- Deformómetro con accesorio para medir contracciones
- Equipo para determinación de propiedades físicas.

B. SECADO AL AIRE DE TABLAS.

Objetivos:

Determinar tiempo de secado, la magnitud de las contracciones transversales y la frecuencia de defectos en el secado al aire de tablas.

Normas a considerar: COPANT 460, 461, 462 y 746.

Número de probetas: 20 por especie (10 árboles x 2 repeticiones)

Dimensiones de las probetas: 2.5 cm. x 15 cm. x 150 cm.

Condición inicial: verde (CH 35%)

Equipo necesario:

El mismo que para el programa de secado al aire de madera estructural.

C. SECADO AL HORNO DE TABLAS.

Objetivos:

Evaluar la frecuencia de defectos con 3 distintos programas de secado.

Normas a considerar: COPANT 460, 461, 462 y 746.

Número de probetas: 60 por especie (10 árboles x 3 programas de secado x 2 repeticiones)

Dimensiones de las probetas: 2.5 cm. x 15 cm. x 150 cm.

Condición inicial: verde (CH 35%)

Programas de secado

Horario severo

Maderas que secan bien con temperatura inicial 60°C y final de 80°C llegando a 15 $\frac{+}{-}$ 2% de humedad.

C.H. (%)	Temp. Bulbo Seco °C	Temp. Bulbo Húmedo °C	Humedad Relativa %
Verde	60°	56	80
60	65	58	70
50	70	60	70
40	75	61	50
30	80	62	40
20	80	60	35

Horario moderado

Maderas que secan bien con temperatura inicial de 50°C y final de 70°C llegando a 15 $\frac{+}{-}$ 2% de humedad.

C.H. (%)	Temp. Bulbo Seco °C	Temp. Bulbo Húmedo °C	Humedad Relativa %
Verde	50	47	80
60	55	49	70
40	60	51	60
30	65	52	50
25	70	54	40
20	70	50	35

Horario suave

Maderas que secan bien con temperatura inicial de 40°C y final de 55°C llegando a 15 $\frac{+}{-}$ 2% de humedad.

C.H. (%)	Temp. Bulbo Seco °C	Temp. Bulbo Húmedo °C	Humedad Relativa %
Verde	40	37	80
40	40	35	70
30	45	37	60
25	50	40	50
20	55	42	40
15	55	37	30

Equipo necesario:

- Horno experimental
- Equipo requerido para ensayos de secado al aire.

2) Agrupamiento de especies

Objetivo

Establecer tres grupos de especies de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

Metodología

La resistencia de la madera tropical encontrada en ensayos de probetas muestra una marcada correlación con la densidad básica. Esta característica hace posible que esta correlación pueda ser utilizada para el agrupamiento de especies en grupos específicos de resistencia. Debido a que estas correlaciones no se dan en el caso de vigas de tamaño natural tan significativamente como con probetas pequeñas libres de defectos, es importante considerar para el agrupamiento, ensayos de elementos de tamaño comercial clasificados según una regla de clasificación por defectos.

Las bases para conseguir un agrupamiento de especies de acuerdo a esfuerzos de diseño se darán con las siguientes actividades:

- 1) Identificación anatómica y dendrológica de las especies a estudiar
- 2) Ensayos tecnológicos en el área físico-mecánica con probetas pequeñas libres de defectos
- 3) Desarrollo de una regla de clasificación de madera estructural por defectos

- 4) Ensayos de vigas a escala natural
- 5) Agrupamiento inicial por densidades y resistencia a base de los ensayos tecnológicos
- 6) Agrupamiento definitivo a base del análisis de los ensayos a escala natural en vigas clasificadas.

Resumen

Número de Grupos: 3

Grados de calidad: 1 (madera estructural)

Rangos de densidad: a partir de 0.40

Valores asignables a cada grupo:

- Flexión
- Tracción
- Compresión paralela
- Compresión perpendicular
- Cizallamiento
- Módulos de elasticidad mínimo y promedio

