



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



15142-S



Distr. LIMITADA

ID/WG.447/7

19 diciembre 1985

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

ESPAÑOL

Original: INGLÉS

Reunión de grupos especializados
en la construcción de madera

Viena (Austria), 2 a 6 diciembre de 1985

SELECCION DE MADERAS

AGRUPAMIENTO POR RESISTENCIA Y GRADUACION POR ESFUERZO

PARA EL PUENTE DE MADERA MODULAR PREFABRICADO DE LA ONUDI*

preparado por

Timber Research and Development Association**

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

** High Wycombe (Reino Unido).

INDICE

	<u>Página</u>
Selección de madera	1
Obtención de resultados para el proceso de selección de diseño	6
Propiedades resistentes de la madera	8
Grupos de resistencia y grados de esfuerzo	9
Clave de clasificación para las regiones del mundo	14
Tabla 1	7
Tabla 2	11
Tabla 3	13
Tabla 4	15
Tabla 5	17
Referencias	18
Anexo I	19

SELECCION DE MADERA

El proceso de selección de diseños para puentes de madera modulares prefabricados se explica detalladamente en los manuales. En el Anexo I se incluye un gráfico en el que se resume el proceso completo. Se observará que la selección de madera es uno de los tres requerimientos principales y que éste es el aspecto al cual se refieren las reglas de clasificación por grados simplificadas de ONUDI. Los extractos siguientes recogidos de los manuales ofrecen una explicación más amplia del aspecto mencionado.

Las propiedades de las maderas procedentes de numerosos países en vías de desarrollo, así como información referente al agrupado por resistencia, graduación por esfuerzo y tecnología general de la madera, se incluyen en la Parte 4 de los manuales. La selección de las maderas incluidas ha sido hecha con cuidado, relacionando sólo aquellas que satisfagan varios criterios. Los factores considerados fueron el de si la madera era adecuada para la construcción de puentes; si se conseguiría madera disponible a un precio razonable, y si sería lo suficientemente duradera o capaz de ser tratada. Inevitablemente, no obstante, las circunstancias individuales, e incluso el asesoramiento individual, creará casos en los cuales se requiere evaluar o utilizar una madera que no está especificada en el manual. Por consiguiente se incluye suficiente información en la Parte 4, para permitir al usuario más experimentado hacer su propia selección ulterior, basado en el criterio recomendado.

Los pasos siguientes deben ser dados por cada usuario de los manuales cuando trata con la fase de selección de madera del proceso de diseño:

1. Nomenclatura de la madera

Es preciso determinar los nombres locales, y también las especies, o combinaciones de especies botánicas, de las maderas que se ofrecen disponibles. Estas maderas deben ceñirse a la forma de material que es probable de hallarse en los tamaños y en las cantidades suficientes para la construcción de puentes. Los nombres dados deben estar vinculados con los nombres de madera standard, como se explica abajo, y con la información proporcionada en la Parte 4.

La resistencia de la madera depende considerablemente de las especies de árbol del cual se toma la misma. Para los efectos científicos a nivel internacional, el nombre en latín de las especies de árboles está también asociado con la madera propiamente dicha. Los árboles han sido tratados de la misma manera que las demás plantas por los botánicos, y el sistema de nombres científicos se ha venido desarrollando durante varios siglos. Por este motivo, la descripción en latín insinuada en el nombre botánico puede en realidad referirse a alguna característica del propio árbol, en lugar de hacerlo en torno a un punto sobresaliente de la madera. No obstante, y a pesar de ciertas limitaciones y dificultades de aplicación, el sistema de nombres botánicos es el medio de consulta más fiable, puesto que los nombres comunes, comerciales y vulgares de los árboles y las maderas resultan con frecuencia imprecisos o engañosos.

Se han hecho esfuerzos para normalizar los nombres comerciales, y para relacionar los nombres comerciales aceptados de maderas con sus nombres científicos. Por ejemplo, las normas británicas 881 y 589: 1974 (Referencia 1) abarcan la descripción de la mayoría de las maderas conocidas en el comercio de Gran Bretaña, el cual es un prolífico país importador que utiliza numerosas fuentes de suministro. La ASTM D 1165 (Referencia 2) ofrece una nomenclatura standard usada en los EE.UU. La normalización a nivel internacional es promulgada por la FAO, la cual selecciona un nombre vulgar preferido y lo designa, en letras mayúsculas, como nombre piloto (Referencia 3). Varios países tropicales productores de madera publican también normas nacionales orientadas hacia la homologación de la nomenclatura (Referencia 4).

Una mayor información sobre nomenclatura se incluye en la Parte 4. El punto más importante a considerar, desde el punto de vista de una persona en pie de obra encargada de la selección de maderas para un proyecto de puentes dado, es el obtener una identificación positiva de las maderas ofrecidas comercialmente o recomendadas localmente como apropiadas. No es posible ofrecer un consejo simple individual; normalmente es preferible ponerse en contacto con las organizaciones nacionales encargadas del patrimonio forestal o de la investigación de la madera. TRADA es también capaz de ofrecer asesoramiento, y si la ayuda es solicitada de manera moderada, escueta y ordenada, ésta podrá ser obtenida gratuitamente.

2. Disponibilidad

Al considerar las maderas que se han de usar, revisten importancia especial los puntos prácticos tales como la disponibilidad, la continuidad del suministro y el costo de la madera. En algunos países en vías de desarrollo, con frecuencia poseyendo una fuerte tradición forestal que se remonta a la época colonial, existe una fuerte tendencia a editar publicaciones y listas provenientes de instituciones nacionales en las cuales se describe una gran variedad de especies no comercializadas, que se producen con poca frecuencia, o que crecen solamente en regiones remotas o sin talar. Algunas de ellas pueden a primera vista parecer apropiadas para la construcción de puentes, al ser descritas por ejemplo como "sumamente duraderas". No obstante, a menos que puedan disponerse rápidamente de existencias adecuadas de las dimensiones requeridas, esta elección al parecer excelente debe ser rechazada en favor de maderas más comunes.

En el Capítulo 1 de este manual se describen los tamaños principales requeridos para el panel modular, cuyas piezas han de tener todas 50 mm de espesor, y un ancho de 150 a 250 mm. Para los módulos se requieren largos hasta de 3,3 m, y para las maderas del puente normales largos de 3,8 m. Estos requerimientos de tamaños de por sí imposibilitarán el uso de muchas de las maderas más finas y decorativas, las cuales tienden a ser aserradas en dimensiones al azar, para su uso no estructural. En algunos países, en donde no existe ya un mercado que demande madera para los fines de construcción local, puede que sea preciso primero localizar aserraderos capaces de producir los tamaños y la calidad de corte requerida, tras lo cual se podrá negociar con los mismos las especies de las cuales se pueden obtener y cortar los troncos apropiados.

3. Evaluación

Deben hacerse evaluaciones ulteriores, después de haber determinado y verificado la identidad de una lista de maderas locales que se creen probablemente apropiadas para la construcción de puentes. Durante esta fase, también deberían ser considerados los requerimientos de disponibilidad y continuidad. La evaluación debería entonces seguir los métodos indicados en la Parte 4. Por lo cual en esta sección solamente se mencionan algunos puntos esenciales.

El requerimiento inmediato, desde el punto de vista del proceso de selección de diseño descrito en este capítulo, es decidir el grupo de resistencia y de aquí el grado de esfuerzo, en los cuales pueden incluirse las maderas posibles. El método a través de cual se toma esta decisión se describe más adelante. Al mismo tiempo, no obstante, debe considerarse cierto número de otras propiedades tecnológicas, a partir de las clasificaciones incluidas en la Parte 4. Este proceso refinará aún más la lista, eliminando maderas que resultan menos apropiadas debido a varios motivos. Las propiedades clasificadas en la Parte 4 son densidad, grupo de resistencia, trabajabilidad, encogimiento, durabilidad y adaptabilidad al tratamiento preservativo.

El tratamiento preservativo de la madera requiere la inserción en la estructura de la madera de productos químicos estables que la protejan contra organismos destructores de madera tales como hongos o insectos. Los procesos usados son bien conocidos, con una larga historia de éxito en su empleo. Muchos puentes de madera (de tipo más antiguo que el diseño de la ONUDI) que han sido correctamente protegidos todavía prestan servicio después de más de 50 años de haberse construido. Las propiedades pertinentes a esta consideración son durabilidad y adaptabilidad al tratamiento preservativo. La durabilidad se refiere a la resistencia natural de la madera a la descomposición y al ataque de insectos.

Las maderas clasificadas en el agrupamiento más alto de durabilidad en la Parte 4 ofrecen una resistencia considerable a los hongos, escarabajos y termitas bajo condiciones tropicales, aún sin tratamiento alguno. No obstante, un problema que plantea la fiabilidad en la durabilidad natural como alternativa a la preservación es que, no importa cuán duradera puede ser la madera de corazón, la madera de savia de prácticamente todas las especies es perecedera. Además, la facilidad con que puede distinguirse a simple vista la madera de savia de la madera de corazón varía considerablemente de una especie a otra. Por tanto, a menos que sean aseguradas cantidades suficientes de madera carente de savia procedentes de especies duraderas obtenidas en fuentes fiables, debe darse preferencia al tratamiento preservativo, idealmente por medio de uno de los métodos de presión descritos más detalladamente en la Parte 4.

4. Graduación de esfuerzo

La graduación de esfuerzo es una técnica establecida para la selección de madera estructural, la cual ha sido diseñada para asegurar que cada pieza no contenga características que pudieran ejercer un efecto debilitante excesivo. No resulta práctico simplemente declarar en las especificaciones que "toda la madera debe estar desprovista de defectos". La graduación de

esfuerzo debe ser llevada a cabo de manera cuidadosa y efectiva en la madera seleccionada para los paneles modulares prefabricados.

Durante las etapas iniciales de un proyecto, será necesario seguir diversos procesos, incluyendo cierta forma de instrucción o provisión de expertos en la graduación de esfuerzo, así como la consideración de una lista resumida de los aspectos de graduación de las especies. En la Parte 4 se describen dos formas visuales de graduación de esfuerzo, las cuales son aplicables a las maderas duras tropicales y a las coníferas respectivamente. Ambos grupos de reglas se refieren a la provisión de dos grados aprobados, o propiedades estructurales de madera. La totalidad de los cuatro grados es igualmente satisfactoria para su uso, siempre que la graduación sea llevada a cabo correctamente, y sea tenida en cuenta la selección al determinar el "grado de esfuerzo" final. La "graduación de esfuerzo" es un término que tiene un significado muy especial y preciso, como se explica más detalladamente en la Parte 4. Indica una combinación de un grado particular visual de madera estructural, con un agrupamiento de resistencia particular en la madera dada. Solamente cuando se ha decidido qué "grado de esfuerzo" puede ser usado, será posible introducir las tablas de diseño incluidas más adelante, y seleccionar el número de entramados requeridos para un arco y una carga dados.

Una vez estudiadas y practicadas las reglas simples de graduación de esfuerzo visual explicadas en la Parte 4, será necesario ensayar las reglas en muestras comerciales de las maderas incluidas en la lista de las escogidas de acuerdo con las recomendaciones dadas anteriormente. Una vez identificado el grado capaz de producir cantidades satisfactorias, y determinado el grupo de resistencia de la madera o maderas seleccionadas, podrá proseguirse con el proceso de selección de diseño. Las reglas para la selección de "grados de esfuerzo" se explican mediante un ejemplo realizado en la sección siguiente.

Selección del "grado de esfuerzo":

En la Parte 4 se explica más detalladamente cómo las maderas que se usan en el sistema de puente de madera modular prefabricado son asignadas en "grupos de resistencia". La base de este agrupamiento es la resistencia inherente del tipo de madera dado, según ha sido determinada mediante pruebas realizadas en pequeñas muestras desprovistas de defectos. La determinación del grupo de resistencia es, así pues, solamente una parte en el proceso de decidir el "grado de esfuerzo". Para hallar el grupo de esfuerzo de una madera relacionada en la Parte 4, será simplemente necesario buscarlo en la columna (2) de las tablas de clasificación general. Se observará que hay siete grupos de resistencia, los cuales están designados con números "S", siendo el grupo de resistencia S1 el más resistente, y el S7 el más débil.

Como ejemplo de determinación de grupo de resistencia para una madera dura, el extracto siguiente de la Tabla 8 de la Parte 4 (propiedades de las maderas procedentes de África), muestra que la Ekki (*Lophira alata*) está clasificada como una madera en el grupo de resistencia S1:

NOMBRE BOTANICO	PILOTO/Nombres comunes	1	2	3	4	5	6
Lophira alata	EKKI Azobe Kaku Bongossi Eba	H	S1	B	U	A	P/R

De manera parecida, como ejemplo de la determinación del grupo de resistencia de una conífera, la referencia a la Tabla 5 de la Parte 2, en la que se incluyen las propiedades de las maderas procedentes de Centroamérica, mostrará que el pino de alquitrán dulce del Caribe (*Pinus caribaea*) está clasificado como una madera en el grupo de resistencia S4. La relación existente entre el grupo de resistencia, el grado visual y el grado de esfuerzo:

El extracto siguiente de la Tabla 2(a) de la Parte 4 muestra cómo es relacionado el grupo de resistencia con el grado visual, a fin de determinar el "grado de esfuerzo" de la madera.

Grupo de resistencia

Grado visual	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
No. 1 Estructural	F27	F22	F17	F14	F11	F8	F7
No. 2 Estructural	<u>E22</u>	F17	F14	F11	F8	F7	F5

El valor "F" de esta tabla indica el "grado de esfuerzo". Para continuar el ejemplo realizado, suponiendo que se había determinado, a través del estudio de las reglas de graduación de esfuerzo y de los ensayos de su uso descritos anteriormente, que el grado visual de la madera estructural conocida como "No. 2 Estructural" podría ser producida de manera eficaz en las cantidades suficientes usando la especie Ekki, el grupo de madera S1 previamente referido, el "grado de esfuerzo" indicado sería F22, como se muestra en la cifra subrayada en la tabla resumida incluida arriba. Un ejercicio similar realizado hasta esta conclusión para el otro ejemplo, el cual era el grupo de resistencia S4 conífera de pino de alquitrán dulce del Caribe, suponiendo que hubiese sido decidido el grado visual conocido como "No. 3 Estructural", conducirá al "grado de esfuerzo" F8. Esto puede ser verificado haciendo referencia a la Tabla 2(b) de la Parte 4.

OBTENCION DE RESULTADOS PARA EL PROCESO DE SELECCION DE DISEÑO

Selección del número de entramados requeridos para el puente

Una vez establecido el arco del puente, su tipo de carga (H20, HA, etc.), y el "grado de esfuerzo" (número F) de la madera que ha de ser usada para los paneles modulares, será por último necesario establecer el número de entramados requeridos para el puente. Este es un proceso muy simple usando las tablas siguientes. Una pequeña pero importante decisión ulterior puede ser requerida, no obstante, dependiendo del grado de esfuerzo de la madera seleccionada.

Uso de diseños de cordones de tipo liviano o pesado

Según se explica en otra parte de los manuales, se ofrecen disponibles ambos sistemas de diseño con cordón liviano y pesado. Este último fue introducido porque el diseño de las piezas de acero originales se hizo más crítico que el de la madera, cuando fue ofrecida la posibilidad de usar "grados de esfuerzo" altos. La decisión de usar cordones livianos o pesados no sólo afecta la elección de los propios cordones inferiores de acero o madera, sino también el tipo de planchas usadas en el panel de madera modular.

El uso de cordones pesados sólo se considera para los "grados de esfuerzo" F11 y superiores, de modo que la decisión es muy simple. Si se requiere un grado de esfuerzo menor que F11, no habrá necesidad de paneles con cordones pesados y cordones de acero. Para el grado F11 propiamente dicho, puede resultar más económico, o más conveniente, en un proyecto dado, usar

cordones de tipo liviano para puentes con designaciones de carga inferiores, tal como el H20 y para arcos hasta de unos 18 metros. Con las cargas mayores (tales como HA y HS20) usando madera F11, y con todos los grados de esfuerzo superiores de F14 a F27 ambos inclusivos, se recomienda normalmente usar diseños de cordones pesados. En algunos ejemplos, se ha previsto la posibilidad de usar cualquiera de los dos tipos de cordón. Para claridad absoluta, se usan en las tablas las letras "L" o "H" para los grados de esfuerzo F11 y superiores, para designar el número de entramados requeridos en diseños de cordón liviano y de cordón pesado.

Tablas de entramados

Se usan tablas como en la Tabla 1 para establecer el número de entramados requeridos en un diseño de puente dado, de acuerdo con las recomendaciones arriba incluidas.

TABLA 1

Número de entramados necesarios para un arco y carga dados correspondientes al grado F4

Carga	Arco (m)							
	6	9	12	15	18	21	24	27
H10	4	4	4	4	6	6	8	-
H15	4	6	6	6	8	-	-	-
H20	4	6	6	6	8	-	-	-
HS15	6	6	8	8	-	-	-	-
HS20	6	6	8	8	-	-	-	-
2/3HA	4	4	6	8	-	-	-	-
HA	6	8	-	-	-	-	-	-

PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA

La resistencia de la madera

La resistencia de la madera depende considerablemente de la especie del árbol de la cual se extrae. Por este motivo es necesario normalizar los nombres de las maderas, y a los efectos científicos internacionales, el nombre en latín de la especie de árbol es también asociado con la propia madera. La gama más amplia de resistencia se registra en las diversas maderas tropicales. Las coníferas, normalmente usadas para la construcción en las regiones templadas, tienden a clasificarse hacia el centro de la gama de densidades y resistencias de las maderas tropicales. Para ilustrar la gran gama de maderas tropicales, una madera procedente de Malaysia conocida como Bitis (especie botánica llamada *Madhuca utilis*) posee una resistencia a la flexión siete veces la que posee la Balsa (*Ochroma pyramidale*) procedente del Ecuador.

La gama de resistencias de maderas apropiadas para la construcción de puentes es naturalmente algo más inferior, ya que se excluyen las maderas de muy baja densidad a causa de numerosas razones prácticas. No obstante, la gama es bastante considerable. Justamente a modo de ejemplo, existen dos maderas africanas potencialmente útiles, las cuales se mencionan debido a que ambas poseen una buena durabilidad natural. Una de ellas, llamada Ekki (*Lophira alata*), posee una resistencia a la flexión aproximadamente dos veces la que posee la otra, llamada Niangon (*Farrieta utilis*).

De lo anterior se desprende que es evidente que si se intentan especificar maderas posibles para su uso en el sistema de puente prefabricado que pudieran ser usadas en cualquier parte del mundo, surgiría una lista bastante grande y confusa de nombres en latín difíciles de pronunciar cuando se intenta tratar las maderas siguiendo una base individual. Para evitar esto, se ha adoptado en todos los manuales un sistema de agrupamiento que se basa en gran parte en uno desarrollado y usado durante muchos años en Australia, un país en el cual existió una necesidad especial de un sistema tal, debido a la diversidad de maderas indígenas usadas en la construcción.

El modo normal de establecer la resistencia de la madera es usar métodos de prueba standard en trozos pequeños que son cortados cuidadosamente, para evitar cualquier defecto que pudiera influenciar sus propiedades. (Existe otro modo más costoso aplicado en unas pocas maderas importantes usado en los países industrializados, pero no hay necesidad de mencionar los detalles del mismo.) Estos trozos de prueba se llaman especímenes pequeños despejados. Colocando las maderas en grupos de acuerdo con sus propiedades de trozos pequeños despejados, es posible clasificarlas de manera bastante concisa, y abarcar miles de especies cuyas propiedades han sido medidas de este modo en varios laboratorios de madera en todas partes del mundo.

Los grupos de resistencia de propiedades de trozos pequeños despejados contribuyen considerablemente a proporcionarnos una breve clasificación por resistencias, y a avanzarnos un poco para conseguir conjuntos resumidos de tablas para diseños tales como las usadas para los puentes modulares. Desafortunadamente, estos conjuntos no surten un efecto total, debido a que las propiedades medidas a través de las pruebas realizadas en especímenes perfectos de tamaño pequeño son demasiado altas desde el punto de vista de

La seguridad, como para ser usadas en el diseño estructural. Los esfuerzos usados en los códigos de las maderas estructurales tales como el BS 5269 (Referencia 5) ó AS 1720 (Referencia 6) son reducidos en varias fases a partir de los originalmente derivados de la prueba. Han de llevarse a cabo reducciones para compensar factores tales como el hecho de que la resistencia de la madera es naturalmente bastante variable, incluso entre dos piezas perfectas, y que la resistencia de la madera varía de acuerdo con la duración de la carga aplicada, además de que, como ocurre con cualquier otro material estructural, es necesario tener en cuenta los factores de seguridad. Además de estas reducciones, será necesario otro conjunto de relaciones para compensar la influencia de características tales como la desviación del grano, la inclusión de nudos y otros puntos sobresalientes que han de tenerse en cuenta en los trozos de madera de tamaño estructural, en comparación con los pequeños trozos limpios.

En el Capítulo 3 se explica más detalladamente cómo se gradúa la madera para fines estructurales. Se ofrece información sobre reglas simplificadas de graduación para las maderas duras tropicales y coníferas que han sido desarrolladas para su uso en proyectos de ONUDI. Los esfuerzos son relacionados en varios códigos de maderas estructurales para madera graduada de manera similar, siguiendo las reglas que se ofrecen disponibles en las normas nacionales de los países dados. La mayoría de los países industrializados que usan madera, y un número considerable de otros países menos desarrollados, tienen reglas nacionales para la graduación de esfuerzos. Desafortunadamente existe cierta confusión en torno a los nombres usados para los "esfuerzos de trabajo seguro". La codificación británica los llama "esfuerzos de graduación", mientras que la codificación australiana se refiere a "grados de esfuerzo". Esta confusión en la nomenclatura es inevitable puesto que ambos términos están profundamente arraigados en todos los demás códigos, normas y regulaciones de los respectivos países, y el lector no puede hacer más que tratar de comprender y de recordar los dos usos.

La sección siguiente nos ofrece más detalles sobre los grupos de resistencia y los grados de esfuerzo usados en los manuales.

GRUPOS DE RESISTENCIA Y GRADOS DE ESFUERZO

Grupos de resistencia

Como se explica más arriba, las maderas empleadas en el sistema de puente de madera modular prefabricado han sido adjudicados "grupos de resistencia". La definición siguiente, ofrecida en la Publicación Australiana de Normas Varias NP 45 (referencia 7), explica resumidamente lo que significa este término:

Cuando las especies de madera estructural usadas en un país son fácilmente identificables y escasas en número, puede ser apropiada la publicación de propiedades de diseño estructural específicas para cada una de estas especies. No obstante, en muchos países se usan numerosas especies y no resulta práctico tener largas listas de datos de diseño, sino que es preferible agrupar la madera y proporcionar propiedades de diseño estructural para un número limitado de grupos de resistencia. En términos generales, cada grupo de resistencia abarcará un gran número de especies y mezclas comerciales de especies. Las maderas

relacionadas en las tablas siguientes se hallan agrupadas en varias clases de acuerdo con el sistema de clasificación de resistencia australiano.

En la publicación NP 45 se incluyen detalles completos del método de agrupación de resistencia, pero esencialmente el proceso consiste en asegurar que las propiedades de los trozos pequeños despejados de la madera dada sean iguales o superiores a las correspondientes al grupo apropiado indicado en la Tabla 2, en la cual se indican las clasificaciones de resistencia standard mínimas basadas en especímenes pequeños limpios.

TABLA 2

Clasificación de resistencia standard mínima
basada en especímenes pequeños limpios

PROPIEDADES

Grupo de resistencia	Estado humedad	Coefficiente de ruptura (MPa)*	Coefficiente elasticidad x 10 (MPa)	Resistencia máxima a la compresión (MPa)	Resistencia máxima al corte (MPa)
S1	Verde	103,0	16,3	52,0	13,1
	12%**	158,0	18,7	81,0	18,7
S2	Verde	86,0	14,2	43,0	11,0
	12%**	134,0	16,3	71,0	16,7
S3	Verde	73,0	12,4	36,0	9,1
	12%**	114,0	14,2	62,0	15,0
S4	Verde	62,0	10,7	31,7	7,7
	12%**	94,0	12,4	53,0	13,1
S5	Verde	52,0	9,1	26,1	6,5
	12%**	79,0	10,7	46,0	11,7
S6	Verde	43,0	7,9	22,0	5,5
	12%**	67,0	9,1	40,0	10,3
S7	Verde	36,0	6,9	18,0	4,6
	12%**	57,0	7,9	34,0	9,1

* 1 Megapascal = 1 N/mm = 145 lbf/pulg. = 10.2 kgf/cm
 ** Valores curados estimados a partir de los valores en verde correspondientes.

Grados de esfuerzos

La información de diseño en los manuales de puentes, tal como las tablas que muestran el número de entramados requeridos para cada carga y arco, se basa en una determinación del "grado de esfuerzo" de la madera dada. En este sentido, el "grado de esfuerzo" tiene el significado especial descrito en la codificación standard australiana de ingeniería de la madera (referencia 6). La definición standard de este apartado es como sigue:

"La clasificación de un trozo de madera para fines estructurales por medio de una graduación ya sea visual o mecánica para indicar principalmente el esfuerzo

flexor de trabajo básico para fines de diseño, y de ahí se deducen los esfuerzos básicos de trabajo para las otras propiedades normalmente usadas en el diseño de ingeniería. El grado de diseño es especificado en una forma tal como "F7" lo cual indica que, para dicho grado de material, el esfuerzo básico de trabajo en la flexión es de aproximadamente 7MPa."

En Australia, los grados de esfuerzo son derivados ya sea de los métodos visuales o bien de técnicas de graduación basadas en la medición de rigideces locales. Existen promedios fijos en la relación existente entre el grado visual, el grupo de resistencia y el grado de esfuerzo. Los tres incrementan mediante un factor de 1,25 entre cada paso. Como resultado de ello, se hace una economía considerable en la gama actual de los números mostrados en las tablas de grados de esfuerzos, ya que muchos de los valores funcionan de manera igual y por consiguiente se entremezclan conjuntamente. Así pues, para un grado específico, podrán ser intercambiadas las especies de madera procedentes de diferentes grupos de esfuerzos. La Tabla 3a y la Tabla 3b muestran la relación existente entre el grado visual, el grupo de resistencias y el grado de esfuerzo para las reglas de graduación simplificadas pertinentes a las maderas duras tropicales y para las coníferas que se incluyen en este manual.

Debe tenerse en cuenta que un sistema de clasificación de grupos de resistencias es introducido en la Norma Británica BS 5268, Parte 2 (referencia 5). La Norma Británica usa "clases de resistencia", las cuales son definidas como "una clasificación de la madera basada en valores particulares de esfuerzos de grados". En una interpretación directa del sistema de puente de madera modular UNIDO, siguiendo los métodos incluidos en estos manuales, no serán necesarios cálculos de ingeniería de madera estructural. Todos los datos referentes a la selección del número de entramados en un puente se hallarán en las tablas. No obstante, en los casos especiales que requieren cálculos, la información puede obtenerse de TRADA si se desea relacionar los agrupamientos de resistencias australianas con las recomendaciones de diseño dadas en la codificación británica.

Relación entre el grupo de resistencias, el grado visual y el grado de esfuerzo.

TABLA 3 (a)

Grados de esfuerzo de la madera dura

	Grupo de resistencia						
Grado visual	S2	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Estructural Nº 1	F27*	F22	F17	F14	F11	F8	F7
Estructural Nº 2	F22	F17	F14	F11	F8	F7	F5

TABLA 3 (b)

Grados de esfuerzo de la madera blanda

	Grupo de resistencia						
Grado visual	S2	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Estructural Nº 3	F17*	F14	F11	F8	F7	F5	F7
Estructural Nº 4	F14	F11	F8	F7	F5	F4	F3

* Las cifras "F" en el contenido de la tabla indican el "grado de esfuerzo" australiano.

CLAVE DE CLASIFICACION PARA LAS REGIONES DEL MUNDO

La sección siguiente presenta la clasificación general de las propiedades de las maderas tropicales duras y blandas (coníferas), en forma de tabla, correspondientes a la región de Centroamérica. Las maderas de otras regiones geográficas se han clasificado en otras referencias, particularmente por CSIRO, Australia, y en el manual de puentes, de la ONUDI.

El mapa incluido abajo ilustra las zonas en las cuales pueden hallarse estas maderas:

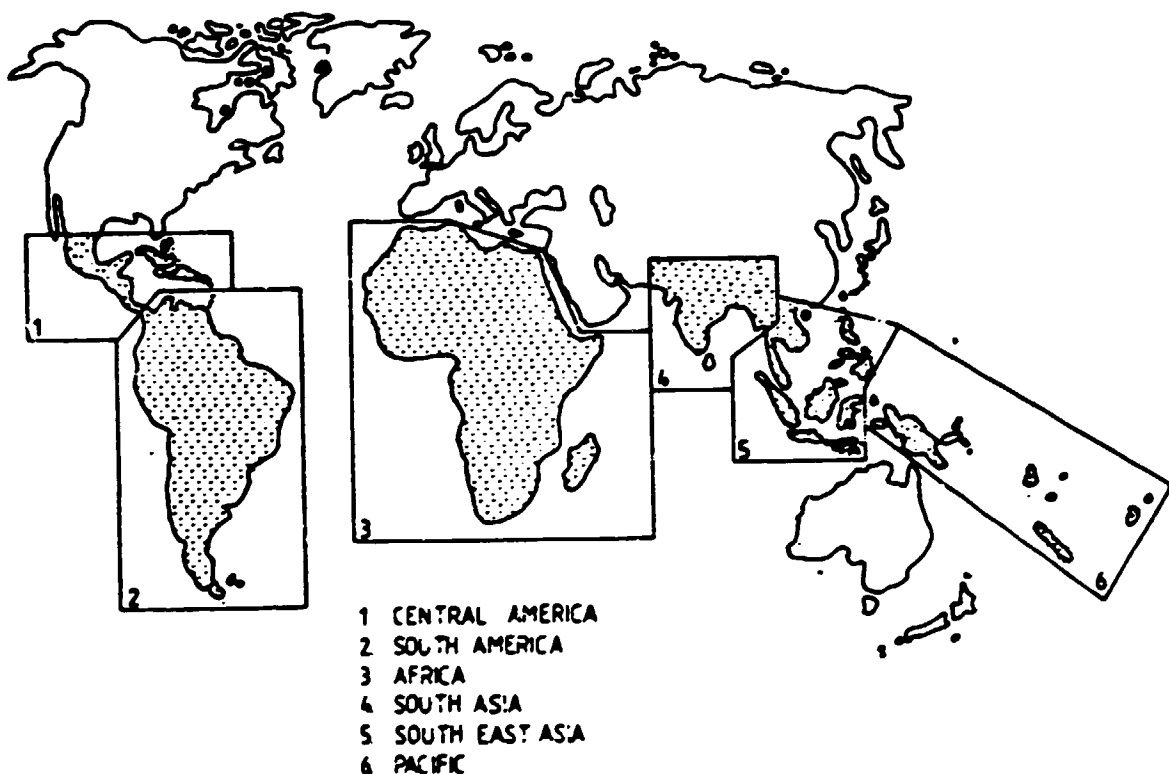


TABLA 4

PROPIEDADES DE LAS MADERAS DE
CENTROAMERICA

MADERAS DURAS

NOMBRE BOTANICO	PILOTO/Nombres comunes	1	2	3	4	5	6
Achras Zapota	SAPODILLA Zapota Nispero	H	S3	C	C	A	N/R
Andira inermis	ANGELIN Almendro Batseed Coraro Amargoza	U	S3	B	A	B	P/M
Bucida buceras	UCAR Bullywood Pucte	U	S1	C	C	B	R/R
Calophyllum brasiliense	SANTA MARIA Palo Maria Krasa Galba	M	S4	B	B	B	P/R
Dicorynia guianensis	BASRALOCUS Angélica Angelique	U	S3	A	B	A	R/R
Dipholis salicifolia	BUSTIC Jubilla Chachiga Nispero amarillo	U	S3	B	B	B	-/R
Dipteryx odorata	TONKA Kumarú Kocmaroe	H	S1	B	C	A	N/R

CLAVE A LAS COLUMNAS:

- (1) Densidad
- (2) Grupo de resistencia
- (3) Trabajabilidad
- (4) Encogimiento
- (5) Durabilidad
- (6) Adaptabilidad al tratamiento preservativo,
savia/corazón

Para todas las tablas incluidas en esta sección, ver el mapa de la página 14 para las regiones clave.

TABLA 4 (continuación)
PROPIEDADES DE LAS MADERAS DE
CENTROAMERICA

MADERAS DURAS

NOMBRE BOTANICO	PILOTO/Nombres comunes	1	2	3	4	5	6
Hymenaea courbaril	COURBARIL Teina Guapinol Cuapinol Copal	H	S3	B	B	A	P/R
Licania ternatensis	BOIS GRIS Bois diable Bois de masse	H	S2	C	B	B	-/R
Manilkara bidentata	BALATA Bulletwood Ausubo Purgo	U	S1	B	B	A	R/R
Symphonia globulifera	MAYI Barillo Cerillo Leche María	M	S3	A	A	B	R/R
Tebeuia guayacan	GUAYACAN Lapacho	H	S1	C	C	A	R/R
Terminalia amazonia	MARGUSTA Fakadi Guayabo White Oliver	U	S3	A	B	a	M/R

CLAVE A LAS COLUMNAS:

- (1) Densidad
- (2) Grupo de resistencia
- (3) Trabajabilidad
- (4) Encogimiento
- (5) Durabilidad
- (6) Adaptabilidad al tratamiento preservativo,
savia/corazón

TABLA 5

PROPIEDADES DE LAS MADERAS DE
CENTROAMERICA

CONIFERAS

NOMBRE BOTANICO	PILOTO/Nombres comunes	1	2	3	4	5	6
Pinus caribaea	Pino de alquitrán						
	del Caribe	N	S4	A	B	B	P/M
	Constanero						
	Aste						
	Pinoauu						
	Pino macho						
Pinus oocarpa	Ocote pine	N	S4	A	B	B	P/R
	Pino ocote						
	Pino blanco						
	Ocote						

CLAVE A LAS COLUMNAS:

- (1) Densidad
- (2) Grupo de resistencia
- (3) Trabajabilidad
- (4) Encogimiento
- (5) Durabilidad
- (6) Adaptabilidad al tratamiento preservativo,
savia/corazón

REFERENCIAS

1. STANDARDS ASSOCIATION of AUSTRALIA (Asociación de Normas de Australia). Codificación de ingeniería de la madera. Reglas de standars australianos para el uso de madera en estructuras. AS 1720, Sydney 1975.
2. STANDARDS ASSOCIATION of AUSTRALIA (Asociación de Normas de Australia). Miscellaneous Publication - NP 45. Informe sobre el agrupamiento de resistencias de maderas. Sydney, SAA 1979.
3. Timber Research and Development Association (Asociación de Investigación y Desarrollo de la Madera). Graduación de esfuerzo visual de la madera. Notas explicativas sobre la Norma Británica 4978. Londres 1973.
4. Wilkinson, J.G., Preservación de la madera industrial. Biblioteca de Rentokil. Rentokil Limited, Reino Unido 1979.
5. BRITISH STANDARDS INSTITUTION (Institución de Normas Británicas). Definición del valor calorífico de los combustibles. Norma Británica 526. Londres 1961.
6. BRITISH STANDARDS INSTITUTION (Institución de Normas Británicas). Nomenclatura de maderas comerciales, incluyendo fuentes de suministro. Norma Británica 881 (maderas duras) y 589 (maderas blandas). Londres 1974.
7. BRITISH STANDARDS INSTITUTION (Institución de Normas Británicas). Uso estructural de la madera. Norma Británica BS 5268:

Parte 1. Diseño, materiales y mano de obra estatal límite. (A ser publicado ulteriormente).

Parte 2. Código de práctica para diseño de esfuerzo permisible, materiales y mano de obra, 1984.

Parte 3. Código de práctica para techos reforzados en poligonal. (En vías de preparación.)

Parte 4. Resistencia al fuego de las estructuras de madera.

Sección 4.1 Método de calcular la resistencia al fuego en las construcciones de pisos de viguetas y paredes de entramados de madera. (En vías de preparación.)

Parte 5. Tratamiento preservativo para la madera de construcción. (Revisión en vías de preparación.)

Parte 6. Código de práctica para el diseño de paredes con armazón de madera. (A ser publicado ulteriormente.)

Parte 7. Recomendaciones para las bases de cálculo de tablas de arcos. (En vías de preparación.)

Anexo I: DIAGRAMA DEL PROCESO DE SELECCION DE BARRIOS

