

Análisis crítico de la normativa relativa al uso de la madera en la construcción

Pág. 1-40

Mario Wagner M.

Gerente de Proyectos. Corporación Chilena de la Madera. Académico Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Clasificador 914. Santiago.

RESUMEN: a través de una revisión de la normativa nacional que regula el uso de la madera destinada a la construcción, se desarrolla un análisis crítico de la eficiencia y racionalidad de las normas oficializadas y en proceso de oficialización. El ensayo destaca el alarmante desconocimiento que aún impera entre los profesionales relacionados con la construcción, en aspectos que resultan decisivos para asegurar a las edificaciones de madera suficiente seguridad, funcionalidad y durabilidad.

I INTRODUCCION

Chile, siendo un país con recursos forestales proporcionalmente vastos, no puede preciarse de haber propiciado un uso eficiente de dichos recursos en la construcción. Las razones de esta paradoja resultan complejas, entrelazándose factores de tradición, desconocimiento, prejuicios y sobre todo, deficiencias normativas en la producción, comercialización y uso de la madera.

Frecuentemente se argumenta, como elemento de justificación del escaso volumen de madera que se incorpora en la práctica como material estructural y de terminación en construcciones permanentes, la carencia de normas que regulen y controlen, tanto su calidad física y estructural, como las condiciones de comercialización, diseño y construcción. Si bien es cierto que el producto comercializado es marcadamente heterogéneo en su calidad y que la tecnología de construcción en madera en el país experimenta un injustificado retraso con respecto al nivel que ha alcanzado en muchas regiones del hemisferio norte, el primer aspecto no es efectivo, dado que existen normas oficiales vigentes desde al menos el inicio de la década pasada, que cubren la totalidad de los aspectos que se consideran indispensables para garantizar un adecuado proceso de comercialización y un correcto empleo de la madera en la construcción. Cabe cuestionarse entonces acerca del por qué esta plataforma normativa no ha influenciado positivamente el medio, habiendo merecido mas bien descalificaciones o indiferencia y, lo que es peor, marginando del mercado las alternativas constructivas en madera, que en naciones con cultura maderera mantienen una alta competitividad con respecto a las que recurren a materiales de construcción alternativos. La respuesta no es simple, como tampoco lo es la solución del problema global, que requiere una mancomunidad de voluntades en la totalidad de los sectores comprometidos, en aras a cercenar aquellos círculos viciosos que impiden la introducción

definitiva de la madera en el mercado de la construcción, especialmente para usos estructurales, los que previamente requirieron ser claramente identificados.

II EL PROBLEMA NORMATIVO

En este artículo se analizará únicamente el problema normativo, aprovechando de paso la oportunidad de divulgar en el medio de la construcción, tanto el campo como la mecánica de aplicación de las normas recientemente oficializadas o que se encuentran en estudio en el Instituto Nacional de Normalización, INN, y que competen a los profesionales del área, esto es, a ingenieros, arquitectos y constructores. Dado que la totalidad de los aspectos regulados por la nueva normativa quedan de hecho cubiertos por normas existentes, a las que se hizo referencia en la introducción, se intentará explicar, adicionalmente, las causales de su escasa o nula aplicación en la práctica, de manera de prevenir, a su vez, el que las normas recientes y próximas puedan experimentar una acogida similar.

En general, podría afirmarse que los principales aspectos necesarios de ser controlados en los materiales que se incorporan en los procesos de construcción con madera son: la calidad geométrica, la integridad física, la aptitud estructural y la durabilidad.

Los calculistas, a su vez, desearán tener plena seguridad en la confiabilidad de los valores admisibles inherentes a las propiedades mecánicas y a las constantes elásticas que controlan los procesos de diseño. Gran parte de la antigua normativa se refirió a estos aspectos, sin considerar los elementos propios de la realidad nacional y lo que constituyó probablemente su principal falla, sin lograr motivar y comprometer al sector productivo. Esto último le restó, desde un comienzo, la capacidad de implementación práctica.

Podría afirmarse que estas normas fueron redactadas, discutidas y aprobadas con muy buena voluntad, pero sin la participación interesada de las empresas forestales, colegios profesionales y universidades, situación que condicionó una producción de documentos normativos formales, técnicamente aceptables, pero desvinculados del medio sobre el que debían influir.

III NORMAS DE CALIDAD GEOMETRICA

Las dimensiones nominales estándares y tolerancias correspondientes que deben cumplir, en escuadría y longitud, las piezas de madera aserrada y elaborada en el momento de su comercialización, se regulan en la norma NCh 174 (1). La actual redacción, oficializada en el

año 1986, corresponde prácticamente a una transformación al sistema métrico de las dimensiones nominales que la redacción anterior, publicada el año 1961, expresaba en pulgadas. El nuevo documento vuelve a pecar de formalidad, dado que las transacciones comerciales de la madera aserrada en los mercados internacionales, como consecuencia de los procesos de racionalización que han experimentado durante los últimos decenios los sistemas constructivos en madera, especialmente en el caso de viviendas, se han orientado hacia estandarizaciones dimensionales, de las que ningún sector productivo que pretenda tener acceso hacia dichos mercados puede sustraerse. Como era de suponer, las dimensiones nominales especificadas en la norma nacional difieren de esas dimensiones. Es conveniente pensar en una nueva modificación de las dimensiones transversales de los perfiles normalizados, de manera de posibilitar una compatibilización con los estándares de los mercados objetivo internacionales. No se piense que lo anterior resulta ajeno a la realidad nacional, dado que las dimensiones que han probado su eficiencia en soluciones habitacionales aplicadas masivamente en países desarrollados, tanto desde el punto de vista estructural, como de niveles de confort y de costo, no tienen por qué resultar inadecuadas en nuestro medio. Como un ejemplo de reducción de costos valga referirse al espesor efectivo de las piezas cepilladas destinadas a la construcción de tabiquerías de viviendas, el que asciende a 38 mm en los mercados del hemisferio norte y cuyo equivalente en la norma NCh 174 (1) es de 45 mm. Una estimación del ahorro en el consumo implícito en un programa masivo de construcción de viviendas estructuradas de tabiquerías y cerchas de madera, por el mero hecho de ajustar el espesor de las piezas a la dimensión internacional, constituye un claro elemento de justificación adicional para el reestudio del problema.

IV NORMAS DE CALIDAD FISICA

La aptitud de la madera incorporada a la construcción, desde los puntos de vista estructural y de aspecto, debiera haberse controlado mediante la aplicación de las normas NCh 992 (2) y NCh 993 (3). El primer documento define las características de crecimiento del árbol que condicionan reducciones sobre determinadas propiedades mecánicas o de aspecto de la madera y los defectos producto de la acción de agentes destructores de la madera, características ambas que deben ser controladas en las piezas de madera aserrada que se desea clasificar, atendiendo puntos de vista tanto estructurales como de aspecto. Adicionalmente, establece los criterios de medición del tamaño o intensidad de estas características. La norma NCh 993 (3), por su parte, define distintos niveles cualitativos, estableciendo restricciones, sobre el tamaño o intensidad, ubicación y frecuencia de las características de crecimiento o presencia de evidencias de deterioro o destrucción. Ambas normas han tenido una pobrísima aceptación y prácticamente no se han aplicado. Las razones de esto se encuentran, sumado a los antecedentes ya señalados, en el desconocimiento de las normas y de los principios de una clasificación por parte de una

importante fracción de los profesionales involucrados en la preparación de proyectos de construcción, en la falta de un adecuado control por parte de los organismos encargados de cautelar la calidad de los materiales de construcción, en la ignorancia de los comerciantes del área y de las empresas constructoras en el tema y, sobre todo, en la indiferencia absoluta del consumidor final respecto de calidades y la nefasta y tradicional opción por lo barato en desmedro de la calidad.

Es común escuchar como causal del fracaso de estas normas su excesiva complejidad, característica que las tornaría poco prácticas de aplicar. Si las analizamos con calma y las comparamos con aquellas que rigen en países con una tecnología de construcción en madera desarrollada, podremos apreciar que resultan muchísimo más simples de aplicar. Baste citar la normativa canadiense de la National Lumber Grades Authority (4), cuya aplicación rigurosa induciría un "shock" emocional en la mayor parte de los profesionales nacionales del área de la construcción. Lo que sucede es que en nuestro país no ha existido una capacitación sistemática en este campo, tanto sobre los profesionales de la construcción, lo que es responsabilidad directa de las universidades y empresas, como también sobre los eventuales clasificadores, por parte de las empresas forestales y centros de comercialización, quedando esta actividad bajo la responsabilidad de personal poco calificado. Paradojalmente, de existir un mercado de madera estructural sano y activo, esta actividad debiera condicionar decisivamente las utilidades de los aserraderos.

Si la situación en los aserraderos se puede calificar de poco visionaria, a nivel del consumidor lisa y llanamente no se puede hablar de visión alguna, dado que la definición de la calidad ha quedado al libre albedrío de las partes comprometidas. Es posible afirmar, en consecuencia, que independientemente de su eficiencia y complejidad, como consecuencia de las condiciones de borde existentes en el medio, ninguna norma podría haber sido efectivamente aplicada.

Hacia el futuro la clasificación de la madera aserrada se deberá regir por otras dos normas, NCh 1970/1 (5) y NCh 1970/2 (6), aplicables sobre especies latifoliadas y coníferas, respectivamente. Se excluye de esta normativa al Pino Radiata, especie cuya disponibilidad actual y especialmente futura, justifica la elaboración de una norma propia, proceso que en la actualidad se encuentra sumamente avanzado y que será analizado en un próximo artículo. Como en toda norma de clasificación por resistencia, en ambos documentos se describen los **Grados Estructurales**, considerándose en este caso, cuatro niveles cualitativos. Los defectos considerados en la clasificación de latifoliadas, específicamente madera de compresión, perforaciones, pudrición, corteza incluida, nudos, desviación de la fibra, bolsillos, arista faltante, acebolladura, grietas y alabeos, corresponden en general a las definiciones y criterios de medición establecidos en NCh 992 (2). Adicionalmente, se incorpora el control del porcentaje de albura y de presencia de madera juvenil. Para coníferas se omiten las restricciones de albura y se incorporan limitaciones sobre la presencia de médula y de su entorno. En la evaluación del tamaño de los nudos se introduce el concepto de "razón de área nudosa", correspondiente al

porcentaje de la sección transversal efectiva de una pieza, que queda ocupado por la proyección transversal de los nudos contenidos en un tramo de longitud igual al ancho de la pieza y que se ilustra en la Figura N°1.

Los Grados se han definido en el supuesto que la presencia de los máximos defectos permitidos en cada uno de ellos inducirá, en las condiciones mas desfavorables, reducciones del 25%, 40%, 52% y 62%, respectivamente, de las propiedades resistentes que tendría una pieza pequeña de madera de la misma especie forestal, libre de defectos. Las normas coinciden en gran medida con la normativa australiana correspondiente, AS 2082 (7) y AS 2099 (8). Esta opción resulta consecuente con la decisión de adoptar las pautas australianas en la derivación de las propiedades mecánicas de diseño de los Grados Estructurales de las distintas especies forestales, proceso que se desarrolla de acuerdo con normas que se analizan en la siguiente sección. La eficiencia de los Grados Estructurales resultantes deberá probarse en la práctica, en función de la aceptación que estos encuentren en el mercado. Sin embargo y dado que prescindiendo del Pino Radiata, el volumen de madera aserrada que en el país se destina a usos estructurales resulta marginal, probablemente y mientras no exista una presión puntual hacia la promoción de alguna especie específica, como podría ser el caso de la lenga en el extremo sur del país, ambas normas "reposarán" al igual que sus precedentes. Resultará conveniente, independientemente de esto, evaluar en la práctica las reducciones efectivas de las resistencias que se aprecian en piezas de madera de tamaño de comercialización, segregadas de acuerdo con los Grados Estructurales normativos. Las Universidades, especialmente de las regiones forestales, debieran considerar esta misión como propia. El sector productivo comprometido, las empresas constructoras y los organismos contralores de la construcción podrían a su vez propiciar la generación de los recursos necesarios para llevar a cabo la empresa. Paralelamente, se hará necesaria una intensiva suerte de catequesis maderera sobre los distintos sectores que se han mencionado.

V NORMAS DE DERIVACION DE PROPIEDADES DE CALCULO

Desde el punto de vista normativo, la derivación de propiedades de diseño de piezas de madera estructural se desarrolla en la actualidad según la metodología definida en la norma de cálculo NCh 1198 (9). Aquí, los valores admisibles, diferenciados para cada especie forestal, se basan en valores experimentales obtenidos del ensayo en laboratorio de probetas pequeñas, libres de defectos, de fibra recta y en condición "verde", esto es, con contenido de humedad no inferior al punto de saturación de la fibra, nivel que en la práctica se asimila al 30%. Una aplicación sucesiva de factores modificantes adecúan supuestamente los valores experimentales a las características del producto comercializado en el mercado, incorporando adicionalmente la "razón de resistencia", una reducción que considera el efecto de la presencia de los defectos aceptados en el Grado Estructural especificado. Esta práctica, que es por lo demás la que mas se ha aplicado mundialmente, pareciera, en general, haber funcionado adecuadamente, dado que las

construcciones que se han materializado en madera no permiten apreciar fallas estructurales sistemáticas de consideración. Sin embargo, la experiencia acumulada no permite determinar si las construcciones están exageradamente sobredimensionadas o si, por lo contrario, el margen de seguridad contra un eventual colapso es inadecuado. De hecho, la mayor impugnación que se ha planteado es que se aplican inferencias sobre un material, en este caso la madera estructural comercializada en el mercado, sobre la base de resultados obtenidos del ensayo de otro material muy diferente, que es la madera libre de defectos y en piezas de pequeñas dimensiones. La nueva normativa modifica sustancialmente la operatoria descrita, dado que permite al calculista especificar la madera estructural de un proyecto en función de la capacidad mecánica requerida, prescindiendo de la especie forestal y su Grado Estructural, situación que flexibiliza la selección de la madera, adecuándola a restricciones puntuales de disponibilidad efectiva de especies y calidades en el mercado. Sin embargo, el que la derivación de los valores admisibles y constantes elásticas se base, al igual que la metodología reemplazada, en resultados obtenidos de ensayos con probetas pequeñas y libres de defectos, determina que éstos adolezcan de las mismas deficiencias consignadas para el criterio antiguo.

Las normas que regularán la determinación de las propiedades admisibles de los Grados Estructurales definidos en NCh 1970/1 (5) y NCh 1970/2 (6) para especies latifoliadas y coníferas son NCh 1989 (10) y NCh 1990 (11).

En NCh 1989 (10) se establece una metodología de agrupamiento de especies madereras siguiendo dos procedimientos. El primero es aplicable sobre especies para las que se dispone de información suficiente respecto a los valores medios del módulo de elasticidad en flexión, E_f , y de las resistencias de flexión y compresión paralela a la fibra, R_f y R_{cp} , medidas en probetas pequeñas, libres de defectos, estandarizadas según las normas NCh 987 (12) y NCh 973 (13). Se definen 7 **Agrupaciones**, estableciendo para cada una de ellas valores mínimos que deben cumplir las capacidades mecánicas señaladas, tanto en madera con un contenido de humedad de aproximadamente 12%, nivel que corresponde a la humedad de equilibrio higroscópico de un "clima normal", que por definición se asimila a condiciones de temperatura ambiental de 21 °C y una humedad relativa del aire de 66%, como en madera verde. Cuando las propiedades que rigen la agrupación determinan grupos diferentes para una especie, se mejora en un Grupo la asignación correspondiente a la calificación mas débil, con la excepción del caso en que la peor calificación la compartan simultáneamente la resistencia media de flexión y el módulo de elasticidad medio, donde la designación es la correspondiente a estas últimas propiedades. En la Tabla N°1 se describen las restricciones mencionadas.

El segundo método permite segregar aquellas especies cuyas propiedades mecánicas no se encuentran suficientemente estudiadas, considerando como parámetro de clasificación la densidad aparente de la especie, cuya determinación, como cociente de la masa y el volumen de

una pieza de madera con un contenido de humedad de 12%, resulta bastante mas sencilla y económica que la de las propiedades mecánicas exigidas por la primera alternativa. En la Tabla N°2 se resume este criterio de agrupamiento.

Como consecuencia de la aplicación de los criterios descritos, cada especie forestal quedará adscrita a un y sólo un **Agrupamiento de Especies**, designada por ES, para madera seca al 12% y E para maderas en condición verde. En la Tabla N°3 se describen los Grupos Forestales que resultan de la aplicación del criterio de las propiedades mecánicas medias. Para una mejor comprensión del procedimiento de agrupamiento forestal se recomienda la lectura de un trabajo de Pérez (14).

Tabla N°1
Criterio de Agrupación de Especies Madereras con propiedades mecánicas conocidas
(10)

Propiedad	Contenido de Humedad	Grupo y valor mínimo, en MPa, para la media de las propiedades que se indican						
	%	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Rf	≥30	86	73	62	52	43	36	30
	12	130	110	94	78	65	55	45
Ef	≥30	16300	13100	10500	8100	5900	4300	2800
	12	19860	16160	13200	10250	7850	6000	4150
Rcp	≥30	40	34	29	24	20	17	14
	12	77	65	55	46	38	32	26

Tabla N°2
Criterio de Agrupación de Especies Madereras sin propiedades mecánicas conocidas
(10)

Propiedad	Contenido de Humedad madera	Grupo y valor mínimo, en kg/m ³ , para la densidad obtenida con masa y volumen correspondientes a un contenido de humedad de 12%.
-----------	-----------------------------	--

	%	E ¹ /ESI	E ² /ES2	E ³ /ES3	E ⁴ /ES4	E ⁵ /ES5	E ⁶ /ES6	E ⁷ /ES7
Densidad	≥ 30	1320	1040	820	630	480	370	280
Aparente	12	1170	940	770	610	480	390	300

Tabla N° 3
Agrupamiento de especies madereras según NCh 1989 (10)

Contenido de Humedad de la madera			
H ≥ 30%		H = 12%	
Grupo	Especie	Grupo	Especie
E2	Eucalipto	ES2	Eucalipto
E3	Ulmo	ES3	Lingue
E4	Coihue, Coihue (Chiloé), Coihue (Magallanes), Raulí, Roble, Roble (Maule) Araucaria	ES4	Araucaria, Coihue, Coihue (Chiloé) Tineo, Roble, Roble (Maule) Ulmo Mañío Hojas Largas, Laurel, Lenga
E5	Pino Oregón, Canelo (Chiloé), Mañío Macho, Lingue, Lenga, Ciprés Cordillera, Olivillo, Tepa, Alerce, Ciprés Guaitecas, Laurel	ES5	Alerce, Canelo (Chiloé), Mañío Macho, Tepa, Raulí, Ciprés Cordillera, Coihue (Magallanes), Olivillo, Pino Oregón, Pino Insigne
E6	Alamo, Pino Insigne	ES6	Alamo, Ciprés Guaitecas, Mañío Hembra

En la norma NCh 1990 (11) se definen conjuntos de valores admisibles en flexión, F_f , compresión paralela a la fibra, F_{cp} , tracción paralela a la fibra, F_{tp} , cizalle, F_{ciz} , además del módulo de elasticidad en flexión, E_f , definidos como **Clases Estructurales**, que se designan por la letra F y un código de uno o dos dígitos que expresa, en Megapascales, el valor aproximado de la tensión admisible de flexión F_f . La norma define 12 Clases Estructurales que varían entre los límites F2 y F34, de acuerdo con lo establecido en la Tabla N°4. Las tensiones admisibles de compresión normal se definen en función del Agrupamiento de Especies según NCh 1989 (10), independientemente del Grado Estructural. La herramienta que permite decidir que Grados Estructurales de las especies disponibles en el mercado pueden cumplir con las exigencias mecánicas especificadas por el calculista, está constituida por dos tablas que interrelacionan las Clases Estructurales F, los Agrupamientos de Especies según NCh 1989 (10) y los Grados Estructurales definidos en las normas NCh 1970/1 (5) y NCh 1970/2 (6), aplicables sobre madera en condición normal y verde, respectivamente. El ábaco de Clases Estructurales que se presenta en la Figura 2 resume la situación descrita.

Tabla N°4
Clases Estructurales y Propiedades Admisibles para la madera estructural
[MPa], según NCh 1990 (11)

Clase Elástico Estructural	Tensiones Admisibles				Módulo
	F_f	F_{cp}	F_{tp}	F_{ciz}	E_f
F34	34,5	26	20,7	2,45	18150
F27	27,5	20,5	16,5	2,05	15000
F22	22,0	16,5	13,2	1,70	12600
F17	17,0	13,0	10,2	1,45	10600
F14	14,0	10,5	8,4	1,25	9100
F11	11,0	8,3	6,6	1,05	7900
F8	8,6	6,6	5,2	0,86	690
F7	6,9	5,2	4,1	0,72	6100
F5	5,5	4,1	3,3	0,62	5500
F4	4,3	3,3	2,6	0,52	5000
F3	3,4	2,6	2,0	0,43	4600
F2	2,8	2,1	1,7	0,36	4350

¿Qué significará todo lo anterior en la práctica? Muy sencillo. Ante una exigencia específica del calculista, a través de una Clase Estructural F, el constructor se verá enfrentado a una serie de alternativas de especie forestal y Grado Estructural, entre las que deberá elegir la que mejor se adecúe a las maderas disponibles en el mercado y a sus restricciones de costo. Haciendo referencia al ábaco de la Figura N°2, supongamos que el calculista ha especificado capacidades mecánicas compatibles con la Clase F7; ubicándonos sobre las diagonales de Clase F7 y F7, podremos apreciar que, desde el punto de vista estructural, las siguientes combinaciones serán equivalentes: condición verde E4,N°4; E5,N°3; E6,N°2 y E7,N°1; condición seca: ES6,N°4 y ES7,N°3. Esta modalidad otorga al constructor, al menos en el papel, una libertad de acción considerablemente mayor con respecto a la práctica tradicional, en la que cada proyecto se "amarraba" a una determinada especie y Grado Estructural, requiriendo cualquier modificación la anuencia del calculista.

VI NORMAS DE PROTECCION

Las medidas de protección que se deben aplicar sobre las piezas de madera destinadas a la construcción, están condicionadas por las especificaciones de las normas NCh 789/1 (15) y NCh 819 (16). La primera establece una clasificación del duramen de las maderas comerciales, en función de su durabilidad natural, propiedad que se define como la capacidad para resistir, una vez construida y sin tratamiento preservador alguno, la acción de los diferentes agentes biológicos de destrucción. La albura no tratada, independientemente de la especie forestal considerada, se estima susceptible de experimentar deterioro como consecuencia de la acción de hongos, insectos y horadores marinos. En la norma se definen 5 Categorías, que van desde las especies forestales muy durables, cuya vida útil o durabilidad expresada en años es superior a 20, hasta las especies no durables, con una vida útil inferior a los 5 años. La norma NCh 819 (16), que pese a tener casi dos décadas de vigencia tampoco ha sido adecuadamente aplicada, especifica, en función de la Categoría asignada a la especie por la norma NCh 789/1 (15) y las condiciones de servicio, requisitos de penetración y retención de los productos preservantes. Los conceptos de penetración y retención regulados por la norma NCh 819 (16) debieran ser incorporados en las especificaciones de construcción y respetados rigurosamente en la práctica, dado que condicionan decisivamente la durabilidad e integridad de las edificaciones de madera. Cabe preguntarse, sin embargo, cuántos profesionales se han preocupado responsablemente de una efectiva aplicación de las medidas de protección que exige la normativa vigente. Siguiendo las tendencias de la época en que fué redactada, la norma exige protección química para toda la

madera que se destine a usos estructurales. En la actualidad, el alarmante nivel que han alcanzado las poluciones tóxicas sobre el medio ambiente, ha determinado que en los países desarrollados se exija protección química sólo para aquellos usos en los que, agotadas las prácticas de buena construcción, resulta imposible eliminar los riesgos de destrucción de la madera, sean estos de naturaleza biológica o no.

Entre las principales prácticas de buena construcción cabe mencionar: el uso de madera secada a un contenido de humedad compatible con las condiciones de equilibrio higroscópico del ambiente en que se utilizará dicha madera, la protección de los revestimientos de madera ante exposiciones directas a la lluvia y el sol y la materialización de soluciones constructivas que permitan la activación de mecanismos de evacuación de eventuales acumulaciones de agua o de humedad, basados en principios gravitacionales o de ventilación. El primer aspecto exige la aplicación de técnicas de secado sobre la madera de construcción y el conocimiento de las humedades de equilibrio higroscópico de la madera. En su nueva redacción la norma NCh 1198 (9) establece valores referenciales para este parámetro. El proceso de secado, además de impedir el desarrollo de hongos e insectos, bien llevado minimiza los problemas de torceduras y alabeos que se pueden manifestar en la madera construida verde. En la actualidad no existen normas nacionales que lo regulen, recurriendo cada empresa al uso de antecedentes extranjeros o bien a su propia experiencia. Debe destacarse la existencia de un marcado déficit de infraestructura de secado en el mercado nacional, lo que obliga en muchas situaciones a prescindir de estas consideraciones. La aplicación de procesos de buena construcción es consecuencia de una tradición en construcción en madera, que en Chile lamentablemente se perdió. Se hace necesario en este sentido una divulgación de las mismas entre los profesionales de la construcción, complementada con intensa capacitación de carpinteros, labor ésta última que está siendo acometida por la Cámara Chilena de la Construcción.

Un tópico íntimamente relacionado con el anterior, que involucra constantes y considerables inversiones y cuyos resultados distan de ser exitosos, es el constituido por las pinturas, los barnices y las tinturas. En este terreno el oscurantismo sigue predominando, existiendo una falencia alarmante de referencias normativas eficientes y confiables. Las soluciones varían entre los baños en alquitrán o en soluciones de sulfato de cobre hasta las aplicaciones de aceite de linaza, decidiendo cada constructor su propia receta, casi siempre absolutamente inócua y muchas veces incluso perjudicial. Es este un terreno que debe ser legislado y reglamentado en el breve plazo, dado que afecta una alta proporción de las aplicaciones de madera a la vista. Basta una visita por Santa María de Manquehue, La Dehesa o Los Dominicos, sectores que se caracterizan por el elevado costo de sus residencias, para comprobar el lamentable aspecto de las maderas usadas al exterior, incluso en viviendas de construcción reciente.

VII NORMA DE CÁLCULO

Finalmente, una breve mención a la norma NCh 1198 (9), actualmente en revisión, documento que regulará el dimensionamiento de las construcciones de madera. Su oficialización

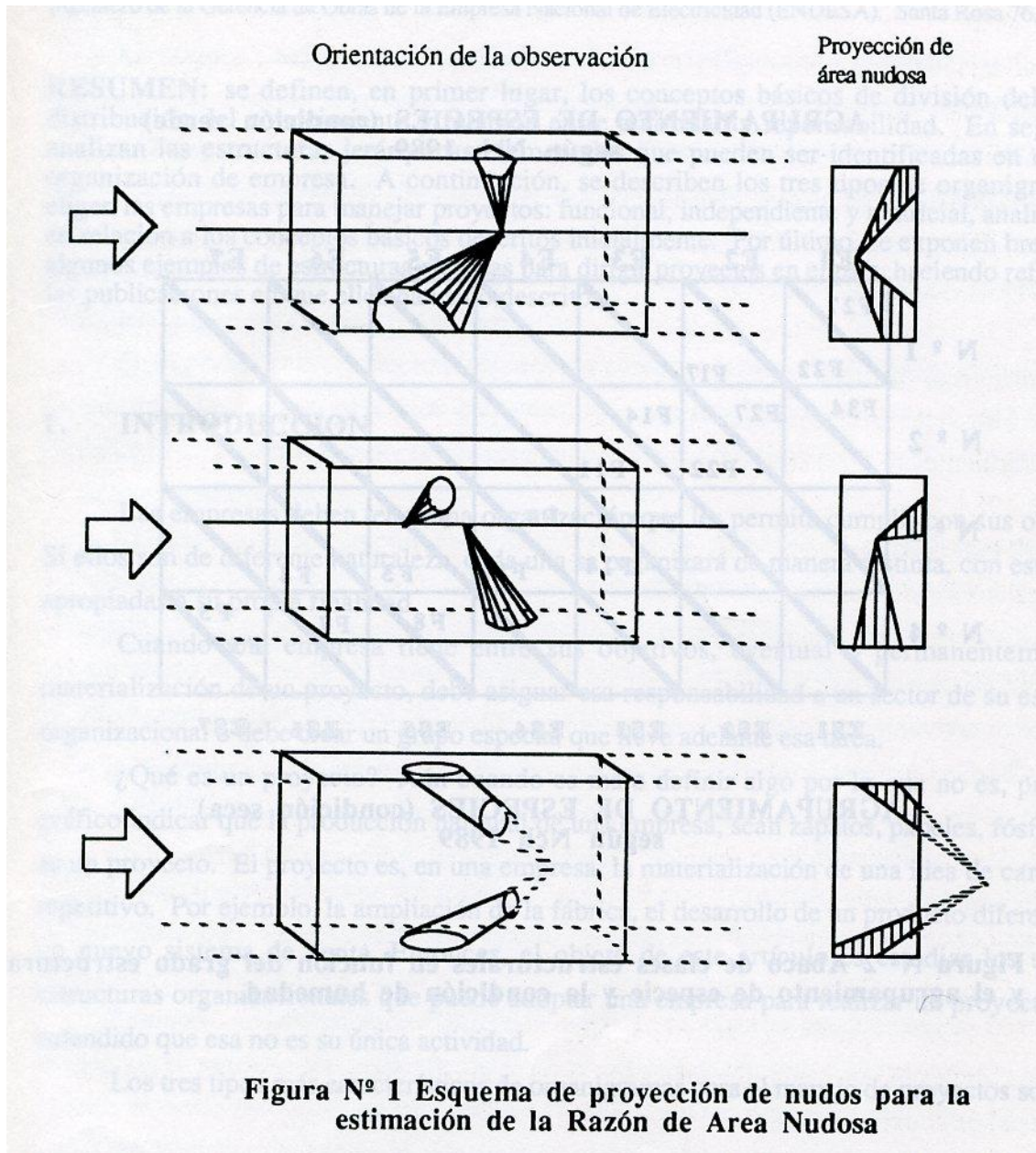
provocará mas de alguna sorpresa entre los calculistas nacionales, dado que reformulará completamente la problemática del cálculo estructural en madera, lo que inevitablemente afectará también la tecnología de la construcción. Aprovechando los resultados de la investigación nacional e internacional en este campo y considerando especialmente la desarrollada durante los últimos quince años, se está realizando un procesamiento sistemático de la misma, que permitirá contar con especificaciones regulatorias fundamentadas racional y empíricamente, para una gran parte de las posibilidades constructivas que en la actualidad permiten la madera y sus materiales derivados. Como consecuencia de lo anterior, quedarán abiertas las puertas para la concepción y desarrollo de tipologías y sistemas constructivos estructurados en la madera y sus derivados, altamente competitivos frente a las alternativas en acero, hormigón o albañilerías, situación que indudablemente ampliará considerablemente el espectro potencial de acción de las empresas constructoras que decidan incursionar eficientemente en este campo.

REFERENCIAS

1. INN. "Maderas. Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones", Norma NCh 174 Of. 86. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1986.
2. INN. "Maderas. Defectos a considerar en la clasificación. Terminología y métodos de medición", NCh 992 Of. 77. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1977.
3. INN. "Maderas. Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación", NCh Of77. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1977.
4. NLGA. "Standard Grading Rules for Canadian Lumber". National Lumber Grades Authority, Canadá, 1984.
5. INN. "Maderas. Parte 1. Especies latifoliadas. Clasificación visual para uso estructural. Especificaciones de los Grados de Calidad", NCh 1970/1 c87. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1987.
6. INN. "Maderas. Parte 2. Especies coníferas. Clasificación visual para uso estructural. Especificaciones de los Grados de Calidad", NCh 1970/2 c87. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1987.
7. SAA. "Visually Stress-graded hardwood for Structural Purposes", AS 2082. Standard Association of Australia, Australia, 1977
8. SAA. "Timber - Softwood - Visually Stress - Graded for Structural Purposes". AS 2099. Standard Association of Australia, Australia, 1986.

9. INN. "Madera. Construcciones de Madera. Cálculo", NCh 1198 Of.77. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1977.
10. INN. "Maderas. Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento", NCh 1989 Of. 86. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1986.
11. INN. "Maderas. Tensiones admisibles en maderas", NCh Of. 86. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1986.
12. INN. "Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de flexión estática", NCh 987 Of. 86. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1986.
13. INN. "Madera. Determinación de las propiedades mecánicas. Ensayo de compresión paralela", NCh 973 Of. 86. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1986.
14. Perez, V.A., "Agrupamiento de Especies Madereras que crecen en Chile según sus propiedades mecánicas", INFOR-CHILE: Ciencia e Investigación Forestal, Volumen 1, N°1, junio 1987, 89-103
15. INN. "Maderas. Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural", NCh 789/1 Of. 87. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1987.

16. INN. "Madera Preservada. Clasificación y requisitos", NCh 819 Of. 77. Instituto Nacional de Normalización, Santiago, Chile, 1987.



**AGRUPAMIENTO DE ESPECIES (condición verde)
según Nch 1989**

**GRADO ESTRUCTURAL
según Nch 1970**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Nº 1	F27						
Nº 2	F34	F27	F14				
Nº 3		F22	F11				
Nº 4			F17	F8	F7		
			F14	F11	F5	F4	
					F8	F7	F3
							F5
	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7

**AGRUPAMIENTO DE ESPECIES (condición seca)
según Nch 1989**

Figura Nº 2 Abaco de clases estructurales en función del grado estructural y el agrupamiento de especie y la condición de humedad.