

# EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DEL MÉTODO DE DISEÑO POR ESTADOS LIMITES (LSD) PARA ESTRUCTURAS DE MADERAS (*CAPITULO I*)

Ermin Escala<sup>1</sup>, Edward Thomson<sup>2</sup>, y Wilver Contreras<sup>3</sup>

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,<sup>1</sup>Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado (CEFAP-ULA). <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Civil (FIC), Email: ethomson@telcel.net.ve. <sup>3</sup>Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Email:conowen@cantv.net. Mérida, Venezuela

## RESUMEN

La rápida evolución de los códigos y métodos tradicionales de cálculo de estructuras es producto del avance de la informática, mejor conocimiento individual de los materiales, actualización continua de las normas y profundización de pruebas de laboratorio, cualitativa y cuantitativamente. La madera es uno de los materiales con mayores perspectivas de empleo en el próximo milenio para solucionar los problemas habitacionales. A pesar de los esfuerzos de la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) y entes públicos en Venezuela, no ha existido una actualización en materia de cálculo estructural de maderas, como en el caso de Brasil que en el año 1996 redefinió su normativa siguiendo la filosofía contemplada en el Eurocódigo 5. Por existir similitud geográfica y del tipo de maderas tropicales entre ambos países, el presente trabajo considera la experiencia brasileña y los conceptos básicos de diseño por estados límites (LSD) para el cálculo de estructuras y edificaciones con maderas. Venezuela emplea actualmente el método de cálculo por esfuerzos admisibles (WSD). Este primer esfuerzo de evaluar la materia de cálculo estructural con madera, abre perspectivas nuevas en nuestro país hacia mayores conocimientos precisos y profundos para su desarrollo y la aplicación a mediano plazo de códigos y normas.

**Palabras clave:** Métodos de cálculo, estructuras de madera, códigos, normas, Eurocódigo 5, estados límites, esfuerzos admisibles.

## ABSTRACT

The rapid evolution of design codes and traditional methods of structural analysis is due to the advances in computing, better individual knowledge of materials, continuous updating of codes and better laboratory testing both in quantity and quality. Timber is one of the materials with greater perspectives of use in the next millennium to solve housing problems. In spite of the Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) and public entities in Venezuela, the structural design of timber structures in our country has not been updated, as is the case of Brazil that in 1996 redefined their building code following the philosophy of the Eurocode 5. Due to geographic similitude and the types of tropical timber in both countries, the following paper considers the Brazilian experience and the basic concepts of design by limit states (LSD) for the design of timber buildings and structures. At present Venezuela uses the working stress design method (WSD). This first attempt at evaluating the subject of structural design with timber, opens up new perspectives in our country towards better and deeper knowledge for its development and application in the medium term in our building codes.

**Key words:** Design methods, timber structures, building codes, Eurocode 5, limit states, working stress, ultimate stress.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores cambios que ha ocurrido en las últimas décadas en la práctica de la ingeniería de la madera en los países desarrollados como Estados Unidos, Canadá, España y países latinoamericanos como México y Brasil, ha sido la conversión del tradicional método de diseño por Esfuerzos Admisibles o de Trabajo (Working Stress Design - WSD) a un método que es común para todos los materiales y que relaciona más claramente los

procesos de diseño a los criterios de resistencia y servicio. Tal método se conoce con el nombre de diseño por Estados Límites (Limit States Design- LSD).

Para el año 1984, Canadá fue la primera nación que formalmente adoptó los procedimientos de diseños basados en probabilidad para estructuras con maderas en un formato de diseño de los Estados Límites (LSD) (Pollock et al. 1995). Por otra parte dentro de los Estados Unidos un formato de diseño

por factores de resistencia y de cargas (LRFD) ha sido escogido para la presentación de los conceptos de diseño y los métodos basados en probabilidad para estructuras con maderas (ASCE, 1995).

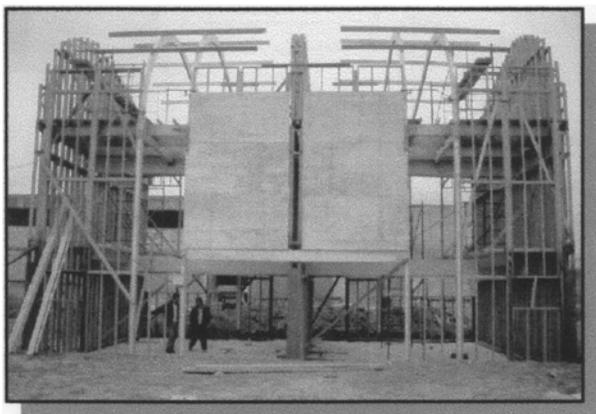
Similares procedimientos para el diseño y cálculo de estructuras con maderas han sido propuestos y aplicados para su adopción en Nueva Zelanda (Walford, 1989) (Figura 1), Australia (Carson y Leicester, 1994), Europa (Eurocódigo N° 5, 1995) (Figura 2) y más recientemente en Brasil que en 1996 realizó su norma denominada Proyecto de Estructuras de Madera, ABNT.

El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino de la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC, 1985), se caracteriza por recomendar una metodología de cómo realizar los cálculos de estructuras con maderas tropicales para edificaciones (Figuras 3 y 4), basados específicamente en el método de esfuerzos admisibles (WSD) para las maderas que se encuentran en el bosque natural y de plantación. En WSD se trata de evitar la falla del elemento

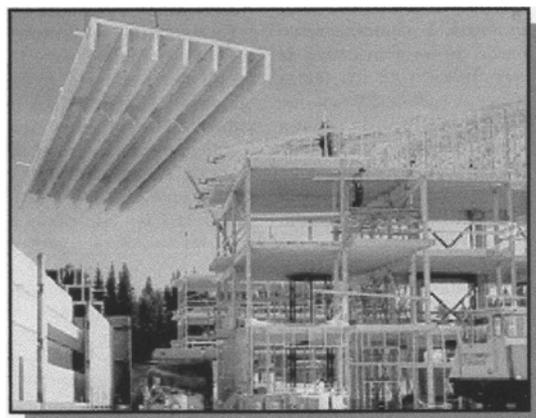
estructural comparando los esfuerzos admisibles, los cuales son una fracción de la resistencia estimada, con los esfuerzos producidos por una combinación de carga específica, siendo ésta una estimación alta de la probable carga de servicio (Aplin y Keenan, 1977), donde los esfuerzos admisibles deben ser mayores que los efectos (momento flector, fuerza axial, fuerza cortante, etc.) producidos por las cargas aplicadas sobre la estructura (JUNAC, 1985).

A diferencia de materiales como el concreto y el acero, en Venezuela no se han diseñado estructuras con maderas aplicando el método de esfuerzos límites (LSD o LRFD), por lo que se considera importante tomar como una referencia para el presente trabajo el Proyecto de Estructura de Maderas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT, 1996) basada principalmente en el Eurocódigo N° 5.

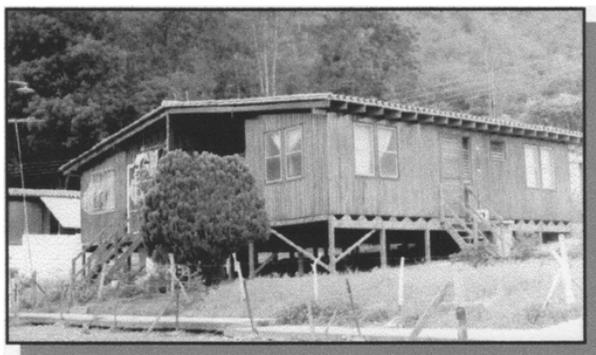
Por consiguiente, en el método LSD ó LRFD, son aplicados por separado factores de carga y de resistencia a las combinaciones de cargas aplicadas a la estructura y a las resistencias nominales del material (acero, con-



**Figura 1.** Estructura de madera laminada en España, claculada con el método de cálculo estructural de diseño por estados límites (LSD).



**Figura 2.** Estructura de una edificación con madera de tres niveles en Alemania empleando el método de diseño por estados límites (LSD).



**Figura 3.** Urbanización casas de madera en Bailadores estado Mérida, calculada por el método de esfuerzos admisibles (WSD).



**Figura 4.** Galpón con estructura de madera en Caritupe estado Falcón, calculada por el método de esfuerzos adminibles (WSD).

creto armado, aluminio, madera, etc.), para asegurar que la probabilidad de alcanzar un estado límite es aceptablemente pequeña. Estos factores reflejan las incertidumbres de análisis, diseño, cargas, propiedades del material y fabricación (Ling-En Hsiao et al. 1990).

El criterio del diseño por LSD o LRFD consiste en que la sumatoria de los efectos de las cargas factoradas aplicadas sobre la estructura sean menor o igual a la resistencia factorada del material (McCormac, 1989).

El propósito de la presente investigación es presentar mediante una evaluación preliminar los conceptos básicos de LSD para el diseño de estructuras y edificaciones con madera, de forma tal que sirva de base para que en Venezuela, en el campo de la ingeniería con madera se abran nuevas y actualizadas perspectivas hacia conocimientos más precisos y profundos en el desarrollo y aplicación a mediano plazo de normas de diseño y cálculo que involucren éste noble material, hacia una verdadera consolidación en la primera década del siglo XXI, de una cultura del uso constructivo de la madera y sus productos de valor agregado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó un proceso metodológico basado fundamentalmente en la realización de una exhaustiva revisión bibliográfica, procediéndose luego a la evaluación, discusión y análisis de cada uno de los tópicos que consideran el estado de la técnica en materia del cálculo estructural con madera, haciendo hincapié en los códigos de diseño para estructuras con madera de diferentes países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Inglaterra, etc., donde la madera juega un rol fundamental en la solución de sus problemas espaciales, pero específicamente por su vigencia, cercanía y similitud geográfica con Venezuela, el Brasil y su Proyecto de Estructura de Maderas de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT, 1996) basada principalmente en el Eurocódigo N° 5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Método de diseño

#### 1.1. Estados Límites.

Un estado límite es la condición en la cual la utilidad estructural de un elemento o miembro cargado llega

a ser insegura para los ocupantes de la estructura. Según el enfoque de estados límites, una estructura o un elemento estructural deja de ser útil cuando alcanza un estado llamado estado límite, en el que deja de prestar adecuadamente la función para la cual fue diseñado (Robles, 1990). El objeto del diseño por estados límites es mantener la probabilidad de alcanzar dichos estados límites dentro de un margen razonable.

Se distinguen dos grupos de estados límites; los estados límites últimos, y los estados límites de utilización (Mc Cormac, 1989).

Son estados límites últimos aquellos en que se agota la capacidad de carga de la estructura o sus componentes, es decir, se alcanza su resistencia máxima. Entre ellos figuran la rotura de secciones críticas, la inestabilidad, volcamiento y la fatiga del material.

Son estados límites de utilización aquellos que afectan el correcto funcionamiento de la estructura bajo las condiciones normales de servicios, pero que no perjudican la capacidad para soportar cargas. Entre ellos figuran la deflexión, el agrietamiento y la vibración.

El procedimiento de diseño por estados límites consiste en comprobar que se cumplan las siguientes condiciones (Robles, 1990):

- Que se cuente con la seguridad adecuada contra la aparición de cualquiera de los estados límites últimos posibles ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse.
- Que no se rebase ningún estado límite de servicio ante las combinaciones de acciones que correspondan a condiciones normales de operación.

#### 1.2. Diseño por Estados Límites (LSD).

Cuando se diseña en función de los estados límites últimos las cargas son multiplicadas por factores de carga o factores de seguridad ( $\gamma, Y$ ) casi siempre mayores que 1.0. Las magnitudes obtenidas varían dependiendo del tipo de combinación de las cargas las cuales son discutidas más adelante.

La estructura diseñada debe tener una resistencia suficiente para soportar los efectos producidos por las magnitudes de las cargas. Esta resistencia es considerada igual a la resistencia nominal o teórica del miembro ( $R_n$ ) multiplicada por un factor de resistencia ( $K_{mod}$ ) el cual es normalmente menor que 1.0.

Esquemáticamente el diseño por estados límites puede expresarse según la ABNT (1.996) como:

$$R_d \geq F_d$$

Donde:

$R_d$  = resistencia factorada de cálculo.

$F_d$  = efectos producidos por las cargas factoradas.

### 1.3. Resistencia de cálculo de la madera ( $R_d$ ).

Los valores o resistencia de cálculo  $R_d$  de cualquiera de las propiedades de la madera se obtiene a partir del valor característico de dichas propiedades, mediante la siguiente ecuación:

$$R_d = K_{mod} * (X_k / \gamma_w)$$

Donde:  $\gamma_w$  es el coeficiente de minoración de las propiedades de la madera y  $K_{mod}$  es el coeficiente de modificación que toma en cuenta las influencias no consideradas por  $\gamma_w$ .

Los coeficientes de modificación  $K_{mod}$  afectan los valores de cálculo de las propiedades de la madera en función de las combinaciones de cargas, del contenido de humedad, y del eventual empleo de madera de segunda calidad. El coeficiente de modificación está formado por el producto de:

$$K_{mod} = K_{mod1} * K_{mod2} * K_{mod3}$$

Donde el coeficiente parcial de modificación  $K_{mod1}$  toma en cuenta las combinaciones de cargas y el tipo de material empleado y esta dado en el Cuadro 1. El coeficiente parcial de modificación  $K_{mod2}$ , toma en cuenta el contenido de humedad y el tipo de material empleado y esta dado por el Cuadro 2. El coeficiente de modificación  $K_{mod3}$  toma en cuenta si la madera es de primera o segunda categoría. En el

**Cuadro 1.** Valores de  $K_{mod1}$  (ABNT, 1996).

Combinaciones de Cargas	Tipo de madera: madera aserrada y madera laminada.
Permanente	0.60
Larga duración	0.70
Media duración	0.80
Corta duración	0.90
Instantánea	1.10

caso de madera de segunda categoría admítase un  $K_{mod3} = 0.8$  y si es de primera categoría se considera un  $K_{mod3} = 1.0$ .

El coeficiente de ponderación o minoración para estados límites últimos de los esfuerzos de compresión paralela a las fibras tiene un valor básico de  $\gamma_{wc} = 1,4$ ; para los esfuerzos de tensión paralelo a las fibras se considera un  $\gamma_{wt} = 1,8$  y para los esfuerzos de corte se toma un  $\gamma_{wv} = 1,8$ .

El coeficiente de ponderación para estados límites de utilización tiene un valor básico de  $\gamma_w = 1,0$ . En lo que respecta al valor característico ( $X_k$ ) para una propiedad dada de la madera, es presentado estadísticamente en términos de niveles de probabilidad, en este caso con un límite de exclusión por debajo del 5% (5<sup>to</sup> percentil).

Si este valor no se conoce, se puede estimar de los valores medios de resistencia ( $R_m$ ) a un contenido de humedad del 12% de las propiedades de las maderas ya investigadas. Según la ABNT (1996) la relación es:

$$X_{k,12\%} = 0,70 R_{m,12\%}$$

### 1.4. Solicitaciones en las estructuras de madera.

#### 1.4.1. Tipos de acciones.

De acuerdo con la Norma COVENIN 2002-88 (1988), referente a los criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones, en las estructuras corrientes se deben considerar las siguientes acciones, además de otras que puedan surgir en casos especiales:

- Las cargas permanentes: también llamadas cargas muertas están constituidas por el peso propio de la estructura y por el peso de las partes fijas no estructurales. Son de valores constantes o de poca variación y duran prácticamente toda la vida de la construcción.
- Las cargas variables o cargas vivas: son aquellas cuya variación es significativa durante la vida de la construcción. Entre ellas tenemos los mobiliarios, personas, vehículos, maquinarias, equipos, etc.
- Las cargas excepcionales: son las que tienen una duración extremadamente corta y muy baja probabilidad de ocurrencia durante la vida de la construcción, tales como vientos y sismos de magnitud excepcional.

#### 1.4.2. Combinaciones de cargas o acciones.

Una combinación de cargas está especificada por el

**Cuadro 2.** Valores de  $K_{mod2}$  (ABNT, 1996).

Clases de humedad	Contenido de humedad de equilibrio la madera (CHE)	Tipo de madera: madera aserrada y madera laminada
1	12%	1.0
2	15%	1.0
3	18%	0.8
4	<sup>3</sup> 25%	0.8

conjunto de las acciones que tienen probabilidades no despreciables de actuación simultánea. En cada tipo de combinación las acciones deben ser combinadas de diferentes maneras con el fin de determinar los efectos más desfavorables para la estructura.

Cualquier combinación de acciones es definida por la duración acumulada prevista para la acción variable tomada como la acción variable principal en la combinación considerada. El Cuadro 3 define cómo pueden ser las diferentes combinaciones de cargas.

Los tipos de combinaciones de cargas se clasifican como:

- **Combinación normal:** una combinación es normal cuando incluye apenas las acciones corrientes de uso previsto para la construcción. Admítase que una combinación normal se considera de larga duración (más de 6 meses), pudiendo tener una duración igual al período de referencia de la estructura.
- **Combinación especial:** una combinación es especial cuando incluye la actuación de acciones

**Cuadro 3.** Combinaciones de Cargas (ABNT, 1996).

Combinaciones de Cargas	Acción variable principal de la combinación	
	Duración acumulada	Orden de magnitud de la duración acumulada de la acción característica
Permanente	Permanente	Vida útil de la construcción
Larga duración	Larga duración	Más de 6 meses
Mediana duración	Mediana duración	1 semana a 6 meses
Corta duración	Corta duración	Menos de 1 semana
Duración instantánea	Duración instantánea	Muy corta

variables de naturaleza o intensidad especial, cuyos efectos superan en intensidad los efectos producidos por las acciones consideradas en la combinación normal.

- **Combinación excepcional:** una combinación es excepcional cuando incluye acciones excepcionales que puedan provocar efectos catastróficos.
- **Combinación de construcción:** una combinación de construcción es transitoria y debe ser definida en cada caso particular en que haya riesgo de ocurrencia de estados límites últimos aún durante la construcción

Para realizar una combinación de cargas las acciones permanentes son consideradas en su totalidad; de las acciones variables se consideran aquellas que produzcan efectos desfavorables para la seguridad de la estructura. Las acciones variables móviles deben ser consideradas en su posición más desfavorable para la seguridad (ABNT, 1996).

Las acciones incluidas en cada combinación deben ser consideradas con su valor representativo, multiplicados por los respectivos coeficientes de ponderación de las acciones dados en los cuadros 4, 5, 6 y 7.

**Cuadro 4.** Acciones permanentes de pequeña variabilidad (ABNT, 1996).

Combinaciones	Para efectos:	
	Desfavorables	Favorables
Normales	$\gamma_g = 1.3$	$\gamma_g = 1.0$
Especiales o de construcción	$\gamma_g = 1.2$	$\gamma_g = 1.0$
Excepcionales	$\gamma_g = 1.2$	$\gamma_g = 1.0$

**Cuadro 5.** Acciones permanentes de gran variabilidad (ABNT, 1.996).

Combinaciones	Para efectos:	
	Desfavorables	Favorables
Normales	$\gamma_g = 1.4$	$\gamma_g = 0.9$
Especiales o de construcción	$\gamma_g = 1.3$	$\gamma_g = 0.9$
Excepcionales	$\gamma_g = 1.2$	$\gamma_g = 0.9$

*1.4.3- Combinación de acciones en estados últimos.*

Todas las combinaciones que se muestran a continuación son tomadas directamente del Proyecto de Estructuras de Madera de 1996 de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas, ABMT.

*1.4.3.1. Combinaciones últimas normales.*

$$F_d = \sum \gamma_{gi} F_{gi,k} + \gamma_q [F_{ql,k} + \sum \Psi_{0j} F_{qj,k}]$$

Donde  $F_{gi,k}$  representa el valor característico de las acciones permanentes,  $F_{ql,k}$  el valor característico de la acción variable considerada como acción principal para la combinación considerada y  $\Psi_{0j} F_{qj,k}$  los valores reducidos de combinación de las demás acciones variables. Los valores de los factores  $\gamma, \Psi$  con sus respectivos subíndices se muestran en los cuadros 4, 5, 6 y 7.

*1.4.3.2. Combinaciones últimas especiales o de construcción.*

$$F_d = \sum \gamma_{gi} F_{gi,k} + \gamma_q [F_{ql,k} + \sum \Psi_{0j,ef} F_{qj,k}]$$

Donde  $\Psi_{0j,ef}$  es igual al factor  $\Psi_{0j}$  adoptado en las combinaciones normales, salvo cuando la acción principal tiene un  $F_{ql,k}$  que tiene un tiempo de actuación muy pequeño caso en que  $\Psi_{0j,ef}$  puede ser tomado como el correspondiente  $\Psi_{2j}$  dado en el cuadro 7.

*1.4.3.3. Combinaciones últimas excepcionales.*

$$F_d = \sum \gamma_{gi} F_{gi,k} + F_{q,exc} + \gamma_q \sum \Psi_{0j,ef} F_{qj,k}$$

Donde  $F_{q,exc}$  es el valor de la acción transitoria excepcional y los demás términos representan los valores efectivos definidos anteriormente.

*1.4.4. Combinación de las acciones en los estados límites de utilización.**1.4.4.1. Combinaciones de larga duración.*

Las combinaciones de larga duración son consideradas en el control usual de las deformaciones de las estructuras. En estas combinaciones todas las acciones variables actúan con sus valores correspondientes a la clase de larga duración. Estas combinaciones son expresadas por:

$$F_{d,uti} = \sum F_{gi,k} + \sum \Psi_{2j} F_{qj,k}$$

donde los coeficientes  $\Psi_{2j}$  están especificados en la tabla 7.

*1.4.4.2. Combinaciones de mediana duración.*

Las combinaciones de mediana duración son consideradas cuando el control de las deformaciones es particularmente importante, como en el caso de materiales frágiles no estructurales ligados a la

**Cuadro 6.** Acciones variables (ABNT, 1996).

Combinaciones	Acciones variables, incluidas las cargas accidentales móviles	Efectos de la temperatura
Normales	$\gamma_q = 1.4$	$\gamma_\epsilon = 1.2$
Especiales o de construcción	$\gamma_q = 1.2$	$\gamma_\epsilon = 1.0$
Excepcionales	$\gamma_q = 1.0$	$\gamma_\epsilon = 0$

**Cuadro 7.** Factores de combinación y de utilización (ABNT, 1996).

Acciones en estructuras corrientes	Estados últimos $\psi_0$	Estados de utilización $\psi_1$	Estados de utilización $\psi_2$
<i>Variaciones uniformes de temperaturas en relación a la media anual local</i>	0.6	0.5	0.3
<i>Presión dinámica del viento</i>	0.5	0.2	0
Cargas accidentales de los edificios	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<i>Locales en los que no hay predominancia de equipos fijos, ni elevadas concentraciones de personas</i>	0.4	0.3	0.2
<i>Locales en donde hay predominancia de equipos fijos o de elevadas concentraciones de personas</i>	0.7	0.6	0.4
<i>Bibliotecas, archivos, oficinas y garajes</i>	0.8	0.7	0.6
Cargas móviles y sus efectos dinámicos	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<i>Puentes de peatones</i>	0.4	0.3	0.2*
<i>Puentes carreteros</i>	0.6	0.4	0.2*
<i>Puentes ferroviarios</i>	0.8	0.6	0.2*

\*Admítase  $\psi_2 = 0$  cuando la acción variable principal corresponde a un efecto sísmico.

estructura. En estas condiciones la acción variable principal  $F_{q1}$  actúa con su valor correspondiente a la clase de media duración y las demás acciones variables actúan con sus valores correspondiente a la clase de larga duración. Estas combinaciones son expresadas por:

$$F_{d,uti} = \Sigma F_{gi,k} + \Psi_1 F_{q1,k} + \Sigma \Psi_{2j} F_{qj,k}$$

donde los coeficientes  $\Psi_1$  y  $\Psi_2$  están dados en el cuadro 7.

#### 1.4.4.3- Combinaciones de corta duración.

Las combinaciones de corta duración son

consideradas cuando para una construcción es particularmente importante impedir defectos provenientes de las deformaciones de la estructura. En estas combinaciones la acción variable principal  $F_{q1}$  actúa con su valor característico y las demás acciones variables actúan con sus valores correspondientes a la clase de mediana duración. Estas combinaciones son expresadas por:

$$F_{d,uti} = \Sigma F_{gi,k} + F_{q1,k} + \Sigma \Psi_{1j} F_{qj,k}$$

donde los coeficientes  $\Psi_1$  están dados en el cuadro 7.

#### 1.4.4.4. Combinaciones de duración instantánea.

Las combinaciones de duración instantánea consideran la existencia de una acción variable especial  $F_{q,especial}$  que pertenece a la clase de duración inmediata. Las demás acciones variables pueden ser consideradas con sus valores de larga duración. Estas combinaciones son expresadas por:

$$F_{d,uti} = \sum F_{gi,k} + F_{q,especial} + \sum \Psi_{2j} F_{qj,k}$$

donde los coeficientes  $\Psi_2$  están dados en el cuadro 7.

En conclusión, el formato de diseño por Estados Límites (LSD) considera la aplicación de factores tanto a las cargas aplicadas a la estructura como a la resistencia del material, que en el caso de las cargas son mayores o iguales que uno y en las resistencias menores que uno. Mientras que en el formato de diseño por esfuerzos admisibles o de trabajo (WSD) solamente la resistencia del material es multiplicada por factores de seguridad y las cargas son tomadas con sus valores nominales, tal como es el caso del aún vigente, y por lo tanto consultado por ingenieros civiles, Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino de la JUNAC.

A pesar de que el diseño de elementos o miembros estructurales con madera utilizando el LSD es un poco más laborioso en comparación con WSD, el mismo tiene las siguientes ventajas:

- Permite la unificación de criterios para la normativa de diseño con diferentes materiales.
- Se logra uniformizar el grado de seguridad estructural (o confiabilidad estructural en términos probabilísticos), para los diferentes miembros de una estructura, y también para todas las diferentes estructuras diseñadas por el método. Dicha uniformidad no es posible con el método WSD debido a la variabilidad en el tipo de cargas para diferentes tipos de estructuras para las cuales se mantiene un mismo factor de seguridad aplicado solamente a las resistencias.
- En algunos casos se logran economías sustanciales en el diseño debido a que se racionaliza el uso del material constructivo lignocelulósico.

La aplicación y promoción del mencionado método, una vez llevado a su máxima profundidad científico-tecnológica, solventaría actualmente en buena medida uno de los grandes temores y lagunas que

expresan los profesionales de la ingeniería civil en el ejercicio libre de la profesión en nuestro país, sea porque la madera es aún considerado como un material constructivo no tradicional, pero quizás la causa fundamental, radica en la poca promoción y difusión de los manuales y normas hacia un empleo más racional de la madera con todas sus virtudes que tiene como material estructural, así como para cerramientos, muebles y artesanías.

Además puede pensarse en otra causa presente en algunos casos, la simple omisión de hacer uso de información desactualizada como los manuales del antiguo Ministerio de Obras Públicas (MOP), trayendo como consecuencia un sobre dimensionamiento en los elementos estructurales, un mayor costo, desperdicio de material, y por ende, un rechazo generalizado al empleo de la madera y sus productos secundarios por el futuro usuario.

De igual forma, buena parte de estos factores son recurrentes en los organismos rectores de las soluciones habitacionales del Estado venezolano a escala nacional, local y regional, impidiendo que la madera de una vez por todas sea incorporada definitivamente en la solución de los problemas de hábitat por la cual atraviesa una buena parte de la población nacional. Más aún cuando nuestro país tiene un gran potencial de recursos forestales en maderas de bosque natural y de plantación, capaz de suplir la demanda constructiva existente y ascendente según los pronósticos del índice demográfico y demás necesidades poblacionales de los próximos años.

De ahí que en la actualidad Venezuela no cuente con un código, ni especificaciones para el diseño de estructuras con maderas que consideren el formato de estados límites, por tal razón para la conversión del tradicional método de diseño de esfuerzos de trabajo (WSD) al nuevo método de LSD es necesario tomar como basamentos los códigos y especificaciones de otros países como Brasil, Estados Unidos, Canadá, Estados Unidos, Nueva Zelanda y los países europeos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABMT. 1996. Projeto de estruturas de madeira. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, Brasil.
- ASCE. 1995. Load and Resistance Factor Design Standard for Engineered Wood Construction. American Society of Civil Engineers ASCE 16-95. New York, USA.

- APLIN E. y F. KEENAN. 1977. Limit States Design in Wood: A Canadian perspective, Forest Products Journal. Julio. Vol. 27. P: 14 – 18.
- CARSON, J. y R. LEICESTER. 1994. Australian standards for structural timber. Proceedings of the 1994 Pacific Timber Engineering Conference, Gold Coast. Sidney, Australia.
- EUROCÓDIGO N° 5. 1996. Design of Timber Structures. European Commission on standardization.
- JUNAC. 1985. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Junta de Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.
- LING-EN HSIAO, WEI-WEN YU y THEODORE V. GALAMBOS. 1990. AISI LRFD Method for Cold-Formed Steel Structural Members. ASCE Journal of Structural Engineering. Vol.116, N°2. p:500-517.
- MC CORMAC, J. 1989. Structural Steel Design: LRFD. HarperCollins Publishers Inc. New York, USA.
- NORMA COVENIN 2002-88. 1988. Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones. MINDUR. Caracas, Venezuela.
- POLLOCK, D., T., WILLIAMSON, y D., GROMALA, 1995. Evolving Design Methods. Chapter 4. [www.ce.vt.edu/iass/pollock/pollock.html](http://www.ce.vt.edu/iass/pollock/pollock.html).
- ROBLES, F. 1990. Manual para el Diseño de Estructuras de Maderas, Sección N° 3. Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera. Dto Federal, México.
- WALFORD, G., 1989. Conversion of the New Zealand timber design code to LSD format. Proceedings of the 1989 Pacific Timber Engineering Conference, Auckland, New Zealand.