

**Proyecto de  
Tecnología de Ensayo  
de Productos Forestales  
LATU-JICA  
(1998-2003)**

**Inspección Visual de Tablas de Tamaño Real de  
*Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii*  
de diferentes sitios del Uruguay**

**Visual inspection of Dimension Lumber  
in *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* and *Pinus elliottii*  
from different sites of Uruguay**

**Ing. Agr. OF Alvaro Pérez del Castillo  
Alejandro Venturino Cammarota**

**Informe de Investigación N°15  
Setiembre 2003**



## **PROLOGO**

El presente trabajo es el decimoquinto de la serie: “Informes de Investigación” que reunirá estudios realizados como parte del “Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales” entre el sector Productos Forestales del LATU y JICA (Agencia de cooperación Internacional del Japón) en Montevideo, Uruguay desde 1998 hasta 2003.

Con esta serie el LATU pretende la difusión tecnológica como una contribución al desarrollo de la industria forestal.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Sadaaki Ohta por su apoyo invalorable y permanente colaboración.

Al Ing. Toshinari Tanaka, líder del Proyecto JICA-LATU

Al Ing. Quim. Raúl de Castro, Jefe del Sector Productos Forestales, por su supervisión.

Al equipo técnico del Sector Productos Forestales del LATU.

## TABLA DE CONTENIDOS

	<b>Página</b>
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	6
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	7
2.1. CATEGORIZACIÓN DE TABLAS .....	7
2.2. INSPECCIÓN VISUAL .....	8
2.2.1. <u>Instrumentos y Equipos</u> .....	8
2.2.2. <u>Razón de diámetro nudoso KDR</u> .....	8
2.2.2.1. Procedimiento basado en norma JAS .....	8
2.2.2.2. Consideraciones .....	10
2.2.2.3. Categorización según norma australiana .....	10
2.2.3. <u>Razón de área nudosa KAR</u> .....	10
2.2.3.1. Procedimiento .....	10
2.2.3.2. Consideraciones .....	11
2.2.3.3. Categorización .....	12
3. <u>RESULTADOS</u> .....	13
3.1. RELACIÓN ENTRE INSPECCIÓN VISUAL Y ZONA DE LA TROZA .....	14
3.2. CORRELACIÓN ENTRE INSPECCIÓN VISUAL Y MOR .....	17
3.3. RELACIÓN ENTRE MOR Y CATEGORÍAS VISUALES .....	20
4. <u>CONCLUSIONES</u> .....	23
5. <u>ANEXO</u> .....	24
5.1. ANEXO 1 .....	24
5.2. ANEXO 2 .....	24
5.3. ANEXO 3 .....	26
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	28

## RESUMEN

En el marco del Proyecto de “Tecnología de Ensayos de Productos Forestales” entre LATU y JICA, se realizó inspección visual a los muestreos realizados como parte del fin de la caracterización de maderas uruguayas. Esta técnica se aplicó a tablas de *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* de 50 X 150 X 2800 mm de diferentes zonas del país. Se utilizaron tres normas; una norma japonesa (JAS Structural Softwood Lumber-1991), una norma australiana (AS 2082-1979) y una norma chilena (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90).

En este estudio, se buscó la relación entre el MOR (Módulo de rotura) de las tablas y la inspección visual. A su vez se trató de encontrar la relación entre la zona de la troza de donde se obtuvo la tabla y su razón de diámetro y área nudosa (KDR y KAR respectivamente).

---

**PALABRAS CLAVE:** inspección visual, razón de diámetro nudoso, razón de área nudosa, módulo de rotura.

---

## SUMMARY

Within the activities of the “Forest Products Testing Technologies” project between LATU and JICA, visual inspection tests have been realized on each of the sampling with the final objective of characterizing Uruguayan woods.

This technique was applied to boards of *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* (50 X 150 X 2800 mm) from different sites of the country. Three standards were used; one of them is a Japanese standard (JAS Structural Softwood Lumber-1991), the other is an Australian Standard (Visually Stress-Graded Hardwood For Structural Purposes (AS 2082-1979)) and the other is an Oficial Standard of Chile (*Pinus radiata* Visual Inspeccion for Structural Uses (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90)).

This research is focused in the relationship between MOR (Modulus of rupture) of boards, and visual inspeccion. It also studied the relationship between the zone of the log from where the board is sawn, and the Knot diameter ratio and the knot area ratio (KDR y KAR respectively).

---

**KEY WORDS:** visual inspection, knot diameter ratio, knot area ratio, Modulus of rupture.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo forestal del Uruguay en los últimos 10 años, ha llevado a que hoy se encuentren plantadas aproximadamente 600.000 ha de bosque, de las cuales 102.000 son de *Pinus taeda*, 43.000 *Pinus elliottii* y 150.000 de *Eucalyptus grandis* (bajo proyecto hasta el 2001). Estas tres especies presentan un alto potencial para ser utilizadas como madera para aserrío. Hoy en el Uruguay se encuentran 209 empresas identificadas como activas. La demanda anual de rollizo para aserrar es de 417.000 toneladas, lo que correspondería a una cosecha estimada de 200 ha mensuales. Del consumo promedio total anual, 108.000 toneladas (26 %) corresponde a coníferas y 309.000 toneladas a latifoliadas.

La producción total de madera aserrada promedio anual para los años 2000 y 2001 en Uruguay es de 203.000 metros cúbicos. Para el promedio general el 26% es de coníferas estimándose en 53.000 metros cúbicos, y la producción de latifoliadas correspondería a 150.000 metros cúbicos.

Este trabajo está orientado hacia el estudio de la clasificación visual, como una herramienta para clasificar el producto final de los aserraderos. Busca agrupar las tablas en categorías de calidad, con el fin de dar a la tabla diferentes destinos finales.

La clasificación visual es considerada como una manera práctica y económica de clasificar la madera en categorías de calidad según su aspecto. La clasificación visual aplicada en este trabajo, se basó en la presencia, distribución y dimensión de defectos (nudos) en tablas de madera cepillada y seca al 12 %.

Este trabajo lo que busca es presentar los resultados obtenidos con la clasificación visual aplicando tres normas; la norma japonesa JAS (JAS Structural Softwood lumber 1991), la norma australiana (AS 2082-1979) y la norma oficial chilena (NCH1207.OF90).

## 2. MATERIALES Y METODOS

Los datos que a continuación se presentan, fueron obtenidos de la clasificación visual de tablas realizada en 6 de los muestreos que se hicieron en el marco del proyecto LATU-JICA. A continuación se presenta una tabla con la descripción de los muestreos (ver tabla N° 1).

**Tabla N° 1: Muestreos Realizados en el Proyecto**

Muestreo	Especie	N° árbol	Zona	Edad	DAP cm	Troza	Manejo
1	<i>P. taeda</i>	9	Rivera	17 años	**	Basal	C/poda y C/raleo
2	<i>E. grandis</i>	10	Rivera	16 años	52.5	Basal	S/poda y S/raleo
3	<i>P. elliotii</i>	18	San José	40 años	34.5	Basal	S/poda y S/raleo
4	<i>E. grandis</i>	15	Río Negro	18 años	34.9	Basal	S/poda y S/raleo
5	<i>P. elliotii</i>	18	Río Negro	24 años	40.5	Basal	C/poda y C/raleo
6	<i>P. taeda</i>	18	Río Negro	24 años	38.7	Basal	C/poda y C/raleo

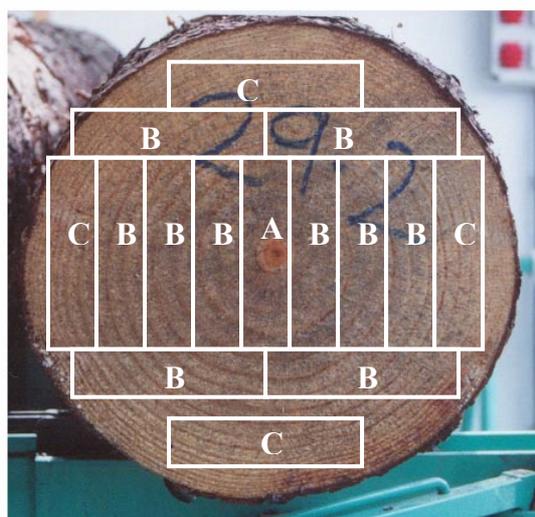
\*\* Para este muestro no se midió el DAP de los árboles.

### 2.1. CATEGORIZACIÓN DE TABLAS

A medida que se obtuvieron las tablas se las clasificó según su ubicación radial dentro de la troza, como tablas A, B o C.

Las tablas “A” (incluyen médula), presentan gran proporción de madera juvenil; tablas “B” (zona intermedia) presentan proporciones variadas de madera juvenil y madera adulta; y tablas “C” (próximas a la corteza) presenta en su mayoría madera adulta.

A partir de esta clasificación se fue definiendo una nomenclatura en la cual la tabla presentaba el número de árbol; el número de tabla y la ubicación dentro de la troza. Ejemplo Tabla 6-2-A: Era una tabla proveniente del árbol 6; número correlativo de tabla 2 y es una tabla tipo A (que presenta médula) (ver figura N° 1).



**Figura N°1: Esquema de troza**

## 2.2. INSPECCIÓN VISUAL

En este trabajo se obtuvieron dos tipos de razones nudosas: razón de diámetro nudoso (KDR) y la razón de área nudosa (KAR) utilizando tres normas como se describe a continuación.

El procedimiento utilizado para la obtención del KDR, fue según los lineamientos que indica la norma japonesa (JAS Structural Softwood lumber 1991). La categorización con los diferentes grados estructurales, se realizó a partir de la norma australiana (AS 2082-1979).

Con respecto a la razón de área nudosa (KAR), esta fue obtenida a partir de la metodología que presenta la norma oficial chilena. La categorización también se realizó a partir de la norma oficial chilena (NCH1207.OF90).

Es importante aclarar que la norma australiana que fue utilizada es para Latifoliadas y las normas chilena y japonesa para Pinos. Sin embargo, con el fin de investigar se aplicó la norma australiana a todos los muestreos, y la norma chilena, se utilizó para los últimos dos muestreos con el fin de comparar ambas normas.

### 2.2.1. Instrumentos y Equipos

Para la medición de los nudos se utilizó una pequeña regla milimetrada.

Además de nudos se midieron otra serie de defectos como ser alabeos (abarquillado, combado encorvadura y torcedura) con la utilización de una pequeña pesa y un hilo además de regla milimetrada (esta información no se presenta en este trabajo). La inspección visual se le realizó a las tablas que se presentan en la tabla N° 1.

Las dimensiones de las tablas inspeccionadas fueron de 50 X 150 X 2800 mm. Eran tablas cepilladas y con un contenido de humedad promedio de 11 %.

### 2.2.2. Razón de diámetro nudoso KDR

El procedimiento utilizado para la obtención del KDR, fue según los lineamientos que indica la norma japonesa JAS; una vez obtenidos los valores de KDR se pasó a la categorización de los mismos. La categorización con los diferentes grados estructurales, se realizó a partir de la norma australiana. La norma AS 2082-1979 es recomendada para ser aplicada en latifoliadas, con la finalidad de caracterizar la madera en diferentes grados para su posterior uso estructural.

Es importante resaltar que se combinaron ambas normas debido a que para la obtención del KDR, la norma JAS es más detallada, ya que toma en cuenta agrupaciones nudosas y le da relevancia a la ubicación de los nudos en la tabla (brindando una mayor seguridad a la clasificación), y la norma australiana presenta categorías que hoy en día son muy utilizadas a nivel comercial.

#### 2.2.2.1. Procedimiento basado en norma JAS

Se confeccionó una ficha para cada tabla, en la que se representaron las cuatro caras en un mismo plano (Anexo 1). La tabla se dividió en cuatro caras, dos cantos (A y C) y dos anchos (B y D). A su vez el ancho de la tabla (B y D) se los divide en dos zonas; centro y borde (ver figura N° 2).

En la misma se dibujaron los nudos y las agrupaciones de nudos; midiendo el nudo de mayor diámetro en cada cara y las agrupaciones nudosas (comprendidas en un tramo de longitud menor o igual al ancho de la tabla) para cada cara. El sentido en el que son

medidos los diámetros nudosos es a lo ancho de la tabla. Una vez obtenidos los diámetros, se calcularon las siguientes razones de diámetro nudosas.

nKDL = razón de diámetro nudoso en el espesor del canto.

nSKDL = razón de diámetros nudosos agrupados en el espesor del canto.

wKDL-C = razón del diámetro nudoso en la zona central del ancho de la tabla.

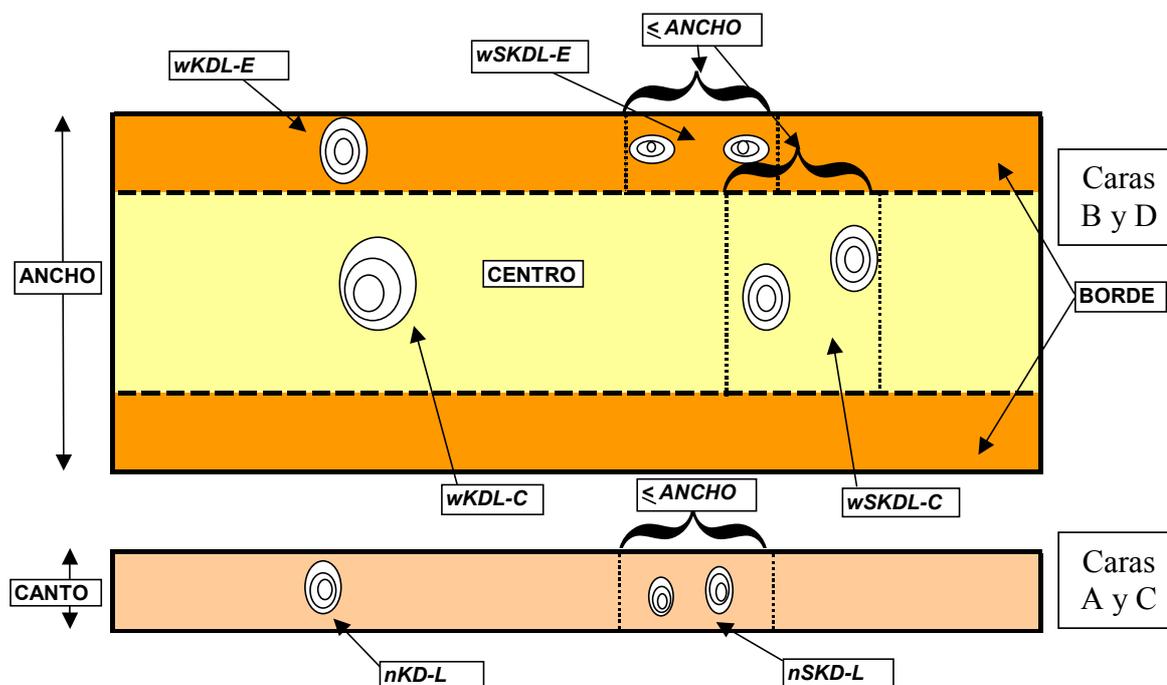
wSKDL-C = razón de diámetros nudosos agrupados en la zona central del ancho de la tabla.

wKDL-E = razón del diámetro nudoso en los extremos (bordes) del ancho de la tabla.

wSKDL-E = razón de diámetros de nudos agrupados en los extremos (bordes) del ancho de la tabla.

$$\text{Razón de diámetro nudoso} = \frac{\text{Diámetro o Sumatoria de diámetros nudosos}}{\text{Ancho de la cara o zona donde se midió el nudo}}$$

A continuación se detalla en el esquema la tabla dividida en zonas (ver figura N° 2).



**Figura N° 2:** Esquema de la tabla para la obtención del KDR

**Aclaración:** La Figura 2 no está a escala. Cada zona de borde corresponde a 1/6 del ancho de la tabla.

El valor que se obtiene es la razón de diámetro nudoso (KDR de ahora en adelante); que es la mayor razón de diámetro nudoso entre las 6 razones descriptas anteriormente.

$KDR = \text{Mayor entre } nKDL, nSKDL, wKDL-C, wSKDL-C, wKDL-E, wSKDL-E.$

Si a la razón la multiplicamos por 100 obtenemos el % de diámetro nudoso.

### 2.2.2.2. Consideraciones

Una agrupación nudosa puede contener al nudo mayor. En caso de que los nudos se encuentren a una menor distancia que el ancho de la tabla; la razón de nudo mayor no es utilizada y se toma sólo la agrupación nudosa.

En caso de tener más de una posible agrupación nudosa, se debe tomar aquella que presente una mayor suma de diámetros nudosos.

Todos los nudos que presenta la tabla son dibujados en la ficha. Los nudos a los cuales se le mide el diámetro son solamente los correspondientes al nudo mayor y a las agrupaciones nudosas. Pueden presentarse nudos dibujados en la ficha que no son medidos.

En el anexo 2 se detalla mejor el procedimiento y se da un ejemplo de inspección de una tabla (ver anexo 2).

### 2.2.2.3. Categorización según norma australiana

A partir del valor de KDR (calculado como %), se le adjudica una categoría estructural a cada una de las tablas según la norma australiana AS 2082-1979 (ver tabla N° 2).

**Tabla N° 2:** Grados de Clasificación Visual basado en el KDR

Clasificación KDR	
Grados	% Diámetro Nudoso
1 (estructural)	0 - 14.3 %
2	14.3 - 25 %
3	25 - 33.3 %
4	> 33.3 %

Este tipo de inspección visual se aplicó a los seis muestreos mencionados anteriormente.

### 2.2.3. Razón de área nudosa KAR

Para la obtención del KAR, se siguiendo algunas de las especificaciones de la norma oficial chilena NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90. Este tipo de inspección visual se aplicó a *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* de Río Negro (muestreos 5 y 6).

#### 2.2.3.1. Procedimiento

Se confeccionó una ficha para cada tabla, en la que se dibujó a escala la sección transversal de la misma (ver Anexo 3).

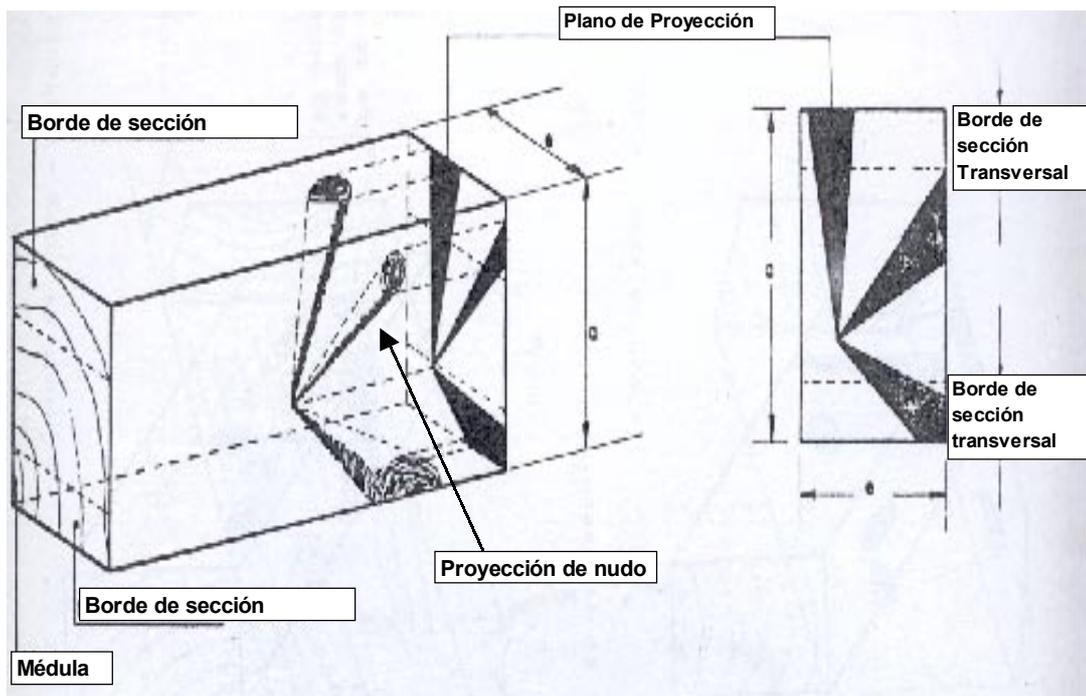
En la ficha se dibujaron las proyecciones de las nudosidades comprendidas en un tramo de longitud menor o igual al ancho de la tabla.

La razón de área nudosa (KAR de ahora en adelante), fue calculada como % de área nudosa proyectada en la superficie de la sección transversal de la tabla con respecto al área de la sección transversal. Esta fue obtenida de la sección dibujada a escala en la ficha de cada tabla (ver figura N° 3).

La sección se divide en 2 zonas. La sección de borde y la sección centro.

El área fue obtenida utilizando una cuadrícula de puntos. Esta se superpone sobre la sección de la tabla (dibujada), y se cuentan los puntos que se encuentran dentro del área nudosa. A partir de esto se obtiene un % de superficie nudosa que corresponde al KAR.

$$\text{KAR} = \frac{\text{Superficie nudosa}}{\text{Superficie total}} \times 100$$



**Figura N° 3:** Proyección del área nudosa

#### 2.2.3.2. Consideraciones

Para la utilización de esta norma, es necesario trabajar con cierta prolijidad, debido a que la ficha en la que se registra el área nudosa es a escala, y en base al dibujo se obtendrá el área nudosa.

La sección de borde (de donde se obtendrá el KAR con CB) corresponde a  $\frac{1}{4}$  del ancho de la tabla, para cada borde.

El procedimiento de esta norma se encuentra ampliado en el Anexo 3.

### 2.2.3.3. Categorización

A partir de los datos de KAR se realizó una categorización estructural según la norma Chilena NCH1207.0F90 (ver tabla N° 3).

**Tabla N° 3:** Grados de Clasificación basado en el KAR

Clasificación KAR		
Grado	Sin CB*	Con CB*
0	< 33 %	< 20 %
1	< 50 %	< 33 %
2	< 66 %	< 50 %

\*Condición de borde (CB). Se consideró KAR dentro de CB cuando el área que se midió entraba en la zona de borde según la subdivisión original de la tabla.

G 0 - Corresponde a grado estructural selecto, son piezas de gran resistencia.

G 1 – Comprende a piezas adecuadas para ser utilizadas en tipologías constructivas normales.

G 2 - Incluye piezas de baja capacidad resistente

Las tablas que presentan pudriciones o madera de compresión son descartadas, no entran dentro de esta graduación.

Hay que recordar que esta norma fue establecida para el *Pinus radiata* chileno, y no se debe descartar la posibilidad de crear nuevos rangos, en la medida que se vaya ampliando el conocimiento de las propiedades de nuestras maderas.

### 3. RESULTADOS

A continuación se presentan las tablas con los diferentes tipos de categorización para cada uno de los muestreos (ver tablas N° 4, N° 5 y N° 6).

**Tabla N° 4:** Categorías según Zona de la Troza

Zona	N° de Tablas						Total
	<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Pinus. elliotii</i>		<i>Pinus. taeda</i>		
	Rivera	Río Negro	Río Negro	San José	Rivera	Río Negro	
<b>A</b>	7	**	17	18	13	18	97
<b>B</b>	30	24	35	25	16	25	131
<b>C</b>	15	27	43	45	21	49	200
<b>Total</b>	52	51	95	88	50	92	428

\*\* En este muestreo no se clasificaron tablas A, solo B y C.

**Tabla N° 5:** Resultados para Categorías según KDR. Norma Australiana (AS 2082-1979)

Categorías	N° de Tablas					
	<i>Eucalyptus grandis</i>		<i>Pinus elliotii</i>		<i>Pinus taeda</i>	
	Rivera	Río Negro	Río Negro	San José	Rivera	Río Negro
<b>1</b>	17	6	5	22	3	10
<b>2</b>	5	5	22	12	8	16
<b>3</b>	4	6	6	12	2	8
<b>4</b>	16	34	63	44	37	58
<b>Total general</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>96</b>	<b>88</b>	<b>50</b>	<b>92</b>

**Aclaración:**

Ya que la mayoría de las tablas en *Eucalyptus grandis* de Rivera presentan médula con pudrición, rajaduras y otros defectos). Las tablas que se obtienen del centro de la troza se descartan, por lo que tablas contra la médula se clasifican como BA y las intermedias como BB. En este trabajo, para *Eucalyptus grandis* de Rivera, a las tablas BA se consideraron como tablas A y las tablas BB se consideraron como tablas B.

**Tabla N° 6:** Resultados para categorías según KAR. Norma Oficial Chilena (NCH1207.OF90)

Categorías	N° de Tablas	
	<i>Pinus elliotii</i>	<i>Pinus taeda</i>
	Río Negro	Río Negro
0	79	82
1	13	7
2	4	3
<b>Total general</b>	<b>96</b>	<b>92</b>

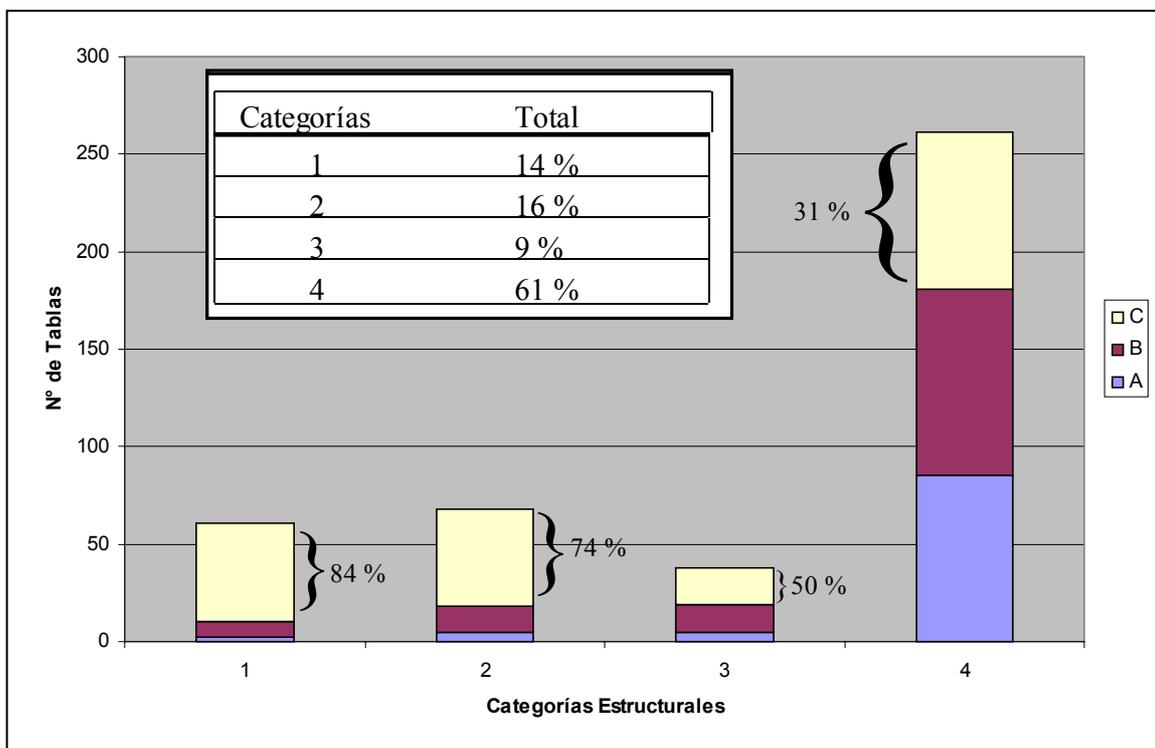
Es importante resaltar que el grado de exigencia entre ambas normas varía mucho, siendo la norma australiana más exigente que la norma chilena.

Es importante aclarar, que la norma australiana es utilizada para latifoliadas, pero en este caso por ser un informe de investigación se aplicó esta norma a todos los muestreos.

### 3.1. RELACIÓN ENTRE INSPECCIÓN VISUAL Y ZONA DE LA TROZA

El siguiente gráfico presenta como se encuentran distribuidas las zonas de donde se obtienen las tablas (A, B y C) dentro de las categorías estructurales definidas en la norma AS 2082-1979 (ver gráfico N° 1).

**Gráfico N° 1:** Distribución de tablas en categorías visuales según Norma Australiana (AS 2082-1979) para todas las tablas muestreadas.



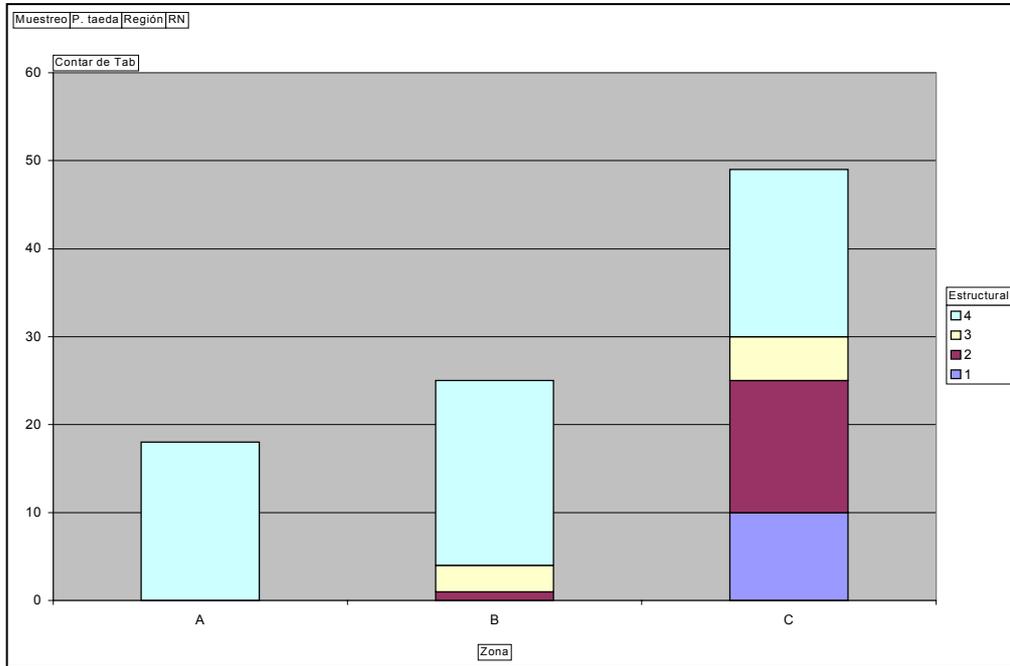
En este gráfico se puede observar como la mayoría de las tablas presentes en la categoría 1 (estructurales) corresponden a tablas C (84 %), mientras que casi la totalidad de tablas A (92 %) entran en la categoría 4 (tablas de baja calidad).

La alta proporción de tablas C en la categoría 4 (31 %), probablemente sea debido a que la mitad de los muestreos no presentan ni poda ni raleo, lo que hace que las tablas de albura (contra la corteza) presenten alta cantidad de nudos. En este gráfico se incluyen todos los muestreos realizados.

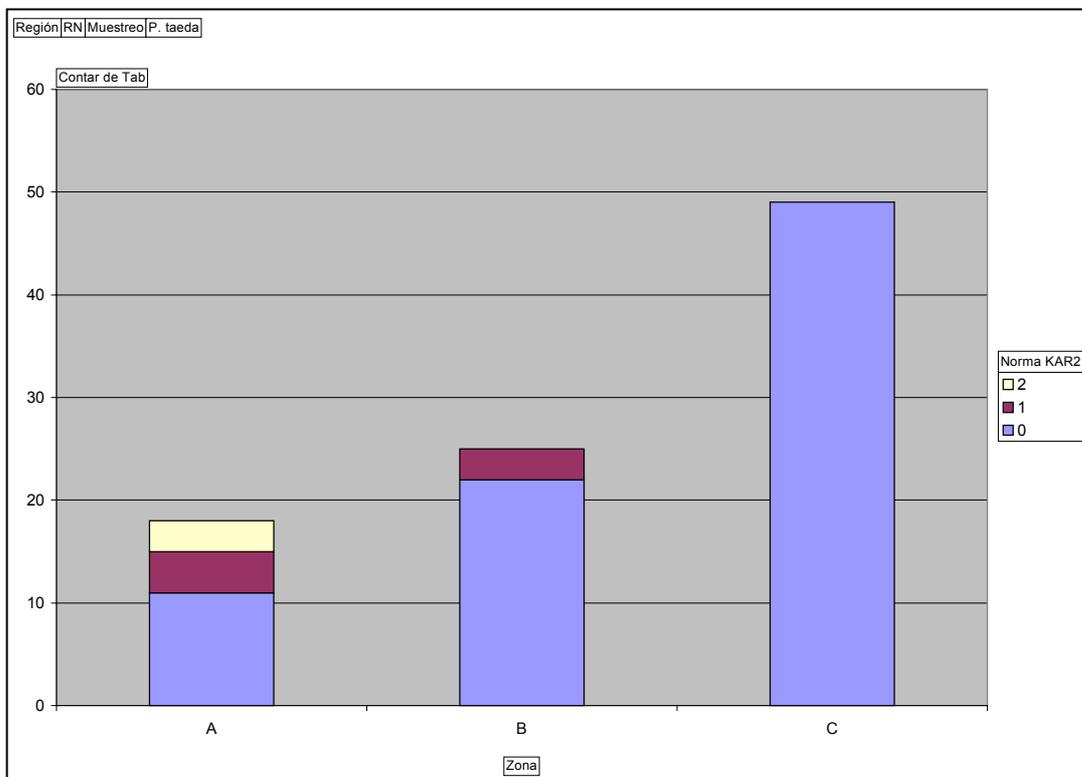
Es importante recordar que las tablas se obtuvieron de trozas basales.

A continuación se presenta un contraste entre *Pinus taeda* de Río Negro (24 años) según la norma AS 2082-1979 y según la norma NCH1207.OF90 (ver gráficos N° 2 y N° 3).

**Gráfico N° 2:** Distribución de tablas de *Pinus taeda* de Río Negro para la clasificación visual según Norma Australiana (AS 2082-1979).



**Gráfico N° 3:** Distribución de tablas de *Pinus taeda* de Río Negro para la clasificación visual según Norma Oficial Chilena (NCH1207.OF90).



Como se observa en el gráfico, la norma chilena (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90) es menos exigente que la australiana (AS 2082-1979).

El 89 % de las tablas entran dentro de la categoría (0) estructural, mientras que en la australiana el 11 % de las tablas entran dentro de la categoría estructural (1) (ver tabla N° 7). Es importante recordar que la norma Australiana (KDR) es una norma confeccionada para latifoliadas.

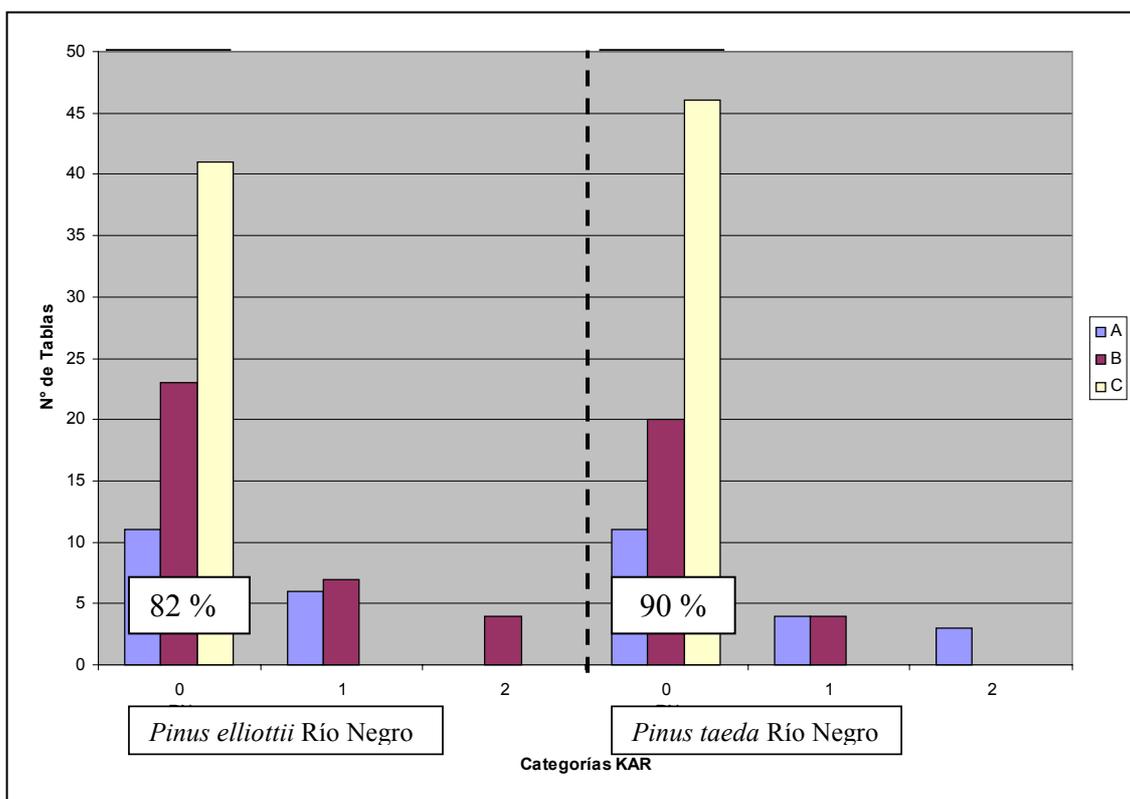
En cuanto a la ubicación de la tabla dentro de la troza (A, B y C), se puede observar que en ambos gráficos, las categorías superiores estuvieron comprendidas en un 100 % por tablas C.

**Tabla N° 7:** Distribución de las tablas según categorías

% de tablas según categoría			
KDR	% de tablas	KAR	% de tablas
1	11	0	89
2	17	1	8
3	9	2	3
4	63		

Como se observa en la tabla N° 7 la clasificación visual según la norma australiana es más exigente que la norma oficial chilena. Las tablas de las categorías 1,2,3 y parte de la categoría 4 de la norma australiana están dentro del 89 % que se presenta en categoría 0 de la norma oficial chilena.

**Gráfico N° 4:** Diferencias entre resultados de Clasificación Visual de tablas de pinos con poda y raleo utilizando la Norma Oficial Chilena (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90).



Para las especies a las que se clasificaron según la norma  $NC_H1207.O_F90$  (KAR), se construyó un gráfico con la distribución de las tablas según su categoría. Para *Pinus taeda* de Río Negro el 90 % de las tablas entran en la categoría estructural, y para *Pinus elliottii* de Río Negro el 82 % de las tablas entra dentro de la categoría estructural. Ambos rodales fueron manejados con poda y raleo. Lo que se puede observar en el gráfico, es que para ambos casos, todas las tablas C se encuentran dentro de la categoría estructural. Es importante ver el efecto positivo que tiene la poda para la posterior clasificación (ver gráfico N° 4).

### 3.2. CORRELACIÓN ENTRE INSPECCIÓN VISUAL Y MOR

A continuación se presenta una tabla de coeficientes de correlación entre valores de inspección visual y módulo de rotura en flexión estática de las tablas (ver tabla N° 8).

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN						
	MOR					
Normas	P.elliotti RN	P.elliottii SJ	P.taeda Riv	P.taeda RN	E.grandis RN	E. grandis RV
KDR	-0.456	-0.625	-0.422	-0.669	-0.602	-0.419
KAR	-0.639	**	**	-0.645	**	**

**Tabla N° 8:** Coeficiente de correlación entre Inspección Visual y MOR

\*\* No se realizó este tipo de clasificación visual, para estos muestreos.



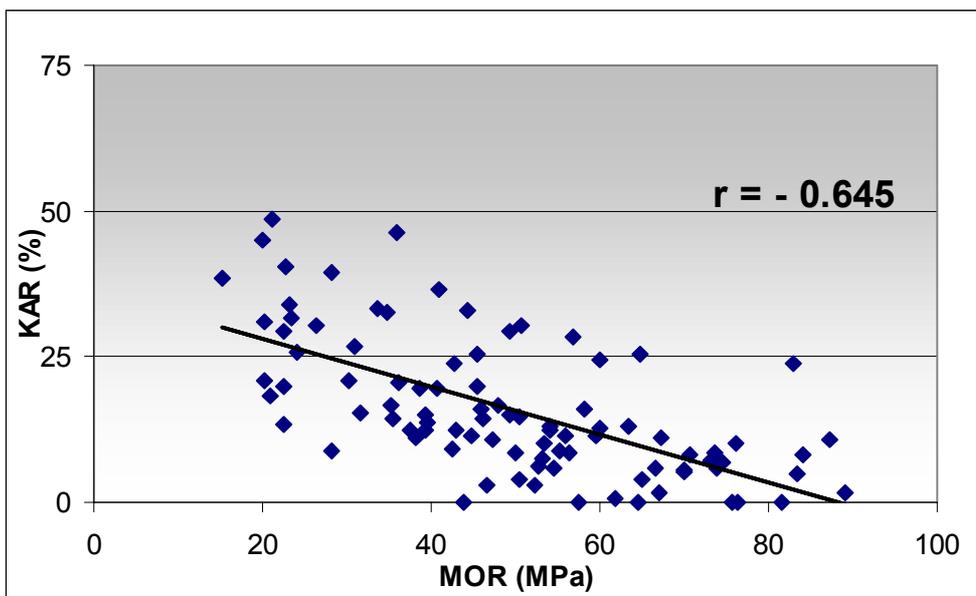
**Figura N° 4:** Tabla luego de ensayo de MOR

El MOR (módulo de rotura) se obtuvo a partir del ensayo de flexión estática de la tabla, utilizando la Máquina Universal de ensayos (Minebea modelo AL-250kNB).

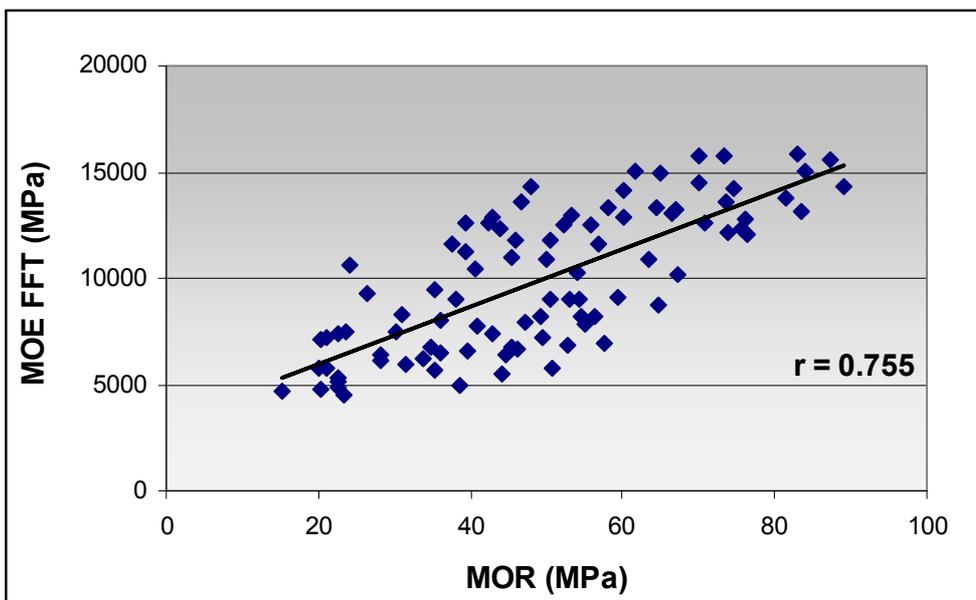
En la figura N° 4, se puede observar como la tabla falló en la zona donde se encontraba el nudo (donde se observa la desviación de la fibra). Este tipo de falla es la que se observa en la mayoría de los casos. Lo que nos estaría indicando la relevancia de los nudos en la resistencia de la tabla.

En el gráfico N° 5 , se muestra la correlación entre el MOR (módulo de rotura) y el KAR obtenido con el método de inspección visual chileno (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90). En el gráfico N° 6 se muestra la correlación entre el MOR y el MOE (Módulo de elasticidad) estimado con el método de ensayo no destructivo FFT analyzer , para *Pinus taeda* de Río Negro.

**Gráfico N° 5:** Correlación entre MOR y KAR en *Pinus taeda* de Río Negro.



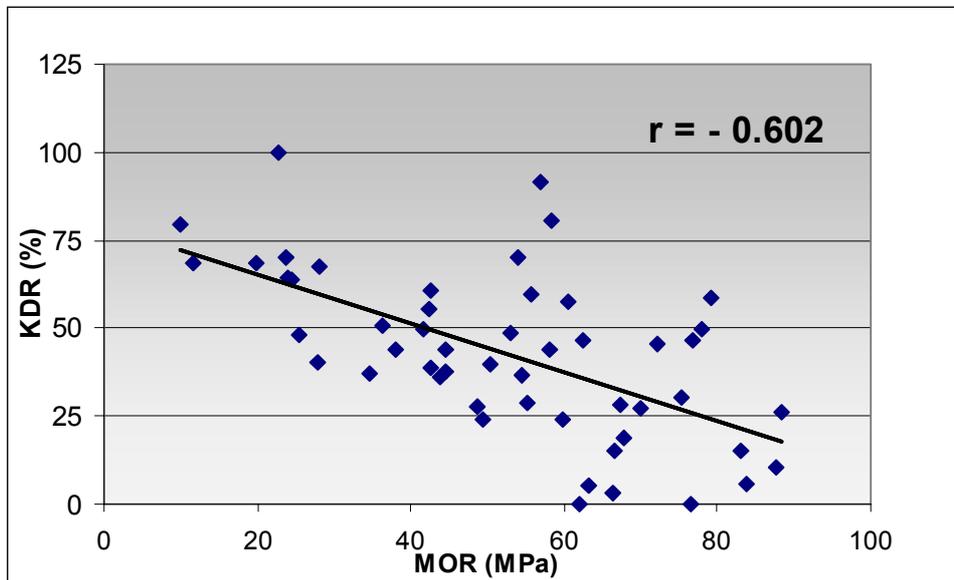
**Gráfico N° 6:** Correlación entre MOR y MOE en *Pinus taeda* de Río Negro.



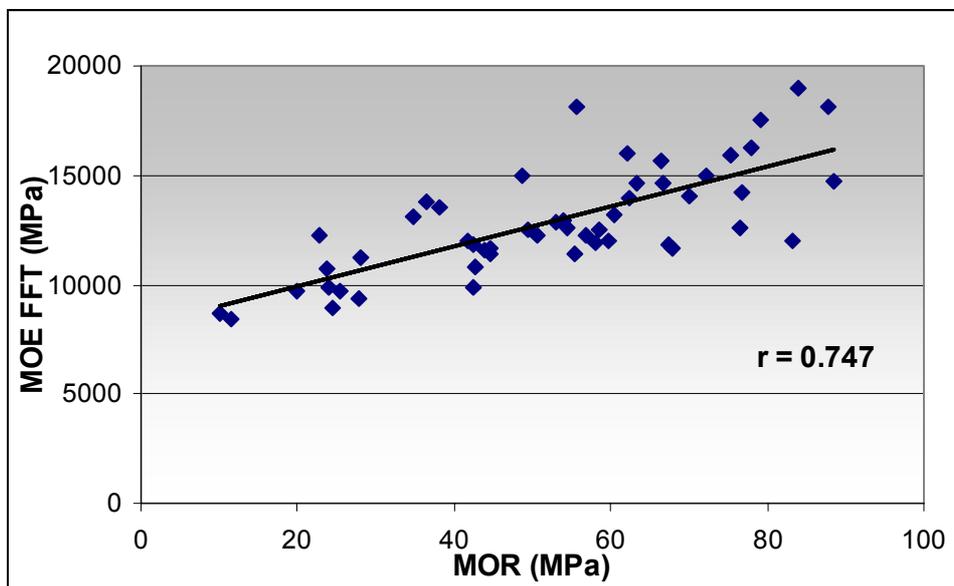
Como se observa en los gráficos, para *Pinus taeda* de Río Negro los coeficientes de correlación entre ambos métodos y el MOR son significativos y similares (con diferente signo), lo que nos indica que ambos métodos se pueden utilizar para estimar el MOR.

En el gráfico N° 7 se observa como se relaciona el MOR (módulo de rotura) y el KDR. En el gráfico N° 8 se muestra la correlación entre el MOR y el MOE (módulo de elasticidad) estimado con el método de ensayo no destructivo FFT analyzer, para *Eucalyptus grandis* de Río Negro.

**Gráfico N° 7:** Correlación entre MOR y KDR en *Eucalyptus grandis* de Río Negro.



**Grafico N° 8:** Correlación entre MOR y MOE en *Eucalyptus grandis* de Río Negro.

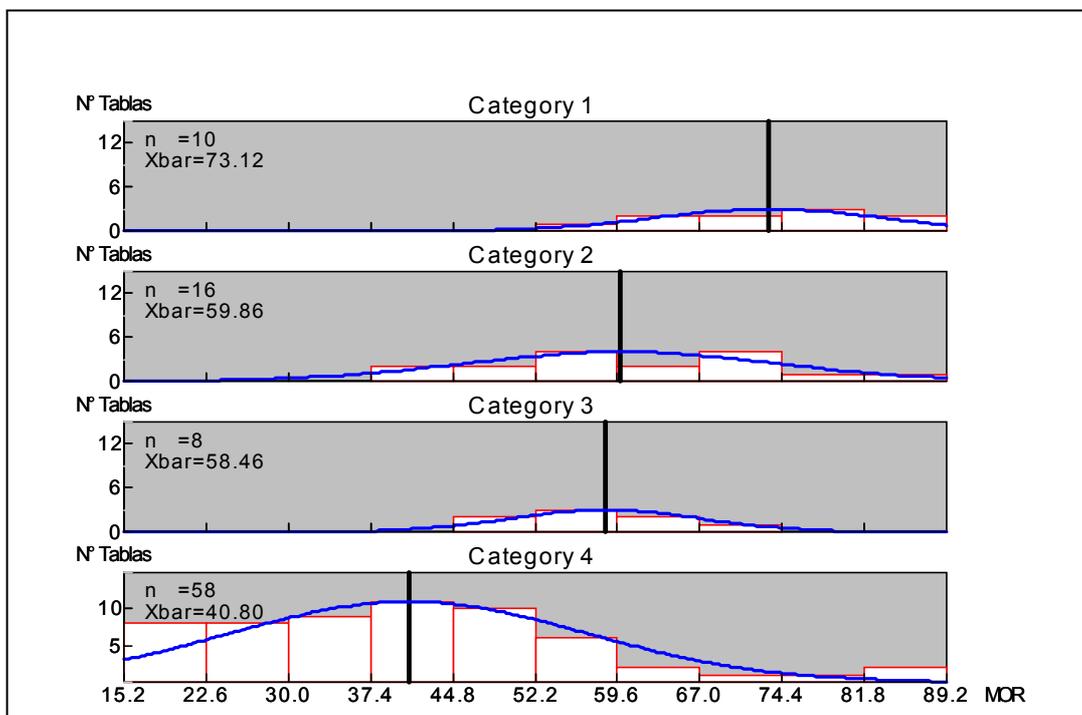


Comparando ambos métodos para *Eucalyptus grandis* de Río Negro, los coeficientes de correlación son significativos y similares. Esto es positivo, ya que el MOE (módulo de elasticidad) es una de las herramientas más importantes y utilizadas para la estimación del MOR (módulo de rotura). Ambos métodos pueden ser complementarios. Por ejemplo, realizar en una primera etapa una clasificación visual (eliminando tablas con grandes defectos), y luego en una segunda etapa, reclasificar las tablas de mejor calidad utilizando una clasificación mecánica.

### 3.3 RELACIÓN ENTRE MOR Y CATEGORÍAS VISUALES

Los siguientes gráficos pretenden mostrar la distribución del MOR (módulo de rotura) en función de las categorías visuales de KDR.

**Gráfico N° 9:** Distribución de MOR de tablas según categoría visual en *Pinus taeda* de Río Negro utilizando Norma Australiana (AS 2082-1979).

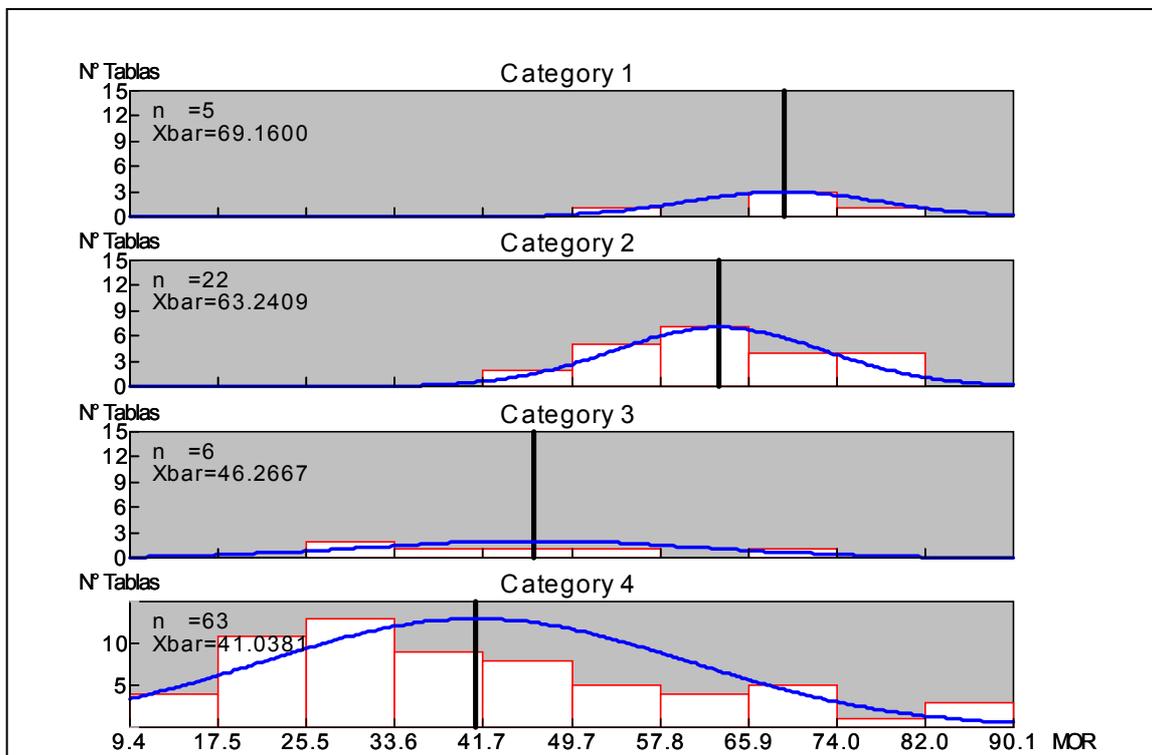


En el gráfico se puede observar una distribución normal para cada una de las categorías definidas. Además se observa como varían las medias de MOR en función de la categoría en la que se encuentran las tablas.

A las medias de MOR de cada categoría estructural, se les realizó una prueba **t** de diferencia de medias, en la que se observó que la categoría 1 presentaba diferencias significativas con las categorías 2, 3 y 4 con un 95 % de confianza.

Se puede observar lo mismo para *Pinus elliottii* (ver gráfico 10).

**Gráfico N° 10:** Distribución de MOR de tablas según su categoría visual en *Pinus elliottii* de Río Negro utilizando la Norma Australiana (AS 2082-1979).

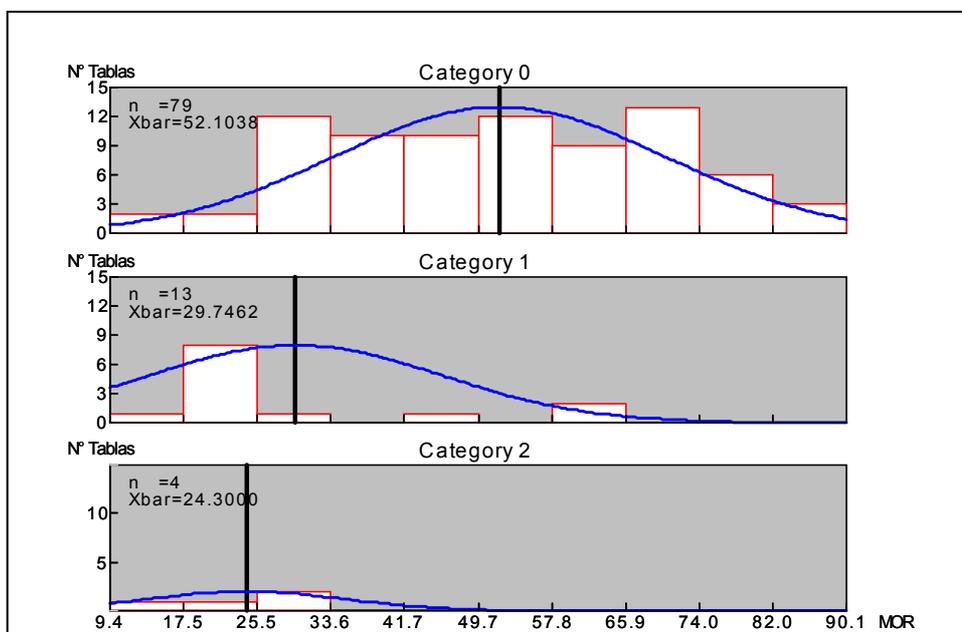


La prueba hipótesis dio con un 95 % de confianza que la categoría 1 presentaba diferencias significativas con las categorías 3 y 4.

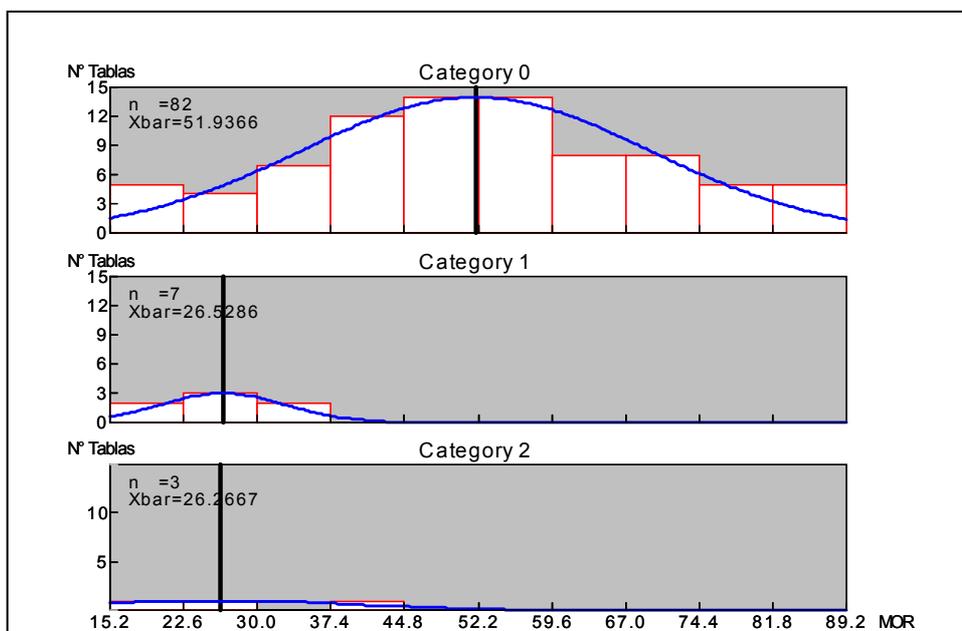
Para *Eucalyptus grandis* y para *Pinus taeda* provenientes de Rivera, las categorías visuales de KDR no presentaban una buena relación con el MOR. Esto se puede explicar por varias razones; una de ellas es la corta edad de los ejemplares (que llevó a la presencia de una alta proporción de madera juvenil); otra puede haber sido la falta de experiencia en la aplicación de la técnica (ya que estos fueron los 2 primeros muestreos). La experiencia en la técnica es un factor fundamental en la clasificación visual.

En los gráficos 11 y 12 se observa una distribución normal de las tablas, y se puede ver la diferencia entre medias de MOR para las 3 categorías definidas en esta norma oficial chilena.

**Gráfico N° 11:** Distribución de MOR de tablas según su categoría visual en *Pinus elliottii* de Río Negro utilizando Norma Oficial Chilena (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90).



**Gráfico N° 12:** Distribución de MOR de tablas según su categoría visual en *Pinus taeda* de Río Negro utilizando la Norma Oficial Chilena (NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90).



A las medias de MOR de cada categoría estructural, se les realizó una prueba hipótesis, presentando diferencias significativas entre la categoría 0 y las categorías 1 y 2 con un 95 % de confianza.

#### 4. CONCLUSIONES

- Luego de realizados los ensayos destructivos de flexión estática para el cálculo de MOR, se observó que en la mayoría de las tablas (que presentaban nudos), la fractura se dio en el nudo o en el contorno del nudo (donde por la veta se observa la desviación de las fibras). Esto nos está indicando la fuerte relación entre resistencia a la flexión y la presencia de nudos en una tabla con fines estructurales.
- Uno de los factores interesantes que presenta la clasificación visual, es que luego de cierta experiencia, se puede aplicar de una manera dinámica. Algo que sería muy práctico para los aserraderos, sobre todo aserraderos pequeños, donde con una persona capacitada, se puede diversificar más la madera para estructuras, y darle un mayor valor agregado.
- Creemos que la poda y los raleos son manejos fundamentales para la obtención de tablas con destino estructural. A partir de montes manejados, se va a obtener una mayor proporción de tablas dentro de las categorías estructurales ya que la proporción de madera clear va a aumentar; y se puede lograr una clasificación visual más eficiente y rápida (ya que se va a tener una mayor proporción de tablas libres de nudos).
- Tomando como referencia el MOE (módulo de elasticidad) (obtenido con el método no destructivo FFT analyzer), como un buen estimador del MOR (módulo de rotura) se puede afirmar que la inspección visual es un método válido para la estimación del MOR. Presentando la ventaja de ser un método que implica muy bajos costos. Ambos métodos pueden complementarse brindando una mayor precisión acerca de la calidad del producto.
- Las categorías definidas en la inspección visual presentan medias de MOR diferentes entre sí. Estas diferencias se vieron más marcadas en los muestreos que presentaban poda y raleo, lo que nos está indicando otra de las ventajas que presenta este tipo de manejos.
- Las mejores correlaciones entre la inspección visual y el MOR, se vieron en las tablas provenientes de árboles de mayor edad. Esto puede estar dado por la mayor proporción de tablas clear y/o por la menor proporción de madera juvenil.
- Es importante recordar que las tres normas utilizadas son extranjeras, y que son útiles como base para establecer en el futuro, una metodología que sea la ideal para nuestras maderas nacionales.

## 5. ANEXO

### 5.1. ANEXO 1

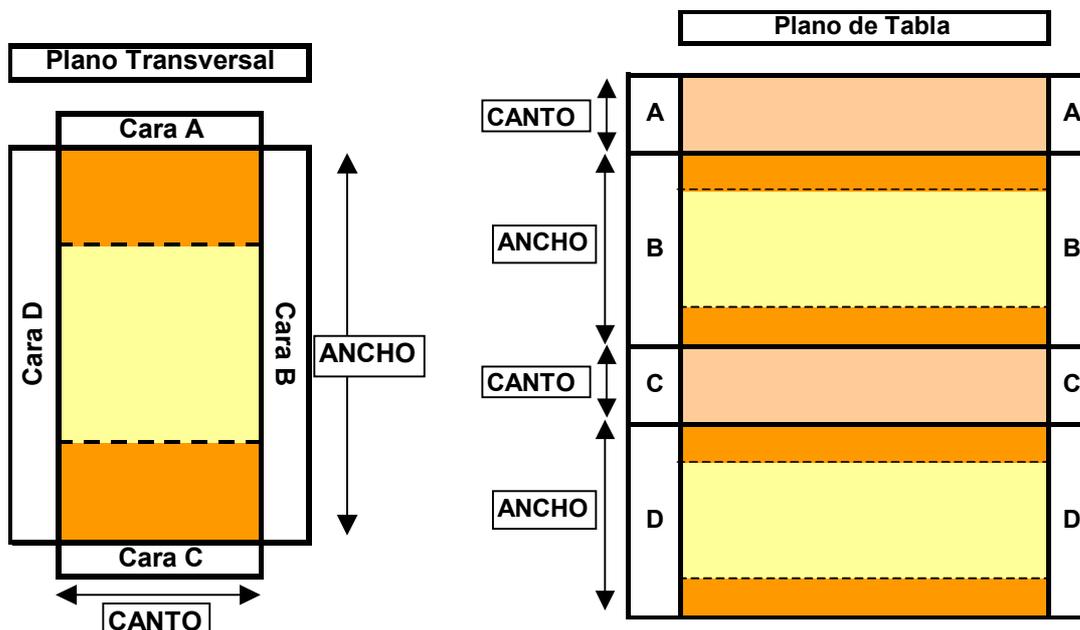


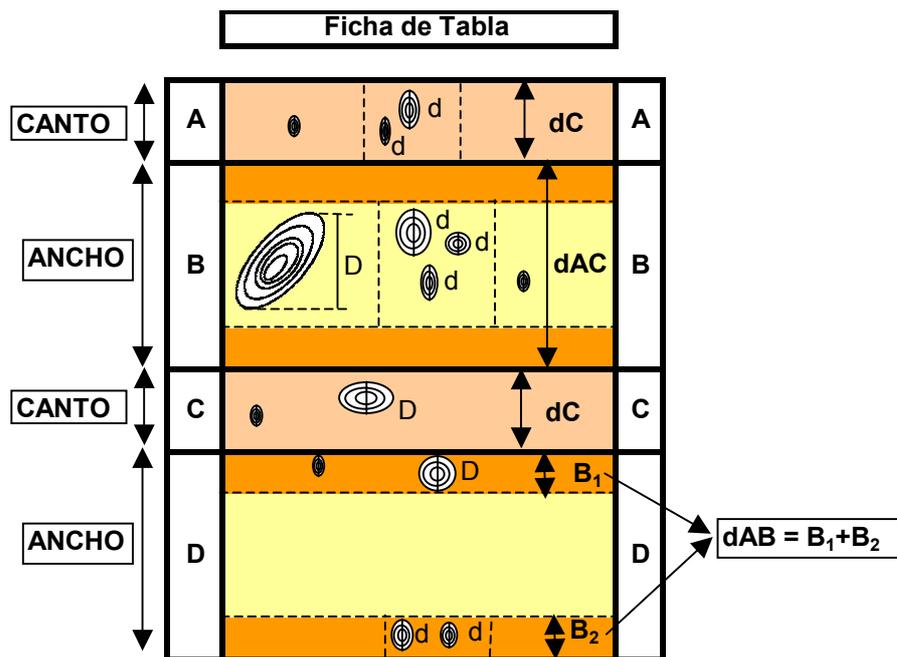
Figura N° 5: Plano de tabla para Inspección visual con la norma JAS.

La tabla se dividió en 4 caras; 2 cantos (A y C) y dos anchos (B y D). Se construyó una ficha de trabajo (a escala), donde se tenía un esquema igual a la figura Plano de tabla. En esta ficha se dibujaron todos los nudos para cada cara, y se anotaron los diámetros de nudos medidos.

### 5.2. ANEXO 2

Se busca ejemplificar como se realiza la inspección visual de una tabla (basado en la norma JAS). La figura muestra el esquema de la ficha (correspondiente a una tabla ejemplo), con los nudos dibujados, y medidos. Posteriormente se detalla como se colectan los datos y como se calculan las razones para la obtención del KDR.

Es importante recordar que el sentido en el que se midieron los diámetros nudosos fue a lo ancho de la tabla. Sobre los nudos medidos en el esquema, se puede ver una línea que indica en el sentido que fueron medidos.



**Figura N° 6:** Procedimiento de inspección visual según norma JAS

$D$  = diámetros de nudos mayores de cada zona de la tabla.

$\sum d$  = diámetros de nudos agrupados de cada zona de la tabla.

$dC$  = espesor del canto de la tabla.

$dAC$  = ancho de la tabla.

$B_1 = B_2 = 1/6 * dAC$ .

$dAB$  = ancho de la zona de borde en el ancho de la tabla.

#### Cara A

La cara A es el canto, presenta una agrupación nudosa, por lo que la razón nudosa será  $nSKDL$  (razón de diámetros nudos agrupados en el espesor del canto) =  $\sum d / dC$   
 $KDR (A) = nSKDL$ .

#### Cara B

Para esta cara (ancho de la tabla), las razones nudosas que se presentan son:  $wKDL-C$  (razón del diámetro nudoso en la zona central del ancho de la tabla) =  $D / dAC$  y  $wSKDL-C$  (razón de diámetros nudos agrupados en la zona central del ancho de la tabla). =  $\sum d / dAC$ .  
 $KDR = (B)$  Mayor entre ( $wKDL-C$  y  $wSKDL-C$ )

#### Cara C

En la cara C (canto de la tabla) presenta un nudo mayor y la razón es  $nKDL$  (razón de diámetro nudoso en el espesor del canto) =  $D / dC$ .  
 $KDR (C) = nKDL$ .

#### Cara D

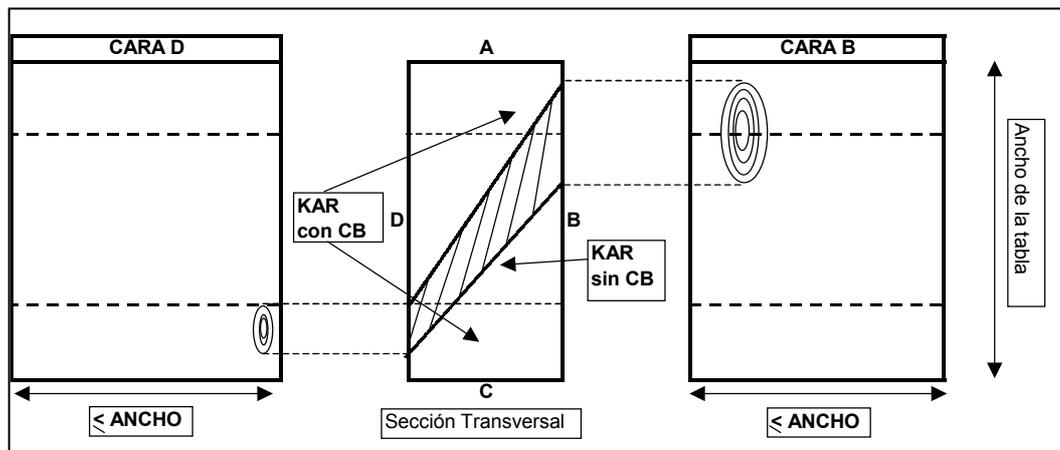
En la cara D (ancho de la tabla) presenta una agrupación nudosa de borde, la razón que corresponde es  $wSKDL-E$  (razón de diámetros de nudos agrupados en los extremos

(bordes) del ancho de la tabla) =  $\sum d / dAB$ ; y un nudo mayor cuya razón es  $wKDL-E$  (razón del diámetro nudoso en los extremos (bordes) del ancho de la tabla) =  $D / dAB$   
 $KDR (D) = wSKDL-E$ .

Finalmente para obtener el KDR de la tabla se calcula el mayor entre los KDR de las 4 caras;  $KDR = \text{Mayor} [KDR (A), KDR (B), KDR (C), KDR (D)]$ .

En la misma ficha donde se dibujaron los nudos, también se registró la falla de la tabla luego del ensayo de flexión. Esto se hizo con la finalidad de observar como se daba la falla con respecto a los nudos.

### 5.3. ANEXO 3



**Figura 7:** Esquema de zona de área nudosa para inspección visual de Norma Chilena.

La figura 7 busca esquematizar como es la planilla de trabajo para la obtención del KAR (razón de área nudosa).

#### Pasos a seguir

1. Se selecciona la sección de la tabla que presenta una mayor concentración de nudos (zona de área nudosa) en las 4 caras. Se discriminan las secciones de borde (como lo indica la figura 7), donde borde =  $\frac{1}{4} * \text{ancho}$ .
2. Para seleccionar la zona de área nudosa, se debe tener en cuenta que la misma no puede presentar nudos que disten unos de otros en el largo de la tabla a una mayor distancia que el ancho de la misma (ver figura 7). Este concepto es el mismo que se utiliza para las agrupaciones nudosas en la norma JAS anteriormente mencionada.
3. Una vez que se seleccionó la zona, se procede a medir los nudos (en dirección del ancho de la tabla). Además se mide la distancia entre el extremo superior del nudo y el extremo de la tabla de manera de tener la ubicación precisa del nudo dentro de la tabla (ver figura 7).
4. Luego de que se tienen todos los nudos medidos y ubicados en la sección transversal, se procede a hacer las proyecciones de los mismos.  
 Para este paso es muy importante que tener claro el concepto de como se desarrollan los nudos (ver figura 3).

5. Una vez que se tienen las proyecciones se mide el área nudosa dibujada a escala. Para esto se utiliza la planilla de puntos.

6. Por último se calcula el KAR, discriminando si es con condición de borde o sin condición de borde (ver figura 7).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. AUSTRALIAN STANDARD 2082-1979/ Visually stress-graded hardwood Standards For structural purposes. Standards association of Australia standards house. Sydney.
2. NORMA CHILENA OFICIAL NC<sub>H</sub>1207.O<sub>F</sub>90/ Pino radiata – Clasificación Visual para uso estructural – Especificaciones de los Grados de Calidad. Primer edición 1990.
- 3 JAPANESE AGRICULTURAL STANDARD / JAS Structural Softwood Lumber-1991.
- 4 TUSET, R.; DURÁN, F./ Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización, 1986. Editorial hemisferio Sur. 688 p.
5. Agriculture Handbook 72; *Wood Handbook*, Wood as an engineering material, USDA, 1999.

**Laboratorio Tecnológico del Uruguay**  
**Sector Productos Forestales**

Avda. Italia 6201 – CP 11500 – Montevideo, Uruguay  
Tel. (+598-2)601-3724 int. 321 Fax: (+598-2)601-8554  
e-mail: [rdecas@latu.org.uy](mailto:rdecas@latu.org.uy)