

CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DE LA MADERA DE
PINO INSIGNE (PINUS RADIATA DON.) DE BALCARCE

Ing. Carlos M. Barbieri

Tco. Hugo Aiello

Tco. Daniel Grassino

Tco. Hugo Lupano

INTRODUCCION

El Pino insigne presenta entre sus cualidades la de ser una conífera de crecimiento precoz, productor de madera de color claro, blanda y vistosa, aunque calificada como ordinaria. Crece en sitios donde aventaja en rendimiento a otras producciones, sean animales o vegetales. Es originario de California donde no se lo cultiva; en cambio Chile, Australia y Sudáfrica son grandes productores. Chile aspira llegar al final del siglo con un millón de hectáreas plantadas.

Se encuentra difundido en pequeñas plantaciones dentro de la Provincia de Buenos Aires, en Mar del Plata, 25 de Mayo, Junín, Balcarce, Necochea y Miramar, de donde se han sacado conclusiones sobre su comportamiento edáfico, crecimiento y producción de volumen por hectárea. Prefiere suelos frescos y profundos, así sean pedregosos, exige un régimen de lluvias abundantes, superior a los 800 mm por año y fracasa donde la arcilla se concentra en el subsuelo, sobre todo si esta es salina.

Ecológicamente la mejor zona para su cultivo, la ubica Golfari en los Andes Patagónicos, Cabo San Antonio, Costa Atlántica dunosa, luego en región de sierras del Sistema Tandilia en los partidos de General Pueyrredón, Balcarce, Tandil, Lobería, General Alvarado y Ayacucho, donde pueden aprovecharse laderas arenosas o limo-arenosas para evitar el arrastre de suelo que producen las lluvias y obtener un provecho múltiple, al lograr la retención de aguas, evitar la erosión, regular la calidad de los torrentes, disminuir el depósito de materiales sobre pampas bajas y productivas y por otro lado el bosque crece con una producción de 10 a 20 m³ por hectárea/año.

ORIGEN DE LAS MUESTRAS

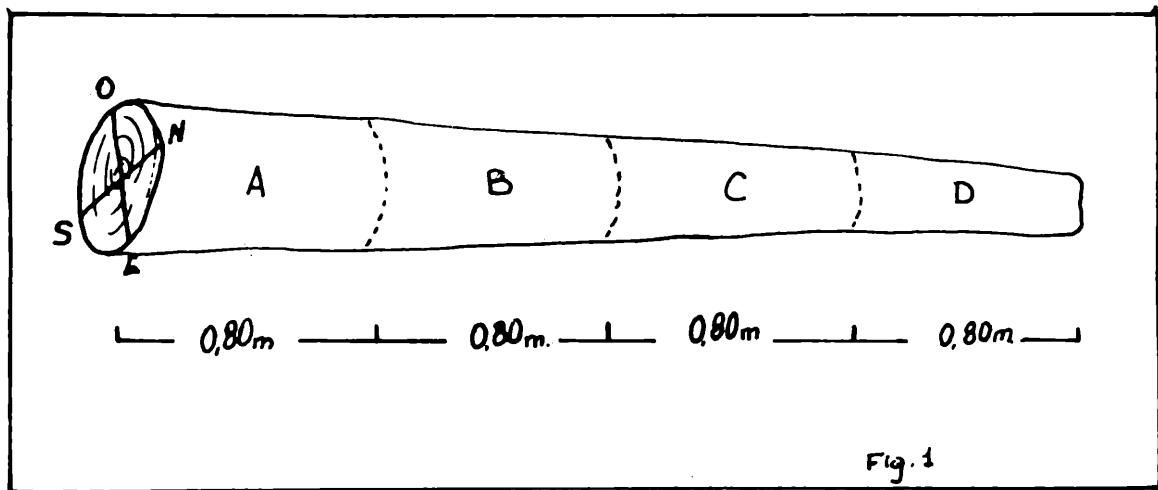
Los árboles se cortaron de una plantación ubicada en la

sierra de la Vigilancia cerca de la laguna La Brava en un campo de propiedad de los señores Oscar y Adolfo Manetti.

La primera impresión era la falta de raleos y aclareos, lo que originaba un elevado número de individuos dominados y algunos volcados, entre los dominantes la sanidad era buena. Zona donde llueve de 800 a 1000 mm por año, coincide con las exigencias de la especie. La plantación mantiene los barrancos y faldas, libres de erosión.

CORTE Y EXTRACCION DEL MATERIAL

Una vez seleccionados los árboles tipo, se les marcó en la corteza la orientación norte, información necesaria para la posterior individualización de la madera. Se realizó el corte de apeo en la zona más próxima al cuello, eludiendo la influencia radicular, trozándose en longitudes de 2,40 m para facilitar su traslado (fig. 1).



MARCACION E IDENTIFICACION DE LOS TROZOS

Cada unidad se protege con una funda plástica tomada por una banda de goma, y así evitar la desecación violenta por los cortes transversales extremos.

Para identificar cada sector del árbol, se adaptó a nuestras necesidades la norma ASTM D-143.

Cada trozo de 0,80 m se marcó según se indica en la figura 2, y se cuarteó, a su vez estos cuartos fueron cortados en tablas de 3 cm de espesor de la cual se extrajo un listón de 2,5 x 2,5 cm (fig. 2). Las tablas se numeraron y se estibarón para su secado natural bajo techo y posteriormente sirvieron para obtener los valores en seco y ajustados a 15 % de contenido de humedad.

Después de cepillados los listones de 2 x 2 cm, se depositan en la cámara de humedad, para conservar un contenido de agua y luego ensayarlo en estado verde. Los listones destinados a los ensayos en seco, no se cortan inmediatamente para evitar alabeos, colapso o rajaduras, sino que se procede al secado en tablas para que bajen su contenido de humedad cerca del 15 %, luego se procede a la elaboración de listones y de probetas.

En la figura 3 puede observarse que los listones de donde se obtienen las probetas de ensayos en verde y en seco, son vecinos.

DISPOSICION Y SELECCION DE NORMAS PARA CADA ENSAYO

En cada listón cepillado se separa la zona libre de defectos y se van remarcando las probetas que se elaborarán en sus medidas justas.

Se efectuaron los siguientes ensayos:

- a) Ensayo de flexión estática, según norma IRAM 9 542 (si-

T A B L A I

TOTAL DE PROBETAS ENSAYADAS

	Estado "verde"			Estado "seco"		
	I	II	III	I	II	III
<u>Propiedades mecánicas</u>						
Flexión estática	8	12	15	8	14	15
Flexión dinámica	8	15	-	12	11	14
Compresión paralela	12	14	14	12	15	16
Dureza	10	17	12	11	16	16
Tracción paralela	5	11	15	9	11	10
Tracción perpendicular	11	15	14	11	15	15
Corte	11	14	11	12	15	14
Clivaje	12	15	12	12	12	15
<u>Propiedades físicas</u>						
Densidad aparente	-	-	-	40	40	70
Contracción volumétrica	-	-	-	12	16	18
Total	77	109	89	159	165	199

milar a NFB 51-008 AFNOR). Las probetas son de 2 x 2 x 34 cm y la velocidad de carga 5 mm por minuto. Con los datos de carga y de deformación se procede a trazar una curva para determinar los puntos límite de proporcionalidad.

- b) Flexión dinámica, según norma IRAM 9546 (NFB 51-009 AFNOR o AIR 0616). Este ensayo se realiza mediante el péndulo de Chapy, de maza y longitud conocida, capaz de producir 10 kgm, provista de una escala que permite apreciar al 0,1 kgm o los 205 cm de arco. La sección de choque del péndulo debe ser cilíndrica y de 30 mm de diámetro. Las probetas son de 2 x 2 x 30 cm y una vez ejecutado el ensayo se informa el trabajo absorbido, tensión mecánica, resiliencia, humedad y densidad aparente en el momento del ensayo.
- c) Compresión paralela (IRAM 9541 o NFB 51-007). Las medidas de las probetas son de 2 x 2 x 6 cm, la velocidad de carga es de 0,4 mm por minuto, la deformación lateral se mide por medio de deflectómetros. Se grafica la curva de carga-deformación y se informa la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura, módulo de elasticidad y humedad.
- d) Dureza (según norma IRAM 9558). Se utilizan probetas de 2 x 2 x 6 cm. Se aplica una carga progresiva y creciente de 5 kg, se lee la impresión en el deflectómetro, durante 3 minutos se aumenta progresivamente la tensión hasta obtener un valor de 100 kg por cm, manteniéndose 5 segundos se hace disminuir la carga progresivamente hasta llegar a 5 kg, se lee nuevamente el valor de la impresión en el deflectómetro. La diferencia entre las dos lecturas de la profundidad de la impresión que debe ser inferior a 2 cm. Si es mayor, se repite el ensayo aplicando una carga de 50 kg y multiplicando por dos se obtiene el resultado. Se informa cuota de dureza y humedad en el momento del ensayo.
- e) Tracción paralela (norma LEMIT). Las probetas tienen las siguientes medidas: 2 x 0,6 x 30 cm; la zona de rotura es de una sección de 0,4 x 0,6 cm. Se concre-

tan los datos de tensión de rotura radial y tangencial y contenido de humedad en el momento del ensayo.

- f) Clivaje (norma AIR 0617, NFB 51-011). Las probetas tienen 2 x 2 x 4,5 cm, la velocidad de carga no debe pasar los 50 kg por minuto, clasificando los siguientes datos: tensión de rotura radial y tangencial y contenido de humedad en el momento del ensayo.
- g) Densidad aparente. Las medidas de las probetas son 2 x 2 x 2 cm de acuerdo a la norma IRAM 9544, el procedimiento por medio del volumenómetro de Breüil-Amsler.
- h) Contracción volumétrica (norma IRAM 9543). Se preparan probetas de 2 x 2 x 5 cm en los tres sentidos o sea tangencial, radial y axial, o transversal. Se informan las contracciones totales desde estado saturado o estado seco en horno en cada orientación, la contracción volumétrica total, punto de saturación y contenido de humedad para cada árbol.

CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES

Los promedios y otros datos estadísticos obtenidos de ensayos en varias propiedades mecánicas, en estado verde y seco al aire, han sido resumidos en las tablas II y III respectivamente. Los valores correspondientes a las columnas 6 a 9 se obtienen por procedimientos de cálculo estadístico simples y de fórmulas conocidas. La tolerancia al límite (columna 10) muestra el menor valor obtenido en cada ensayo; el valor porcentual de la misma columna indica la confianza de que vamos a lograr u 81 %. Por supuesto que el resultado obtenido, va ligado al número de muestras ensayadas. Estos datos se extraen de la tabla de estimaciones no paramétricas, preparadas especialmente para ensayos de madera, por el Departamento de Agricultura, Servicios Forestales, de los E.E. U. U.

Las tablas IV y V, nos permiten visualizar claramente la diferencia de resultados entre los ensayos al estado verde y

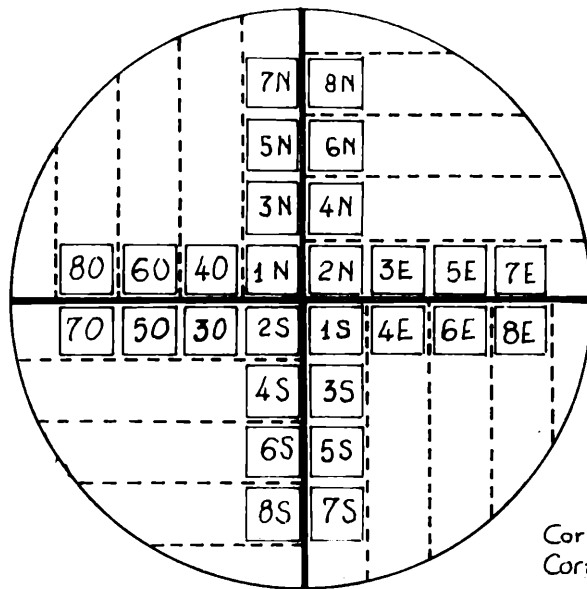


Fig. 2

Corte en tablas ---
 Corte en listones □

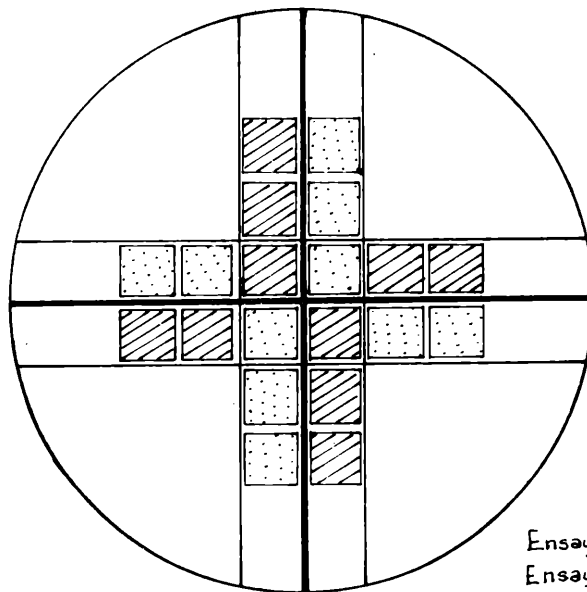


Fig. 3

Ensayo en verde ...
 Ensayo en seco //

T. A. B. L. A. II

ENSAJO AL ESTADO VERDE - MADERA DE PINO INSIGNE (PINUS RADIATA D/DON)

Procedencia del material: Balcarce, Provincia de Buenos Aires

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ensayo	Unidades	Arbol	Número de observaciones	Promedio	Desviación standard	Error standard	Coefficiente de variación	95% de confianza, intervalo alrededor del promedio	5% de tolerancia límite
FLEXION ESTÁTICA									
Tensión límite proporcionalidad	kg/cm ²	I II III	8 12 13	133 136 156	27,46 38,06 23,00	19,74 11,00 6,39	0,20 0,28 0,15	113,9 - 152,1 114,4 - 157,6 143,5 - 168,5	100 - (33%) 101 - (45%) 101 - (48%)
Tensión de rotura	kg/cm ²	I II III	8 12 13	247 239 278	7,23 34,07 38,70	2,56 9,85 10,75	0,03 0,14 0,14	242,0 - 252,0 219,7 - 258,8 256,9 - 299,7	236 - (33%) 170 - (45%) 203 - (48%)
Módulo de elasticidad ..	kg/cm ²	I II III	8 12 13	26 800 29 900 31 600	4 367,9 6 328,9 4 835,7	1 548,9 1 828,9 1 232,1	0,16 0,21 0,14	23 764 - 29 835 26 315 - 33 484 22 906 - 40 294	16 700 - (33%) 14 300 - (45%) 24 700 - (48%)
FLEXION DINÁMICA									
Trabajo absorbido	kgm	I II	8 15	3,0 1,5	1,58 0,54	0,56 0,14	0,52 0,36	1,9 - 4,0 1,2 - 1,7	1,7 - (33%) 0,6 - (56%)
Resiliencia.....	kg.cm/cm ³	I II	8 15	226 117	93,24 38,27	33,5 13,76	0,41 0,33	161,2 - 290,8 90,0 - 143,9	128 - (33%) 46 - (53%)
Tensión máxima	kg/cm ²	I II	8 15	623 708	72,02 229,48	25,54 59,50	0,12 0,32	572,9 - 673,0 591,7 - 824,2	540 - (33%) 468 - (53%)
COMPRESION AXIAL									
Tensión límite proporcionalidad	kg/cm ²	I II III	12 14 14	72 69 87	14,06 11,19 8,16	4,06 2,99 2,18	0,20 0,16 0,09	64,1 - 79,9 63,1 - 74,9 82,7 - 91,3	61 - (45%) 63 - (50%) 62 - (50%)
Tensión de rotura	kg/cm ²	I II III	12 14 14	120 119 131	12,38 14,83 13,11	3,58 3,96 3,50	0,10 0,12 0,10	112,9 - 127,0 111,2 - 126,8 124,1 - 137,9	105 - (45%) 95 - (50%) 112 - (50%)
Módulo de elasticidad ...	kg/cm ²	I II III	12 14 14	35 000 44 300 38 200	9 825,4 1 234,7 5 525,0	2 389,7 3 009,3 14,77	0,28 0,25 0,14	29 434 - 40 566 38 410 - 50 198 35 304 - 41 095	22 300 - (45%) 30 500 - (50%) 30 200 - (50%)

DUREZA									
Indice radial.....	I	10	0,65	0,089	0,03	0,14	0,595 - 0,705	0,49 - (39%)	
	II	13	0,39	0,126	0,04	0,32	0,321 - 0,459	0,18 - (48%)	
	III	12	0,46	0,170	0,05	0,37	0,362 - 0,558	0,17 - (45%)	
Indice tangencial	I	10	0,64	0,167	0,05	0,26	0,538 - 0,742	0,47 - (39%)	
	II	13	0,29	0,054	0,02	0,19	0,261 - 0,319	0,11 - (48%)	
	III	12	0,37	0,130	0,04	0,35	0,292 - 0,448	0,17 - (45%)	
CORTE									
Tensión de rotura radial					kg/cm ²				
	I	11	7,7	1,43	0,43	0,19	6,8 - 8,5	6,5 - (42%)	
	II	14	8,7	1,25	0,33	0,14	8,0 - 9,4	6,5 - (42%)	
	III	11	9,5	0,64	0,19	0,07	9,1 - 9,9	7,6 - (42%)	
Tensión de rotura tangencial					kg/cm ²				
	I	11	8,0	1,01	0,30	0,13	7,4 - 8,6	5,9 - (42%)	
	II	14	8,9	1,74	0,46	0,20	8,0 - 9,8	6,2 - (42%)	
	III	11	9,6	1,43	0,43	0,15	8,7 - 10,4	7,9 - (42%)	
CLIVAJE									
Tensión de rotura radial.					kg/cm ²				
	I	12	6,4	0,58	0,17	0,09	6,1 - 6,7	5,8 - (45%)	
	II	15	7,1	1,57	0,40	0,22	6,3 - 7,8	5,0 - (53%)	
	III	12	6,8	1,43	0,41	0,21	6,0 - 7,6	5,0 - (45%)	
Tensión de rotura tangencial					kg/cm ²				
	I	12	8,2	1,74	0,50	0,21	7,2 - 9,2	6,0 - (45%)	
	II	15	8,7	1,16	0,30	0,13	8,1 - 9,3	6,5 - (53%)	
	III	12	9,1	1,27	0,37	0,14	8,4 - 9,8	6,5 - (45%)	
TRACCION PARALELA									
Tensión de rotura.....					kg/cm ²				
	I	5	458	56,30	26,03	0,13	407 - 509	371	
	II	11	554	153,99	46,38	0,28	463 - 645	329 - (42%)	
	III	13	482	88,23	24,51	0,18	434 - 530	350 - (48%)	
TRACCION PERPENDICULAR									
Tensión de rotura radial.					kg/cm ²				
	I	11	9,2	1,61	0,48	0,18	8,3 - 10,1	7,5 - (42%)	
	II	15	8,7	1,17	0,30	0,13	8,2 - 9,3	6,2 - (53%)	
	III	14	12,1	3,27	0,87	0,27	10,4 - 13,8	7,9 - (50%)	
Tensión de rotura tangencial					kg/cm ²				
	I	11	12,3	2,14	0,64	0,17	11,1 - 13,5	9,5 - (42%)	
	II	14	10,0	2,69	0,72	0,27	8,6 - 11,4	8,1 - (50%)	
	III	14	15,2	3,08	0,82	0,20	13,6 - 16,8	14,0 - (50%)	

T A B L A III

ENSAYO DE MADERA SECA AL AIRE CON VALORES AJUSTADOS A UN CONTENIDO DE HUMEDAD DEL 15 %
MADERA DE PINO INSIGNE (PINO RADIATA D. DON)

Procedencia del material: Balcarce, Provincia de Buenos Aires

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Ensayo	Unidades	Arbol	Número de observaciones	Promedio	Desviación standard	Error standard	Coefficiente de variación	95 % de confianza, intervalo alrededor del promedio	5 % de tolerancia límite
FLEXION ESTÁTICA									
Tensión límite proporcionalidad	kg/cm ²	I II III	8 14 13	255,3 244,6 280,8	34,2 33,8 29,2	12,09 9,04 8,00	0,134 0,138 0,104	231,61 - 278,99 226,88 - 262,32 265,12 - 296,48	201,3 - (33%) 197,1 - (50%) 242,1 - (48%)
Tensión de rotura	kg/cm ²	I II III	8 14 13	495,8 443,2 512,8	36,1 51,7 42,7	12,75 13,82 11,86	0,073 0,117 0,085	470,81 - 520,80 416,11 - 470,29 489,54 - 536,05	432,0 - (33%) 398,8 - (50%) 442,6 - (48%)
Módulo de elasticidad ...	kg/cm ²	I II III	8 14 13	40 900 47 600 46 300	19 530 9 870 16 920	6 901,06 2 639,04 4 700,00	0,478 0,207 0,365	27 373,92 - 54 426,08 42 427,48 - 52 772,52 37 088,00 - 55 512,00	28 100 - (33%) 28 300 - (50%) 37 000 - (48%)
COMPRESION PARALELA									
Tensión límite proporcionalidad	kg/cm ²	I II III	12 15 14	132,0 143,3 122,4	21,55 31,50 18,92	6,23 8,14 5,06	0,163 0,220 0,155	119,19 - 144,21 127,34 - 159,25 112,48 - 132,32	97,2 - (45%) 86,2 - (53%) 94,5 - (50%)
Tensión de rotura	kg/cm ²	I II III	12 15 15	242,7 227,1 187,4	19,85 30,20 36,90	5,74 7,80 9,54	0,082 0,133 0,197	231,45 - 253,95 211,81 - 242,39 168,70 - 206,09	208,0 - (45%) 161,8 - (53%) 125,0 - (53%)
Módulo de elasticidad ...	kg/cm ²	I II III	12 15 15	42 800 57 300	14 800 16 940	4 277,46 4 377,26	0,346 0,296	34 416,19 - 51 183,82 48 720,57 - 65 879,43	35 000 - (45%) 34 600 - (53%)
TRACCION PERPENDICULAR									
Tensión de rotura:									
Superficie radial.....	kg/cm ²	I II III	11 16 13	20,3 16,3 19,4	3,52 2,63 3,29	1,00 0,66 1,46	0,164 0,161 0,272	18,34 - 22,26 15,07 - 17,59 16,54 - 22,26	15,1 - (42%) 13,3 - (55%) 14,3 - (48%)
Superficie tangencial..	kg/cm ²	I II III	11 15 13	18,8 17,9 21,2	2,47 3,87 3,74	0,74 1,00 1,04	0,131 0,216 0,176	17,35 - 20,25 15,94 - 19,86 19,16 - 23,24	13,0 - (42%) 8,3 - (55%) 15,8 - (48%)

<u>TRACCION PARALELA</u>									
Tensión de rotura	kg/cm ²	I	9	686,0	163,3	54,43	0,238	579,32 - 792,68	406,0 - (36%)
		II	11	751,0	124,5	37,50	0,166	678,40 - 825,40	499,0 - (42%)
		III	9	643,7	132,5	44,10	0,206	557,26 - 730,14	506,1 - (36%)
<u>FLEXION DINAMICA</u>									
Trabajo absorbido	kgm	I	12	0,60	0,34	0,09	0,376	0,42 - 1,55	0,38 - (45%)
		II	11	0,70	0,28	0,08	0,400	0,54 - 0,86	0,46 - (42%)
		III	11	0,69	0,19	0,06	0,322	0,48 - 0,72	0,46 - (42%)
Tensión máxima	kg/cm ²	I	12	572,2	136,31	36,40	0,238	506,74 - 637,66	303,7 - (45%)
		II	11	521,6	92,20	27,77	0,176	467,17 - 576,03	415,7 - (42%)
		III	14	406,0	118,50	31,68	0,292	343,91 - 468,09	289,5 - (50%)
Resiliencia	kgcm/cm ³	I	12	54,9	30,26	8,75	0,551	37,75 - 7205	29,8 - (45%)
		II	11	61,9	20,68	6,24	0,334	49,68 - 74,13	37,7 - (42%)
		III	11	54,8	14,6	4,37	0,264	46,23 - 63,36	37,6 - (42%)
<u>CLIVAJE O HENDIMIENTO</u>									
Tensión de rotura radial	kg/cm ²	I	12	11,0	1,62	0,47	0,147	10,08 - 11,92	8,2 - (43%)
		II	14	8,5	2,18	0,63	0,256	7,26 - 9,64	6,8 - (43%)
		III	15	14,4	3,37	0,93	0,231	12,58 - 16,22	9,6 - (48%)
Tensión de rotura tangencial	kg/cm ²	I	12	12,5	2,06	0,60	0,165	11,52 - 13,68	11,2 - (43%)
		II	10	11,5	0,85	0,27	0,074	10,97 - 12,03	10,1 - (39%)
		III	13	14,1	2,23	0,62	0,158	12,88 - 15,32	9,7 - (48%)
<u>CORTE</u>									
Tensión de rotura radial	kg/cm ²	I	12	176,7	15,43	4,46	0,087	167,96 - 185,44	157,4 - (45%)
		II	9	161,0	17,32	5,77	0,108	149,69 - 172,31	136,3 - (36%)
		III	14	171,2	12,33	3,30	0,072	165,73 - 178,67	149,7 - (50%)
Tensión de rotura tangencial	kg/cm ²	I	12	191,4	11,18	3,23	0,058	185,07 - 197,73	173,0 - (49%)
		II	7	175,9	14,73	5,36	0,084	155,00 - 186,80	161,2 - (29%)
		III	13	179,7	23,23	6,44	0,129	167,08 - 192,32	147,8 - (48%)
<u>PESO DE LA UNIDAD DE VOLUMEN</u>									
Peso específico	g/cm ³	I	40	0,391	18,4	2,91	0,047	0,397 - 0,385	0,365 - (87%)
		II	40	0,346	13,8	2,18	0,040	0,350 - 0,342	0,315 - (87%)
		III	70	0,346	27,5	4,35	0,079	0,355 - 0,337	0,306 - (97%)
<u>DUREZA</u>									
Índice radial		I	11	1,04	0,16	0,05	0,154	0,94 - 1,13	0,77 - (42%)
		II	16	0,67	0,22	0,06	0,328	0,56 - 0,79	0,45 - (55%)
		III	16	0,79	0,18	0,05	0,228	0,69 - 0,89	0,53 - (55%)
Índice tangencial		I	11	0,96	0,21	0,04	0,219	0,84 - 1,08	0,71 - (42%)
		II	11	0,67	0,16	0,10	0,239	0,59 - 0,75	0,44 - (55%)
		III	15	1,00	0,37	0,10	0,370	0,80 - 1,20	0,78 - (53%)

T A B L A · IV b

PINO INSIGNE (PINUS RADIATA D. DON)

(1) Arbol	(2)		(3)		(4) Tracción paralela Tensión de rotura (kg/cm ²)	(5)		(6)		(7)		(8)		(9)		(10)		
	Tracción perpendicular Radial (kg/cm ²)	Tensión de rotura Tangencial (kg/cm ²)	Clivaje Tensión de rotura Radial (kg/cm ²)	Tensión de rotura Tangencial (kg/cm ²)		Corte Tensión de rotura Radial (kg/cm ²)	Tensión de rotura Tangencial (kg/cm ²)	Dureza Coeficiente Radial	Tensión de rotura Tangencial (kg/cm ²)	Dureza Coeficiente Tangencial								
I	9,2	12,3	458	6,4	8,2	77	80	0,65	0,64									
II	8,7	10,0	554	7,1	8,7	87	89	0,59	0,29									
III	12,1	15,2	482	6,8	9,1	95	96	0,46	0,37									
				Ensayos al estado seco al aire y ajustados a 15 % de humedad														
I	20,3	18,8	686	11,0	12,5	177	191	1,04	0,96									
II	16,3	17,9	751	8,5	11,5	161	176	0,67	0,67									
III	19,4	21,2	644	14,4	14,1	172	180	0,79	1,00									

T A B L A IV a

PINO INSIGNE (PINUS RADIATA D. DON)

Procedencia: Sierra de "La Vigilancia", Balcarce

(1)	(2)	(3)			(4)		(5)	(6)		(7)		(8)	(9)		(10)
		Límite propor- cionalidad	Límite propor- cionalidad	Tensión de rotura	Flexión estática	Compresión paralela		Flexión dinámica	Trabajo absorbido	Resiliencia					
Arbol	Peso específico (g/cm ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	Módulo elástico	Módulo elástico	(kg/cm ²)	Límite propor- cionalidad	Tensión de rotura	Módulo elástico	(kg/cm ²)	(kgm)	(kg-cm/cm ²)		
I	-	133	247	26 800	72	120	35 000	3,0	226						
II	-	136	239	29 900	69	119	44 300	1,5	117						
III	-	156	278	31 600	87	131	38 200	-	-						
					<u>Ensayos al estado verde</u>										
					<u>Ensayos al estado seco al aire y ajustados a 15 % de humedad</u>										
I	0,391	255	496	40 900	132	243	42 800	0,6	54,9						
II	0,346	245	443	47 600	143	227	57 600	0,7	61,9						
III	0,346	281	513	46 300	122	187	45 500	0,7	54,8						

los de madera seca al aire, los últimos valores superan en un 40 a 45 % a los anteriores.

En la tabla IV a, analizando la flexión estática y siguiendo la clasificación unitaria tradicional, donde se analiza un solo valor; ubicamos la madera de Pino Insigne procedente de Balcarce, entre las medianamente resistentes, teniendo en cuenta que en una clasificación por tensión de rotura se considera:

1. Madera sin resistencia < 100 kg/cm²
2. Madera de poca resistencia 100 a 300 kg/cm²
3. Madera medianamente resistente. 301 a 459 kg/cm²
4. Madera resistente..... hasta 599 kg/cm²
5. Madera muy resistente..... hasta 800 kg/cm²
6. Madera de alta resistencia hasta 1000 kg/cm² o más

Recurrimos también a la cota de flexión, aplicada por Monin en sus experiencias, con la cual verificamos las condiciones de la madera para su uso en carpintería. Se extrae del ensayo de flexión estática, la tensión de rotura, la que dividida por el producto de cien veces la densidad, nos da un coeficiente que es un factor lineal obtenido en base a los ensayos realizados en madera de fresno, utilizado como comparador universal, en las clases siguientes:

Clase	Cota de flexión	Usos
I	Elevada: 20-25	Apta para carpintería
II	Media : 15-20	Poco apta para carpintería
III	Baja : 10-15	Inapta para carpintería

Los valores de cota de flexión correspondientes al Pino Insignis son: 12,5 - 12,8 y 14,8. Ellos la ubican como inapta para carpintería. La madera no se encuentra todavía en edad de corte; con unos años más de crecimiento superará fácilmente la clase III.

T A B L A V

ENSAYO DE CONTRACCION E HINCHAMIENTO

Arbol	Punto de saturación	Contracción entre el estado saturado y el estado seco en estufa			Contracción volumétrica total (%)
		Radial (%)	Tangencial (%)	Axial (%)	
I	30,6	3,9	6,4	1,5	11,99
II	25,5	2,5	5,6	1,0	7,04
III	25,1	2,8	4,5	0,4	7,86
Promedio	27,1	3,0	5,8	0,9	8,96

El ensayo de compresión paralela a las fibras, nos muestra una tensión de rotura muy baja, a la que se clasifica como floja, la razón es la misma expuesta anteriormente. En el ensayo de flexión dinámica, tanto el trabajo absorbido como la resiliencia, dan valores en el límite de lo aceptable.

La tabla IVb, reúne los ensayos mecánicos que se utilizan para determinar la trabajabilidad de la madera, sometida a hendimiento, corte, tracción y dureza. Tanto el clivaje como la tracción perpendicular nos indican la adherencia de las fibras, y el Pino insignis se encuentra en el grupo de maderas muy fácilmente hendibles. En los ensayos realizados, las tensiones en madera seca son muy superiores a las de madera verde, pero es de notar que en este caso no se presentan diferencias apreciables entre la orientación radial y tangencial. La tracción paralela ubica al pino entre las maderas medianamente resistentes.

Para sacar ventajas de su uso, estamos obligados a elevar los coeficientes de seguridad en el dimensionamiento y usar piezas de longitud y esbeltez moderadas.

La contracción e hinchamiento se detalla por árbol y en promedio de árboles en la tabla V, en valores porcentuales según la superficie axial, radial y tangencial, punto de saturación y la contracción volumétrica total de la madera.

En la tabla VI comparamos la madera de Balcarce con la de Pino Insignis que se encuentra en el mercado maderero del país y procede de Chile. Aunque los ensayos fueron realizados por normas diferentes y con probetas de dimensiones distintas, se llega a la conclusión que la madera nuestra es de calidad inferior, pero no tanto como para desanimar su plantación, ello es debido a mejores condiciones climáticas para la especie imperantes en territorio chileno; árboles en edad de aprovechamiento y con madera más sazónada.

ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

1. Albala Hiram.- Instituto Forestal de Chile, 1967. Nota

T A B L A VI

Propiedades	Unidades	Pino insignie Balcarce		Pino insignie Chile **	
		Est. verde	Est. seco	Est. verde	Est. seco
<u>Flexión estática</u>					
Límite proporcionalidad...	kg/cm ²	142	260	190	372
Tensión de rotura	kg/cm ²	255	484	357	657
Módulo de elasticidad.....	kg/cm ²	29 400	44 900	65 490	85 246
<u>Compresión paralela</u>					
Límite proporcionalidad...	kg/cm ²	76	146	86	185
Tensión de rotura.....	kg/cm ²	125	219	149	370
Módulo de elasticidad.....	kg/cm ²	59 200	48 500	66 210	95 700
<u>Tracción perpendicular</u>					
Tensión de rotura					
Superficie radial..	kg/cm ²	10,0	18	51	76
Superficie tang. ..	kg/cm ²	12,5	19	44	68
<u>Clivaje</u>					
Tensión de rotura					
Superficie radial..	kg/cm ²	6,8	11,5	55	45
Superficie tang. ..	kg/cm ²	8,6	12,5	29	33

* Ensayos realizados según normas IRAM y normas AFNOR.

** Ensayos realizados según norma ASTM D-145-52.

Técnica nº 7. Propiedades mecánicas y asociadas del Pino Insigne (Pinus Radiata Don).

2. Bendtsen A. - Important structural properties of four western soft woods: Whik pine, sugar pine, western red-cedar and Post-Orford Cedar. Madison Wis. 1972.
3. Bloza E. y Keating W. G. - African timbers. The properties, uses and characteristics of 700 species. 1972. Australia.
4. Cozzo D. - El problema forestal de la Provincia de Buenos Aires dentro del marco nacional. Conferencia en el Colegio de Ingenieros Agrónomos. Publicado en el Boletín Informativo nº 16, 1973.
5. Mangieri H. - Descripción botánica forestal y tecnológica de especies exóticas cultivadas en la Argentina. Ed. Acme S. A. C. I., 1972.
6. Sanguesa Hinostroza A. - Propiedades mecánicas de la madera de Pino insignie (Pinus Radiata Don. Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. 1967.
7. USD of A. (USA). - Mechanical properties and specific gravity of a randomly selected sample of Engelmann spruce.
8. Vidal J. J. - El pino y algunas especies de interés económico. Uteha. México, 1962.
9. Vidal J. J. - Posibilidades silvícolas de las sierras bonaerenses, 1961.
10. Timber design and construction handbook by timber engineering company. Mc Graw-Hill, 1956.