

"INCLUSION DE ASERRIN EN TABLEROS DE PARTICULAS" *

C.D. Oxf., 862.2

Hernán Poblete Wilson**

NOTA: El problema analizado en este trabajo fue planteado por los profesores Señores Gerardo Soto U. y Rüdiger Albin.

El autor desea agradecer al Dr. Juan Edo. Díaz-Vaz O. sin cuya colaboración este trabajo no podría haber sido realizado.

1.— RESUMEN

Se determinó en tableros de partículas de distintos espesores y densidades, de qué manera se ven afectadas las propiedades físico-mecánicas al incluir aserrín, desecho industrial de Aserraderos Alternativos de *Pinus radiata* D. Don, en la capa media.

Los resultados indican que es posible incluir aserrín, en la capa media, hasta ciertas proporciones sin mermas importantes de esas propiedades. La resistencia a la tracción se ve mejorada al aumentar el contenido de aserrín y, la resistencia a la flexión se disminuye. En cuanto al hinchamiento, se aprecia poca variación.

Se comparan los resultados obtenidos con los valores exigidos por la norma DIN para estas propiedades.

SUMMARY

This study intends to determine the way in which the physical-mechanical properties of different types (thickness and density) of *Pinus radiata* D. Don particle board are affected when saw dust of the same species produced by gang saws is included in the middle layer.

Analysis of the data lead to the conclusion that the use of saw dust in the middle layer is feasible up to a certain proportion without significantly affecting said properties. The resistance to traction is improved with greater amounts of saw dust. The resistance to bending is adversely affected by the inclusion of saw dust. Little variation is noted respect to thickness swelling.

Results contained herein are compared to those demanded by DIN norms for these properties.

2.— INTRODUCCION

En la fabricación de tableros de partículas se usa tradicionalmente como materia prima,

* Proyecto F-1 financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Austral de Chile, 1975.

** Ingeniero Forestal, Depto. Tecnología e Industrias de la Madera. Fac. Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Casilla 853. Valdivia-Chile.

virutas de madera. Estas se caracterizan por tener una relación entre longitud y espesor, llamada coeficiente de esbeltez, cuyos valores deben oscilar entre 60 y 120. (KOLLMANN, 1975). En los países industrializados se han efectuado investigaciones y desarrollado técnicas para incluir materias primas con otras características de forma y tamaño. Esto ha permitido el aprovechamiento de desechos industriales entre los cuales se incluye el aserrín. En los países menos desarrollados, el mejor uso que se da al aserrín es como combustible, siendo la mayoría de las veces quemado, como un medio de eliminarlo. La conveniencia de utilizar una materia prima que es solamente un desecho queda, por lo tanto, fuera de discusión.

De las investigaciones realizadas con el propósito de utilizar el aserrín en la fabricación de tableros, se puede extraer suficiente información básica de la cual cabe destacar algunos aspectos más interesantes. Al reemplazar en la fabricación del tablero, viruta por aserrín, disminuye la esbeltez de la materia prima. Esta variación es muy importante ya que influye en el comportamiento físico-mecánico de los tableros (MOSLEMI, 1974). Una partícula de forma óptima corresponde a un elemento plano, cortado paralelamente a la dirección de las fibras, cuya relación entre longitud y espesor afecta la buena transmisión de la resistencia de la madera al tablero. Cuando la esbeltez es más baja que la prescrita, se notan tendencias dispares en las propiedades físico-mecánicas.

Así la disminución del tamaño de la partícula afecta el comportamiento mecánico, traduciéndose en un incremento de los valores de tracción perpendicular al plano y una disminución de los de flexión. (BRUMBAUGH, 1960; KOLEJACK, 1960; KLAUDITZ y BÜRO, 1962; RACKWITZ, 1963; JENSEN y KEHR, 1971).

La forma y tamaño de las partículas influyen, además, en la superficie encolable. Esto significa una mayor superficie de encolado al disminuir el tamaño de las partículas, obteniéndose para una misma cantidad de adhesivo un encolado defectuoso o insuficiente. Otro factor negativo es la superficie rugosa del ma-

terial, disminuyendo el área de contacto entre los gránulos. Además, hay que considerar que en el aserrín gran parte de las fibras se encuentran cortadas, lo que afecta el comportamiento de este tipo de tableros. (GINZEL y PERAZA, 1966).

En el presente trabajo se investigó la variación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas, producidos por prensado plano, al incluir en la capa media aserrín de *Pinus radiata* D. Don, proveniente de sierras alternativas.

Se seleccionó este nuevo tipo de materia prima teniendo en cuenta que:

- La industria nacional que produce estos tableros se abastece exclusivamente de *Pinus radiata*.
- Aproximadamente un 13 % del volumen de madera aserrada, de esta especie, es procesado por cuatro aserraderos alternativos.
- De acuerdo a estudios realizados por KAWAS y ZILLER (1975), un 11 % del volumen procesado en este tipo de aserraderos se transforma en aserrín, lo cual se traduce en una disponibilidad anual de unas 13.000 TON de este tipo de subproducto.
- De la cantidad anterior mencionada, un 85% se produce a distancias interesantes para el abastecimiento de estas industrias, cantidad equivalente a la materia prima consumida por una industria pequeña.

3— METODOLOGIA.

Con el objeto de obtener una información amplia sobre el efecto de incluir aserrín en tableros de partículas, se decidió realizar este estudio en tableros con espesores de 11, 20 y 43 mm cuyas proporciones de capas externas y capa media corresponden a: 40/60 para tableros de 11 mm de espesor; 30/70 para los tableros de 20 mm de espesor y 20/80 para aquellos de 43 mm.

Tomando en consideración la influencia del tamaño y forma de las partículas fue necesario, antes de la confección de tableros de ensayo, analizar y caracterizar el material aserrín. Básicamente se determinaron dimensiones, composición porcentual de los distintos grados de tamaño e influencia del desgaste de las sierras y la presencia de corteza.

Conocidas las características del aserrín, se confeccionaron tableros con virutas de 0,2 mm de espesor, 5 mm de largo y 3,5 mm de ancho para las capas externas. Las virutas para la capa media tenían 0,3 mm de espesor, 24 mm de largo y 8 mm de ancho y se mezclaron con

distintas proporciones de aserrín cuyo tamaño promedio era 1,72 mm.

Se utilizó como adhesivo Urea formaldehído al 51% sin aditivos. El adhesivo se aplicó a las virutas en diferentes proporciones según las relaciones existentes entre capa externa y media. Las capas externas de los tableros de 11, 20 y 43 mm se encolaron con 9,5; 10,3 y 11,0% de adhesivo, respectivamente. Las capas medias de los tableros de 11, 20 mm fueron encoladas con un 7,0% y los de 43 mm con un 7,25%.

Se fabricaron seis tipos de tableros según el porcentaje de aserrín incluido en la capa media.

La proporción de aserrín se expresó como porcentaje del material usado en la capa media y se estimó conveniente cubrir, dentro de lo factible, en forma completa el rango de posibilidades. De hecho se incluyen proporciones de aserrín de 0 hasta 100%, pasando por los niveles 20, 40, 60, y 80%. Es necesario hacer notar que para el caso de los tableros de 43 mm no fue posible trabajar con contenidos mayores a 80% debido a que el material de la capa media al ser prensado tendía a escurrir por los bordes.

Además, se incluyó como variable la densidad de los tableros. Para ello se tuvo presente:

- a) Que los tableros producidos corresponderían al grupo denominado de densidad media, cuyas densidades fluctúan entre 400 y 800 Kg/m³,
- b) Que la densidad es un factor determinante en gran parte de las propiedades físico-mecánicas y
- c) Que las normas exigen propiedades físico-mecánicas inferiores al aumentar la dimensión espesor, con la consecuente posibilidad de disminuir la densidad del tablero.

De acuerdo a lo ya expuesto, los tableros de prueba tuvieron espesores de 11 mm con densidades de 650 Kg/m³ y 600 Kg/m³; espesores de 20 mm con densidades de 600 Kg/m³ y 550 Kg/m³ y espesores de 43 mm con densidades de 550 Kg/m³ y 500 Kg/m³.

Las partículas encoladas se llevaron a un prensado plano cuyas variables fueron una presión máxima de 2,549 N/mm² y una mínima de 1,275 N/mm² con una temperatura constante de 140°C. En el caso de tableros de 11 mm de espesor se aplicaron tiempos de 5 minutos, en tableros de 20 mm de espesor 7,5 minutos y para 43 mm de espesor, 17 minutos.

Luego del prensado se lijaron las superficies de ambas caras con una pérdida de 0,5 mm de espesor por cara.

De los tableros se obtuvieron probetas para

Para analizar la influencia de la presencia de corteza y de la fracción polvo, se midieron las propiedades físico-mecánicas de 16 tableros de aserrín en los cuales variaron los factores que interesaba analizar. Los resultados obtenidos se pueden apreciar en el cuadro N° 2.

Tanto la corteza como el polvo afectaron las características físico-mecánicas de los tableros. En el cuadro N° 2, es posible apreciar que el hinchamiento aumenta al incluir polvo y disminuye levemente cuando el aserrín contiene corteza. En el caso de la resistencia a la flexión, la influencia de la corteza es mayor que el efecto del polvo en la disminución de la resistencia. Por el contrario, los valores de tracción son más afectados por el polvo que por la corteza.

Es necesario indicar que la influencia negativa del polvo sobre las propiedades estudiadas se debió a una reducción del coeficiente de esbeltez y al incremento de la superficie a encolar sin aumentar la cantidad de adhesivo.

Dada la importancia de los factores analizados y la imposibilidad práctica de poder controlar la proporción de polvo y corteza, se decidió obtener el material para las mezclas con viruta, sin corteza y sin polvo. El aserrín recolectado para la fabricación de los tableros correspondió al reaserrío de basas o cuarterones con canto vivo, eliminándose posteriormente la

fracción de aserrín de tamaño menor a 0,8 mm. Esto aumentó el tamaño promedio de las partículas de aserrín, redujo el rango de variación en su tamaño, haciendo la muestra más homogénea en forma, tamaño y color al excluir la corteza y el polvo.

4.1. Resistencia a la tracción.

Los resultados de los valores de tracción perpendicular al plano del tablero, corresponden a 288 observaciones para cada espesor y densidad. La tendencia observada es un incremento de la resistencia a medida que aumenta la cantidad de aserrín en la capa media del tablero.

El aumento de aserrín en la capa media significa reemplazar una viruta de un largo promedio de 25 mm y espesor de 0,3 mm, por una partícula de dimensiones muy parecidas entre largo y espesor, dimensiones que oscilan entre 0,8 y 2,5 mm. La variación de estas formas y tamaños de partículas se traduce en una disminución del coeficiente de esbeltez hasta valores aproximados a 3,0. Esto podría hacer pensar que las resistencia deberían disminuir; sin embargo, en el caso de tracción los valores aumentaron, lo que coincide con las tendencias obtenidas por otros investigadores. (BRUMBAUGH, 1960; KOLEJACK, 1960; KLAUDITZ Y BÜRO, 1962; RACKWITZ, 1963; JENSEN Y KEHR, 1971).



Figura N° 2

Influencia del porcentaje de Aserrín de la capa media en la resistencia a la Tracción.

En la figura N° 2 se presentan las curvas obtenidas para los valores de tracción. Las

ecuaciones y la identificación de las curvas se encuentran en el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3.

Identificación de las curvas obtenidas para la propiedad mecánica tracción.

Tipo	Densidad (Kg/m³)	Espesor (mm)	ECUACION	
			Y = N/mm²	X = aserrín %
1—●	650	10	$Y_1 = 8608484 \times 10^{-7} + 2607137 \times 10^{-9} X$	
2—○	600	10	$Y_2 = 8325408 \times 10^{-7} - 5270462 \times 10^{-9} X + 6808223 \times 10^{-11} X^2$	
3—▲	600	19	$Y_3 = 6840479 \times 10^{-7} - 3813758 \times 10^{-9} X + 4475621 \times 10^{-11} X^2$	
4—△	550	19	$Y_4 = 427844 \times 10^{-6} + 39339 \times 10^{-7} X - 2348975 \times 10^{-11} X^2$	
5—■	550	42	$Y_5 = 3987742 \times 10^{-7} + 5289681 \times 10^{-9} X - 4850641 \times 10^{-11} X^2$	
6—□	500	42	$Y_6 = 27104 \times 10^{-5} + 32682 \times 10^{-7} X$	

Al estudiar el desarrollo de las curvas que representan las resistencias a la tracción, se puede observar la tendencia ascendente de esta propiedad al incluir mayores proporciones de aserrín. Esto confirma la posibilidad de agregar aserrín hasta los niveles más altos estudiados, vale decir: reemplazar totalmente la viruta de la capa media en los tableros de 10 y 19 mm de espesor y hasta un 80%, para el caso de tableros de 42 mm.

El mejoramiento de esta propiedad al incluir mayores cantidades de aserrín puede explicarse por la posición que estos gránulos adoptan en el tablero. Es indudable que gran parte de las partículas de aserrín, debido a su forma cúbica, quedarán con sus fibras orientadas perpendicularmente a la superficie del tablero, lo cual favorece la resistencia a la tracción.

Sin embargo, debe hacerse notar que la inclusión máxima de aserrín puede estar limitada por el uso final que se dé al tablero. Así, si el uso final del producto requiere de resistencias mayores en otras propiedades mecánicas, por ejemplo flexión, la cantidad de aserrín a incluir estará limitada por ésta.

Si además se toma como referencia la norma DIN 68.761 relacionada con las resistencias mínimas a la tracción de tableros con diferentes espesores, se observa que todos los valores encontrados son más altos que los mínimos exigidos.

De los resultados expuestos en la figura N° 2, se puede concluir que la densidad y el espesor son factores que influyen en la propiedad mecánica tracción. Esto se comprueba por el orden que tienen las curvas según los cambios de densidad y espesor. A medida que las curvas representan tableros de mayor densidad y menor espesor, se ubican en tramos de mayor resistencia. Se observa en la misma Fig. N° 2 que curvas de diferentes espesor pero densidades iguales (curva 2 y 3; 4 y 5) presentan tendencias similares.

Esto destaca la mayor influencia que tiene la densidad del tablero en la resistencia a la

tracción en comparación a la que tiene el espesor.

Los valores obtenidos para esta propiedad son alentadores y permiten la inclusión de aserrín en cualquier cantidad con mejoramiento de la tracción siempre que no afecte a otra resistencia importante.

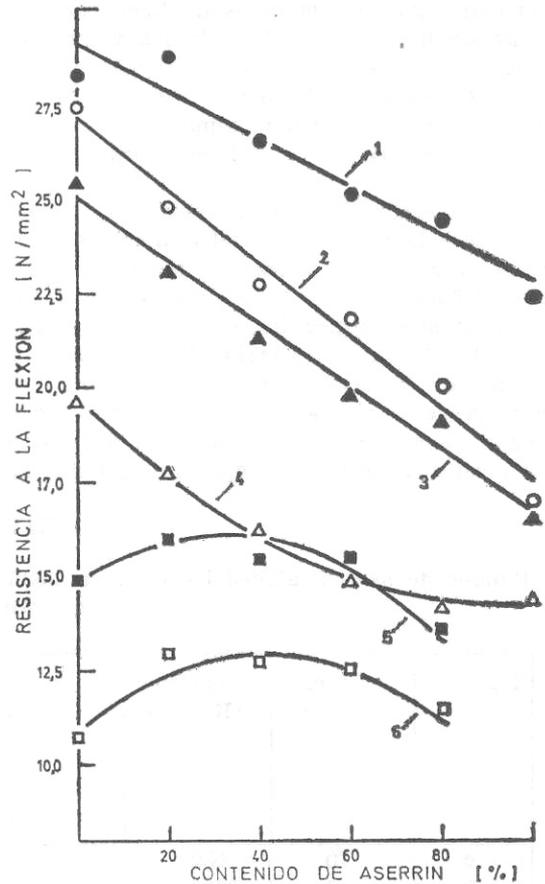


Figura N° 3

Influencia de porcentaje de Aserrín de la capa media en la resistencia a la Flexión.

4.2. Resistencia a la flexión.

La resistencia a la flexión es la mas requerida en la utilización de los tableros de partículas. Ella es afectada negativamente por la

disminución del coeficiente de esbeltez de las partículas. Los resultados de 240 probetas para cada combinación de espesor y densidad, confirman lo anterior observándose una tendencia a disminuir los valores de flexión con el aumen-

to de aserrín en la capa media.

Las curvas obtenidas para esta propiedad se encuentran en la figura N° 3 siendo identificadas e indicándose los valores de la ecuación en el cuadro N° 4.

CUADRO N° 4

Identificación de las curvas obtenidas para la propiedad mecánica flexión.

Tipo	Densidad (Kg/m ³)	Espesor (mm)	ECUACION	
			Y = N/mm ²	X = aserrín %
1— ●	650	10	Y ₁ = 29,0182 — 0,0623 X	
2— ○	600	10	Y ₂ = 27,105 — 0,0961 X	
3— ▲	600	19	Y ₃ = 24,983 — 0,0826 X	
4— △	550	19	Y ₄ = 19,6805 — 0,1144 X + 0,0006 X ²	
5— ■	550	42	Y ₅ = 14,8558 + 0,0767 X — 0,0012 X ²	
6— □	500	42	Y ₆ = 10,927 + 0,0993 X — 0,0117 X ²	

Al analizar la resistencia a la tracción, se demostró que el aserrín es un buen reemplazante de la viruta, mejorando los valores de resistencia al aumentar su proporción. En el caso de flexión el efecto producido es inverso, por lo que la cantidad máxima aceptable estará condicionada por la resistencia mínima exigida.

La reducción de la resistencia a la flexión se debe a la disminución del coeficiente de esbeltez y a que en el aserrín, las fibras están más dañadas que en las virutas, es decir cortadas y sueltas por los esfuerzos mecánicos recibidos durante el aserrío. Por otra parte la orientación perpendicular de las fibras del aserrín, respecto al plano de los tableros, afecta negativamente esta propiedad. En todo caso su incidencia es menos importante ya que las

tensiones en este caso son menores en la capa media del tablero.

La resistencia exigida por la norma DIN 68761, para los diferentes espesores y las tendencias registradas en los ensayos, permiten determinar que sólo tres tipos de tableros presentan características favorables a la inclusión de altas porcentajes de aserrín: el tipo 1 (espesor = 10 mm, densidad = 650 Kg/m³) y los tipos 5 y 6 (espesor = 42 mm, densidad = 550 Kg/m³ y 500 Kg/m³ respectivamente). En estos tableros es posible incluir aserrín hasta los niveles más altos estudiados. Las cantidades máximas de aserrín factibles de incluir en los tipos 2, 3 y 4 quedan determinadas por el punto en que el valor de resistencia del tablero coincide con la resistencia exigida por la norma. (ver cuadro N° 5).

CUADRO N° 5

Rangos de aserrín admisibles en capa media de tablero según densidad y espesor de acuerdo a la norma DIN 68.761.

Tipo	Espesor (mm)	Densidad (Kg/m ³)	Flexión mínima admisible según DIN 68.761 (N/mm ²)	Flexión mínima obtenida (N/mm ²) con (%Aserrín)	Rango Máximo Aserrín Admisible* %
1— ●	10	650	20,394	22,434(100)	100
2— ○	10	600	20,394	17,029(100)	60 - 80
3— ▲	19	600	18,355	16,519(100)	80
4— △	19	550	18,355	13,970(100)	0 - 20
5— ■	42	550	8,158	13,562(80)	80
6— □	42	500	8,158	10,707(0)	80

* Se refiere a la cantidad de aserrín con que se logra la resistencia mínima requerida por DIN 68.761.

Al fabricar tableros que incluyen aserrín y que cumplan con las normas en cuanto a la flexión, se tendrán siempre, valores de tracción más altos que los exigidos.

En forma análoga el caso de la resistencia a la tracción se puede observar que existe una estrecha relación entre la resistencia a la flexión, la densidad y el espesor de los tableros. Es así como se detecta una disposición de las curvas en orden descendente de densidad y ascendente de espesor.

Los resultados de tracción destacaron a la densidad como el factor más influyente, lo cual se reflejaba en que tipos de tableros de igual densidad presentaban curvas con formas semejantes. En el caso de flexión no se observa tal comportamiento. En general se puede indicar que los espesores 10 y 19 mm, presentan un decrecimiento de la flexión proporcional al aumento del contenido de aserrín, mientras que el espesor 42 mm incrementa sus valores de flexión hasta contenidos de aserrín cercanos al 40 %, para decrecer posteriormente.

Cuando se obtienen valores de flexión más altos que los exigidos por la norma, se puede bajar las densidades tanto como lo permita la permitida la diferencia entre la flexión obtenida y la exigida.

La posibilidad de disminuir la densidad es afectada por la cantidad de aserrín presente en el tablero. Esto es, al aumentar el porcentaje de aserrín disminuye la resistencia, acercándose cada vez más a la exigencia de la norma.

Sin embargo, pese a la aparente desventaja del aserrín, es alentadora la posibilidad de incluirlo hasta los niveles máximos permisibles, y teniendo en cuenta el uso final del tablero se podría considerar el reemplazo total o parcial de la viruta de capa media, cuando la resistencia flexión carezca de importancia.

4.3. Hinchamiento.

Al examinar los valores de hinchamiento y compararlos con la exigencia de la norma DIN, se comprueba que todos están bajo las exigencias mínimas, vale decir; presentan valores de hinchamiento altos. Esto sucedió al no agregar al adhesivo ningún tipo de aditivo hidrófugo que mejorara esta propiedad. Por esta razón, no es importante en la decisión sobre la proporción de aserrín que se agregará.

No se observó ninguna tendencia clara en los valores de hinchamiento obtenidos, por lo que se presentan en la figura N° 4 en forma de poligonales considerando los valores promedios de 240 observaciones por espesor y densidad.

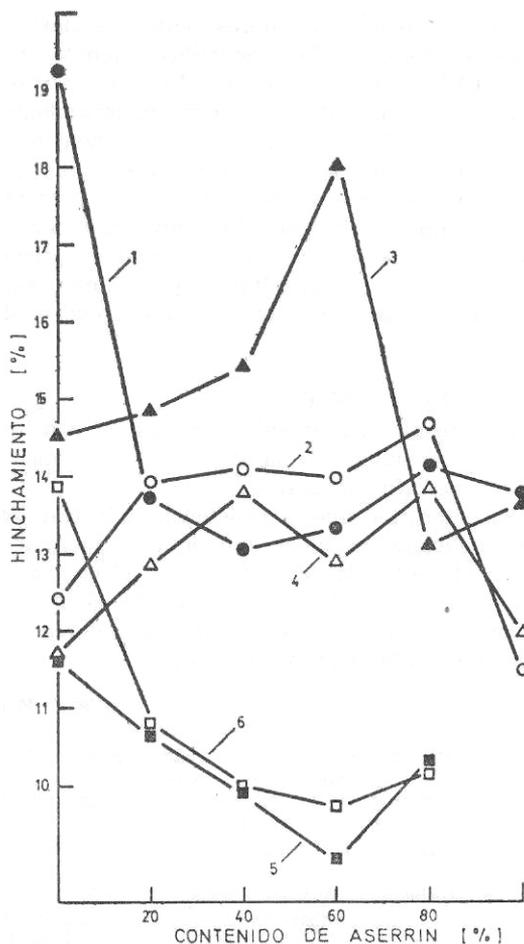


Figura N° 4

Influencia del porcentaje de Aserrín de la capa media en el hinchamiento.

Sin embargo, es interesante notar que en el caso de los tableros que corresponden a los espesores mayores (42 mm), el comportamiento de esta propiedad, en relación al aumento de las inclusiones de aserrín, es positivo hasta los niveles de 60 % de aserrín. Una reacción similar se aprecia en aquellos de 10 mm y 650 Kg/m³ de densidad. Por otra parte los tipos de tableros 2 y 4 presentan un comportamiento relativamente invariable entre los niveles de aserrín de 20 a 80 %, para mejorar levemente en el nivel 100 %.

El tipo de tablero 3 (espesor = 19 mm, densidad = 600 Kg/m³) es un caso aislado en el cual se observan comportamientos desfavorables hasta niveles de 60 % de aserrín para mejorar en la fase final, teniendo como característica particular, el tener los valores más altos de hinchamiento.

Al relacionar los valores obtenidos para el hinchamiento con los resultados obtenidos por MÜLLER (1962); LAWNICZAK y NOWAK (1962) quienes determinaron mejoramientos de hasta un 70 % en los valores de hinchamiento al incluir hidrófugos, se puede concluir que si bien los valores obtenidos en el presente estudio no cumplen con los requerimientos de la norma DIN, se puede esperar que al agregar hidrófugos, estos resultados prosperen hasta obtener cifras adecuadas a las exigencias de la norma.

5.*--CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que el reemplazo de la viruta de capa media por el aserrín, es factible.

Se determinó que la resistencia a la tracción perpendicular al plano aumenta al incrementarse el contenido del aserrín. Por el contrario, en el caso de la flexión, la reacción es inversa y en algunos casos no alcanza los valores mínimos exigidos por las normas.

Los resultados obtenidos coinciden con los de otras investigaciones en el sentido que partículas con valores de coeficiente de esbeltez bajos tienden a ofrecer gran resistencia a las fuerzas de tracción perpendicular, siendo muy débiles a las fuerzas de flexión.

La resistencia a la flexión resultó ser limitante para los tableros con alto contenido de aserrín, pudiendo determinarse como contenidos máximos de este material, cifras de 100 % para densidades de 650 Kg/m³ y de 60 a 80 % para densidades de 600 Kg/m³ en los espesores cuya exigencia mínima a la flexión es de 20,394 N/mm², vale decir, 10 mm. En espesores cuyas exigencias bajan a 18,355 N/mm² (19 mm) las posibilidades son de 80 a 100 % para densidades de 600 Kg/m³ y de 0 a 20 % para densidades de 550 Kg/m³. En el caso de los tableros gruesos de 42 mm, cuyas exigencias a la flexión son las menores, 8,158 N/mm², los porcentajes de aserrín factibles de incluir son los máximos estudiados: 80 %.

REFERENCIAS

- BRUMBAUGH, J.I., 1960: "Effect of flakes dimensions on properties of particleboards". For. Prod. J. 10 (5).
- DEPPE, H.J.; ERNST, K., 1965: "Technologie der Spanplatten". Holz-Zentralblatt Verlag Stuttgart.
- DEPPE, H.J.; ERNST, K., 1973: "Fortschritte in der Spanplattentechnik". DRW — Verlags-GmbH. Stuttgart.
- GINZEL, W.; PERAZA, C., 1966: "Tecnología de Tableros de Partículas". Instituto Forestal de Investigaciones y experiencias. Madrid.
- JENSEN, V.; KEHR, E., 1971: "Investigations on processing fines in particleboard manufacture". Holztechnol. 12(1)
- KLAUDITZ, W., BÜRO, A., 1962: "Die Eignung von Sägespänen Zur Herstellung von Holzspanplatten". Holz als Roh- und Werkstoff 20(1).
- KAWAS, N., ZILLER, A., 1975: "Estudios cuantitativos sobre aprovechamiento de trozos de Pino Insigne (Pinus radiata D.Don.). En aserradero mecanizado de sierra alternativa". Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Forestal U. Austral de Chile.
- KOLEJAK, M., 1960: "Sägespäne als Rohstoffe". Drevo. Praga.
- KOLLMANN, F.F.P., 1966: "Holzspan Werkstoffe". Springer Verlag. Berlín.
- KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J., 1975: "Principles of Wood Science and Technology. II Wood Based Materials". Springer Verlag. Berlín.
- LAWNICZAK, M., NOWAK, K., 1962: "Der Einfluss Hydrophobierender Imprägniermittel auf Feuchtigkeitsbedingte Formänderungen der Span- und Flachs-schäbenplatten". Holz als Roh- und Werkstoff 20 (2).
- LIIRI, O., 1961: "Investigations on properties of wood Particleboards". Paperi Ja Puu 43: 3-18.
- MOSLEMI, A., A., 1974: "Particleboard". Vol 1 Materials S. Illinois Univ. Press.
- MÜLLER, H., 1962: "Experience with paraffinwax emulsions as anti-swelling agents in particleboards". Holz als Roh- und Werkstoff 20 (11).
- RACKWITZ, G., 1963: "The effect of chip dimensions on some properties of particleboards Holz als Roh- und, Werkstoff 21(16).