



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Caracterización de astillas y aserrín para una planta de tableros de partículas en Valdivia

Profesor Patrocinante: Sr. Hernán Poblete W.

Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de **Ingeniero en Maderas**.

Héctor Ricardo Cea Muñoz

Valdivia Chile 2003

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Hernán Poblete Wilson	6,5
Informante:	Sr. Roberto Juacida Percaz	6,5
Informante:	Sr. Luis Decap Fernández	6,0

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Hernán Poblete W.

Agradecimientos

Agradecimientos a Dr. Hernán Poblete, por su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

Agradecimientos a Dr. Roberto Juacida, Ing. Luis Decap y Ing. Mauricio Lagos, por los aportes brindados en el desarrollo de este documento.

Agradecimientos a la empresa MASISA, planta C. Puschmann de Valdivia, por el aporte del material utilizado en el desarrollo del trabajo y permitir la utilización de los equipos para realizar los análisis.

Agradecimientos al personal de la planta C. Puschmann, por la cooperación prestada durante la ejecución del trabajo.

Agradecimientos al personal docente y no docente del Instituto de Tecnología de Productos Forestales, por la ayuda y aportes realizados para la concertación de este documento.

Agradecimientos a toda las personas que de una u otra manera hicieron un aporte para la realización de este documento.

Dedicada a la memoria de mi Padre y a mi Familia que siempre me brindaron su apoyo.

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Influencia de las dimensiones de las partículas sobre las propiedades del tablero	3
2.1.1 Influencia del largo de las partículas	3
2.1.2 Influencia del espesor de las partículas	3
2.1.3 Influencia del ancho de las partículas	4
2.1.4 Influencia del coeficiente de esbeltez	4
2.2 Influencia de la densidad de la madera	5
2.2.1 Influencia de la densidad de la madera y la razón de compresión	5
2.2.2 Influencia de la densidad de la madera sobre las propiedades del tablero	5
2.3 Influencia de la incorporación de corteza en tableros de partículas	6
2.4 Influencia del pH de la madera	6
2.5 Influencia del contenido de humedad de la madera	7
2.6 Estándares industriales de aceptación para astillas y aserrín de Pino Insigne	8
2.7 Métodos de control que actualmente aplica la planta Puschmann en Valdivia.	8
3. DISEÑO DEL TRABAJO	10
3.1 Materiales	10
3.1.1 Madera	10
3.1.2 Cribas	10
3.1.3 Otros equipos	10
3.2 Método	11
3.2.1 Toma de muestra	11
3.2.2 Análisis granulométrico de las partículas	11
3.2.3 Determinación del coeficiente de esbeltez de las partículas	11
3.2.4 Determinación de contenido de humedad de las partículas	12
3.2.5 Determinación de la densidad de la madera	12
3.2.6 Determinación del porcentaje de corteza	12
3.2.7 Determinación del valor pH y capacidad tampón de la madera	13
3.2.8 Análisis de los resultados	13
4. RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1. Dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas de aserrín y astillas	15

4.1.1.	Dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas de aserrín	15
4.1.2.	Composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas de astillas.	17
4.2.	Porcentaje de corteza en el aserrín y las astillas.	19
4.2.1.	Porcentaje de corteza en el aserrín.	20
4.2.2.	Porcentaje de corteza en las astillas.	20
4.3.	Contenido de humedad del aserrín y astillas.	21
4.3.1	Contenido de humedad del aserrín.	21
4.3.2	Contenido de humedad de las astillas.	22
4.4.	Valor de pH y capacidad tampón del aserrín y astillas.	23
4.4.1.	Valor de pH del aserrín	23
4.4.2.	Valor de pH de las astillas.	24
4.4.3.	Capacidad tampón del aserrín y de astillas	25
4.5.	Densidad del aserrín y astillas.	26
4.5.1.	Densidad del aserrín.	26
4.5.2.	Densidad de las astillas	27
5.	CONCLUSIONES	28
6.	BIBLIOGRAFIA	29
	ANEXOS	
1	Abstract.	
2	Gráficos de la composición porcentual del aserrín y astillas y gráficos semilogarítmicos de la composición porcentual acumulada.	
3	Análisis de varianza para contenido de humedad, valor de pH, capacidad tampón, porcentaje de corteza y densidad.	
4	Gráficos para determinación del contenido de humedad, valor de pH, capacidad tampón, porcentaje de corteza y densidad.	

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se realizó la evaluación de las materias primas aserrín y astillas entregadas por ocho proveedores a la planta Puschmann de MASISA en Valdivia.

Debido a que las dimensiones de las partículas tienen un efecto importante sobre la forma en que se desarrolla el proceso de fabricación y sobre las propiedades de los tableros, se determinaron las dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas.

Considerando el efecto de la corteza sobre las propiedades físicas, mecánicas y sobre el aspecto estético del tablero, se determinó la participación de corteza en los materiales.

Se controló además el contenido humedad, lo que permite estimar la cantidad exacta de madera que se recibe y determina el tipo de secado a realizar

Por el efecto que tienen sobre el encolado y el proceso en general se determinaron el valor de pH y la densidad de los materiales aportados por los diferentes proveedores.

Los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos se compararon con los estándares especificados por la empresa.

En cuanto a la granulometría del aserrín y de las astillas, no todos los proveedores cumplen con lo establecido. Las determinaciones del contenido de corteza en el aserrín permitió comprobar que los proveedores cumplían con los estándares exigidos.

Los valores de densidad y pH están de acuerdo con los que normalmente presenta la especie involucrada, *Pinus radiata*.

Se establece que los proveedores abastecen a la planta con material de diversas características, encontrándose diferencia significativas entre los valores obtenidos para cada determinación.

Palabras claves: Aserrín, Astillas, Granulometría, Densidad, Tablero de partículas.

1. INTRODUCCION

Tradicionalmente en la fabricación de los tableros de partículas se utilizaba como materia prima las virutas de madera provenientes del astillado de trozos, generalmente descortezados. Este tipo de viruta se caracteriza por tener una relación entre longitud y espesor, denominado coeficiente de esbeltez, cuyo valor debe oscilar entre 60 a 120 (Kollmann, 1975).

Sin embargo, en la fabricación de tableros de partículas se pueden utilizar otros materiales tales como los residuos de las industrias de transformación de la madera, aserrín, virutas y despuntes entre otros (Poblete, 1979). En el caso de las plantas que funcionan en Chile el aserrín es una materia prima de especial importancia. En la planta Puschmann de MASISA en Valdivia, cerca de un 65 % de su abastecimiento depende del aserrín¹.

Debido a que en el aserrín las fibras han sido cortadas, este material no es interesante para la industria de la celulosa y sus alternativas de uso industrial se reducen casi exclusivamente a la construcción de tableros (FAO, 1978).

Al incorporar partículas de diferente tamaño y forma al tablero, en reemplazo de las partículas tradicionalmente utilizadas, se provoca un cambio en las propiedades físicas y mecánicas de éste.

Junto con incluir partículas de aserrín en la confección de los tableros, se incorpora un porcentaje de corteza, la cual afecta las propiedades físicas, mecánicas y a demás afecta la apariencia estética del tablero.

Aparte de las alteraciones mencionadas, al variar el tipo de materia prima se provocan cambios de la densidad y del valor de pH, ambos parámetros de importancia para la fabricación del tablero.

Considerando lo anterior, y el hecho de que las plantas de tableros se abastecen de aserrín y astillas provenientes de diferentes proveedores, es indispensable realizar un análisis a la materia prima para controlar adecuadamente el proceso de producción. A través de un análisis de este tipo se puede establecer un nivel de calidad de la materia prima, y programar las combinaciones más adecuadas del material para la confección del tablero, y con ello obtener las mejores propiedades físicas y mecánicas.

El presente trabajo tiene por objetivo general, evaluar las materias primas aserrín y astillas entregadas por distintos proveedores a la planta Puschmann de MASISA en Valdivia.

Para cumplir con el objetivo general, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

¹ Ing. Luis Decap, MASISA-Valdivia, Comunicación personal. 2002

- a) Determinar las dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas,
- b) Establecer la participación de corteza por tipo de proveedor,
- c) Determinar el contenido de humedad y el valor de pH de las muestras,
- d) Determinar la densidad del material recibido,
- e) Analizar y relacionar las características de las materias primas comparando con los estándares de la planta.

2. MARCO TEORICO

Como se menciona en la introducción, el cambio del tipo de materia prima madera en una fábrica de tableros de partículas lleva consigo cambios en las propiedades del producto. Resulta entonces indispensable conocer la forma en que se producen estos cambios y controlar los factores o variables que los producen.

2.1. Influencia de las dimensiones de las partículas sobre las propiedades del tablero.

Las dimensiones de las partículas tienen un efecto importante sobre la forma en que se desarrolla el proceso de fabricación y sobre las propiedades de los tableros. El control de la geometría de las partículas empleadas es fundamental para dirigir el proceso de fabricación.

2.1.1. Influencia del largo de las partículas.

Al aumentar el largo de las partículas, algunos autores indican que todas las propiedades del tablero aumentan, en contraposición de la mayoría, que coincide en que las reacciones son diferentes en las distintas propiedades mecánicas (Poblete, 2001).

Se ha determinado que al aumentar el largo de las partículas, la propiedad mecánica de flexión, tanto en el modulo de elasticidad (MOE), como en el modulo de rotura (MOR), se afectan en forma positiva (Poblete, 1985).

Sin embargo otros autores determinaron que existe un largo máximo a partir del cual no se logra mayores mejoras en dicha propiedad (Heebink, 1974).

El caso contrario sucede con la propiedad de tracción perpendicular al plano, al aumentar el largo de las partículas, esta decrece.

Las propiedades físicas no se ven afectadas o esta afección es mínima, al cambiar el largo de las partículas. Según algunos autores el hinchamiento aumenta al decrecer el largo (Heebink y Hann, 1959), sin embargo una gran mayoría de autores coinciden en que variaciones en el largo no afectan el hinchamiento (Lehmann,1974; Post, 1958).

En el caso de la estabilidad dimensional, el tamaño de las partículas es un factor muy influyente, pero entre ellas, el largo es la dimensión con menor influencia.

2.1.2. Influencia del espesor de las partículas.

El efecto del espesor, al igual que el efecto del largo de las partículas sobre las propiedades del tablero, es diferente según el tipo de resistencia que se le mida al

tablero. Es así como la propiedad de flexión baja al aumentar el espesor de las partículas (Poblete, 1985).

La propiedad de tracción perpendicular al plano se ve afectada notablemente por variaciones del espesor, es así como al aumentar el espesor de las partículas se mejora este tipo de resistencia.

Otras propiedades mecánicas, como el cizalle y extracción de tornillos, son influidas por variaciones del espesor, pero estas reacciones han sido tan poco estudiadas, se puede decir, que estas reacciones son muy pequeñas, excepto en el caso de extracción de tornillos cuando las partículas son excesivamente gruesas, con lo que se aumenta considerablemente esta resistencia (Post, 1961).

2.1.3. Influencia del ancho de las partículas.

El ancho es la dimensión de la partícula que tiene menor o ninguna influencia sobre las propiedades de los tableros.

Algunos estudios indican que en el caso de flexión se observan ligeros aumentos en esta resistencia al aumentar el ancho. Pero cuando el ancho y el largo tienen valores semejantes, la flexión nuevamente decrece (Kusian, 1968).

La resistencia a la tracción perpendicular, se incrementa al aumentar el ancho de las partículas.

Sobre las propiedades físicas de los tableros, no tiene un efecto importante el ancho de las partículas.

2.1.4. Influencia del coeficiente de esbeltez.

El coeficiente de esbeltez corresponde a la relación determinada por el largo y el espesor de las partículas.

El coeficiente de esbeltez, es el parámetro que mejor se explica la tendencia de las propiedades, sobre todo en el caso de la resistencia de tracción y flexión (Poblete, 1985).

Un aumento en el coeficiente de esbeltez de las partículas, mejora la resistencia de flexión. En el caso de incluir aserrín a los tableros, se insertan partículas que tienen una menor relación entre largo y espesor, lo que se traduce en una disminución de la flexión (Poblete, 1985; Berterreche, 1994).

Se puede decir que al aumentar los valores del coeficiente de esbeltez, se produce un notorio aumento de la propiedad de flexión, pero a partir de ciertos valores del coeficiente, la flexión tiende a decrecer. Algunos investigadores están en desacuerdo

con esta última afirmación y consideran que esto ocurre por parámetros distintos al coeficiente de esbeltez, como son: la especie, la densidad de la madera y el contenido y tipo de adhesivo (Poblete, 2001).

En el caso de la resistencia a la tracción perpendicular al plano, al disminuir el coeficiente de esbeltez, es decir incorporar al tablero partículas más cortas y gruesas, se produce un mejoramiento en esta propiedad (Poblete, 1985).

2.2. Influencia de la densidad de la madera.

La densidad de la madera afecta no tan sólo a las propiedades del tablero, si no que además afecta al proceso de fabricación. Es así como maderas de bajo peso requieren de menor energía para cortarlas, secarlas y transportarlas durante el proceso de fabricación (Poblete, 2001).

2.2.1. Influencia de la densidad de la madera y la razón de compresión.

La compresión de la estera y la densidad de la madera afectan directamente la densidad final del tablero. Estos parámetros están íntimamente relacionados, ya que cualquier variación de uno de ellos requerirá de un ajuste del restante, si se desea mantener constante la densidad final del tablero (Poblete, 1989).

Si se desea obtener una misma densidad final de tablero, utilizando madera de distinta densidad, sería necesario comprimir en una proporción mayor a la madera de baja densidad respecto a la madera de alta densidad. En otras palabras, el volumen de madera a incorporar en un tablero, para una densidad determinada, es inversamente proporcional a la densidad de la madera (Poblete, 2001).

Algunos autores señalan que la densidad de la madera influye en el volumen de partículas a compactar, en el consumo de adhesivo, en las propiedades de resistencias mecánicas y en el acabado superficial del tablero (Vital *et al*, 1974).

Una forma de relacionar la densidad de la madera con la densidad del tablero, es determinando la razón de compresión, que se entiende como el cociente entre la densidad del tablero y la densidad de la madera. Es importante tener presente que la razón de compresión debe ser mayor que 1 para que efectivamente exista compresión del material. Los valores recomendables para la razón de compresión se encuentran entre 1,5 y 2,2 (Poblete, 2001).

2.2.2. Influencia de la densidad de la madera sobre las propiedades del tablero.

De acuerdo con algunos autores que plantean que para una misma densidad de tablero, un incremento de la densidad de la materia prima, afectaría toda las propiedades del tablero, provocando la disminución de éstas.

Esto se comprueba en el trabajo realizado por Stegmann y Durst (1964), donde se muestra que aumentos en la densidad de la madera producen una disminución en la resistencia de flexión. Este trabajo se realizó utilizando tableros con distintas densidades, para los cuales los resultados fueron los mismos, aumentado la densidad de la madera se produce una disminución de dicha propiedad.

2.3. Influencia de la inclusión de corteza en tableros de partículas.

Existen numerosos estudios referentes a la incorporación de corteza en tableros de partículas, donde se demuestra la importancia que tiene el controlar la cantidad en que esta materia participa en el tablero.

Los distintos trabajos sobre el tema, se refieren al efecto que se produce en las propiedades físico – mecánicas y en que porcentaje es técnicamente factible la incorporación de corteza al tablero.

Dost (1971) encontró que con la incorporación de hasta 30% de corteza en tablero de tres capas, las propiedades físico – mecánicas obtenidas, cumplen con los estándares normalizados.

En contra posición, el estudio realizado por Poblete y Sánchez (1991), evaluó las propiedades de tableros fabricados con mezcla de corteza y madera de *Pinus radiata*, en este estudio se determinaron las propiedades físicas, hinchamiento y absorción de agua y las propiedades mecánicas de tracción y flexión. Los resultados obtenidos indican que al aumentar la proporción de corteza, las propiedades mecánicas disminuyen. Por el contrario el hinchamiento y la absorción de agua se ven mejoradas con la incorporación de corteza.

Estos autores determinaron además, que las propiedades mecánicas, en especial la flexión, aceptan hasta un 10% de corteza en la construcción del tablero. Con dicho porcentaje, aún se cumplen las propiedades mínimas exigidas por las normas.

Una de las alteraciones más notables al incluir corteza se produce a nivel del color del tablero. Lo anterior se debe a la anatomía y composición química de la corteza, la cual se compone de una capa inerte usualmente de color oscuro.

La incorporación de corteza ayuda a disminuir las emisiones de formaldehído en los tableros, esto gracias a que la corteza es un material rico en compuestos fenólicos, los cuales se combinan con el formaldehído que posee el adhesivo (Sánchez y Poblete, 1990).

2.4. Influencia del pH de la madera.

El valor de pH y la capacidad de equilibrio de ionización está determinado por la cantidad de extraíbles que posea la madera. Esta propiedad afecta al proceso de

fabricación en diferentes etapas, principalmente en el encolado, por lo que necesariamente debe ser controlada.

La influencia más notoria del pH, es sobre el proceso de encolado. Esto se debe a que las reacciones químicas que ocurren durante el fraguado de los adhesivos (ureaformaldehído, fenolformaldehído), se llevan a cabo de forma óptima en un determinado rango de pH. Cada tipo de adhesivo posee un rango de pH definido en el cual se produce un fraguado óptimo (Poblete, 1978).

Considerando lo anterior, el valor de pH puede acelerar, retardar o simplemente inhibir el proceso de fraguado. Esto se comprobó en un estudio realizado por Johns y Niazi (1980), en el cual se midieron el tiempo de gelificación de una mezcla de harina de madera (con pH conocido), cloruro de sodio como catalizador y ureaformaldehído. Con los resultados se determinó que existe una alta correlación entre el valor de pH y la velocidad de fraguado (Poblete *et al*, 1991).

El pH afecta las propiedades mecánicas de los tableros, sobre todo cuando se trabaja con especies donde su pH no está en el rango óptimo de gelificación del adhesivo este utilizando, ureaformaldehído o fenolformaldehído.

2.5. Influencia del contenido de humedad de la madera.

El contenido humedad debe ser controlado. Si se compra materia prima considerando el peso y no el volumen, resulta evidente que el contenido de humedad define la cantidad efectiva de materia prima que se adquiere. Por otra parte, a mayor contenido de humedad, mayor será la energía a aplicar durante el secado.

El proceso de viruteado y secado se ve afectado por el contenido de humedad de las partículas. En el caso del viruteado, bajos contenidos de humedad, aumentan el consumo de energía y deterioran con mayor rapidez el filo de los elementos de corte que posee el equipo. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el viruteado debe realizarse con contenidos de humedad elevados, pero esto produce un aumento el consumo de energía en el proceso de secado.

El contenido de humedad influye en el proceso de encolado, pudiendo señalarse que a contenidos de humedad bajo el punto de saturación de las fibras, se obtienen buenas uniones. Esto se logra en parte, gracias a la absorción de adhesivo por la madera. Si la madera posee un contenido de humedad sobre el punto de saturación de las fibras, no se producen uniones resistentes, esto se debe a que la madera posee gran cantidad de sus poros saturados por agua, donde no penetrará el adhesivo y no se producirá un anclaje mecánico.

En el caso de contenidos de humedad demasiado bajos, como madera anhidra, se generaran uniones débiles, esto por que gran parte del adhesivo fue absorbido por los poros de la madera, no quedando lo suficiente para formar la línea de cola.

2.6. Estándares industriales de aceptación para astillas y aserrín de Pino Insigne.

La planta Puschmann de MASISA en Valdivia, tiene definidos estándares básicos para el control de calidad de sus materias primas. Entre ellos se encuentran los valores presentados en el Cuadro 1 y que serán empleados para realizar el análisis final del presente trabajo.

Cuadro 1: Estándares de calidad para materia prima de MASISA

	Astillas	Aserrín
Densidad Básica	390(Kg./m ³)	300(Kg./m ³)
Contenido de Humedad máxima (b. seca):	160%	200%
Contenido de Corteza máxima (b. seca):	5%	1,5%
Granulometría, material grueso:	95%	10%
Granulometría, material mediano:		90%
Granulometría, material fino:	5%	

Fuente: Ing. Luis Decap, MASISA-Valdivia

2.7. Métodos de control que actualmente aplica la planta Puschmann en Valdivia.

En consideración a la importancia que tiene el tamaño y la geometría de las partículas para el proceso y las propiedades del producto, las empresas realizan controles de las propiedades de las mismas.

MASISA cuenta con un manual, el cual indica como deben llevarse a cabo todo los ensayos granulométricos realizados a las partículas en diversos puntos del proceso.

Este manual especifica que se debe tomar una muestra de viruta a la salida de la viruteadora Pallmann, de ésta, se separa una pequeña porción para determinar su contenido de humedad y finalmente la muestra es secada en estufa a 120° C durante dos horas.

Una vez seca la viruta, se pesan 100 gramos aproximadamente y se colocan a tamizar entre 10 a 15 minutos, utilizando mallas de dimensiones que van desde 0,5mm a 10mm.

Se pesan cada una de las mallas con el material retenido en éstas, incluyendo el fondo, luego se calcula el peso del material contenido y se procede a determinar la composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas.

En la planilla control viruta, se anotan los valores porcentuales de los distintos grados de tamaño. Estos valores se presentan en gráficos semilogarítmicos “porcentaje / malla”, lo que permite una mejor visualización y comprensión.

Además, este manual indica como realizar el ensayo granulométrico a los silos de partículas secas de la capa media y capas superficiales. El manual establece que las muestras deben tomarse en la caída de las balanzas, antes de ingresar a las encoladoras correspondientes. A cada muestra se le extrae una porción para determinar su contenido de humedad.

Posteriormente se pesan alrededor de 150 gramos, los cuales se criban entre 15 a 20 minutos. Transcurrido el tiempo se pesa cada una de las mallas con el material contenido.

Se determina la composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas y los resultados obtenidos se presentan en un gráfico semilogarítmico para una mejor visualización y comprensión (ver ANEXO 1).

3. DISEÑO DEL TRABAJO

3.1. Materiales

3.1.1. Madera

El material de ensayo corresponde a muestras de astillas y aserrín de *Pinus radiata* proveniente de diferentes proveedores de la planta de tableros C. Puschmann de MASISA en Valdivia.

Los proveedores analizados corresponden a diversos centros de transformación de la madera, y se dan a conocer en el cuadro 2:

Cuadro 2: Proveedores a analizar para el aserrín y las astillas

Para Aserrín	Para Astillas
Agrifor	Apsa
Apsa	Aserraderos Arauco
Aserraderos Arauco	Benturrelli
Centec	Centec
Cmpc	Madexpo
Comercial JCE	
Madexpo	

3.1.2. Cribas

Las cribas están compuestas por un cuerpo sólido, provisto de dos vástagos los que sostienen las mallas. El mecanismo de funcionamiento puede ser por vibración (equipo para clasificar el aserrín) y oscilación (equipo para clasificar las astillas).

Las mallas para el tamizado del aserrín son; 5,0 mm, 3,35 mm, 2,8 mm, 2,0 mm, 1,4 mm, 1,0 mm, 0,425 mm, 0,25 mm y fondo (cero).

Para el cribado de las astillas se empleó un clasificador con mallas de 1 1/8", 7/8", 5/8", 3/8", 3/16" y fondo (cero).

3.1.3. Otros equipos

Balanzas de precisión. La balanza que se empleó es electrónica, con una precisión de 0.1 gramo. Se empleó esta balanza por ser más rápida y precisa que las mecánicas.

Calibrador de espesor. El calibrador es un dispositivo mecánico que se utilizó para medir el espesor de las partículas de aserrín. El instrumento tiene una precisión de 0.01 mm.

pH-metro. Se empleó este instrumento para medir el pH de las disoluciones. Sus componentes esenciales son un electrodo de vidrio, un electrodo de referencia y un voltímetro calibrado para poder leer directamente en unidades de pH.

3.2. Método

3.2.1. Toma de muestra

Se tomó una muestra de astillas y aserrín semanalmente a los proveedores definidos en el cuadro 2, durante un período de 8 a 10 semanas. El muestreo contempló la selección al azar de un camión a la semana por proveedor.

Se extrajo una muestra de 3 kilos del camión seleccionado. Esta muestra se dividió en 6 submuestras de 500 gramos, las cuales se distribuyeron, 3 en la parte superior y 3 en la parte inferior de la carga, todas las submuestras se agruparon en un sólo depósito, donde se identificó el proveedor y fecha de recepción. Vale decir, al realizar los análisis no se hizo distinción entre las submuestras.

En total, durante el trabajo se muestreo 56 camiones de aserrín y 56 camiones de astillas. El total de muestras analizadas fue de 112 (14 análisis por semana).

3.2.2. Análisis granulométrico de las partículas

Una porción de la muestra fue secada en estufa 120 °C durante dos horas, para permitir el tamizado.

Para el tamizado del aserrín y de las astillas se empleó los juegos de mallas especificados en la descripción de las cribas (punto 3.1.2).

Se peso 100 g de aserrín y 500 g de astillas y se colocó a tamizar entre 10 a 15 minutos.

Se peso cada una de las mallas con el material que contienen, incluyendo el fondo, luego se calculó las proporciones en peso del material tamizado.

3.2.3. Determinación del coeficiente de esbeltez de las partículas de aserrín.

Se extrajo para esta determinación, una muestra de partículas al azar de cada malla. De esta muestra se seleccionaron 30 partículas a las que se les midió el largo y el espesor, parámetros utilizados para determinar los valores de coeficientes de esbeltez.

3.2.4. Determinación de contenido de humedad de las partículas.

Para determinar el contenido de humedad de aserrín se utilizó el equipo IMAL – UM200 que es una balanza secador. En la determinación se utilizó una porción de la muestra tomada del camión de cada proveedor.

El procedimiento a seguir comenzó, tarando el equipo, es decir, dejándolo en cero. El equipo incluía una cápsula de aluminio en su interior, la cual estaba limpia y seca. Luego se adicionó aproximadamente ocho gramos de material en la cápsula de aluminio y se procedió a encender éste. El resultado de contenido de humedad es entregado automáticamente por el equipo y es leído directamente en pantalla.

La determinación de contenido de humedad de las astillas se realizó mediante el proceso de diferencia de pesada, para ello, se pesó una porción de la muestra tomada del camión, se secó a 103 °C por 24 h y se determinó el peso seco. Usando estos dos pesos se calculó el contenido de humedad en base seca.

3.2.5. Determinación de la densidad de la madera.

Se determinó la densidad básica de acuerdo a la norma chilena Nch176/2.of86. Para la determinación del volumen del material se utilizó el método por inmersión en agua.

Para este análisis de densidad, se extrajo una porción de cada muestra de las partículas correspondiente a los distintos proveedores de materia prima de la planta Puschmann de MASISA. El material analizado se tomó de la muestra obtenida del camión en estado húmedo.

La forma como se obtuvo el volumen de la muestra de astillas y aserrín, fue llenando un recipiente con agua, el que se ubicó sobre una balanza. Fue necesario tarar la balanza con el canastillo de malla sumergido en el interior del recipiente. Luego se colocó la muestra en el canastillo y se sumergió nuevamente. Se registró el peso, el cual se usó para determinar el volumen, empleando la relación de equivalencia de la densidad del agua.

Una vez determinado el volumen, se secó la muestra a 103 °C por 24 h y se determinó el peso seco. La relación peso/volumen dará como resultado la densidad básica.

3.2.6. Determinación del porcentaje de corteza.

Para determinar la participación de corteza en la muestra, se secó en estufa una porción de la muestra tomada al camión de abastecimiento a 103 °C durante 24 h, se pesaron 100 g que fueron analizados mediante una clasificación manual de la corteza. El porcentaje de corteza, se determinó considerando la relación entre peso anhidro de corteza y madera.

3.2.7. *Determinación del valor pH y capacidad tampón de la madera.*

Se emplean los métodos citados por Roffael, Poblete y Torres (2000).

Método para determinar el valor de pH.

Se tomaron 10 gramos de material de la porción fina obtenida del análisis granulométrico de las partículas, se introdujeron en un matraz, se mezclaron con 100 ml de agua destilada, con valor de pH conocido y se agitaron 4 h a 250 rpm.

Finalizado el tiempo de agitación se controló el pH de la solución, utilizando el pH-metro.

Se determinó la diferencia de pH entre el agua empleada y la suspensión y se expresó este valor como resultado.

Método para determinar la capacidad tampón.

El valor de la capacidad tampón se determinó a través de la relación entre la capacidad de base o ácido en equivalentes y el cambio de valor de pH.

Para ello se empleó el filtrado de la solución preparada para determinar pH. Esta solución se tituló con NaOH (0,01 mol/l) hasta pH neutro. El álcali consumido es la expresión de la capacidad tampón del extracto.

3.2.8. *Análisis de los resultados.*

Los resultados obtenidos de la determinación de dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas, se presentan en cuadros, incluyendo los valores promedios para cada rango de tamaño y para cada uno de los proveedores. Los resultados obtenidos se compararon con los estándares mínimos exigidos por la planta Puschmann de MASISA en Valdivia.

Los valores promedios se grafican, haciendo una comparación de los resultados obtenidos para cada uno de los proveedores analizados.

Para el caso, de la determinación del contenido de humedad, porcentaje de corteza, valor de pH, capacidad tampón y densidad, las mediciones se efectuaron para cada proveedor, calculándose los siguientes parámetros:

- Valores máximos y mínimos
- Valor promedio
- Desviación estándar
- Varianza

Estos valores se presentan a través de cuadros esquemáticos.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA para comprobar si existen diferencias significativas entre los proveedores. Estos análisis contemplan los siguientes casos:

Valor $F <$ Valor Crítico para F

Se comprueba la hipótesis nula de que todos los proveedores entregan material a la planta con características similares.

Valor $F >$ Valor Crítico para F

Se rechaza la hipótesis nula y es necesario determinar entre que proveedores el material posee características distintas, por este motivo es necesario realizar comparaciones múltiples por el método de la diferencia mínima significativa.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

El material recibido por la empresa y al cual se le realizaron los ensayos corresponde aserrín y astillas de *Pinus radiata* generado por el procesamiento primario de madera. Ocasionalmente se recibió material correspondiente al procesamiento secundario de la madera, astillas producidas por el astillado de recorte y despunte de madera ya secada.

Para el análisis del material, este se separó de acuerdo a las condiciones humedad con que llega a la planta, entre húmedo y seco, ya que entre estos dos materiales existen diferencias notorias, sobre todo en el caso del porcentaje de corteza y la composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas. Hay proveedores que abastecen a la empresa con los dos tipos de material.

4.1. Dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas de aserrín y astillas.

4.1.1. Dimensiones y composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas de aserrín.

El aserrín corresponde a gránulos de superficie rugosa, con forma variable, la cual esta directamente relacionada con las herramientas de corte que posee el proveedor, además, esto incide en la composición porcentual de los distintos grados de tamaño del aserrín.

El tamaño de las partículas de aserrín se clasificó por clases de tamaño, cribas, en un rango que va entre menos de 0,25 milímetros y más de 4,75 milímetros.

Los resultados del análisis granulométrico se presentan en el cuadro 3a y 3b.

Cuadro 3a: Composición porcentual del aserrín por rango de tamaño y proveedor

Rango de tamaño	< 0,25	> 0,25; < 0,425	> 0,425; < 1,00	> 1,00; < 1,40	> 1,40; < 2,00	> 2,00; < 2,80	> 2,80; < 3,35	> 3,35; < 4,75	> 4,75	
Proveedores	AGRIFOR	3,6	8,6	38,2	21,1	13,4	7,7	2,8	3,2	1,2
	APSA	1,0	3,3	18,8	24,0	28,0	16,7	3,8	3,2	1,3
	ARAUCO	1,3	2,6	12,8	13,2	19,6	16,0	5,8	9,7	18,9
	CENTEC	3,3	9,7	37,4	18,4	12,8	9,3	2,7	3,4	3,1
	CMPC	1,9	3,8	18,5	13,3	17,9	15,6	7,0	11,6	10,4
	Com. JCE	1,6	3,1	16,3	17,9	21,3	13,9	4,5	9,5	11,9
	MADEXPO	5,8	11,3	36,9	19,0	13,2	7,1	1,8	3,6	1,4

Considerando los estándares mínimos exigidos por la planta Puschmann de MASISA en Valdivia, se pudo determinar que tres de los proveedores estudiados no cumplen con dichos requisitos. Aserradero Arauco (planta Valdivia) posee el porcentaje más alto de material grueso, 18,9 %, debido a que el material presenta una gran cantidad

de astillas. Igual fenómeno se presenta en el material recepcionado desde Comercial JCE, cuyo porcentaje corresponde a un 11,9 %. En el caso de aserraderos CMPC, el porcentaje es de 10,4 %, lo que se debe a la presencia de partículas largas y de bajo espesor, esto podría deberse al sistema de corte, con trompos perfiladores.

En los casos donde el porcentaje de partículas gruesas era bajo, se elevaba el porcentaje de fino y polvo, como en el caso de AGRIFOR Y MADEXPO, MASISA no tiene una exigencia en cuanto al material fino (ver cuadro 1), por lo que estos proveedores cumplen con los requisitos.

Cuadro 3b: Resultados generales de la composición porcentual del aserrín por rango de tamaño para todos lo proveedores

Rango de tamaño	< 0,25	> 0,25; < 0,425	> 0,425; < 1,00	> 1,00; < 1,40	> 1,40; < 2,00	> 2,00; < 2,80	> 2,80; < 3,35	> 3,35; < 4,75	> 4,75
Mínimo	0,5	1,6	8,8	6,6	7,4	2,2	0,6	0,9	0,5
Máximo	8,3	14,7	51,4	24,0	28,0	19,3	11,5	17,4	24,8
Promedio	2,4	5,4	23,2	16,6	17,9	13,2	4,8	7,7	8,7
Desviación Estándar	1,472	2,841	9,267	3,657	3,444	3,625	2,364	3,679	6,522
Varianza	2,165	8,073	85,877	13,373	11,862	13,144	5,591	13,538	42,531

Se pudo estimar que cerca de 74 % del material cribado varió entre 0,425 y 2,80 mm.

Al determinar el promedio general (ver cuadro 3b) de material grueso contenido en las muestras analizadas, podemos observar que este valor se ajusta a los requisitos de la planta, correspondiendo un 8,7 %.

Junto con determinar la composición porcentual de los distintos grados de tamaño para el aserrín, se determinó el coeficiente de esbeltez para cada rango de tamaño, los resultados se representan en el cuadro 4a.

Cuadro 4a: Coeficiente de esbeltez del aserrín por rango de tamaño y proveedor

Rango de tamaño		< 1,40	> 1,40; < 2,00	> 2,00; < 2,80	> 2,80; < 3,35	> 3,35; < 4,75	> 4,75	Promedio de la muestra
Proveedores	AGRIFOR	14,53	16,21	15,38	35,31	60,60	30,82	28,81
	APSA	9,15	10,69	8,76	13,95	14,71	31,36	14,77
	ARAUCO	14,04	17,52	17,17	13,91	13,45	13,02	14,85
	CENTEC	14,77	18,86	25,70	22,75	10,80	28,15	20,17
	CMPC	23,86	21,03	26,33	21,37	36,31	40,19	28,18
	Com. JCE	15,70	18,44	11,44	12,40	14,09	14,55	14,43
	MADEXPO	21,20	40,81	37,25	20,20	28,54	48,56	32,76

Los resultados obtenidos demuestran que el coeficiente de esbeltez de las partículas no tiene directa relación con el rango de tamaño, pero se puede distinguir que los valores más altos de coeficiente de esbeltez se encuentran en los tamaños mayores de partícula. Así, los promedios de coeficiente de esbeltez alcanzan a 48,56; 40,19 y hasta 60,6 para algunos proveedores en los rangos de >3,35; <4,75 y >4,75 milímetros. En este sentido, es una excepción el caso de MADEXPO, donde se registra un coeficiente alto en un tipo de partícula menor 40,81 en el rango >1,40; <2,00.

Además, se aprecia que los mejores valores promedios de coeficiente de esbeltez de la muestra los poseen MADEXPO, AGRIFOR y CMPC.

En el cuadro 4b se presentan los resultados generales del coeficiente de esbeltez por cada rango de tamaño, utilizando los valores de todo los proveedores de aserrín analizados.

Cuadro 4b: Resultados generales del coeficiente de esbeltez del aserrín por rango de tamaño para todos lo proveedores

Rango de tamaño	< 1,40	> 1,40; < 2,00	> 2,00; < 2,80	> 2,80; < 3,35	> 3,35; < 4,75	> 4,75
Mínimo	3,33	6,30	5,23	8,50	7,25	6,46
Máximo	55,44	65,91	70,47	59,76	121,17	149,50
Promedio	18,69	19,99	21,56	19,63	28,53	31,09
Desviación Estándar	11,034	10,639	15,869	11,186	26,249	27,893
Varianza	121,739	113,188	251,816	125,116	689,015	777,997

Se comprueba que en general los coeficientes de esbeltez más altos (28,53 y 31,09) se registran con tamaños de partícula mayores a 3,35 mm.

MASISA no tiene especificaciones respecto del coeficiente de esbeltez, por lo que no es posible hacer una calificación de los proveedores. Sin embargo, esta es una característica importante que debiera ser tomada en cuenta en el futuro.

4.1.2. Composición porcentual de los distintos grados de tamaño de las partículas de astillas secas y húmedas.

El tamaño de las astillas fluctuó entre menos de $\frac{3}{16}$ pulgadas (4.76 milímetros) y más de $1\frac{1}{8}$ pulgadas (28.58 milímetros).

Se puede destacar que las astillas secas poseen forma variable, en muchas ocasiones son cúbicas aquellas que pertenecen al material más grueso, esto se debe a que son generadas principalmente por astilladores de martillo, los que trituran la madera a través de golpes.

Los resultados de este análisis son presentados en los cuadros 5a y 5b para astillas secas.

Cuadro 5a. Composición porcentual de astillas secas por rango de tamaño y proveedor

Rango de tamaño		< 3/16	> 3/16, < 3/8	> 3/8, < 5/8	> 5/8, < 7/8	> 7/8, < 1 1/8	< 1 1/8
Proveedores	APSA	6,2	12,3	22,9	21,0	20,7	16,9
	ARAUCO	7,7	16,6	29,1	18,4	14,1	14,1
	BENTURELLI	5,3	13,0	29,0	23,1	18,9	10,6
	CENTEC	14,3	22,9	36,0	19,6	5,9	1,2

Contrastando estos resultados con los estándares exigidos por la planta Puschmann de MASISA, que determinan como porcentaje máximo de fino un 5 %, se puede establecer que los proveedores no cumplen con este requisito. Si embargo, Benturrelli entrega un material cuyo porcentaje de fino es cercano a lo exigido por la empresa.

Cuadro 5b: Resultados generales de la composición porcentual de astillas secas por rango de tamaño para todos lo proveedores

Rango de tamaño	< 3/16	> 3/16, < 3/8	> 3/8, < 5/8	> 5/8, < 7/8	> 7/8, < 1 1/8	< 1 1/8
Mínimo	2,3	10,0	21,0	13,9	4,1	0,7
Máximo	20,8	25,8	36,8	24,7	23,4	23,5
Promedio	8,1	15,9	28,8	20,3	15,2	11,6
Desviación Estándar	5,039	4,787	4,851	2,964	5,664	6,238
Varianza	25,387	22,913	23,533	8,784	32,080	38,906

Se determinó que cerca de 80,2 % del material se encuentra entre los rangos $3/16$ y $7/8$ pulgadas, para el material seco.

El promedio de finos presente en el material seco que recepciona la planta a los proveedores analizados, es de 8,1%.

En los cuadros 6a y 6b se presentan los resultados del análisis granulométrico para astillas húmedas.

Las astillas verdes (húmedas) poseen una forma muy similar entre partículas, de espesor uniforme, con bordes cortado a bisel, varían en el ancho y en el largo, esto se debe a que son generadas por astilladores de cuchillos, este tipo de astillas se fractura con facilidad lo que puede aumentar el porcentaje de fino por acción del transporte.

Cuadro 6a. Composición porcentual de astillas húmedas por rango de tamaño y proveedor

Rango de tamaño		< 3/16	> 3/16, < 3/8	> 3/8, < 5/8	> 5/8, < 7/8	> 7/8, < 1 1/8	< 1 1/8
Proveedores	APSA	1,7	6,9	38,9	26,4	18,5	7,4
	CENTEC	1,9	7,5	37,2	23,5	19,7	10,3
	MADEXPO	3,1	8,7	35,8	27,1	18,1	7,2

Con los valores presentados en el cuadro 6a, se verifica que para el material húmedo los proveedores analizados cumplen con las exigencias de la planta.

Cuadro 6b: Resultados generales de la composición porcentual de astillas húmedas por rango de tamaño para todos lo proveedores

Rango de tamaño	< 3/16	> 3/16, < 3/8	> 3/8, < 5/8	> 5/8, < 7/8	> 7/8, < 1 1/8	< 1 1/8
Mínimo	1,2	4,2	26,6	18,1	12,1	3,3
Máximo	3,8	11,9	47,0	30,3	24,7	14,4
Promedio	2,1	7,5	37,8	26,0	18,7	7,9
Desviación Estándar	0,615	2,161	4,357	2,532	3,313	3,030
Varianza	0,378	4,671	18,984	6,409	10,979	9,181

En este caso el porcentaje de fino disminuye considerablemente, obteniéndose un promedio general de 2,1%, con un porcentaje máximo de 3,8 % en el total de las mediciones.

Realizando una comparación entre astillas secas y verdes, se observa que en el rango de tamaño mayor a $\frac{3}{8}$ y menor a $\frac{5}{8}$ de pulgada, para ambos tipos de astillas, se concentran los mayores porcentajes.

Los resultados obtenidos para la composición porcentual de tamaño del aserrín y astillas se representarán en gráficos de distribución del material por rango de tamaño y en gráficos semi-logarítmico con sus cuadros de datos correspondientes (Ver ANEXO 1).

4.2. Porcentaje de corteza en el aserrín y las astillas.

El porcentaje de corteza que presenta el aserrín o las astillas está en directa relación con el proceso de descortezado que realiza el proveedor. Como se mencionó en el capítulo 2, la cantidad de corteza que se incorpora al tablero también puede afectar las propiedades físicas y mecánicas. El control de este subproducto es por lo tanto indispensable. En el caso de MASISA, esta empresa le da importancia especial al efecto estético de la proporción de corteza en la superficie del tablero.

4.2.1. Porcentaje de corteza en el aserrín.

Los resultados del análisis de porcentaje de corteza en el aserrín se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7: Porcentaje de corteza en el aserrín por proveedor

Proveedores	AGRIFOR	APSA	ARAUCO	CENTEC	CMPC	Com JCE	MADEXPO
Mínimo	0,065%	0,556%	0,503%	0,149%	0,050%	0,169%	0,512%
Máximo	0,711%	0,892%	1,494%	0,256%	0,397%	0,318%	1,097%
Promedio	0,260%	0,710%	0,936%	0,192%	0,160%	0,237%	0,805%
Desviación Estándar	0,204%	0,110%	0,346%	0,040%	0,113%	0,042%	0,159%
Varianza	0,00042%	0,00012%	0,00120%	0,00002%	0,00013%	0,00002%	0,00025%

Los valores obtenidos nos indican que todo los proveedores cumplen con los requisitos de la planta, que contempla un máximo de corteza de un 1,5 % (ver cuadro 1), siendo CMPC el proveedor con los porcentajes de corteza más bajos (0,160 %) y ARAUCO el con mayor porcentaje de corteza (0,936 %). El material recepcionado a estos proveedores posee en promedio un porcentaje de corteza de 0,475 %

Con respecto al análisis de varianza (ver ANEXO 2) se determinó que existen diferencias significativas entre el material entregado por los distintos proveedores. El material entregado por ARAUCO es diferente de todos los demás proveedores. El aserrín entregado por CMPC no posee diferencias con el aserrín entregado por CENTEC. Lo mismo ocurre entre el aserrín entregado por AGRIFOR y Comercial JCE. Sin embargo existen diferencias significativas entre CMPC y CENTEC con JCE y AGRIFOR.

4.2.2. Porcentaje de corteza en las astillas.

Los resultados de porcentaje de corteza para las astillas se presentan en los cuadros 8a para astillas secas y 8b para astillas verdes.

Cuadro 8a: Porcentaje de corteza en las astillas secas por proveedor

Proveedores	APSA	ARAUCO	BENTURELLI	CENTEC
Mínimo	0,124%	0,125%	0,142%	0,225%
Máximo	0,157%	0,227%	0,174%	0,258%
Promedio	0,138%	0,176%	0,158%	0,237%
Desviación Estándar	0,011%	0,039%	0,011%	0,012%
Varianza	1,188E-08	1,556E-07	1,315E-08	1,421E-08

Los proveedores que abastecen la planta con astillas secas cumplen satisfactoriamente con el requisito establecido de un porcentaje máximo de 5 %, con un porcentaje promedio de corteza de 0,177 %.

El análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre las astillas entregadas a la planta por los distintos proveedores. Las astillas entregadas por CENTEC poseen diferencias con respecto al material proporcionado por los otros proveedores, igual se presentan diferencias entre el material de APSA y ARAUCO, sin embargo, entre esto dos y el material con que abastece BENTURILLI no se presentan diferencias significativas.

Cuadro 8b: Porcentaje de corteza en las astillas húmedas por proveedor

Proveedores	APSA	CENTEC	MADEXPO
Mínimo	1,691%	1,200%	2,827%
Máximo	4,658%	1,503%	6,600%
Promedio	2,740%	1,366%	5,144%
Desviación Estándar	0,945%	0,098%	1,280%
Varianza	8,922E-05	9,536E-07	1,638E-04

El porcentaje de corteza en las astillas húmedas que presentó APSA y CENTEC es inferior al máximo que establece la planta, en el caso de MADEXPO este porcentaje es superior, por lo que no cumple con lo exigido.

Se puede apreciar notoriamente una gran diferencia entre los porcentajes de corteza entre el material seco y el húmedo, esto se debe a la procedencia del material utilizado para la obtención de las astillas.

Los proveedores abastecen a la planta con material que posee diferencias significativas con lo que respecta al porcentaje de corteza. Como en el caso de las astillas proveídas por CENTEC con respecto a las entregadas por MADEXPO. El material provisto por APSA no posee diferencia con el de CENTEC y el de MADEXPO.

4.3. Contenido de humedad del aserrín y astillas.

El contenido de humedad no tan solo depende de la humedad que posee la madera al momento de su procesamiento, también depende de las condiciones climáticas que se presentan al momento del transporte. El control de este parámetro es importante, ya que permite estimar la cantidad exacta de madera que se recibe y determina el tipo de secado a realizar.

4.3.1. Contenido de humedad del aserrín.

Los resultados del contenido de humedad para el aserrín por proveedor se representan en el cuadro 9.

Cuadro 9: Contenido de humedad del aserrín por proveedor (%)

Proveedores	AGRIFOR	APSA	ARAUCO	CENTEC	CMPC	Com JCE	MADEXPO
Mínimo	76,4	192,0	165,0	65,5	155,0	167,0	88,2
Máximo	146,0	211,0	207,0	124,0	176,0	186,0	135,0
Promedio	125,8	200,0	179,0	93,4	165,0	175,3	109,4
Desviación Estándar	22,071	5,529	14,736	18,780	8,401	5,775	15,172
Varianza	487,120	30,571	217,143	352,683	70,571	33,347	230,194

El contenido de humedad que posee el aserrín entregado a la planta por los proveedores estudiados, cumple con el estándar establecido, considerando un contenido máximo de humedad de 200%. Se debe mencionar que el valor promedio obtenido para APSA se encuentra en el límite de lo permitido.

A partir del análisis de varianza realizado, se determinó que entre el aserrín entregado por los distintos proveedores existen diferencias significativas. Es el caso del material proveído por APSA que posee diferencias significativas con el material de los otros proveedores, excepto con ARAUCO. El aserrín entregado por CENTEC igual posee diferencias con el material de los otros proveedores, excepto con MADEXPO.

Considerando que un bajo contenido de humedad del aserrín permite ahorrar energía en el proceso de secado, es recomendable abastecer a la planta con material como el entregado por CENTEC o MADEXPO.

4.3.2. Contenido de humedad de las astillas.

Los resultados se presentan en los cuadros 10a para astillas secas y 10b para astillas húmedas.

Cuadro 10a: Contenido de humedad de las astillas secas por proveedor (%)

Proveedores	APSA	ARAUCO	BENTURELLI	CENTEC
Mínimo	10,7	10,8	7,4	12,2
Máximo	16,8	16,5	16,3	15,2
Promedio	13,7	12,5	13,4	13,7
Desviación Estándar	2,096	1,798	2,719	0,824
Varianza	4,393	3,234	7,395	0,680

Se determinó el contenido de humedad de las astillas secas para establecer una referencia, considerando que este material se mezcla con el húmedo antes de pasar

al proceso de viruteado. En este punto el material necesita poseer un grado elevado de humedad para facilitar el proceso.

Cuadro 10b: Contenido de humedad de las astillas húmedas por proveedor (%)

Proveedores	APSA	CENTEC	MADEXPO
Mínimo	137,3	148,3	139,4
Máximo	170,2	164,0	164,6
Promedio	152,6	156,7	152,1
Desviación Estándar	13,201	5,813	7,470
Varianza	174,279	33,792	55,802

Para el caso de las astillas verdes, el porcentaje máximo que exige la empresa corresponde a 160 % contenido de humedad base seca, el cual es cumplido por los proveedores.

El análisis de varianza realizado, estableció que existen diferencias entre las astillas entregadas por cada uno de los proveedores, lo anterior en ambos tipo de astillas. En el caso de las astillas secas, ARAUCO posee diferencias significativas con el material de los otros proveedores. Para las astillas húmedas, CENTEC presenta diferencias significativas con respecto a la entregados por los otros proveedores.

4.4. Valor de pH y capacidad tampón del aserrín y astillas.

La empresa no establece especificaciones en cuanto un rango de valor de pH que deba poseer el material con que se abastece. Resulta importante establecer un rango de valores de pH, entre los cuales se encuentre el material, de tal manera de obtener un pH uniforme, que garantice un buen fraguado del adhesivo.

4.4.1. Valor de pH del aserrín.

Los valores de pH obtenidos para cada proveedor se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11: Valor de pH del aserrín por proveedor

Proveedores	AGRIFOR	APSA	ARAUCO	CENTEC	CMPC	Com JCE	MADEXPO
Mínimo	4,74	4,65	4,49	4,51	4,53	4,79	4,49
Máximo	4,89	4,95	4,87	4,80	4,98	4,89	4,97
Promedio	4,84	4,80	4,62	4,64	4,69	4,84	4,75
Desviación Estándar	0,050	0,094	0,152	0,089	0,182	0,032	0,187
Varianza	0,003	0,009	0,023	0,008	0,033	0,001	0,035

El valor de pH promedio para el aserrín corresponde a 4,74, valor que se encuentra dentro de los límites que se conocen para esta especie.

El análisis de varianza estableció que existen diferencias significativas entre los valores de pH del aserrín entregado por los distintos proveedores. El material entregado por ARAUCO es diferente de todos los demás proveedores, excepto con CENTEC. El aserrín entregado por APSA no posee diferencias con el aserrín entregado por AGRIFOR, Comercial JCE y MADEXPO. Lo mismo ocurre entre el aserrín entregado por CMPC, CENTEC y MADEXPO. Sin embargo, existen diferencias significativas entre CMPC, JCE y AGRIFOR.

4.4.2. Valor de pH de las astillas.

Los resultados de valor de pH se presentan en los cuadros 12a y 12b.

Cuadro 12a: Valor de pH de las astillas secas por proveedor

Proveedores	APSA	ARAUCO	BENTURELLI	CENTEC
Mínimo	4,55	4,50	4,54	4,41
Máximo	4,65	4,71	4,72	4,62
Promedio	4,60	4,58	4,61	4,53
Desviación Estándar	0,033	0,079	0,051	0,062
Varianza	0,001	0,006	0,003	0,004

Cuadro 12b: Valor de pH de las astillas húmedas por proveedor

Proveedores	APSA	CENTEC	MADEXPO
Mínimo	4,60	4,82	4,76
Máximo	4,82	4,89	4,92
Promedio	4,69	4,86	4,85
Desviación Estándar	0,074	0,024	0,057
Varianza	0,006	0,001	0,003

Los valores promedios de pH obtenidos para las astillas secas y húmedas, corresponde a 4,58 y 4,80 respectivamente. Esta diferencia de pH presentada por los dos tipos de astillas, se debe a los cambios que provoca la temperatura en los grupos acetilo que se encuentran en las hemicelulosas, es por ello que se redujo el pH en el material seco.

Entre los valores de pH de las astillas entregada por los distintos proveedores, el análisis de varianza estableció que existen diferencias significativas. Las astillas secas entregadas por CENTEC poseen diferencia con respecto al material entregado por los otros proveedores. Entre APSA, ARAUCO y BENTURELLI no se presentan diferencias. En el caso de las astillas húmedas, APSA presenta diferencia con el resto de los proveedores, no existiendo diferencias entre CENTEC y MADEXPO.

4.4.3. Capacidad tampón del aserrín y de astillas

A continuación se presentan los valores de capacidad tampón en el cuadro 13.

Cuadro 13: Capacidad tampón del aserrín por proveedor

Proveedores	AGRIFOR	APSA	ARAUCO	CENTEC	CMPC	Com. JCE	MADEXPO
Mínimo	29,0	29,0	30,0	30,0	31,0	32,0	31,0
Máximo	35,0	33,0	35,0	33,0	37,0	36,0	36,0
Promedio	32,3	30,6	32,3	31,5	33,1	33,8	33,6
Desviación Estándar	2,121	1,188	1,669	1,195	2,100	1,488	1,598
Varianza	4,500	1,411	2,786	1,429	4,411	2,214	2,554

Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas, tan solo en el material entregado por APSA con respecto al entregado por CMPC, JCE y MADEXPO, entre los otros proveedores no se presentan diferencias.

El valor de capacidad tampón obtenidos para las astillas secas y húmedas, se presenta en los cuadros 14a y 14b, respectivamente.

Cuadro 14a: Capacidad tampón de las astillas secas por proveedor

Proveedores	APSA	ARAUCO	BENTURELLI	CENTEC
Mínimo	33,0	34,0	36,0	31,0
Máximo	36,0	39,0	38,0	38,0
Promedio	35,2	36,1	37,3	35,2
Desviación Estándar	1,027	1,808	0,982	2,028
Varianza	1,055	3,268	0,964	4,114

Cuadro 14b: Capacidad tampón de las astillas húmedas por proveedor

Proveedores	APSA	CENTEC	MADEXPO
Mínimo	32,0	31,0	31,0
Máximo	36,0	36,0	33,0
Promedio	33,9	33,4	31,8
Desviación Estándar	1,356	1,685	0,886
Varianza	1,839	2,839	0,786

El análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre el material entregado por los distintos proveedores, tanto para astillas secas como las húmedas.

En las astillas secas no se presentan diferencias entre APSA y CENTEC, encontrándose diferencias en el resto de los proveedores. Para las astillas húmedas se encontró solo diferencia entre APSA y MADEXPO, no presentándose diferencias entre los demás.

4.5. Densidad del aserrín y astillas.

Es fundamental controlar la densidad de las astillas así como la del aserrín en una planta de tablero, ya que de este factor depende en gran parte la densidad final del tablero a fabricar.

4.5.1. Densidad del aserrín.

Se debe tener en cuenta que el método puede presentar imprecisiones en los valores obtenidos, debido a lo pequeño de las partículas de las fracciones finas del aserrín.

Cuadro 15: Densidad del aserrín por proveedor en kg/m³

Proveedores	AGRIFOR	APSA	ARAUCO	CENTEC	CMPC	Com JCE	MADEXPO
Mínimo	320,8	325,0	354,0	335,5	344,5	356,7	397,0
Máximo	372,9	395,1	397,0	380,2	392,3	385,0	408,0
Promedio	342,8	350,4	372,8	359,7	374,6	370,7	401,9
Desviación Estándar	17,76	21,13	16,33	15,40	18,92	9,94	4,04
Varianza	315,32	446,47	266,64	237,20	357,85	98,87	16,31

La densidad del aserrín que es entregado en la planta cumple con los requisitos mínimos exigido por la empresa, lo que indica que todo los proveedores analizados abastecen con aserrín con densidad mayor a 300 kg/m³.

Las mediciones determinaron una densidad promedio para las partículas de aserrín de 367,6 kg/m³, con valores extremos de 320,8 y 408,0 kg/m³.

A través del análisis de varianza se comprobó que existen diferencias significativas entre el aserrín entregado por los distintos proveedores. El material entregado por MADEXPO es diferente de todos los demás proveedores. El aserrín entregado por AGRIFOR, con respecto al de ARAUCO, CMPC y Comercial JCE, igual posee diferencias, sin embargo no existen diferencias significativas entre AGRIFOR con APSA y CENTEC. Lo mismo ocurre entre el material entregado por los demás proveedores, no encontrando diferencias entre APSA, ARAUCO, CENTEC, CMPC y Comercial JCE.

4.5.2. Densidad de las astillas.

La determinación de la densidad de las astillas no presenta las dificultades que se genera con la determinación de la densidad del aserrín. Esto se debe a que las partículas finas son de mayor tamaño.

Los resultados se presentan en los cuadros 16a y 16b.

Cuadro 16a: Densidad las astillas secas por proveedor en kg/m^3

Proveedores	APSA	ARAUCO	BENTURELLI	CENTEC
Mínimo	411,8	412,1	408,2	422,0
Máximo	441,6	442,9	424,5	435,2
Promedio	421,9	423,9	414,4	427,6
Desviación Estándar	10,556	11,939	5,798	4,809
Varianza	111,425	142,538	33,618	23,131

Los proveedores cumplen con el requisito que contempla una densidad mínima para las astillas de 390 kg/m^3 .

En la determinación de la densidad para las astillas secas se obtuvieron valores entre los que van desde $408,2$ hasta $442,9 \text{ kg/m}^3$, con una densidad promedio de $421,9 \text{ kg/m}^3$.

El análisis de varianza estableció que entre los proveedores existen diferencias significativas, no presentándose diferencias solo entre APSA y ARAUCO.

Cuadro 16b: Densidad las astillas húmedas por proveedor en kg/m^3

Proveedores	APSA	CENTEC	MADEXPO
Mínimo	384,2	398,1	381,0
Máximo	436,0	415,7	404,1
Promedio	408,6	405,2	393,8
Desviación Estándar	18,569	7,398	6,872
Varianza	295,598	47,401	40,508

Considerando los valores promedios, los proveedores de las astillas húmedas cumplen con la exigencia de una densidad mayor a 390 kg/m^3 , sin embargo se obtuvieron valores menores a este estándar.

Se determinó que entre MADEXPO y los proveedores de astillas húmedas se presentaron diferencias, entre APSA y CENTEC no presentan diferencias.

Los valores obtenidos para los análisis de contenido de humedad, valor de pH, densidad, porcentaje de corteza y capacidad tampón del aserrín y las astillas se representarán en gráficos en el ANEXO 3.

5. CONCLUSIONES

Se pudo comprobar que los valores obtenidos de los distintos ensayos realizados con material de la especie *Pinus radiata*, con que es abastecida la planta C. Puschmann por diferentes proveedores, presentan diferencias significativas.

La razón de estas diferencias radica en que los proveedores se ubican en distintos puntos de la región, además la madera que abastecen estos centros posee distintos puntos de origen.

Se debe rescatar que los resultados obtenidos para la determinación de valor de pH y densidad se encuentran entre los valores conocidos para esta especie.

Considerando los resultados obtenidos en el análisis del aserrín, se pudo determinar que AGRIFOR y MADEXPO son los proveedores que cumplen con todos los requisitos exigidos por la planta.

En el caso de las astillas, sólo en el material húmedo, APSA y CENTEC cumplen con todos los estándares exigidos por la planta. Los otros proveedores, tanto para el aserrín como para las astillas no cumplen con el total de las exigencias. En algunos parámetros se destacan algunos proveedores, como por ejemplo CMPC cuyo porcentaje de corteza en el aserrín es el más bajo (0,16 %).

En general, el procedimiento de control que realiza la planta C. Puschman aparece como adecuado. Cabe agregar que este control no considera las mediciones de pH y capacidad tampón. Dadas las condiciones de mercado actuales, con una baja oferta de materias primas, este tipo de ensayo no es importante por el momento, sin embargo debería ser considerado si mejoran la oferta de abastecimiento.

Cabe agregar, a modo de recomendación, que a la entrada del proceso se retiene una parte del material recepcionado por su sobretamaño, esta cantidad debiera ser controlada para contribuir a la calificación de los proveedores.

BIBLIOGRAFIA

- BERTERRECHE, A. 1994. Efecto de la inclusión de aserrín proveniente de sierras hinchas en algunas propiedades físico – mecánicas de tableros de partículas fabricado con *Pinus Radiata* D. Don. Tesis de grado. Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.
- DOST, W. 1971. Redwood bark fiber in particleboard. *Forest Products Journal* 21 (10): pp. 38 – 43.
- FAO. 1978. Las Astillas de madera: su producción, manipulación y transporte. Segunda edición actualizada. pp. 84, 88 – 89.
- HEEBINK, B.G.; HANN, R.A. 1959. How wax and particle shape affect stability and strength of oak particleboards. *Forest Product Journal* 9 (7): pp. 197 – 203.
- INN. 1986. Nch176/2.of86. Madera – parte 2: Determinación de la densidad. Normas chilenas oficiales.
- JOHNS, W.; NIAZI, K. 1980. Effects of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of ureaformaldehyde resin. *Wood and Fiber* 12 (4): pp. 255– 263.
- KOLLMANN, F.; KUENZI, E.; STAMM, A: 1975. Principles of wood science and technology. Part II. Wood Based Materials. Springer Verlag. pp. 312 – 550.
- KUSIAN, R. 1968. Model investigations on the influence of particle size on structure an strength properties of particle materials. 1. Theoretical considerations. *Holztechnologie* 9 (4): pp. 241 – 248.
- LEHMANN, W. 1974. Properties of structural particleboard. *Forest Product Journal* 24 (1): pp. 19 – 26.
- POBLETE, H. 1978. Uniones de maderas con adhesivos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Publicación Técnica N° 1. 43 p.
- POBLETE, H. 1979. Inclusión de aserrín en tableros de partículas. *Bosque* 3 (1): pp. 39 – 46.
- POBLETE, H. 1985. Influencia del tamaño de partículas sobre las propiedades mecánicas flexión y, tracción en tableros de partículas aglomerados con ureaformaldehído. Simposio: *Pinus radiata* Investigación en Chile. Tomo II. pp. 241 – 256.
- POBLETE, H. 1989. Tableros a base de desechos de contrachapados. CORFO. FDP. INFODEMA. Universidad Austral de Chile. Informe de convenio N° 167. 33 p.

- POBLETE, H.; RODRÍGUEZ, S.; ZARATE, M. 1991. Influencia de los extraíbles sobre las propiedades de la madera y su utilización como materia prima. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Publicación Docente N° 34. pp. 6 - 19.
- POBLETE, H.; SÁNCHEZ, J. 1991. Tableros con corteza de *Pinus radiata*. Bosque 12 (1): pp. 17 – 26.
- POBLETE, H. 2001. Tableros de Partículas. Editorial El Kultrun. 177 p.
- POST, P.W.; 1958. The effect of particle geometry and resin content on bending strength of oak flake board. Forest Products Journal 8 (10): pp. 317 – 327.
- POST, P.W.; 1961. Relationship of flake size and resin content to mechanical and dimensional properties of flake board. Forest Products Journal 11 (1): pp. 34 – 37.
- ROFFAEL, E.; POBLETE, H.; TORRES, M. 2000. Über die acidität von kern – und splintholz der kastanie (*castanea sativa*) aus Chile. Holz als Roh – und Werkstoff 58 (2000): pp120 -122
- SANCHEZ, J.; POBLETE, H. 1990. Efecto de la corteza en las emanaciones de formaldehído en tableros de partículas. Ciencia e Investigación Forestal 4 (1): pp. 133 – 138.
- STEGMANN, G.; DURST, J. 1964. Spanplatten aus buchenholz. Holz-Zentralblatt: 153 p.
- VITAL, B.; KEHMANN, W.; BOONE, R. 1974. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. Forest Products Journal 24 (12): pp. 37 – 45.

ANEXOS

ANEXOS 1

Abstract

ABSTRACT

In this work, raw materials sawdust and chips given by eight suppliers to the Puschmann plant of MASISA in Valdivia was evaluated.

Due to the particle dimensions have an important effect over the manufacturing and the board properties, the dimensions and composition percent of the different particle size degrees.

Considering the crust effect on the physical and mechanical properties, and on the board aesthetic aspect, the crust participation in raw material was determined.

Moreover, the moisture content was controlled, which allows to estimate the exact wood quantity of that is received, and to determine the type of drying to be made.

Because the effect that they have on the gluing and the whole process, the pH value and density of raw materials, provided by the different suppliers, were determined.

The results obtained for each test were compared with standards specified by the company.

In relation with sawdust and chips granulometry, not all the suppliers fulfill the established. The sawdust crust content determination in helped to verify that the suppliers agreed with the standards demanded.

The values of density and pH are in agreement with what is normally presented by the involved species, *Pinus radiata*.

That the suppliers provide to the factory with raw material of different characteristics is established, founding significant differences among the values obtained for each determination.

Key words: Sawdust, Chips, Granulometry, Density, particleboard.

ANEXOS 2

Gráficos de la composición porcentual del aserrín y astillas
y
Gráficos semilogarítmicos de la composición porcentual acumulada.

Grafico 1: Distribución porcentual de los distintos grados de tamaño del aserrín.

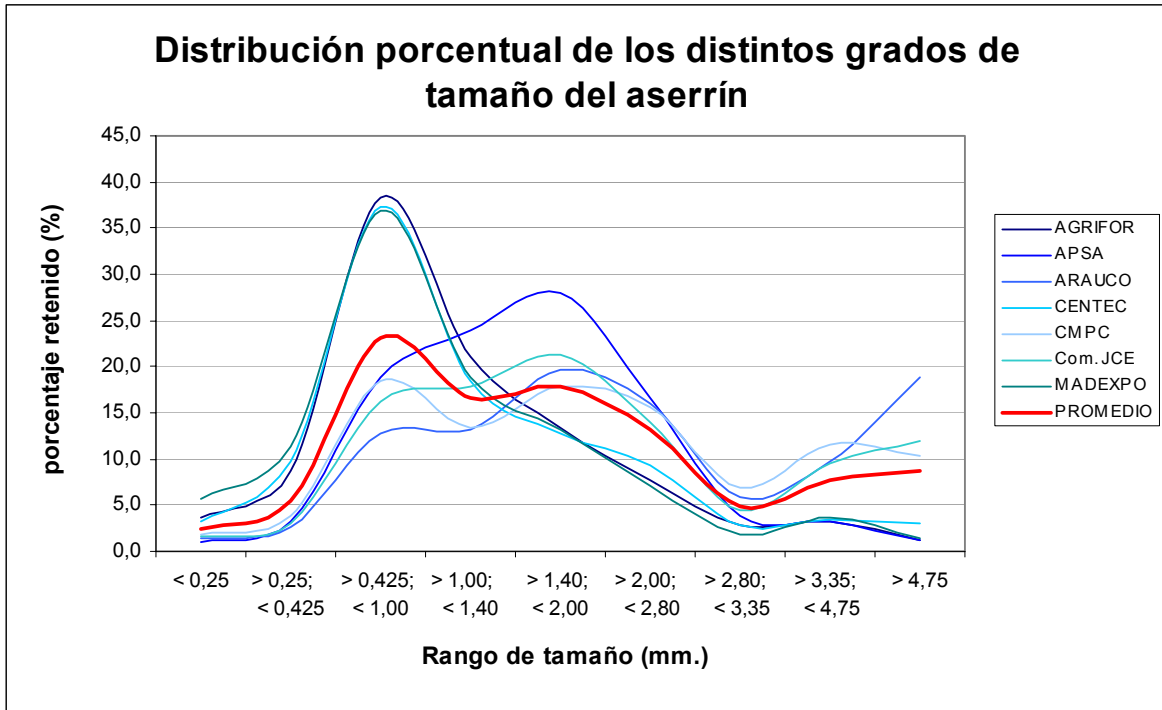


Grafico 2: Distribución porcentual de los distintos grados de tamaño de las astillas secas.

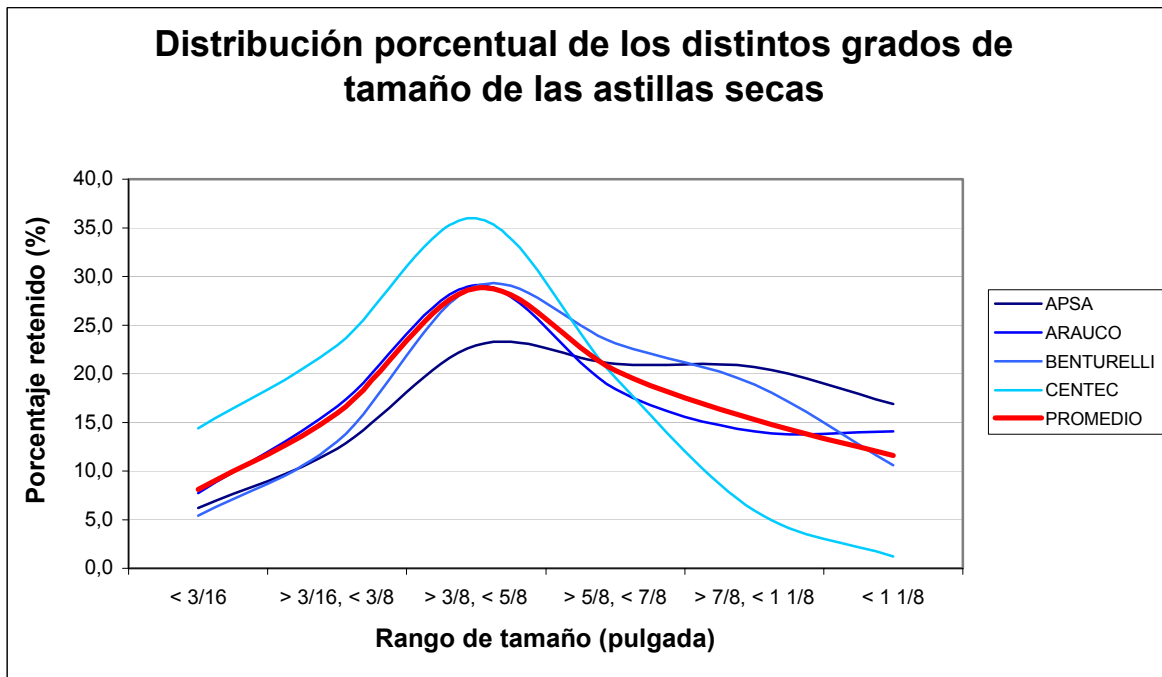
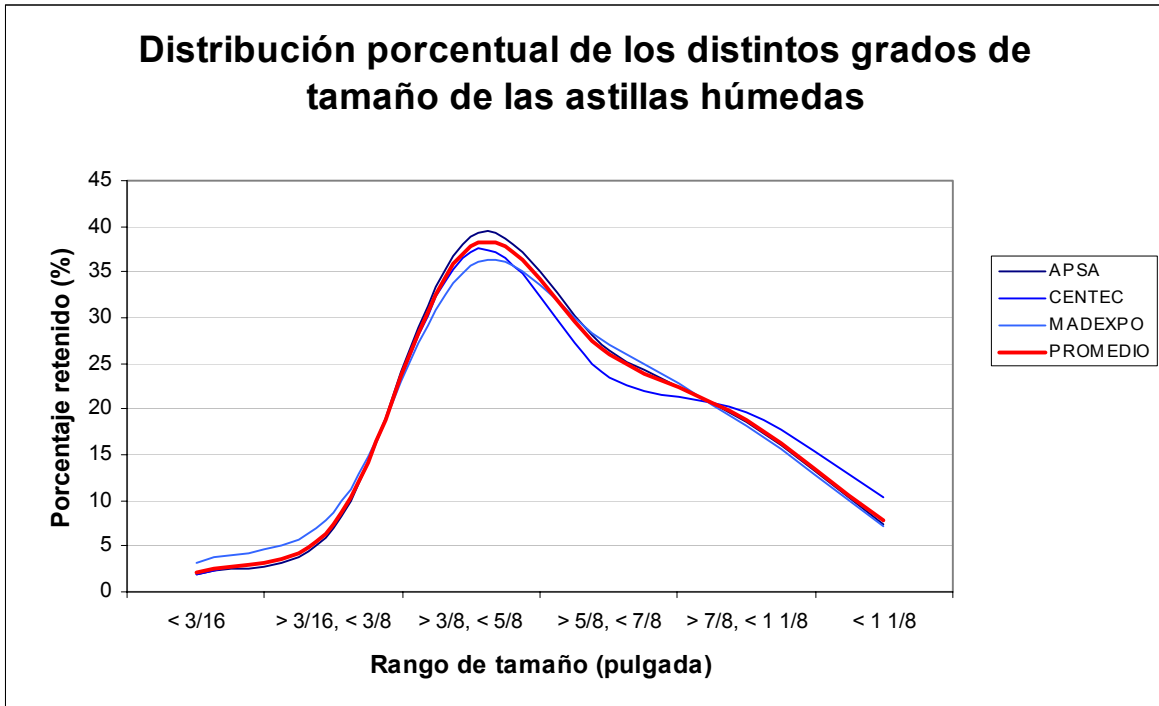


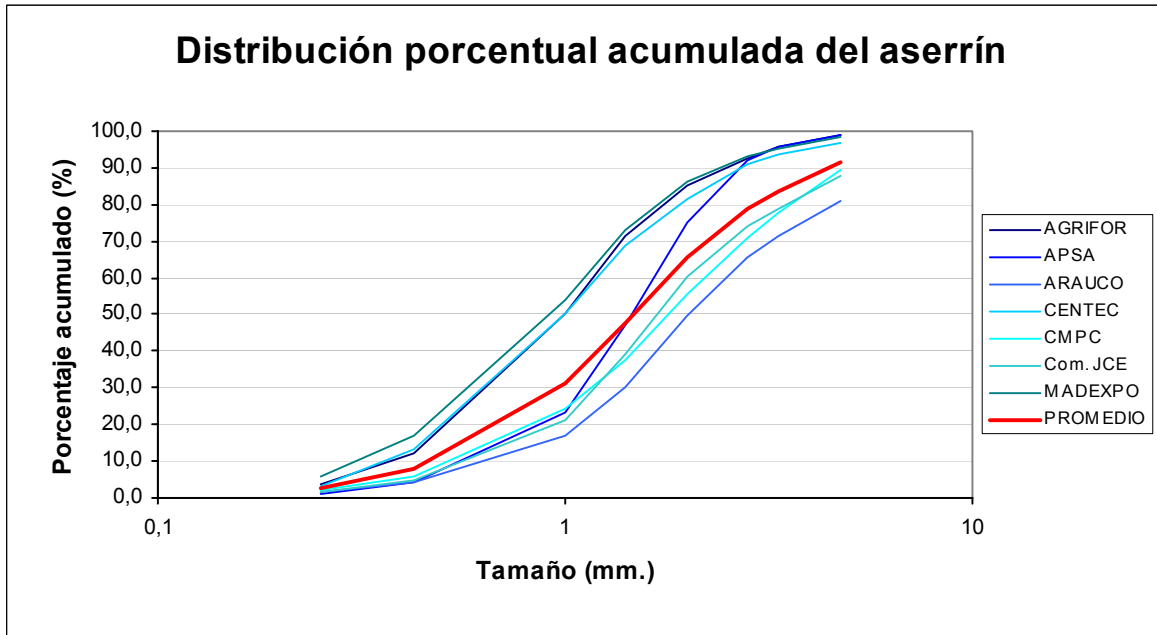
Grafico 3: Distribución porcentual de los distintos grados de tamaño de las astillas húmedas.



Cuadro 1: Composición porcentual acumulada del aserrín

Rango de tamaño		> 0,25; < 0,425	> 0,425; < 1,00	> 1,00; < 1,40	> 1,40; < 2,00	> 2,00; < 2,80	> 2,80; < 3,35	> 3,35; < 4,75	> 4,75
Proveedores	AGRIFOR	3,6	12,3	50,5	71,6	85,0	92,8	95,5	98,8
	APSA	1,0	4,3	23,1	47,1	75,1	91,8	95,6	98,7
	ARAUCO	1,3	4,0	16,8	30,0	49,5	65,6	71,4	81,1
	CENTEC	3,3	13,0	50,3	68,7	81,5	90,7	93,5	96,9
	CMPC	1,9	5,7	24,2	37,5	55,4	71,1	78,0	89,6
	Com. JCE	1,6	4,7	21,0	38,9	60,2	74,1	78,6	88,1
	MADEXPO	5,8	17,1	54,0	72,9	86,1	93,2	95,0	98,6
PROMEDIO		2,4	7,8	31,0	47,6	65,5	78,7	83,5	91,3

Grafico 4: Distribución porcentual acumulada del aserrín.



Cuadro 2: Composición porcentual acumulada de las astillas secas

Rango de tamaño		> 3/16, < 3/8	> 3/8, < 5/8	> 5/8, < 7/8	> 7/8, < 1 1/8	< 1 1/8
Proveedores	APSA	6,2	18,5	41,4	62,4	83,1
	ARAUCO	7,7	24,3	53,4	71,8	85,9
	BENTURELLI	5,4	18,4	47,4	70,5	89,4
	CENTEC	14,4	37,3	73,3	92,9	98,8
PROMEDIO		8,1	24,0	52,8	73,1	88,4

Cuadro 3: Composición porcentual acumulada de las astillas húmedas

Rango de tamaño		> 3/16, < 3/8	> 3/8, < 5/8	> 5/8, < 7/8	> 7/8, < 1 1/8	< 1 1/8
Proveedores	APSA	1,8	8,7	47,6	74,0	92,5
	CENTEC	1,9	9,4	46,5	70,0	89,7
	MADEXPO	3,1	11,8	47,6	74,7	92,8
PROMEDIO		2,1	9,6	47,4	73,4	92,1

Grafico 5: Distribución porcentual acumulada de las astillas secas

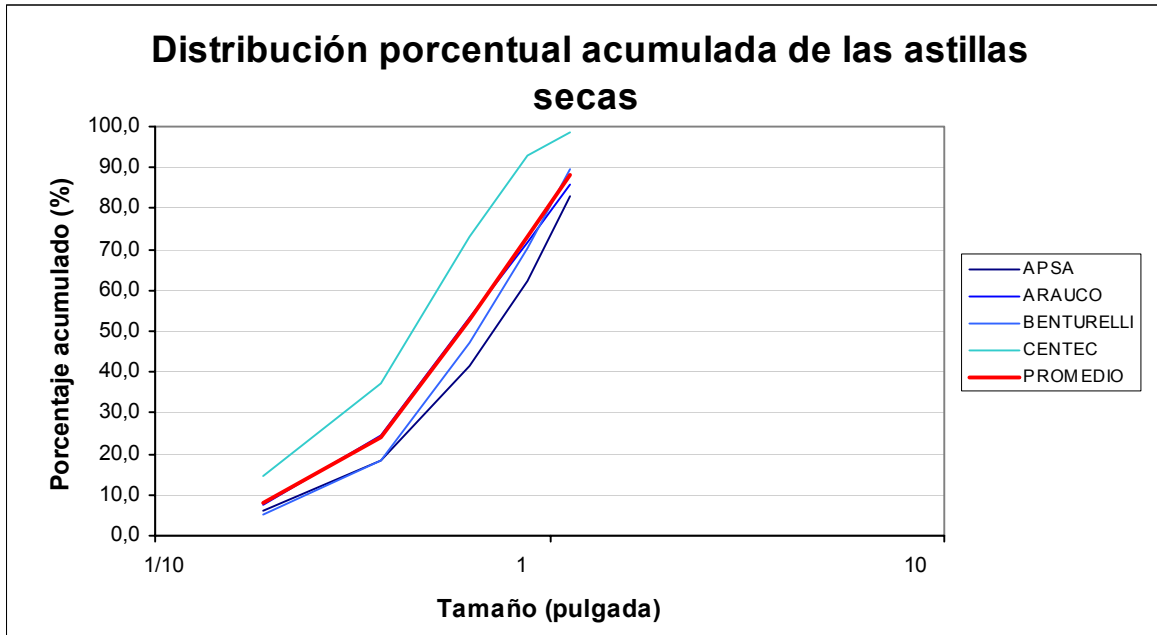
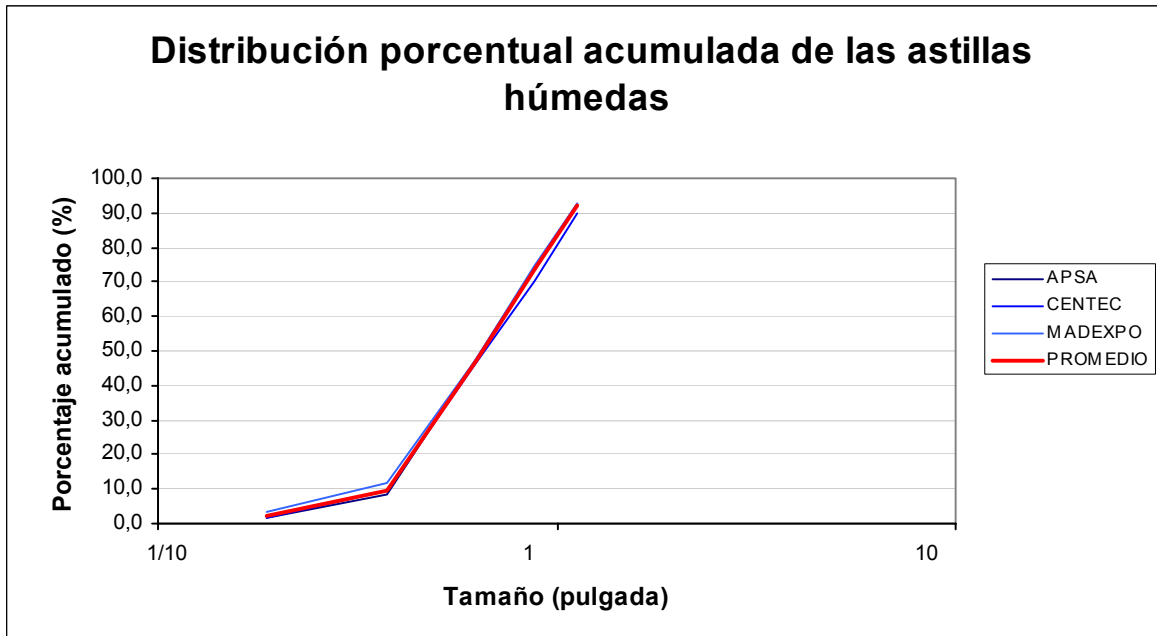


Grafico 6: Distribución porcentual acumulada de las astillas húmedas.



ANEXOS 3

Análisis de varianza para porcentaje de corteza, contenido de humedad, valor de pH, capacidad tampón y densidad.

Análisis de varianza para el porcentaje de corteza del aserrín y astillas.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ASERRÍN

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	5,5488E-04	6	9,2480E-05	31,1761	1,4074E-15	2,2789
Dentro de los grupos	1,5425E-04	49	2,9664E-06			
Total	7,0913E-04	55				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS SECAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	4,5403E-06	3	1,5134E-06	31,0726	4,7251E-09	2,9467
Dentro de los grupos	1,3638E-06	28	4,8707E-08			
Total	5,9041E-06	31				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS HÚMEDAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	5,8502E-03	2	2,9251E-03	34,5459	2,2862E-07	3,4668
Dentro de los grupos	1,7781E-03	21	8,4673E-05			
Total	7,6284E-03	23				

Análisis de varianza para el contenido de humedad del aserrín y las astillas.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ASERRÍN

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	77147,743	6	12857,957	63,312	2,216E-21	2,290
Dentro de los grupos	9951,413	49	203,090			
Total	87099,156	55				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS SECAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7,9149	3	2,6383	3,6721	5,7633E-01	2,9467
Dentro de los grupos	109,9088	28	3,9253			
Total	117,8237	31				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS HÚMEDAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	101,4450	2	50,7225	3,5767	5,7041E-01	3,4668
Dentro de los grupos	1847,1097	21	87,9576			
Total	1948,5547	23				

Análisis de varianza para el valor de pH del aserrín y astillas.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ASERRÍN

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,3925	6	0,0654	4,1090	2,0366E-03	2,2904
Dentro de los grupos	0,7802	49	0,0159			
Total	1,1727	55				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS SECAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,0328	3	0,0109	3,1949	3,8699E-02	2,9467
Dentro de los grupos	0,0958	28	0,0034			
Total	0,1287	31				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS HÚMEDAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,1398	2	0,0699	22,3231	6,3476E-06	3,4668
Dentro de los grupos	0,0657	21	0,0031			
Total	0,2055	23				

Análisis de varianza para la capacidad tampón del aserrín y astillas.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ASERRÍN

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	62,7143	6	10,4524	3,7903	3,5247E-03	2,2904
Dentro de los grupos	135,1250	49	2,7577			
Total	197,8393	55				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS SECAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	23,1415	3	7,7138	3,2820	3,5402E-02	2,9467
Dentro de los grupos	65,8097	28	2,3503			
Total	88,9512	31				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS HÚMEDAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	19,7500	2	9,8750	5,4216	1,2637E-02	3,4668
Dentro de los grupos	38,2500	21	1,8214			
Total	58,0000	23				

Análisis de varianza para la densidad del aserrín y astillas.

ANÁLISIS DE VARIANZA DEL ASERRÍN

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	17889,9921	6	2981,6654	12,0045	3,0221E-08	2,2904
Dentro de los grupos	12170,5541	49	248,3787			
Total	30060,5462	55				

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS SECAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	736,5047	3	245,5016	3,1605	4,0091E-02	2,9467
Dentro de los grupos	2174,9864	28	77,6781			
Total	2911,4911	31				

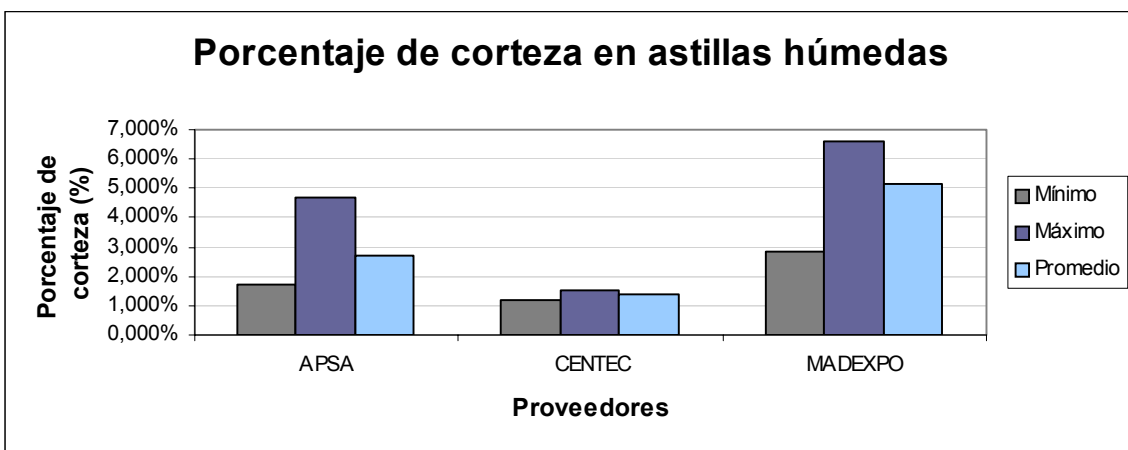
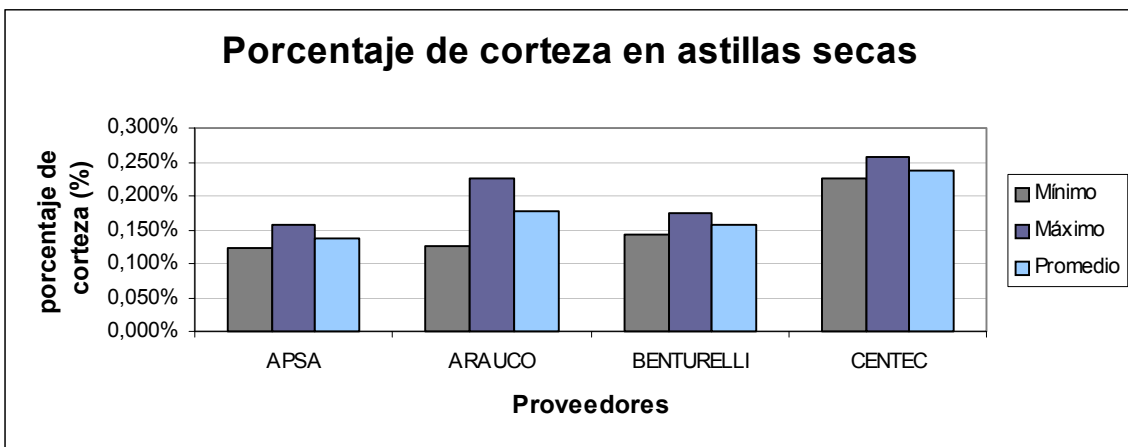
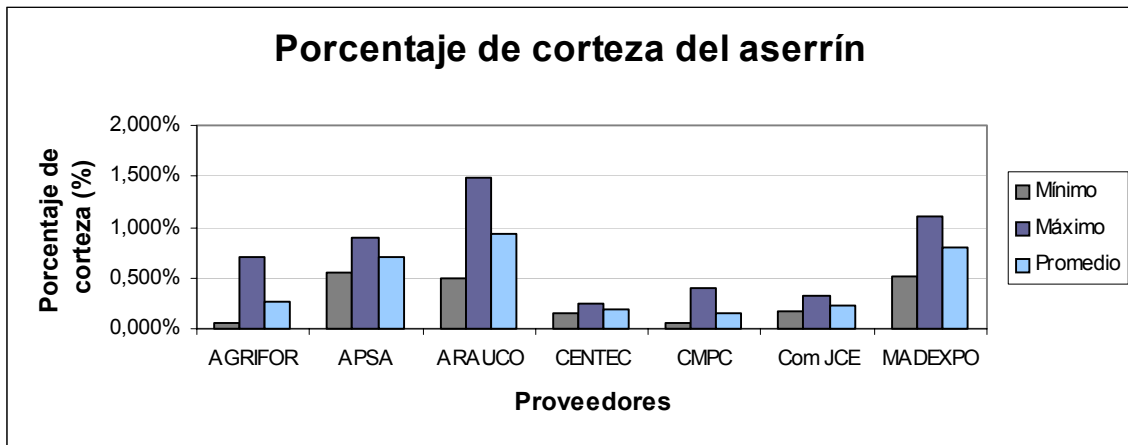
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS ASTILLAS HÚMEDAS

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	965,4044	2	482,7022	3,7760	3,9731E-02	3,4668
Dentro de los grupos	2684,5485	21	127,8356			
Total	3649,9529	23				

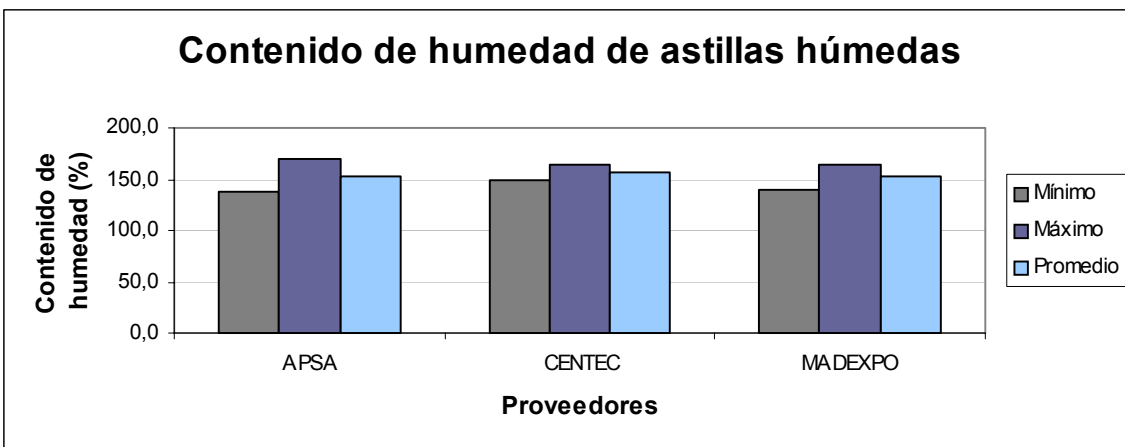
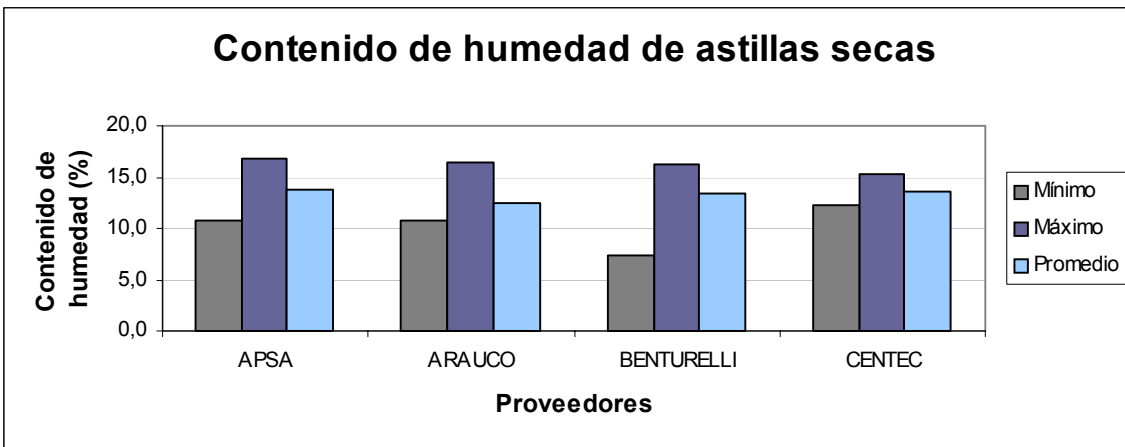
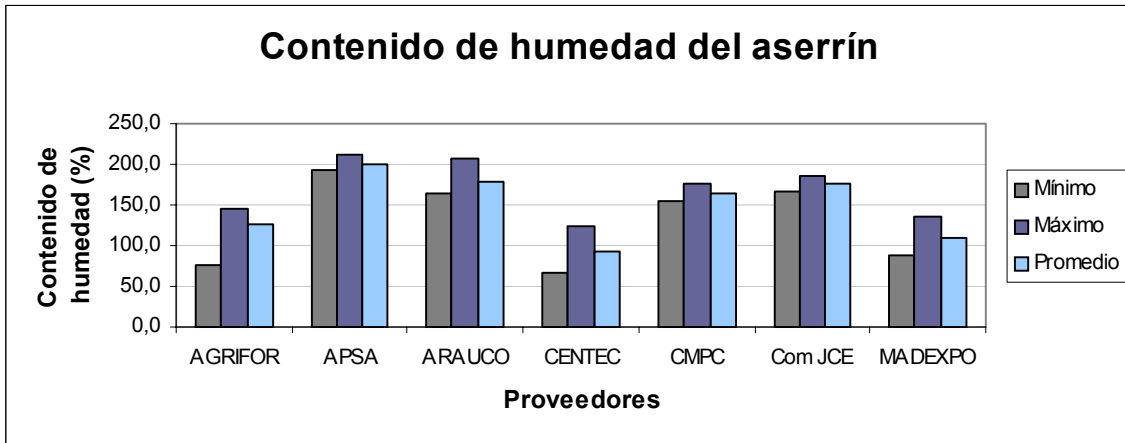
ANEXOS 4

Gráficos para determinación del porcentaje de corteza, contenido de humedad, valor de pH, capacidad tampón y densidad.

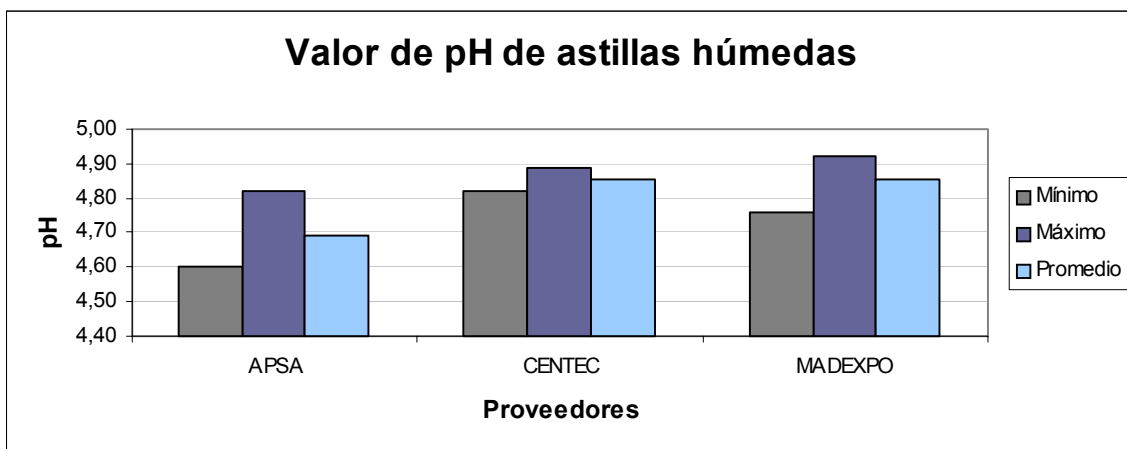
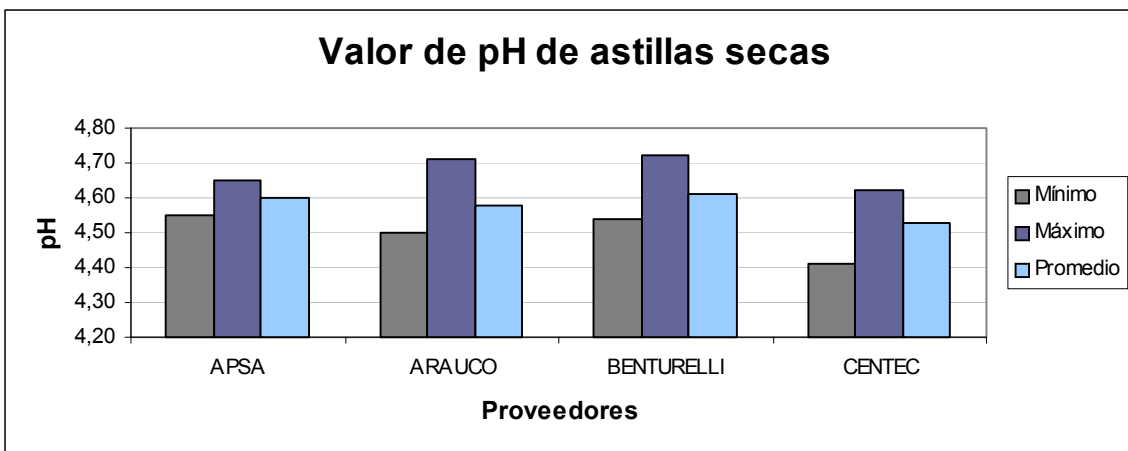
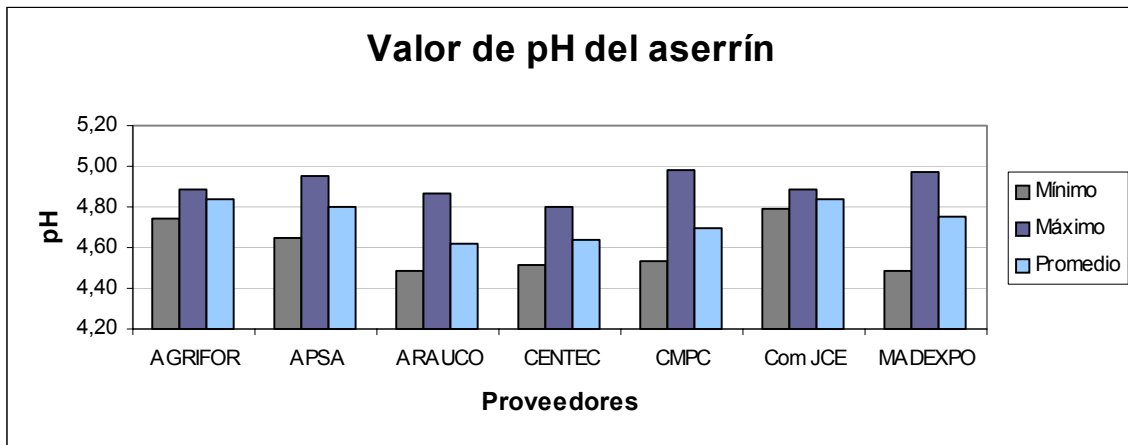
Gráficos de porcentaje de corteza en el aserrín y las astillas.



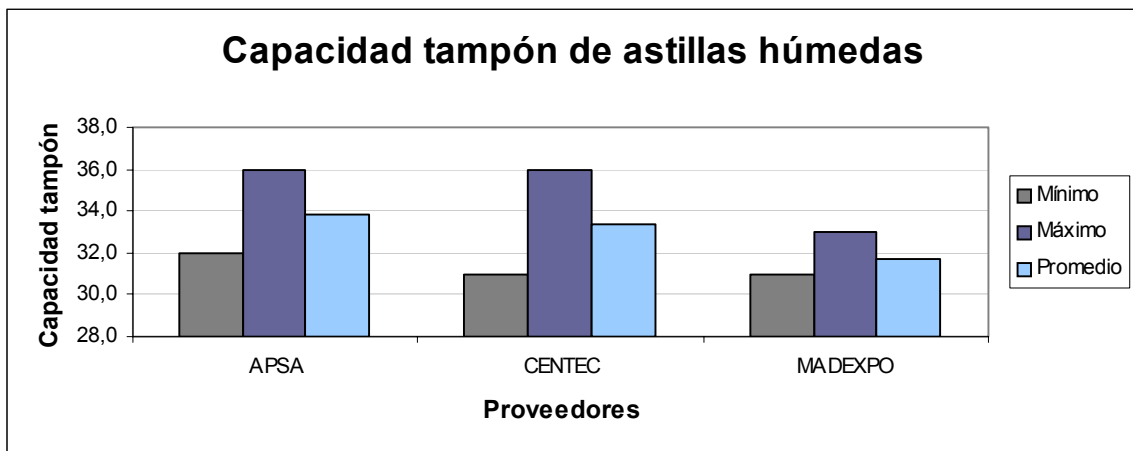
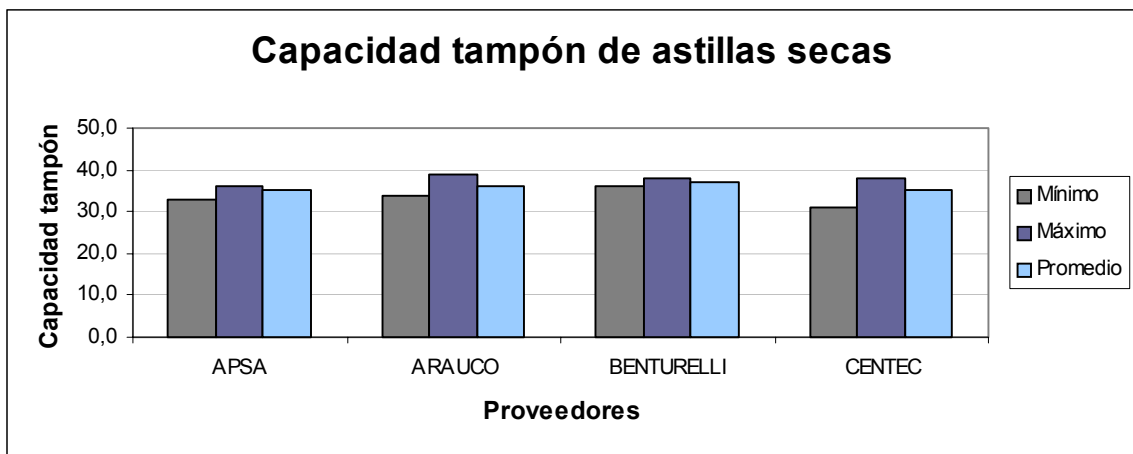
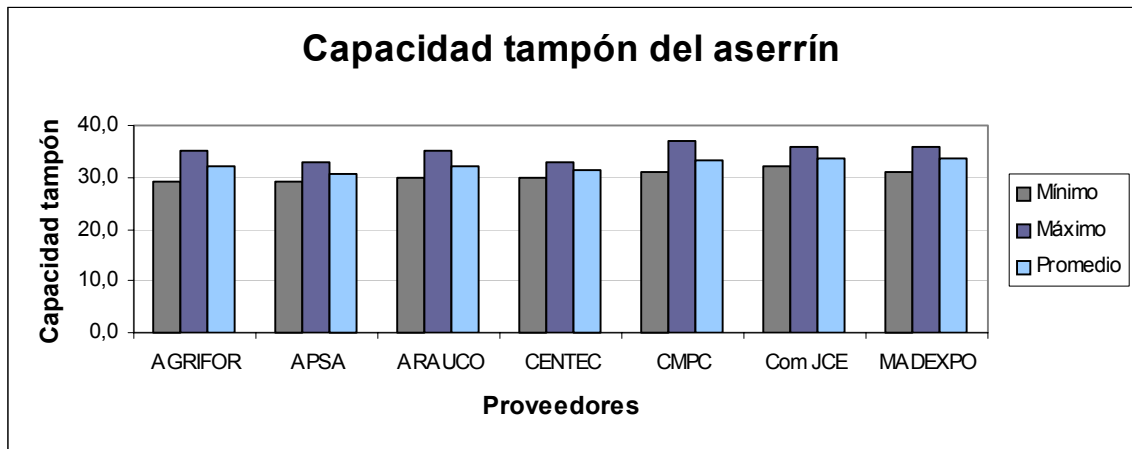
Gráficos de contenido de humedad del aserrín y de las astillas.



Gráficos de valor de pH del aserrín y de las astillas.



Gráficos de capacidad tampón del aserrín y de las astillas.



Gráficos de densidad del aserrín y de las astillas.

