



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

## Calidad de uniones dentadas en *Chusquea culeou*

Patrocinante: Sr. Héctor Cuevas D.

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

**EDWIN JORGE AGÜERO PAULENTZ**

Valdivia  
2007

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Héctor Cuevas D.	<u>6.0</u>
Informante:	Sr. Hernan Poblete W.	<u>6.2</u>
Informante:	Sr. Alfredo Aguilera L.	<u>5.6</u>

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. Héctor Cuevas D.

## **Agradecimientos**

Aprovecho esta oportunidad, para agradecer de todo corazón a mi familia, en especial a mi madre y abuela, por entregarme todo su amor y fuerza espiritual en forma incondicional, guiarme y acompañarme en todos los caminos que he tenido que recorrer y por entregarme todos los valores con los que cuento hoy en día.

También agradezco en forma especial a mis primos, hermanas, compañeros y amigos, que de alguna u otra forma me apoyaron y ofrecieron toda su ayuda en estos años de formación, en especial a Mario, cuantas risas y penas pasamos juntos compañero, estas en mi corazón viejo.

Por supuesto agradezco a mi profesor patrocinante don Héctor Cuevas Doering, por todo el apoyo y ayuda brindada, durante todo el recorrido de este trabajo, por la paciencia, preocupación y dedicación incondicional.

Quiero también agradecer a mis profesores informantes, don Hernán Poblete y don Alfredo Aguilera por sus sabias y oportunas críticas y correcciones.

Agradecer a toda la gente que trabaja en el Instituto de Tecnología de Productos Forestales, por ser todos unas excelentes personas que durante estos años de estudio, han facilitado en gran medida el poder llegar hasta este punto.

Como no agradecer a mi pequeña sobrina y ahijada Roció, la cual en los momentos mas difíciles y oscuros, a logrado iluminar mi vida con su sonrisa.

A Constanza, gracias por apoyarme y aguantarme todo este tiempo en las buenas y en las malas, soportar aquellos momentos de frustración, pena y rabia. Darme todos aquellos momentos de alegría y enseñarme lo que es entregar de corazón.

A todos ellos muchas gracias...

...A mi mami Elba, gracias por todo.  
Te extraño demasiado...

## INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Conceptos	3
2.1.1 Tableros enlistonados	3
2.1.2 Adhesivos	3
2.1.3 Uniones dentadas	3
2.1.4 Uniones laminares (canto y cara)	4
2.2 Factores que influyen en la calidad de uniones dentadas	4
2.2.1 Geometría del diente	4
2.2.2 Orientación del ensamble	5
2.2.3 Factores inherentes de la madera	6
2.2.4 Factores de fabricación	6
2.3 Resistencia mecánica de las uniones dentadas	8
3. DISEÑO EXPERIMENTAL	9
3.1 Materiales	9
3.1.1 Coligüe	9
3.1.2 Adhesivo	9
3.1.3 Equipos	9
3.2 Método	11
3.2.1 Variables consideradas	11
3.2.2 Tratamientos	12
3.2.3 Tamaño de la muestra	12
3.2.4 Selección del material	13
3.2.5 Confección de probetas	13
3.2.6 Ensayos	13
3.3 Cálculos	13
3.3.1 Resistencia	13
3.3.2 Adhesión	14
3.4 Tratamiento de resultados	14
3.4.1 Datos obtenidos	14
3.4.2 Evaluación de resultados	14
4. RESULTADOS	16
4.1 Datos obtenidos	16
4.1.1 Resistencias	16
4.1.2 Desgarro de fibras	17
4.2 Evaluación estadística	17
4.2.1 Resistencias	17
4.2.2 Desgarro de fibras	19
4.3 Análisis de resultados	21
5. CONCLUSIONES	23

6.

BIBLIOGRAFÍA

24

ANEXOS

1 Abstract

2 Valores de las probetas seleccionadas

3 Resultados estadísticos

## INDICE DE CUADROS

	Página	
Cuadro 1.	Evaluación estadística de las resistencias	17
Cuadro 2.	Análisis de varianza, resistencias	18
Cuadro 3.	Diferencia mínima significativa, resistencias	19
Cuadro 4.	Evaluación estadística de los desgarros	19
Cuadro 5.	Análisis de varianza, resistencias	20
Cuadro 6.	Diferencia mínima significativa, Desgarros	21

## INDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1.	Forma geométrica de los dientes	4
Figura 2.	Esquema de dientes verticales	5
Figura 3.	Esquema de dientes horizontales	6
Figura 4.	Corte y dimensionado de las piezas a unir	9
Figura 5.	Tupí	10
Figura 6.	Fresas	10
Figura 7.	Dentado finger 10/11 y finger 4/5	11
Figura 8.	Maquina universal de ensayos	11
Figura 9.	Probetas de uniones con finger 10/11	12
Figura 10.	Probetas de uniones con finger 4/5	12
Figura 11.	Geometría de la probeta de tracción según norma ASTM D 5572	13
Figura 12.	Resistencias promedios	16
Figura 13.	Desgarro de fibras promedios	17

## RESUMEN EJECUTIVO

En Chile hay al menos 11 especies autóctonas de bambú. Todos ellos son sólidos y crecen en climas templados a fríos. La alta tasa de reposición de estos bambúes y su gran biodiversidad y adaptabilidad, hacen de estas especies una atractiva alternativa para impulsar el desarrollo socioeconómico y disminuir el impacto ambiental.

Para hacer de la utilización industrial del bambú una opción rentable, surge la necesidad de encontrar un destino para la materia prima de calidades inferiores. Estudios hechos en Coligüe (*Chusquea culeou*) destacan como producto prometedor los tableros decorativos. La fabricación de tableros enlistonados se presenta también como una interesante alternativa de valorización de este recurso.

Para el aprovechamiento de la materia prima coligüe destinada a tableros enlistonados de formato comercial se requiere realizar uniones dentadas. No existen antecedentes relacionados con uniones dentadas en Coligüe, debido a esto se planteo la necesidad de evaluar la calidad de uniones dentadas en *Chusquea culeou*.

Se trabajó con culmos de *Chusquea culeou* provenientes de Neltume, décima región de Los Lagos, Chile, cosechados el año 2005 desde el predio Neltume Carranco S.A., sin existir criterios de selección previos. El adhesivo utilizado fue del tipo PVA.

Las variables consideradas fueron: dos geometrías de dientes, tres situaciones de encuentro (nodo-nodo, internodo-internodo y nodo-internodo) y dos tratamientos aplicados a las uniones (climatizado e inmersión en agua fría).

Como resultado general del estudio se encontró que las uniones dentadas en coligüe son buenas, las internodo-internodo son las que mejor reaccionan en los ensayos de tracción y desgarro de fibras, las uniones realizadas con el diente 10/11 son superiores a las con diente 4/5 y el tratamiento de inmersión en agua fría disminuye en gran medida la calidad de la unión en comparación con el climatizado.

Palabras claves: *Unión, geometría, tracción, desgarro, coligüe.*



## 1. INTRODUCCIÓN

En Chile hay al menos 11 especies autóctonas de bambú. Todas pertenecientes al género *Chusquea*. Sin embargo, la mayoría de las personas no saben de la existencia de bambú en el país.

Nuestros bambúes son todos sólidos y crecen en climas templados a fríos, desde la zona de Valparaíso (V región) hasta la zona de la Patagonia (XI región), presentándose en formaciones asociadas al bosque nativo o en claros, tanto en la Cordillera de los Andes como en la Cordillera de la Costa y en los valles intermedios (Campos *et al.*, 2003).

La alta tasa de reposición de los bambúes y su gran biodiversidad y adaptabilidad, hacen de estas especies una atractiva alternativa para impulsar el desarrollo socioeconómico, y disminuir el impacto ambiental. Muestra un gran potencial para detener procesos erosivos, es capaz de crecer en fuertes pendientes y además es de rápida cobertura en terrenos deforestados (Campos *et al.*, 2003).

Otro aspecto importante, es la alta tasa de crecimiento de estas especies. Esto ha llevado a que los bambúes sean considerados como un elemento de notable importancia para el balance de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera. Estudios de cuantificación realizados en Japón han determinado niveles de captura de carbono atmosférico de 1,75 toneladas por ha/año, tasa que resulta comparable a plantaciones de coníferas de rápido crecimiento en este país.

Existe una amplia tradición de la población principalmente rural, en la utilización de cañas de bambú, reportándose el aprovechamiento de este recurso entre otros en la agricultura, actividad forestal, minería, mueblería, artesanía, ganadería, vivienda y la construcción. Ya que su valor en pie es cercano a cero, principalmente por sus periodos de floración (50 a 60 años aprox.), los que se asocian a fatalidades, debido al aumento de los incendios forestales y crecimiento en la población de roedores.

Las dimensiones definitivas de los culmos de bambú tanto en diámetro como en altura, se presentan al finalizar su primer período de crecimiento, sin embargo, para la mayor parte de los usos potenciales se debe esperar una lignificación de las cañas la cual se logra a edades de 3 o 4 años.

En el Instituto de Tecnología de Productos Forestales se ha trabajado en proyectos orientados a obtener antecedentes básicos para planificar el desarrollo del bambú en Chile. Entre estos:

“Desarrollo integral de la utilización industrial de Bambusaceas autóctonas e introducidas” teniendo como objetivo el crear bases técnicas que permitan transformar a las formaciones de bambú en un recurso económico, social y ambiental.

“Desarrollo tecnológico y comercial para la fabricación de tableros decorativos de bambú con especies autóctonas” es el que se presenta con un mayor potencial

productivo. Los primeros tableros experimentales fueron sometidos a pruebas técnicas como ensayos de uniones laminares encoladas, verificando que de acuerdo a normas técnicas internacionales presentan buenas respuestas en cuanto a resistencia de cizalle y desgarró de fibras.

Para hacer de la utilización industrial del bambú una opción rentable, surge la necesidad de encontrar un destino para la materia prima de calidades inferiores, en este contexto la fabricación de tableros enlistonados se presenta como una interesante alternativa de valorización de este recurso.

Las propiedades mecánicas de las uniones en los tableros enlistonados, junto con el aspecto de este, consideran como factores importantes para la determinación del control de calidad de estos productos y de esta forma, asegurar una mínima garantía de que los tableros se comportaran en forma eficiente ante las diferentes solicitudes de esfuerzos a los cuales se les requerirá en su uso normal.

En la calidad de las uniones se considera, fundamentalmente, la resistencia mecánica de ella. Las uniones laminares fueron determinadas en el marco del proyecto “desarrollo tecnológico y comercial para la fabricación de tableros decorativos de bambú con especies autóctonas”.

No existen antecedentes relacionados con uniones dentadas en Coligüe.

Debido a esto, este trabajo pretende como objetivo general: Evaluar la calidad de uniones dentadas en *Chusquea culeou*. Siendo importante delimitar de forma precisa el objetivo general por medio de objetivos específicos con los cuales se debe cumplir, los cuales son:

- Determinación de la resistencia a tracción y desgarró de fibras en dos tipos de dientes y tres situaciones de encuentro.
- Evaluar disminuciones de resistencia posterior a un tratamiento o método de envejecimiento acelerado.

## **2. MARCO TEORICO**

Las uniones dentadas, hoy en día constituyen un medio de gran potencial para aumentar el rendimiento de la materia prima en la industria del aserrío y elaboración de la madera, esto se debe a que nos permite valorizar piezas cortas de escaso valor o revalorizar piezas de tamaño comercial de baja calidad. Permitiendo la fabricación de elementos más complejos, con largos limitados solo a las capacidades de la maquinaria.

### **2.1 Conceptos**

Los conceptos manejados tienen relación con las uniones dentadas en madera de pino radiata, por cuanto no existen antecedentes previos sobre estos temas en uniones dentadas formadas de coligüe

#### *2.1.1 Tableros enlistonados*

Este término se refiere a la concepción de un panel constituido por listones de madera de dimensiones determinadas, adosados entre sí por sus cantos, formando así un tablero de baja variabilidad dimensional, especial para el uso en mueblería y en general en uso de interiores.

#### *2.1.2 Adhesivos*

La norma ASTM D 5572 establece que los adhesivos formulados para productos no estructurales de uso seco deben cumplir los requisitos de resistencia y durabilidad necesarios para trabajar bajo condiciones de humedad de la madera de hasta un 16%, en cambio para los productos no estructurales de uso húmedo, sugiere que el adhesivo debe ser capaz de soportar las exigencias de resistencia y durabilidad al ser utilizado para condiciones de humedad de la madera las cuales pueden ser de 16% o mayores. (American Society for Testing and Materials, 1995).

#### *2.1.3 Uniones dentadas*

Según la norma ASTM D-5572 unión dentada es: “la unión formada al pegar dos miembros pre-cortados en forma de dedos o listones”.

El término finger-joints (Dedos unidos) no alude a ningún producto en particular, sino que se refiere genéricamente a todas aquellos productos obtenidos a partir de uniones en forma de dedos que se efectúa en los extremos de los blocks para encastrarlos, encolarlos y prensarlos, es uno de los tipos de uniones más sencillos y resistentes.

En el sistema alemán se hacen los cortes en el espesor de la pieza (finger en el canto), mientras que en el americano se hacen en el ancho de las piezas (finger en la cara), (Consejo federal de inversiones, 2001).

### 2.1.4 Uniones laminares (canto y cara)

Es la forma que se emplea para adherir dos o más piezas consecutivas entre sus cantos o caras, logrando así una mayor superficie común en el ancho de los tableros, y de esta manera hacer productos de mayores áreas utilizables, en la mueblería en general, así como para usos interiores y exteriores.

## 2.2 Factores que influyen en la calidad de uniones dentadas

### 2.2.1 Geometría del diente

En 1963 Selbo desarrolló un método para producir uniones dentadas de una completa variedad de diseños experimentales. Estudió el efecto de la geometría del juntado en la aplicación de fuerza a tensión sobre un completo rango de dimensiones de uniones, para maderas blandas y maderas duras, presentando una discusión teórica en que la fuerza de la unión es expresada en términos de las dimensiones geométricas del dentado. De los datos obtenidos se concluye que una adecuada área de unión logra una alta resistencia a despegarse, por lo que se desarrolló una geometría de dedos delgados para obtener el máximo de fuerza de la unión.

Según Karsulovic y León (1988), las pendientes suaves del flanco del diente permiten un nivel elevado de resistencias debido a la mayor superficie de adherencia entre ambas piezas, ya que su orientación se aproxima a la dirección de las fibras.

Esto implica la consideración de cuatro variables: paso, longitud, pendiente y espesor de los extremos del diente. Su estudio es complejo debido a la interrelación entre las variables, lo que no permite su análisis en forma separada.

Los componentes de la geometría del diente se muestran en la figura 1.

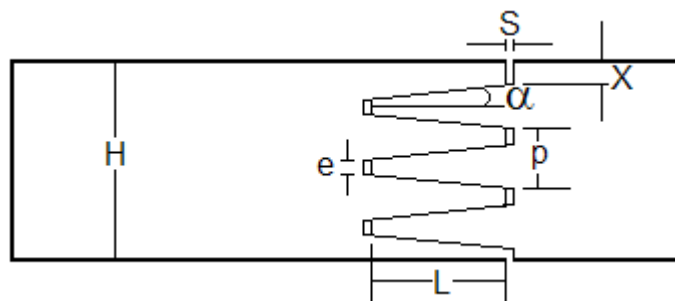


Figura 1. Forma geométrica de los dientes.

Donde:

L = Longitud del diente

p = Separación entre dos dientes consecutivos, paso del diente

e = Espesor del extremo del diente

$\alpha$  = Pendiente del flanco del diente

S = Juego en el fondo del diente (separación entre piezas)

H = Ancho total del ensamble

X = Espesor de la junta de base lateral

### 2.2.2 Orientación del ensamble

En general existen dos posibilidades de orientación de los dientes en relación a la sección de la madera, estas son:

**Verticales.** El perfil de los dientes aparece sobre el ancho o cara de la pieza, figura 2.

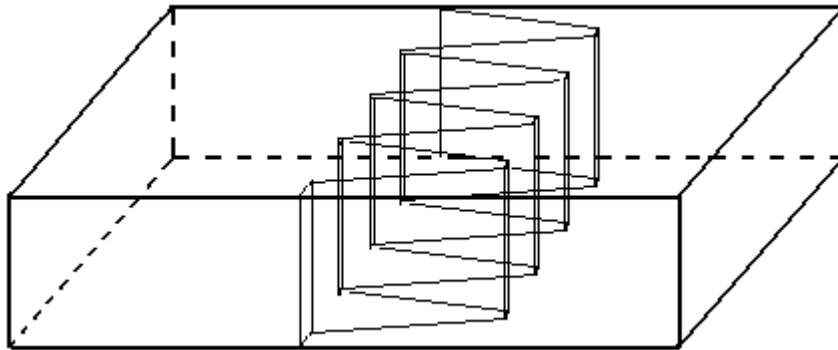


Figura 2. Esquema de dientes verticales

**Horizontales.** El perfil de los dientes aparece sobre el espesor o canto de la pieza, figura 3.

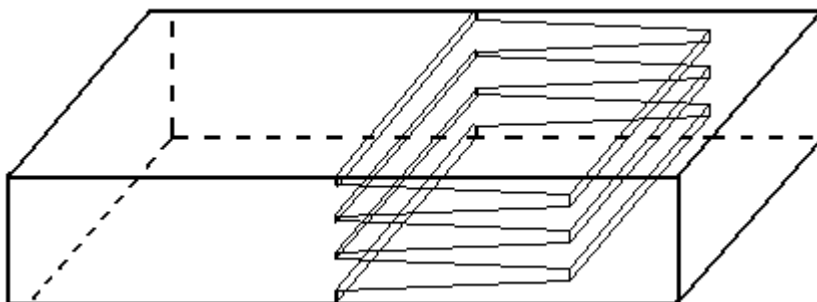


Figura 3. Esquema de dientes horizontales

### 2.2.3 Factores inherentes de la madera

Se ha demostrado que se produce una marcada reducción de la resistencia con un incremento de la densidad (Rensburg et al. 1985). A su vez se determinó que las características macroscópicas que afectan en mayor forma la resistencia de la unión son: el peso específico de la madera y el corte irregular, en cambio los aspectos microscópicos que afectan dicha unión en mayor grado son la poca presencia de adhesivo en el ensamble y la pobre absorción del adhesivo (Kutscha y Caster, 1987).

También se estableció, que el mayor factor determinante en la unión se refleja en las propiedades de adhesión de esta ya que son función de la naturaleza y porosidad de la superficie de la madera, es decir, la superficie a encolar puede presentar distintas características que serán determinadas según la posición relativa de los elementos anatómicos (Gallardo, 1999).

**Densidad.** A nivel de la unión, la densidad de la madera influye en cierta medida en las propiedades de encolabilidad y en las presiones admisibles de ensamblado. En el caso de una unión bien ejecutada se puede llegar a la situación que la pieza ensamblada se comporte como una madera compacta sin unión, tendiendo a fallar en la madera, fuera del ensamble. En este caso, resulta entonces que la densidad de la madera es la condicionante en la resistencia mecánica del elemento.

Se encontró igualmente que el ángulo de las fibras respecto al plano de cola crea tensiones secundarias que se manifiestan como esfuerzos cortantes que tienden a producir fracturas a lo largo de las fibras y esfuerzos normales que producen tracción en dirección normal a estas (Karsulovic y León, 1988).

### 2.2.4 Factores de fabricación

**Elaboración de los dientes.** La correcta ejecución del perfil de los dientes interviene significativamente en la eficiencia de la unión.

Para un buen acabado del diente, las herramientas no deben estar gastadas ni desafiladas. La falta de filo hace que las superficies resulten ligeramente quemadas por el calor de frotamiento, no permitiendo una buena adherencia de la cola. Además, las herramientas gastadas arrancan el tejido celular, volviendo al encolado menos rígido.

**Encolado de la unión.** Para ejecutar uniones de alta resistencia es necesario obtener una alta calidad del encolado. Esto se logra: con superficies secas, limpias y sin daño superficial; un adhesivo de adecuado poder humectante aplicado en una película continua en los planos de unión evitando la presencia de resina en las superficies de los dientes. Las superficies deben estar en íntimo contacto y mantenerse así durante el curado (Karsulovic y León, 1988).

En cuanto a la encolabilidad, varios autores coinciden en señalar que el factor de mayor incidencia es la densidad. Las menores resistencias de la unión encolada se obtienen con madera de densidades más bajas (Bassett, 1960; Skeist, 1966; Poblete, 1978); lo que es atribuible a que en ellas el adhesivo es totalmente absorbido por la madera, generándose uniones pobres, debido a que en estos sustratos la madera falla más fácilmente que la línea de cola, al existir una incidencia directa sobre la adhesión mecánica. En maderas con densidades altas (superiores a 0,7 gr/cm<sup>3</sup>) (Bassett, 1960), también se producen uniones débiles debido fundamentalmente a la mala transferencia de adhesivo entre los sustratos o a un excesivo escurrimiento lateral al momento de aplicar presión.

Además, las mayores variaciones dimensionales por cambios en el contenido de humedad, producen tensiones que deben ser soportadas por las uniones encoladas, determinándose la ruptura en la Línea de cola antes que en el sustrato. Se considera una unión adhesiva satisfactoria, aquella en que la falla se produce en la madera y no en la línea de cola. Esto puede lograrse mediante una buena preparación de la madera o introduciendo cambios en el adhesivo, ya sea en el tipo, en su formulación o en las condiciones de aplicación (Poblete, 1978).

Se ha demostrado que la penetración de adhesivos hacia la madera incrementa la resistencia de la unión encolada (Blomquist, 1983). En efecto, es necesaria la penetración en una escala molecular para crear una zona de transición, con propiedades mecánicas intermedias entre las del adhesivo y las de la madera, requiriendo 2 a 6 células de profundidad, dependiendo del tipo y condición del adhesivo. Además, la profundidad de penetración y su regularidad puede ser importante para una unión fuerte. Si la penetración es muy irregular, la resistencia de la unión puede reducirse y la falla puede tener lugar donde hay una menor cantidad de adhesivo o donde éste penetró en forma escasa.

**Presión de ensamble o de cierre.** El nivel de presión a aplicar durante el encolado juega un rol determinante en la resistencia final de la unión, especialmente en el caso de mini-dientes, cuando no se proporciona calor adicional a la línea de cola.

Al respecto es necesario considerar la resistencia mecánica de la unión, bajo dos aspectos: la resistencia mecánica inicial y la resistencia mecánica final.

### **2.3 Resistencia mecánica de las uniones dentadas**

Una propiedad importante de los ensamblados de dientes múltiples es su capacidad de auto-apriete. Esto se debe a una deformación elastoplástica de la superficie de los dientes cuando estos son comprimidos a una presión elevada.

Para un tipo de cola dada se constata que la resistencia inicial de la unión varía aproximadamente en forma lineal en función de la presión de cierre longitudinal.

La pendiente del flanco de los dientes influye igualmente sobre la resistencia inicial de la unión, la que tiende a decrecer a medida que la pendiente aumenta.

En uniones con dientes cortos se puede obtener una resistencia mecánica inicial elevada, a condición que sean ensamblados con fuertes presiones (100 Kg/cm<sup>2</sup> aprox.), lo que es posible, puesto que el riesgo a clivaje es menor en este tipo de dientes.

La resistencia mecánica final de la unión esta determinada por la calidad del encolado de los flancos de los dientes, donde interviene en forma preponderante la presión ejercida sobre dichas superficies, al momento de cierre del ensamble.

Para uniones dentadas en madera se ha obtenido una tasa de reducción de la resistencia con respecto a la madera sin unión de 20% para maderas blandas y un 40% para maderas duras. Es necesario señalar que dicha tasa de reducción tiene un carácter relativo, dependiendo de la base de referencia sobre la cual se calcula y de la especie en cuestión. Es decir, si la tasa de reducción se determina en base a una madera sin unión y libre de defectos, el valor obtenido será muy dependiente de la especie y a su vez muy teórico (Karsulovic y León, 1988).



### 3. DISEÑO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Coligüe

Se trabajó con culmos de *Chusquea culeou* provenientes de Neltume, décima región de Los Lagos, Chile, cosechados en el año 2005 desde el predio Neltume Carranco S.A., sin existir criterios de selección previos.

##### 3.1.2 Adhesivo

Se utilizó solo un tipo de adhesivo y este fue Pegafix maderas extra firme de Pattex del tipo PVA (Polivinil Acetato) formulado para uso seco. Cola fría a base de dispersiones de polímeros en base acuosa, resistente a altas temperaturas ( $\pm 80^\circ\text{C}$ .), no recomendado para su aplicación a temperaturas inferiores a  $5^\circ\text{C}$ .

##### 3.1.3 Equipos

Para la fabricación de la probetas se ocuparon las siguientes máquinas, pertenecientes al Instituto de Tecnología de Productos Forestales:

Para los cortes y dimensionado se utilizó una sierra circular LEUCO Top line  $\varnothing 250$  x 3.2/2.2 Z40 (figura 5) para una velocidad de rotación máxima de 7600 Rpm, logrando así un corte de excelente calidad.



Figura 4. Corte y dimensionado de las piezas a unir.

Para la fabricación de el dentado se utilizó una Tupí (figura 6) equipada con dos tipos de fresas (figura 7), cuyas especificaciones son: 160 x 32.4 x 50 mm 10/11 - 3.88 mm Z=4 HS (acero rápido) y 160 x 32.4 x 50 mm 4/5 - 1.6 mm Z=6 HS, realizando el dentado que se muestra en la figura 8.

Ambas fresas pertenecen a la familia conocida como mini finger. Para efectos prácticos se identificaran, en adelante, de acuerdo al largo del diente (finger 10/11 y finger 4/5).

Con el fin de obtener una excelente terminación superficial se utilizó una velocidad de giro de 6000 Rpm.



Figura 5. Tupí.



Figura 6. Fresas.

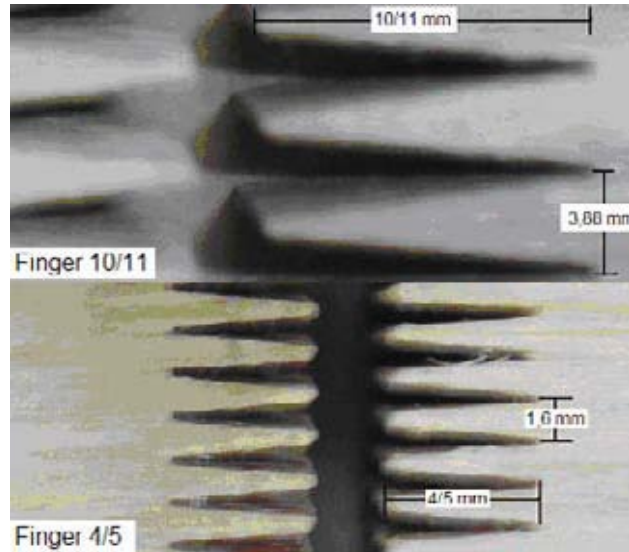


Figura 7. Dentado finger 10/11 y finger 4/5.

Para la realización de los ensayos de tracción se utilizó la máquina universal de ensayos MOHR+FEDERHAFF+LOSENHAUSEN (figura 9), capaz de aplicar la fuerza tensora necesaria para romper la probeta, cuya precisión es de 0,5 Kg.



Figura 8. Máquina universal de ensayos

## 3.2 Método

### 3.2.1 Variables consideradas

Las variables son dos geometrías de dientes, dos tratamientos aplicados a las uniones y tres situaciones de encuentro (nodo-nodo, internodo-internodo y nodo-internodo).

### 3.2.2 Tratamientos

Para medir la calidad de las uniones dentadas de Coligüe, se aplicaron los siguientes tratamientos:

**Curado.** Corresponde a un climatizado, previo al ensayo, por siete días en ambiente con  $20 \pm 2$  °C de temperatura y  $65 \pm 5$  % de humedad relativa del aire.

**Inmersión.** Consiste en tres ciclos de inmersión en agua con temperatura entre 19 y 27 °C por un periodo de 4 horas, seguido de un secado de 19 horas a una temperatura de  $41 \pm 3$  °C con circulación de aire. Ensayo posterior al tercer ciclo luego de un enfriado por 1 hora a una temperatura de  $24 \pm 3$  °C.

### 3.2.3 Tamaño de la muestra

Se ensayaron 20 probetas para cada tipo de unión (nodo-nodo, internodo-internodo, nodo-internodo), en dos tipos de dientes (figura 10 y 11) y para ambos tratamientos, es decir, el total de probetas es 240.



Figura 9. Probetas de uniones con finger 10/11.

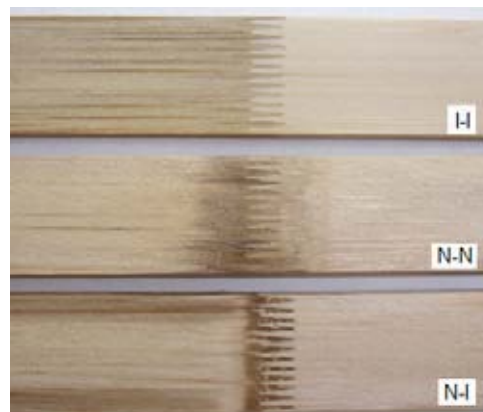


Figura 10. Probetas de uniones con finger 4/5.

### 3.2.4 Selección del material

Los culmos de coligüe se seleccionaron en primer lugar por su diámetro ( $\geq 30$  mm), libres de defectos, no arqueados, sin ataques de insectos y hongos.

### 3.2.5 Confección de probetas

Los culmos de coligüe se segmentaron cada 30 cm, para obtener piezas con un nodo en el extremo y en el otro la sección internodal.

A cada pieza seleccionada se le dió sección rectangular pasándolas por la cepilladora, para luego terminarlas en la sierra circular, quedando con dimensiones de 21mm x 21mm x 300mm, luego se fresaron sus extremos con los dos tipos de dientes estudiados. A continuación se cortaron al centro para disponer de los extremos a unir considerando los tres tipos de encuentro. Se encolaron y prensaron, para luego darle las dimensiones definitivas, como se indica en la figura 12, obteniendo dos probetas de cada pieza, para luego someterlas a climatizado e inmersión, según corresponda.

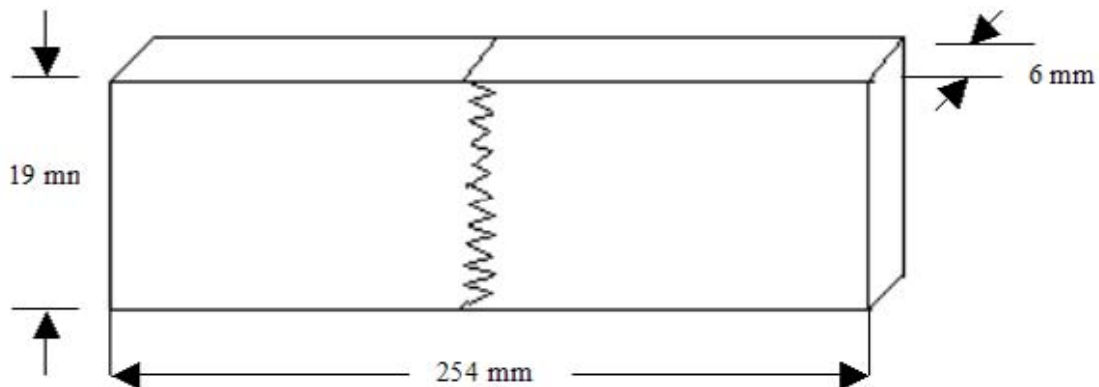


Figura 11. Geometría de la probeta de tracción según norma ASTM D 5572

### 3.2.6 Ensayos

Los ensayos se realizaron según las indicaciones de la norma ASTM D 5572.

## 3.3 Cálculos

### 3.3.1 Resistencia

El esfuerzo tensor máximo que corresponde a la máxima carga que es capaz de soportar la pieza por unidad de superficie, se determinó mediante la expresión:

$$R = (Q/A) * 0.0980665 \text{ Mpa}$$

Donde:

R = Tensión unitaria de rotura

Q = Carga de rotura expresada en kg

A = Área de la sección de la probeta expresada en cm<sup>2</sup>

0.0980665 = Factor de conversión kg/ cm<sup>2</sup> a MPa

### 3.3.2 Adhesión

La adhesión se evaluó según el procedimiento normalizado, se determinó el área sometida a esfuerzo en la cual la falla se produce en la madera y esta fué relacionada porcentualmente con el área total. Esta situación es conocida como desgarro de fibras.

Para poder visualizar y medir el área en la cual falla la línea de cola, y por diferencia determinar el área de desgarro de fibras, las probetas fueron asperjadas con un reactivo que colorea el adhesivo.

La relación de calculo fué, por tanto:

$$Df = (( 1 - Afa) / At) * 100 (\%)$$

Donde:

Df = Desgarro de fibras

Afa = Área de falla de adhesivo

At = Área total sometida a esfuerzo

## 3.4 Tratamiento de resultados

### 3.4.1 Datos obtenidos

Para la utilización de los valores obtenidos y efectuar los cálculos se construyó una matriz de datos que contiene los valores de resistencia alcanzados por las probetas seleccionadas para el estudio.

### 3.4.2 Evaluación de resultados

La evaluación estadística se realizó con la ayuda de Microsoft Excel y SPSS for Windows.

Para cada tipo de unión se determinó: Valores máximos y mínimos, media, desviación estándar y varianza.

Una vez obtenidos los valores de resistencia con sus respectivos tipos de dientes, encuentros y método de envejecimiento, se procedió a la evaluación de los resultados con el fin de determinar las posibles relaciones existentes.

Para ello, se aplicó el siguiente procedimiento:

Se determinaron los estadígrafos descriptivos para cada uno de los tipos de dientes, diferentes tipos de encuentro y los tratamientos, valores mínimos y máximos, media, desviación estándar y varianza.

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre las variables a estudiar, se aplicó un análisis de varianza ANOVA.

La prueba estadística se realizó con un nivel de significancia del 5% para rechazar la hipótesis nula, de que no existen diferencias entre las medias de las variables que se manejan.

*Si, Valor  $F < Valor Crítico para F$*

Se comprueba la hipótesis nula, donde los distintos tipos de dientes, situaciones de encuentro y métodos de envejecimiento producen el mismo efecto en la resistencia a la tracción en las uniones dentadas. De lo contrario.

*Si, Valor  $F > Valor Crítico para F$*

Se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que existen diferencias significativas entre los distintos tipos de dientes, situaciones de encuentro y los métodos de envejecimiento. Debido a esto fue necesario realizar comparaciones múltiples por el método de la diferencia mínima significativa (LSD), con lo cual se pudo determinar cual era la situación de encuentro que produce un resistencia a tracción y desgarro de fibras más considerable.

## 4. RESULTADOS

Para la obtención de los resultados, fue necesario elaborar tablas en Excel, de las cuales se obtuvieron las medias, y se realizó una comparación entre estas, y las medias exigidas para Pino Radiata por la norma ASTM, ya que no es posible comparar con otros estudios en Coligüe, pues no existen.

### 4.1 Datos obtenidos

#### 4.1.1 Resistencias

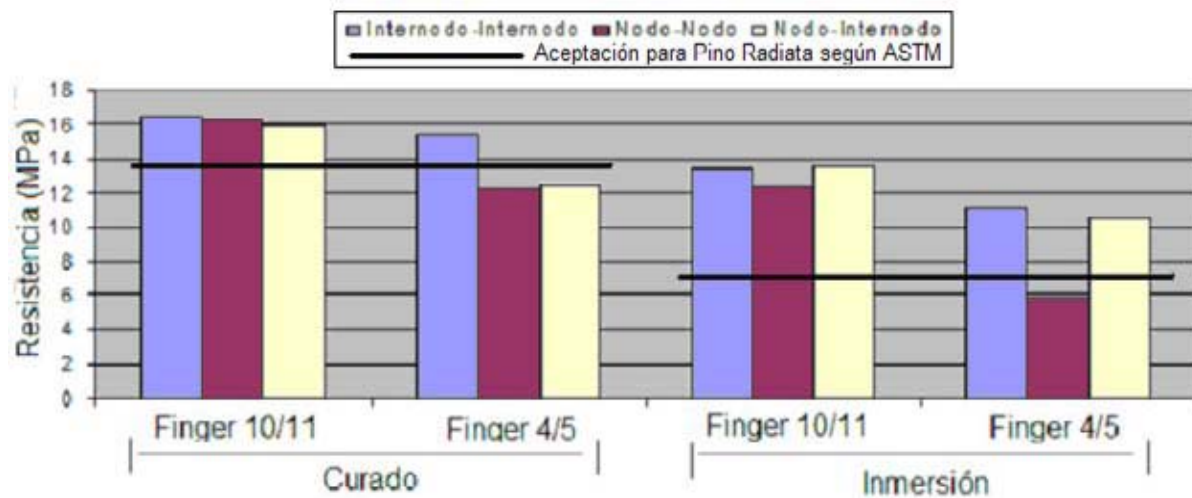


Figura 12. Resistencias promedios.

Al analizar el gráfico de la figura 13, se puede observar que las variables en estudio para las resistencias que no superaron los límites de aceptación para Pino Radiata fueron en Curado las Nudo-Nodo e Nudo-Internodo y las sometidas a Inmersión Nudo-Nodo, todas estas para el finger 4/5.



#### 4.1.2 Desgarro de fibras

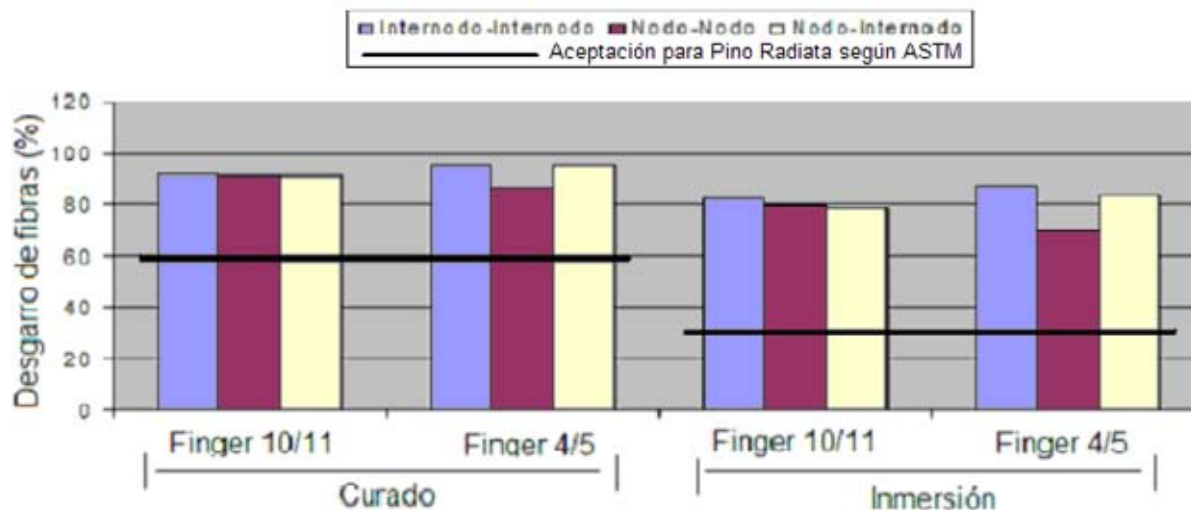


Figura 13. Desgarro de fibras promedios

En desgarro de fibras todas las situaciones de unión en ambos tratamientos superaron el límite de aceptación que impone la norma ASTM para Pino radiata, tal como se muestra en la figura 14.

## 4.2 Evaluación estadística

### 4.2.1 Resistencias

Una vez obtenidos los valores de resistencia para cada tipo de encuentro, con sus diferentes tratamientos en las diferentes geometrías de dientes, se calcularon los estadígrafos descriptivos, que se entrega en el cuadro 1.

Cuadro 1. Evaluación estadística de las resistencias.

Geometría del diente	Tratamiento	Tipo de unión	N	Estadística descriptiva						
				Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza para medias		Mínimo	Máximo
							Límite inferior	Límite superior		
Finger 10/11	Curado	Internodo-Internodo	20	16,42	5,09	1,14	14,04	18,81	5,33	26,75
		Nodo-Nodo	20	16,26	6,45	1,44	13,24	19,28	5,89	26,50
		Internodo-Nodo	20	15,92	4,01	0,90	14,04	17,79	8,77	24,22
		Total	60	16,20	5,20	0,67	14,86	17,54	5,33	26,75
	Inmersión	Internodo-Internodo	20	13,43	3,76	0,84	11,67	15,19	6,49	21,46
		Nodo-Nodo	20	12,35	3,59	0,80	10,67	14,03	4,69	18,28
		Internodo-Nodo	20	13,57	2,76	0,62	12,27	14,86	8,30	17,81
		Total	60	13,11	3,38	0,44	12,24	13,99	4,69	21,46
Finger 4/5	Curado	Internodo-Internodo	20	15,35	4,75	1,06	13,13	17,57	5,98	27,05
		Nodo-Nodo	20	12,25	3,72	0,83	10,51	13,99	4,34	17,85
		Internodo-Nodo	20	12,41	3,61	0,81	10,72	14,09	3,61	17,76
		Total	60	13,34	4,24	0,55	12,24	14,43	3,61	27,05
	Inmersión	Internodo-Internodo	20	11,10	2,46	0,55	9,95	12,24	7,44	14,75
		Nodo-Nodo	20	5,88	2,82	0,63	4,56	7,20	2,45	13,81
		Internodo-Nodo	20	10,50	2,02	0,45	9,55	11,44	5,81	13,63
		Total	60	9,16	3,37	0,43	8,29	10,03	2,45	14,75

Al analizar el cuadro 1, el cual nos muestra la media, desviación estándar, error estándar, intervalo de confianza y los mínimos y máximos de las resistencias obtenidas para los diferentes tipos de uniones, tratamientos y geometrías de diente, se observa claramente que existen diferencias entre las probetas con curado e inmersión, como así también se observan diferencias entre las uniones con finger 10/11 y el finger 4/5.

Las uniones que arrojaron los mejores resultados (16,42 Mpa) fueron las Internodo-Internodo con finger 10/11, en situación de curado, por el contrario, los resultados mas bajos (5,88 Mpa) fueron para Nodo-Nodo con finger 4/5 bajo tratamiento de inmersión. La disminución de las resistencias debido al tratamiento de envejecimiento para las uniones con finger 10/11, están alrededor de un 18% para las uniones Internodo-Internodo, 24% para las Nodo-Nodo y un 15% para las Internodo-Nodo. Para las uniones con finger 4/5 la reducción de la resistencia, debido al tratamiento de envejecimiento es del orden de un 28% para las Internodo-Internodo, 52% las Nodo-Nodo y 15% las Internodo-Nodo.

Para comprobar lo anterior se realizó un análisis de varianza, con el objetivo de determinar diferencias significativas entre las medias de las diferentes situaciones de encuentro, geometrías de dientes y tratamientos aplicados. Los resultados se encuentran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza, resistencias.

ANOVA							
Geometría del diente	Tratamientos		Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Finger 10/11	Curado	Inter-grupoos	2,69	2	1,34	0,05	0,95
		Intra-grupos	1590,40	57	27,90		
		Total	1593,08	59			
	Inmersión	Inter-grupoos	17,62	2	8,81	0,76	0,47
		Intra-grupos	658,25	57	11,55		
		Total	675,87	59			
Finger 4/5	Curado	Inter-grupoos	121,68	2	60,84	3,70	0,03
		Intra-grupos	937,73	57	16,45		
		Total	1059,40	59			
	Inmersión	Inter-grupoos	325,93	2	162,97	27,03	0,00
		Intra-grupos	343,68	57	6,03		
		Total	669,61	59			

De acuerdo al cuadro 2, el valor F es mayor que el valor crítico para F (Sig.), en las muestras analizadas con finger 10/11 sometidas a inmersión y las con finger 4/5 sometidas a curado e inmersión.

Esto indica que existen diferencias significativas en los valores de las medias. Debido a esto fue necesario realizar un análisis de comparaciones múltiples, por medio de la diferencia mínima significativa (LSD), el cual se observa en el cuadro 3 para la resistencia.

Cuadro 3. Diferencia mínima significativa, resistencias.

Comparaciones Múltiples								
Geometría del diente	Variables dependientes	(I) Tipo de unión	(J) Tipo de unión	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza para medias	
							Limite inferior	Limite superior
Finger 10/11	Curado	I-I	N-N	0,16	1,67	0,92	-3,18	3,51
			I-N	0,51	1,67	0,76	-2,84	3,85
		N-N	I-I	-0,16	1,67	0,92	-3,51	3,18
			I-N	0,34	1,67	0,84	-3,00	3,69
		I-N	I-I	-0,51	1,67	0,76	-3,85	2,84
			N-N	-0,34	1,67	0,84	-3,69	3,00
	Inmersión	N-N	I-I	1,07	1,07	0,32	-1,08	3,22
			I-N	-0,14	1,07	0,90	-2,29	2,01
		I-I	I-I	-1,07	1,07	0,32	-3,22	1,08
			I-N	-1,21	1,07	0,26	-3,37	0,94
		I-I	I-I	0,14	1,07	0,90	-2,01	2,29
			N-N	1,21	1,07	0,26	-0,94	3,37
Finger 4/5	Curado	I-I	N-N	3,09	1,28	0,02	0,53	5,66
			I-N	2,94	1,28	0,03	0,37	5,51
		N-N	I-I	-3,09	1,28	0,02	-5,66	-0,53
			I-N	-0,15	1,28	0,91	-2,72	2,42
		I-I	I-I	-2,94	1,28	0,03	-5,51	-0,37
			N-N	0,15	1,28	0,91	-2,42	2,72
	Inmersión	N-N	I-I	5,22	0,78	0,00	3,66	6,77
			I-N	0,60	0,78	0,44	-0,96	2,15
		I-I	I-I	-5,22	0,78	0,00	-6,77	-3,66
			I-N	-4,62	0,78	0,00	-6,17	-3,06
		I-I	I-I	-0,60	0,78	0,44	-2,15	0,96
			N-N	4,62	0,78	0,00	3,06	6,17

\* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05

En el cuadro 3 se observa claramente que existen diferencias significativas entre las uniones con finger 4/5: (I-I) – (N-N) sometidas a curado e inmersión, (I-I) – (I-N) sometidas a curado y (N-N) – (I-N) sometidas a inmersión.

#### 4.2.2 Desgarro de fibras

Cuadro 4. Evaluación estadística de los desgarros.

Estadística descriptiva												
Geometría del diente	Tratamiento	Tipo de unión	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% Intervalo de confianza para medias		Mínimo	Máximo		
							Limite inferior	Limite superior				
Finger 10/11	Curado	Internodo-Internodo	20	91,50	15,65	3,50	84,17	98,83	40,00	100,00		
		Nodo-Nodo	20	90,60	13,93	3,12	84,08	97,12	55,00	100,00		
		Internodo-Nodo	20	91,05	8,21	1,84	87,21	94,89	70,00	100,00		
		Total	60	91,05	12,78	1,65	87,75	94,35	40,00	100,00		
	Inmersión	Internodo-Internodo	20	82,25	14,07	3,15	75,66	88,84	45,00	100,00		
		Nodo-Nodo	20	80,10	15,57	3,48	72,81	87,39	30,00	100,00		
		Internodo-Nodo	20	78,60	14,98	3,35	71,59	85,61	35,00	100,00		
		Total	60	80,32	14,71	1,90	76,52	84,12	30,00	100,00		
		Finger 4/5	Curado	Internodo-Internodo	20	95,45	6,16	1,38	92,57	98,33	80,00	100,00
				Nodo-Nodo	20	86,78	16,03	3,58	79,28	94,28	41,60	100,00
Internodo-Nodo	20			95,10	4,22	0,94	93,13	97,07	80,00	100,00		
Total	60			92,44	10,82	1,40	89,65	95,24	41,60	100,00		
Inmersión	Internodo-Internodo		20	87,40	7,17	1,60	84,04	90,75	70,83	97,92		
	Nodo-Nodo		20	70,31	19,53	4,37	61,17	79,45	20,83	95,83		
	Internodo-Nodo		20	83,54	13,50	3,02	77,22	89,86	50,00	100,00		
	Total		60	80,42	15,89	2,05	76,31	84,52	20,83	100,00		

El cuadro 4, muestra: media, desviación estándar, error estándar, intervalo de confianza y los mínimos y máximos de los desgarros de fibra. Se puede observar que existen diferencias entre las distintas geometrías de diente y las situaciones de encuentro establecidas para este estudio. El mayor desgarro de fibras (95,45 %) se

produjo en las uniones Internodo-Internodo del finger 4/5, sometidas a curado. Por el contrario, se observa que las con menor desgarrado de fibras (70,31%) correspondió a las Nodo-Nodo del finger 4/5 sometidas a Inmersión.

En cuanto a la disminución del desgarrado de fibras provocado por los distintos tratamientos de envejecimiento en las uniones con el finger 10/11, estas son del orden del 10% para Internodo-Internodo, 12% para Nodo-Nodo y 14% para Internodo-Nodo. Para las uniones con finger 4/5 la disminución del desgarrado de fibras es del orden de 8 % para Internodo-Internodo, 19% para Nodo-Nodo y 12% Internodo-Nodo.

Para comprobar lo anterior se realizó un análisis de varianza, el cual se entrega en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza, resistencias

ANOVA							
Geometría del diente	Tratamientos		Suma de cuadrados	df	Media cuadrática	F	Sig.
Finger 10/11	Curado	Inter-grupos	8,10	2	4,05	0,02	0,98
		Intra-grupos	9624,25	57	168,85		
		Total	9632,35	59			
	Inmersión	Inter-grupos	134,63	2	67,32	0,30	0,74
		Intra-grupos	12630,35	57	221,59		
		Total	12764,98	59			
Finger 4/5	Curado	Inter-grupos	963,31	2	481,66	4,62	0,01
		Intra-grupos	5941,37	57	104,23		
		Total	6904,68	59			
	Inmersión	Inter-grupos	3211,72	2	1605,86	7,83	0,00
		Intra-grupos	11686,14	57	205,02		
		Total	14897,86	59			

En el cuadro 5 se observa que el valor F es mayor que el valor crítico para F (Sig.), en las muestras con finger 4/5 tanto en situación de curado como de inmersión.

Esto indica que existen diferencias significativas en los valores de las medias, por tanto fue necesario realizar un análisis de comparaciones múltiples, por medio de la diferencia mínima significativa (LSD), que se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Diferencia mínima significativa, Desgarros.

Comparaciones Múltiples								
Geometría del diente	Variables dependientes	(I) Tipo de unión	(J) Tipo de unión	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% Intervalo de confianza para medias	
							Limite inferior	Limite superior
Finger 10/11	Curado	I-I	N-N	0,90	4,11	0,83	-7,33	9,13
			I-N	0,45	4,11	0,91	-7,78	8,68
		N-N	I-I	-0,90	4,11	0,83	-9,13	7,33
			I-N	-0,45	4,11	0,91	-8,68	7,78
		I-N	I-I	-0,45	4,11	0,91	-8,68	7,78
			N-N	0,45	4,11	0,91	-7,78	8,68
	Inmersión	I-I	N-N	2,15	4,71	0,65	-7,28	11,58
			I-N	3,65	4,71	0,44	-5,78	13,08
		N-N	I-I	-2,15	4,71	0,65	-11,58	7,28
			I-N	1,50	4,71	0,75	-7,93	10,93
		I-N	I-I	-3,65	4,71	0,44	-13,08	5,78
			N-N	-1,50	4,71	0,75	-10,93	7,93
Finger 4/5	Curado	I-I	N-N	8,67	3,23	0,01	2,20	15,13
			I-N	0,35	3,23	0,91	-6,12	6,82
		N-N	I-I	-8,67	3,23	0,01	-15,13	-2,20
			I-N	-8,32	3,23	0,01	-14,78	-1,85
		I-N	I-I	-0,35	3,23	0,91	-6,82	6,12
			N-N	8,32	3,23	0,01	1,85	14,78
	Inmersión	I-I	N-N	17,08	4,53	0,00	8,02	26,15
			I-N	3,85	4,53	0,40	-5,21	12,92
		N-N	I-I	-17,08	4,53	0,00	-26,15	-8,02
			I-N	-13,23	4,53	0,00	-22,30	-4,16
		I-N	I-I	-3,85	4,53	0,40	-12,92	5,21
			N-N	13,23	4,53	0,00	4,16	22,30
* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05								

En el cuadro 6 se observan claramente diferencias significativas entre las uniones con finger 4/5: (I-I) – (N-N) y (N-N) – (I-N) sometidas a curado e inmersión.

### 4.3 Análisis de resultados

Mediante este análisis estadístico se comprobó que existen diferencias significativas en las resistencias y desgarros entre las uniones con finger 4/5 internodo-internodo, nodo-nodo e internodo-nodo, tanto en las probetas sometidas a curado como inmersión.

Esto se explica debido a las diferencias existentes en las propiedades de los nodos e internodos. La densidad básica promedio del nodo es 0,652 g/cm<sup>3</sup> y la del internodo es 0,529 g/cm<sup>3</sup> y en cuanto al largo promedio de fibras para los nodos es 1,04 mm y los internodos 1,75 mm (Campos *et al.*, 2003). Lo cual afecta directamente la absorción del adhesivo.

Otro factor que influye en esto, es que las uniones dentadas son afectadas directamente por sus planos de contactos, en el finger 10/11 se tienen 5 dientes por probeta y una pendiente del flanco del diente de 11,17 mm, lo cual entrega una superficie total de 670,2 mm<sup>2</sup>. En cambio en el finger 4/5 se tienen 11 dientes por probeta y una pendiente del flanco del diente de 5,036 mm, con una superficie total de 664,752 mm<sup>2</sup>. Si bien la diferencia entre las superficies totales de los planos de contacto parece pequeña, crea diferencias notorias en cuanto a la resistencia y desgarro de fibras, entre las geometrías de diente estudiadas.

Entre los tratamientos aplicados en este estudio, se determinó que la inmersión afecta en mayor medida a la unión, teniendo una disminución aproximada de 11,8% para el finger 10/11 y 13% para las uniones con finger 4/5.

Debido a lo expuesto anteriormente, es posible determinar que las uniones con finger 10/11 sometidas a curado se comportan mejor a los ensayos de tracción y desgarro de fibras, siendo la unión internodo-internodo, la que entrega los mejores resultados.

## 5. CONCLUSIONES

En general se puede concluir que las uniones dentadas en *Chusquea culeou*, son de una buena calidad para uniones no estructurales. Especiales para usos decorativos y para la mueblería, esto en comparación con lo exigido por la norma ASTM para Pino radiata.

En las uniones dentadas de Coligüe, el tipo de encuentro afecta directamente los niveles de resistencia y desgarro de la unión, siendo esto significativamente influyente cuando están presente los nodos que, al tener mayor densidad, disminuye su propiedad elastoplástica, contribuyendo en el auto-apriete de la unión..

En cuanto a las geometrías de diente estudiadas, los resultados obtenidos son coincidentes con la bibliografía, quedando demostrado que la superficie total de contacto de las muestras es un factor predominante en la calidad de la unión, siendo el finger 10/11 superior al finger 4/5.

Por otra parte el tratamiento aplicado (inmersión), denota una fuerte disminución en las propiedades de resistencia y desgarro, lo cual se explica por la naturaleza del tratamiento (ciclos continuos de inmersión en agua y secado), afectando en mayor parte al adhesivo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- American Society for Testing and Materials. 1995. Standard Specification for Adhesives used for Finger Joints in Nonstructural Lumber Products. Designation D 5572. pp 1-14.
- Bassett, K. 1960. Effect on certain variables on strength of glued end promediond joints. Forest Products Journal. 10(11): 579-585.
- Blomquist, R. 1983. Adhesive bending of wood and other structural materials. Educational and Modules for materials. Science and Engineering Projector Pennsylvania State University, Materials Research Laboratory.
- Campos, J.; Peñaloza, R.; Kahler, C.; Poblete, H.; Cabrera, J. 2003. Bambú en Chile. INTEC, Universidad Austral de Chile, FONDEF, INFOR. pp 5-98.
- Castillo, M. 2003. Estudio del efecto de la inclinación de la fibra en la resistencia a la tracción de uniones dentadas de pino radiata. Tesis Ingeniero en Maderas. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. De Cs. Forestales.
- Consejo Federal de Inversiones. 2001. Comercio internacional de madera sólida. [www.cfired.org.ar](http://www.cfired.org.ar) [mayo, 24, 2002]
- Figueroa, L. 2003. Inclinación de las fibras y resistencia a flexión en uniones dentadas en Pinus radiata D.Don. Tesis Ingeniero en Maderas. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. De Cs. Forestales. pp 1-22.
- Gallardo V., J.L. 1999. Orientación de los anillos de crecimiento y resistencia a flexión en uniones dentadas, en pino radiata. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. De Cs. Forestales. pp 1-37.
- Karsulovic, J. y León, L. 1988. Factores que intervienen en la resistencia mecánica de uniones finger-joint. Santiago, CONAF 8p. (Chile Forestal, Documento Técnico 34).
- Kutscha, N.; Caster, R. 1987. Factors affecting the bond quality of hem-fir finger-joint. Forest Product Journal. 37(4): 43-48.
- Poblete, H. 1978. Uniones de madera con adhesivos. Publicación Técnica N° 1. U. Austral de Chile.
- Poblete, H.; Cuevas, H. 1998. Uniones endentadas y de canto con Pinus radiata: experiencia sobre su calidad. Bosque 19(2): 77-84.



Rensburg, B.; Burdzik, W.; Ebersohn, W. 1985. The effect of timber density and type of adhesive on the strength of finger joints in SA pine and eucalyptus grandis. In: Symposium on forest product research international – achievements and future. 22-26 abril 1985 Pretoria, South África. 14p.

Selbo, M.L. 1963. Effect of joint Geometry on Tensile Strength of Joints. Forest Products Journal 13 (9): 390-400.

Skeist, Y. 1966. Manual de Adhesivos. México, editorial Continental S.A.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
***Abstract***

## ABSTRACT

This bamboos growing in Chile (*Chusquea* family) actually don't have an industrial use.

The finger joints has been considered as a good method for increasing utilization possibilities.

In this study, the properties of finger joints produced with Coligüe were determined. Two finger joints geometry were studied. The test pieces were made with a PVA adhesive and considering joints of knot to knot, knot to clear and clear to clear sections.

The test pieces were tested after conditioning in a climatic chamber with 20° C and 65% relative air humidity and also after a three cycle treatment (4 hour water immersion with 20° C followed by 19 hours with 43° C).

The quality of the joints was evaluated according to ASTM D 5572. The registered values for all conditions passed the ASTM required properties.

As general result of the study were that the joint clear to clear sections are those that better react in the tests of traction and fiber tear, the unions made with finger 10/11 are superior to with finger 4/5 and the immersion treatment to a great extent diminishes the quality of the joint in comparison with the conditioned one.

Key words: Joint, geometry, traction, tear, coligüe.

**Anexo 2**  
***Valores de las probetas seleccionadas***

Internodo-Internodo Finger grande Curado			
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	210,50	18,11	100,00
2	155,00	13,33	100,00
3	156,50	13,46	95,00
4	205,00	17,63	95,00
5	62,00	5,33	100,00
6	179,00	15,40	60,00
7	88,50	7,61	100,00
8	237,50	20,43	100,00
9	194,00	16,69	95,00
10	153,00	13,16	90,00
11	235,50	20,26	100,00
12	231,00	19,87	90,00
13	244,50	21,03	100,00
14	119,50	10,28	100,00
15	219,50	18,88	100,00
16	188,50	16,22	80,00
17	223,50	19,23	100,00
18	311,00	26,75	40,00
19	250,00	21,51	85,00
20	154,50	13,29	100,00
Promedio	= 190,93	16,42	91,50

Nodo-Nodo Finger grande Curado			
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	135,00	11,61	100,00
2	271,00	23,31	100,00
3	68,50	5,89	100,00
4	255,50	21,98	80,00
5	183,50	15,79	100,00
6	129,00	11,10	100,00
7	294,00	25,29	60,00
8	242,50	20,86	100,00
9	173,50	14,93	100,00
10	266,00	22,88	55,00
11	113,00	9,72	98,00
12	128,50	11,05	97,00
13	123,50	10,62	90,00
14	236,00	20,30	97,50
15	232,00	19,96	70,00
16	104,00	8,95	98,00
17	219,00	18,84	95,00
18	73,50	6,32	99,00
19	224,50	19,31	85,00
20	308,00	26,50	87,50
Promedio	= 189,03	16,26	90,60

Internodo-Nodo Finger grande Curado				
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)	
1	164,50	14,15	100,00	
2	256,50	22,06	85,00	
3	107,50	9,25	98,00	
4	177,50	15,27	70,00	
5	126,50	10,88	80,00	
6	188,50	16,22	90,00	
7	198,00	17,03	97,00	
8	177,50	15,27	90,00	
9	187,50	16,13	80,00	
10	202,00	17,38	90,00	
11	281,50	24,22	92,00	
12	102,00	8,77	97,00	
13	198,00	17,03	100,00	
14	176,50	15,18	80,00	
15	165,00	14,19	95,00	
16	150,00	12,90	97,00	
17	151,00	12,99	98,00	
18	242,00	20,82	97,00	
19	234,50	20,17	90,00	
20	214,00	18,41	95,00	
Promedio	=	185,03	15,92	91,05

Internodo-Internodo Finger grande Inmersión				
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)	
1	139,00	11,96	85,00	
2	161,50	13,89	85,00	
3	206,00	17,72	88,00	
4	249,50	21,46	87,00	
5	160,50	13,81	90,00	
6	148,50	12,77	95,00	
7	145,00	12,47	85,00	
8	187,50	16,13	95,00	
9	242,00	20,82	75,00	
10	75,50	6,49	75,00	
11	157,00	13,51	85,00	
12	145,50	12,52	80,00	
13	120,00	10,32	80,00	
14	143,50	12,34	90,00	
15	80,00	6,88	100,00	
16	146,00	12,56	90,00	
17	186,50	16,04	45,00	
18	126,00	10,84	95,00	
19	164,00	14,11	50,00	
20	138,00	11,87	70,00	
Promedio	=	156,08	13,43	82,25

Nodo-Nodo Finger grande Inmersión			
N°	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	151,50	13,03	80,00
2	146,50	12,60	80,00
3	103,50	8,90	80,00
4	109,00	9,38	95,00
5	121,00	10,41	80,00
6	147,50	12,69	30,00
7	172,00	14,80	80,00
8	212,50	18,28	80,00
9	172,50	14,84	75,00
10	208,50	17,94	90,00
11	154,00	13,25	80,00
12	183,00	15,74	50,00
13	144,50	12,43	90,00
14	118,50	10,19	80,00
15	115,00	9,89	80,00
16	199,50	17,16	95,00
17	153,00	13,16	82,00
18	130,00	11,18	100,00
19	54,50	4,69	90,00
20	75,50	6,49	85,00
Promedio	= 143,60	12,35	80,10

Internodo-Nodo Finger grande Inmersión			
N°	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	189,50	16,30	80,00
2	194,50	16,73	82,00
3	153,00	13,16	80,00
4	132,00	11,36	80,00
5	190,50	16,39	80,00
6	155,00	13,33	65,00
7	138,50	11,91	80,00
8	101,00	8,69	90,00
9	120,50	10,37	85,00
10	135,00	11,61	90,00
11	96,50	8,30	90,00
12	197,00	16,95	80,00
13	135,00	11,61	90,00
14	156,50	13,46	60,00
15	184,00	15,83	35,00
16	174,50	15,01	90,00
17	158,00	13,59	100,00
18	207,00	17,81	65,00
19	152,00	13,08	60,00
20	184,00	15,83	90,00
Promedio	= 157,70	13,57	78,60



Internodo-Internodo Mini finger Curado			
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	107,00	9,20	100,00
2	140,00	12,04	100,00
3	133,00	11,44	96,00
4	211,00	18,15	95,00
5	155,50	13,38	80,00
6	211,50	18,19	95,00
7	113,00	9,72	100,00
8	196,50	16,90	100,00
9	69,50	5,98	80,00
10	314,50	27,05	95,00
11	227,00	19,53	100,00
12	233,00	20,04	95,00
13	161,00	13,85	95,00
14	157,50	13,55	100,00
15	183,00	15,74	88,00
16	180,00	15,48	100,00
17	148,00	12,73	95,00
18	183,50	15,79	100,00
19	240,50	20,69	95,00
20	203,50	17,51	100,00
Promedio	= 178,43	15,35	95,45

Nodo-Nodo Mini finger Curado			
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	129,00	11,10	99,50
2	115,50	9,94	95,00
3	162,50	13,98	58,50
4	206,50	17,76	91,50
5	140,50	12,09	83,00
6	50,50	4,34	91,60
7	140,50	12,09	99,00
8	56,00	4,82	100,00
9	165,00	14,19	91,60
10	123,50	10,62	100,00
11	146,50	12,60	91,60
12	207,50	17,85	41,60
13	169,50	14,58	100,00
14	197,00	16,95	83,30
15	100,00	8,60	70,83
16	194,00	16,69	75,00
17	130,50	11,23	70,83
18	123,00	10,58	100,00
19	158,50	13,63	93,75
20	133,00	11,44	99,00
Promedio	= 142,45	12,25	86,78

Internodo-Nodo Mini finger Curado				
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)	
1	130,50	11,23	95,00	
2	88,00	7,57	95,00	
3	91,50	7,87	96,00	
4	101,00	8,69	95,00	
5	206,50	17,76	100,00	
6	107,00	9,20	100,00	
7	178,50	15,36	96,00	
8	166,50	14,32	98,00	
9	179,00	15,40	95,00	
10	42,00	3,61	96,00	
11	169,50	14,58	95,00	
12	150,00	12,90	95,00	
13	146,00	12,56	96,00	
14	180,00	15,48	95,00	
15	177,50	15,27	80,00	
16	108,00	9,29	95,00	
17	186,00	16,00	100,00	
18	156,00	13,42	90,00	
19	161,00	13,85	95,00	
20	160,00	13,76	95,00	
Promedio	=	144,23	12,41	95,10

Internodo-Internodo Mini finger Inmersión				
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)	
1	162,50	13,98	87,50	
2	123,00	10,58	91,67	
3	91,50	7,87	93,75	
4	171,50	14,75	77,08	
5	94,00	8,09	79,17	
6	86,50	7,44	89,58	
7	136,00	11,70	91,67	
8	122,00	10,49	83,33	
9	96,50	8,30	87,50	
10	89,00	7,66	97,92	
11	163,00	14,02	91,67	
12	160,50	13,81	89,58	
13	135,50	11,66	75,00	
14	158,50	13,63	91,67	
15	111,00	9,55	91,67	
16	139,50	12,00	87,50	
17	156,00	13,42	95,83	
18	147,50	12,69	70,83	
19	101,50	8,73	83,33	
20	134,00	11,53	91,67	
Promedio	=	128,98	11,09	87,40

Nodo-Nodo Mini finger Inmersión			
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	65,50	5,63	83,33
2	28,50	2,45	79,17
3	78,50	6,75	77,08
4	45,50	3,91	62,50
5	41,50	3,57	87,50
6	35,50	3,05	83,33
7	54,00	4,65	20,83
8	95,00	8,17	75,00
9	34,50	2,97	95,83
10	83,50	7,18	47,92
11	85,50	7,35	75,00
12	160,50	13,81	62,50
13	43,00	3,70	66,67
14	91,50	7,87	79,17
15	124,00	10,67	89,58
16	83,00	7,14	75,00
17	52,50	4,52	83,33
18	49,50	4,26	83,33
19	60,00	5,16	37,50
20	55,50	4,77	41,67
Promedio	= 68,35	5,88	70,31

Internodo-Nodo Mini finger Inmersión			
Nº	Carga (Kg)	Tensión unitaria (Mpa)	Desgarro (%)
1	149,00	12,82	62,50
2	87,00	7,48	91,67
3	119,50	10,28	91,67
4	158,50	13,63	75,00
5	143,00	12,30	91,67
6	95,50	8,22	91,67
7	102,50	8,82	87,50
8	124,00	10,67	50,00
9	138,00	11,87	100,00
10	133,00	11,44	75,00
11	138,50	11,91	77,08
12	122,00	10,49	75,00
13	127,50	10,97	66,67
14	139,00	11,96	87,50
15	118,00	10,15	87,50
16	151,00	12,99	75,00
17	119,00	10,24	91,67
18	93,00	8,00	100,00
19	67,50	5,81	95,83
20	115,00	9,89	97,92
Promedio	= 122,03	10,50	83,54

**Anexo 3**  
**Resultados estadísticos**

# Resistencias

## Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
VAR00001	1,00	20	16,4235	5,09415	1,13909	14,0394	18,8076	5,33	26,75
	2,00	20	16,2605	6,45435	1,44324	13,2398	19,2812	5,89	26,50
	3,00	20	15,9160	4,01201	,89711	14,0383	17,7937	8,77	24,22
	Total	60	16,2000	5,19629	,67084	14,8577	17,5423	5,33	26,75
VAR00004	1,00	20	13,4255	3,75986	,84073	11,6658	15,1852	6,49	21,46
	2,00	20	12,3525	3,59052	,80286	10,6721	14,0329	4,69	18,28
	3,00	20	13,5660	2,75977	,61710	12,2744	14,8576	8,30	17,81
	Total	60	13,1147	3,38460	,43695	12,2403	13,9890	4,69	21,46
VAR00007	1,00	20	15,3480	4,74622	1,06129	13,1267	17,5693	5,98	27,05
	2,00	20	12,2540	3,71826	,83143	10,5138	13,9942	4,34	17,85
	3,00	20	12,4060	3,60584	,80629	10,7184	14,0936	3,61	17,76
	Total	60	13,3360	4,23745	,54705	12,2413	14,4307	3,61	27,05
VAR00010	1,00	20	11,0950	2,45690	,54938	9,9451	12,2449	7,44	14,75
	2,00	20	5,8790	2,82135	,63087	4,5586	7,1994	2,45	13,81
	3,00	20	10,4970	2,02286	,45233	9,5503	11,4437	5,81	13,63
	Total	60	9,1570	3,36888	,43492	8,2867	10,0273	2,45	14,75

## Test of Homogeneity of Variances

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
VAR00001	4,507	2	57	,015
VAR00004	,349	2	57	,707
VAR00007	,648	2	57	,527
VAR00010	1,236	2	57	,298

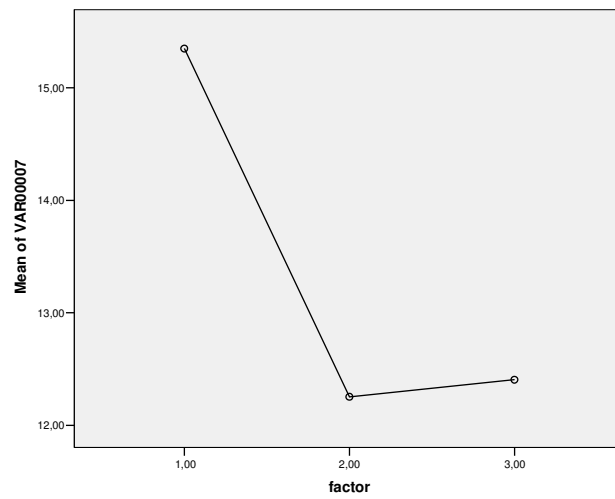
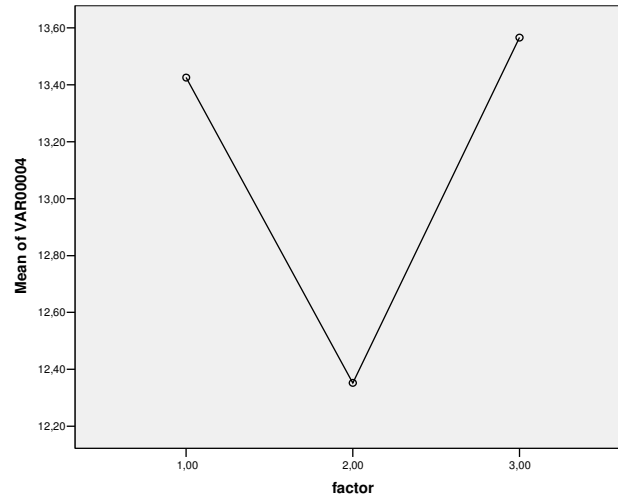
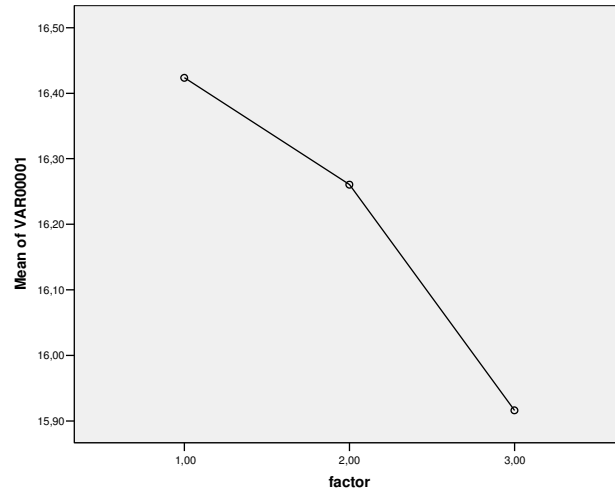
## ANOVA

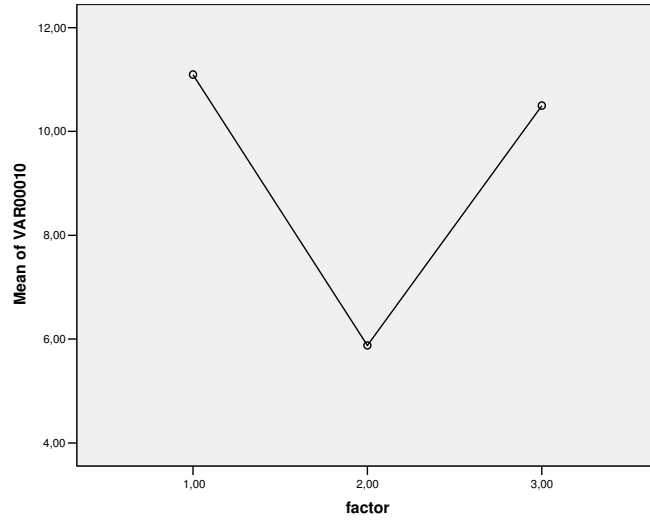
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VAR00001	Between Groups	2,685	2	1,343	,048	,953
	Within Groups	1590,399	57	27,902		
	Total	1593,084	59			
VAR00004	Between Groups	17,624	2	8,812	,763	,471
	Within Groups	658,250	57	11,548		
	Total	675,874	59			
VAR00007	Between Groups	121,675	2	60,838	3,698	,031
	Within Groups	937,729	57	16,451		
	Total	1059,404	59			
VAR00010	Between Groups	325,935	2	162,967	27,029	,000
	Within Groups	343,678	57	6,029		
	Total	669,612	59			

Multiple Comparisons

Dependent Variable		(I) factor	(J) factor	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
VAR00001	Tukey HSD	1,00	2,00	,16300	1,67038	,995	-3,8566	4,1826
			3,00	,50750	1,67038	,950	-3,5121	4,5271
		2,00	1,00	-,16300	1,67038	,995	-4,1826	3,8566
			3,00	,34450	1,67038	,977	-3,6751	4,3641
		3,00	1,00	-,50750	1,67038	,950	-4,5271	3,5121
			2,00	-,34450	1,67038	,977	-4,3641	3,6751
	LSD	1,00	2,00	,16300	1,67038	,923	-3,1819	3,5079
			3,00	,50750	1,67038	,762	-2,8374	3,8524
		2,00	1,00	-,16300	1,67038	,923	-3,5079	3,1819
			3,00	,34450	1,67038	,837	-3,0004	3,6894
		3,00	1,00	-,50750	1,67038	,762	-3,8524	2,8374
			2,00	-,34450	1,67038	,837	-3,6894	3,0004
VAR00004	Tukey HSD	1,00	2,00	1,07300	1,07463	,581	-1,5130	3,6590
			3,00	-,14050	1,07463	,991	-2,7265	2,4455
		2,00	1,00	-1,07300	1,07463	,581	-3,6590	1,5130
			3,00	-1,21350	1,07463	,500	-3,7995	1,3725
		3,00	1,00	,14050	1,07463	,991	-2,4455	2,7265
			2,00	1,21350	1,07463	,500	-1,3725	3,7995
	LSD	1,00	2,00	1,07300	1,07463	,322	-1,0789	3,2249
			3,00	-,14050	1,07463	,896	-2,2924	2,0114
		2,00	1,00	-1,07300	1,07463	,322	-3,2249	1,0789
			3,00	-1,21350	1,07463	,264	-3,3654	,9384
		3,00	1,00	,14050	1,07463	,896	-2,0114	2,2924
			2,00	1,21350	1,07463	,264	-,9384	3,3654
VAR00007	Tukey HSD	1,00	2,00	3,09400*	1,28263	,049	,0075	6,1805
			3,00	2,94200	1,28263	,065	-,1445	6,0285
		2,00	1,00	-3,09400*	1,28263	,049	-6,1805	-,0075
			3,00	-,15200	1,28263	,992	-3,2385	2,9345
		3,00	1,00	-2,94200	1,28263	,065	-6,0285	,1445
			2,00	,15200	1,28263	,992	-2,9345	3,2385
	LSD	1,00	2,00	3,09400*	1,28263	,019	,5256	5,6624
			3,00	2,94200*	1,28263	,026	,3736	5,5104
		2,00	1,00	-3,09400*	1,28263	,019	-5,6624	-,5256
			3,00	-,15200	1,28263	,906	-2,7204	2,4164
		3,00	1,00	-2,94200*	1,28263	,026	-5,5104	-,3736
			2,00	,15200	1,28263	,906	-2,4164	2,7204
VAR00010	Tukey HSD	1,00	2,00	5,21600*	,77649	,000	3,3474	7,0846
			3,00	,59800	,77649	,723	-1,2706	2,4666
		2,00	1,00	-5,21600*	,77649	,000	-7,0846	-3,3474
			3,00	-4,61800*	,77649	,000	-6,4866	-2,7494
		3,00	1,00	-,59800	,77649	,723	-2,4666	1,2706
			2,00	4,61800*	,77649	,000	2,7494	6,4866
	LSD	1,00	2,00	5,21600*	,77649	,000	3,6611	6,7709
			3,00	,59800	,77649	,444	-,9569	2,1529
		2,00	1,00	-5,21600*	,77649	,000	-6,7709	-3,6611
			3,00	-4,61800*	,77649	,000	-6,1729	-3,0631
		3,00	1,00	-,59800	,77649	,444	-2,1529	,9569
			2,00	4,61800*	,77649	,000	3,0631	6,1729

\*. The mean difference is significant at the .05 level.







## Desgarro de fibras

### Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
VAR00016	1,00	20	91,5000	15,65248	3,50000	84,1744	98,8256	40,00	100,00
	2,00	20	90,6000	13,93273	3,11545	84,0793	97,1207	55,00	100,00
	3,00	20	91,0500	8,21087	1,83601	87,2072	94,8928	70,00	100,00
	Total	60	91,0500	12,77733	1,64955	87,7493	94,3507	40,00	100,00
VAR00019	1,00	20	82,2500	14,07078	3,14632	75,6647	88,8353	45,00	100,00
	2,00	20	80,1000	15,56616	3,48070	72,8148	87,3852	30,00	100,00
	3,00	20	78,6000	14,98209	3,35010	71,5882	85,6118	35,00	100,00
	Total	60	80,3167	14,70903	1,89893	76,5169	84,1164	30,00	100,00
VAR00022	1,00	20	95,4500	6,15993	1,37740	92,5671	98,3329	80,00	100,00
	2,00	20	86,7805	16,03059	3,58455	79,2780	94,2830	41,60	100,00
	3,00	20	95,1000	4,21651	,94284	93,1266	97,0734	80,00	100,00
	Total	60	92,4435	10,81797	1,39659	89,6489	95,2381	41,60	100,00
VAR00025	1,00	20	87,3960	7,16967	1,60319	84,0405	90,7515	70,83	97,92
	2,00	20	70,3120	19,52943	4,36691	61,1719	79,4521	20,83	95,83
	3,00	20	83,5425	13,50027	3,01875	77,2242	89,8608	50,00	100,00
	Total	60	80,4168	15,89044	2,05145	76,3119	84,5218	20,83	100,00

### Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
VAR00016	1,465	2	57	,240
VAR00019	,207	2	57	,813
VAR00022	14,130	2	57	,000
VAR00025	6,937	2	57	,002

### ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
VAR00016	Between Groups	8,100	2	4,050	,024	,976
	Within Groups	9624,250	57	168,846		
	Total	9632,350	59			
VAR00019	Between Groups	134,633	2	67,317	,304	,739
	Within Groups	12630,350	57	221,585		
	Total	12764,983	59			
VAR00022	Between Groups	963,312	2	481,656	4,621	,014
	Within Groups	5941,367	57	104,235		
	Total	6904,679	59			
VAR00025	Between Groups	3211,724	2	1605,862	7,833	,001
	Within Groups	11686,140	57	205,020		
	Total	14897,864	59			

Multiple Comparisons

Dependent Variable		(I) VAR00001	(J) VAR00001	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
VAR00016	Tukey HSD	1,00	2,00	,90000	4,10909	,974	-8,9882	10,7882
			3,00	,45000	4,10909	,993	-9,4382	10,3382
		2,00	1,00	-,90000	4,10909	,974	-10,7882	8,9882
			3,00	-,45000	4,10909	,993	-10,3382	9,4382
		3,00	1,00	-,45000	4,10909	,993	-10,3382	9,4382
			2,00	,45000	4,10909	,993	-9,4382	10,3382
	LSD	1,00	2,00	,90000	4,10909	,827	-7,3283	9,1283
			3,00	,45000	4,10909	,913	-7,7783	8,6783
		2,00	1,00	-,90000	4,10909	,827	-9,1283	7,3283
			3,00	-,45000	4,10909	,913	-8,6783	7,7783
		3,00	1,00	-,45000	4,10909	,913	-8,6783	7,7783
			2,00	,45000	4,10909	,913	-7,7783	8,6783
VAR00019	Tukey HSD	1,00	2,00	2,15000	4,70728	,892	-9,1777	13,4777
			3,00	3,65000	4,70728	,720	-7,6777	14,9777
		2,00	1,00	-2,15000	4,70728	,892	-13,4777	9,1777
			3,00	1,50000	4,70728	,946	-9,8277	12,8277
		3,00	1,00	-3,65000	4,70728	,720	-14,9777	7,6777
			2,00	-1,50000	4,70728	,946	-12,8277	9,8277
	LSD	1,00	2,00	2,15000	4,70728	,650	-7,2762	11,5762
			3,00	3,65000	4,70728	,441	-5,7762	13,0762
		2,00	1,00	-2,15000	4,70728	,650	-11,5762	7,2762
			3,00	1,50000	4,70728	,751	-7,9262	10,9262
		3,00	1,00	-3,65000	4,70728	,441	-13,0762	5,7762
			2,00	-1,50000	4,70728	,751	-10,9262	7,9262
VAR00022	Tukey HSD	1,00	2,00	8,66950*	3,22854	,025	,9003	16,4387
			3,00	,35000	3,22854	,994	-7,4192	8,1192
		2,00	1,00	-8,66950*	3,22854	,025	-16,4387	-,9003
			3,00	-8,31950*	3,22854	,033	-16,0887	-,5503
		3,00	1,00	-,35000	3,22854	,994	-8,1192	7,4192
			2,00	8,31950*	3,22854	,033	,5503	16,0887
	LSD	1,00	2,00	8,66950*	3,22854	,009	2,2045	15,1345
			3,00	,35000	3,22854	,914	-6,1150	6,8150
		2,00	1,00	-8,66950*	3,22854	,009	-15,1345	-2,2045
			3,00	-8,31950*	3,22854	,013	-14,7845	-1,8545
		3,00	1,00	-,35000	3,22854	,914	-6,8150	6,1150
			2,00	8,31950*	3,22854	,013	1,8545	14,7845
VAR00025	Tukey HSD	1,00	2,00	17,08400*	4,52791	,001	6,1879	27,9801
			3,00	3,85350	4,52791	,673	-7,0426	14,7496
		2,00	1,00	-17,08400*	4,52791	,001	-27,9801	-6,1879
			3,00	-13,23050*	4,52791	,014	-24,1266	-2,3344
		3,00	1,00	-3,85350	4,52791	,673	-14,7496	7,0426
			2,00	13,23050*	4,52791	,014	2,3344	24,1266
	LSD	1,00	2,00	17,08400*	4,52791	,000	8,0170	26,1510
			3,00	3,85350	4,52791	,398	-5,2135	12,9205
		2,00	1,00	-17,08400*	4,52791	,000	-26,1510	-8,0170
			3,00	-13,23050*	4,52791	,005	-22,2975	-4,1635
		3,00	1,00	-3,85350	4,52791	,398	-12,9205	5,2135
			2,00	13,23050*	4,52791	,005	4,1635	22,2975

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

