



ASENTAMIENTO UNIVERSITARIO SAN MARTÍN DE LOS ANDES
Pasaje de la Paz 235 San Martín de los Andes- Neuquén

CARRERA TÉCNICO FORESTAL

PRÁCTICA LABORAL

Análisis de calidad actual de secado para madera de Pino ponderosa de raleo, procesado en secadero de alta frecuencia-vacío.

Alumno: Pereira Mateo Gaspar.

Legajo: Ausma N° 359.

Correo electrónico: mateogasparpereira@gmail.com

Fecha: Septiembre de 2021.

Supervisor: Tco Ftal. Barrientos David Gabriel.

CONTENIDO.

1. Introduccion:	3
2. Fundamentacion y objetivos:	3
2.1. Objetivo General.	4
2.2. Objetivos Especificos.	4
3.0. Metodologia	4
3.1. Funcionamiento del equipo y calidad actual de secado	5
3.2. Proceso de secado	5
3.3. Relevamiento datos iniciales- presecado	6
3.4. Volumen	6
3.5. Humedad.	6
4.0. Defectos presentes en la madera	7
4.1. Grietas	7
4.2. Alabeos	7
5.0. Carga del horno	7
6.0. Relevamiento datos finales-Post secado	8
6.1. Volumen	8
6.2. Humedad	9
6.2.1 Contenido de humedad final	10
6.2.2 Gradiente de secado	10
6.2.3.Tension de secado	10
7. Defectos presentes en la madera	12
7.1. Grietas Superficiales	12
7.2. Grietas de cabeza	12
7.3. Agrietamiento interno	13
8. Resumen de muestreo	13
8.1. Clasificacion calidad de secado	13
9.0. Conclusiones	15
9.1. Funcionamiento del equipo	15
9.2. Proceso de secado	15
9.3. Calidad de secado	16
10. Sugerencias	16
10.1 Equipo	16
11. Bibliografia.	17

1. INTRODUCCIÓN

Río Tigre es una empresa dedicada al diseño y construcción de viviendas de ladrillos de madera con un perfil ecológico y sustentable. Inició su actividad en 2019 con la instalación de la fábrica en la localidad de Cholila, Chubut. Fabrica ladrillos de madera con un diseño propio, aptos para zona bioclimática VI según IRAM 11.603 (2012), conforme a ensayos realizados por la propia empresa. Para su fabricación utiliza madera proveniente de bosques implantados, principalmente de pino ponderosa (*Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws) de raleo.

El proceso productivo inicia con madera aserrada pre dimensionada, la cual se seca de forma natural y en secadero de alta frecuencia y vacío hasta humedad de trabajo (19%- 12%). La madera seca ingresa a una celda de mecanizado para corte y despunte. Posteriormente se elabora el perfil de los ladrillos en una moldurera de 6 ejes, se realiza una ranura (de lengüeta), el escuadrado y se da la medida final en una Tupi doble y finalmente se aplica un baño de Sales de Boro como preventivo de ataque de hongos, insectos y retardante de llama. Una vez construidas las viviendas, se aplica un tratamiento de Lasur a los bloques expuestos al exterior. Con los residuos del proceso, la empresa fabrica pellets de madera, aprovisionando las estufas de biomasa de la zona.

La empresa cuenta con un secadero de procedencia china, marca SAGA DRYER HF + VACUUM. Este tipo de equipos permite combinar tecnologías empleadas en el secado de madera desde hace años, reduciendo considerablemente los tiempos de secado, y obteniendo una calidad más uniforme, especialmente en maderas gruesas y duras. La alta frecuencia calienta la madera, permitiendo que la temperatura interior sea más alta que la superficial. Esto junto con la diferencia de presión, aumenta la velocidad de transferencia de humedad de la madera del interior al exterior, creando de esta forma un método más conductivo para la extracción de humedad. El calentamiento de alta frecuencia permite que el gradiente de temperatura de la madera sea menor que en el método de calentamiento normal, por lo tanto, el estrés interno es mucho menor que otros tipos de secado y la madera no se agrieta fácilmente. En condiciones de vacío, la temperatura de vaporización es baja, permitiendo un secado de la madera a baja temperatura, donde el vacío puede aspirar la humedad de la madera y aumentar la eficiencia de la calefacción. La alta frecuencia, más el vacío, permiten proteger la madera de grietas, problemas de cambios de color y alabeos.

2. FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

En el país no hay registros de existencia de este tipo de secaderos, y falta información técnica que permita comprender mejor el funcionamiento de las variables determinantes del proceso para un mejor ajuste de los programas y optimización de su funcionamiento. Por ello este trabajo plantea un primer acercamiento a la tecnología y a la comprensión de las variables que intervienen en el proceso, generando información técnica de base para otros trabajos y conocimientos básicos para productores que quieran incorporar estos procesos en su cadena productiva.

2.1. Objetivo general

Analizar la calidad de secado actual de Pino ponderosa, procesado en secadero de alta frecuencia y vacío, comprender la incidencia de las distintas variables que influyen en el proceso y ajustar el programa optimizando la calidad de secado.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad de secado obtenida actualmente, con los dos programas implementados por la empresa.
- Analizar las variables que se pueden regular en el proceso de secado y su efecto en la duración y calidad de secado: rampa inicial de vacío, niveles de vacío vs temperatura madera, presión atmosférica, punto de ebullición del agua, extracción del agua y curva de pérdida de humedad de la madera.
- Determinar la incidencia de la humedad final de la madera en la calidad de secado en el rango 19%-12%.
- Analizar frecuencias óptimas para lograr un óptimo calentamiento de la madera y evaluar su efecto en la curva de secado.
- Analizar las diferencias en proceso y calidad de secado de los dos programas predeterminados que trae el equipo.

3. METODOLOGÍA:

El presente trabajo preveía el seguimiento y evaluación de un mínimo de 4 procesos de secado diferenciados, uno para comprender el funcionamiento del horno y las variables que inciden en la conducción del proceso de secado (tipo de programa, rango de vacío, gradiente de temperatura, corriente de grilla, etc.), y los restantes para evaluar la incidencia de dichas variables en los tiempos de proceso y la calidad de secado resultante, buscando un ajuste de los programas para obtener una adecuada relación calidad-tiempo.

El desarrollo de la práctica estuvo marcado por cortes de luz frecuentes de carácter general, originados por deficiencias de infraestructuras de la red eléctrica local, agravados por los incendios que afectaron distintas poblaciones de la zona. Debido a esto, solo pudieron seguirse dos ciclos de secado completos, el primero de ellos con un reproceso, ya que el horno finalizó el proceso, pese a que la madera estaba húmeda.

Por lo tanto, el seguimiento de los mismos estuvo abocado a comprender el funcionamiento del equipo, y determinar cuál era la variable de conducción del ciclo de secado, un aspecto fundamental para poder planificar modificaciones y ajustes de programa, constituyendo de esta forma una primera fase del trabajo planteado originalmente, que deberá continuarse evaluando un mayor número de cargas de secado.

Cabe aclarar que la empresa proporcionó toda la información que tenían disponible, incluido el manual del equipo (de origen chino), traducido al español. Sin embargo, el mismo es muy escueto y se limita a identificar sensores y componentes que conforman el secador, de ahí la importancia de profundizar en la comprensión del funcionamiento

del equipo, antes de modificar las variables que determinarán la calidad y eficiencia del proceso.

3.1. Metodología FASE 1 – “Funcionamiento del equipo y calidad actual de secado”

Se trabajó con madera aserrada de Pino ponderosa, con un contenido de humedad (CH) variable, en un rango entre 10% y 50%, cuyas dimensiones nominales como madera aserrada fueron: espesor de 90 milímetros (mm), ancho de 160 (mm), y largo de 4,50 metros (m).

3.2. PROCESO DE SECADO

Tabla N° 1. Contenido de humedad (CH) objetivo y programa utilizado en cada carga.

SECADO	Carga 1	Carga 2	Carga 3
Uso	Fabricación de paneles encolados para pisos de viviendas de madera		
CH final deseada	18%	18%	15%
Programa	1	1	2

Originalmente el horno venía con 2 programas diferentes desde fábrica, en cuanto a rangos de temperatura y vacío. Río Tigre fue modificando estos parámetros para realizar pruebas y actualmente los dos son iguales, aunque la empresa ha resguardado los datos de carga original. El controlador incluye un tercer programa que se puede programar, pero lo cierto es que aún no se comprende bien como el equipo guía el proceso, ni cuál es el efecto en el proceso o la calidad de secado al modificar parámetros como vacío, temperatura o aumento de temperatura por hora.

La empresa actualmente está utilizando el programa 1 para conducir el ciclo, por ello se seleccionó este para la carga 1-2 y en la carga 3 se propuso seleccionar el programa 2, debido a que el manual del horno menciona una diferencia en la conducción de los procesos entre ambos programas y se quería verificar su incidencia.

Según este manual, la única diferencia apreciable entre los dos programas sería:

- **Programa 1:** Empieza a calentar. Calienta hasta temperatura programada. Luego mantiene vacío y calor.
- **Programa 2:** Empieza a calentar. Controla el rango de temperatura. Empieza por vacío cuando la temperatura alcanza el límite establecido. Luego mantiene vacío y calor.

Por ello en el programa 2, se bajó a 1°C el “aumento de temperatura por hora”, analizando su efecto en los resultados del secado y su incidencia en la calidad.

En el caso de la Carga 1, el programa apenas alcanzó los 30°C, no se activó la extracción de humedad del equipo, ni se registraron los datos con normalidad y el proceso finalizó en el mismo día de forma automática, sin que quedaran claras las

causas. El operario encargado del secadero realizó la extracción dos días más tarde y la madera se humedeció, a valores superiores a los de ingreso. Por ello la información de esta carga no está completa ni podemos tomarla como referencia. Las cargas 2 (reproceso de la 1) y la carga 3 siguieron un curso de secado normal, sirviendo a efectos comparativos.

Al terminar cada proceso de secado, se retiró la carga del horno y se realizaron las mediciones finales de la carga.

3.3. RELEVAMIENTO DATOS INICIALES – PRE SECADO

3.4. Volumen (m³)

Se procedió a la cubicación de cada una de las piezas, utilizando una cinta métrica Evel, con precisión 1 milímetro, midiendo: largo (m), ancho (mm) y espesor (mm), con las siguientes salvedades:

➤ Carga 1 y Carga 2 (reproceso de la 1): se tomaron tres lecturas de dimensiones, dos a 50 cm de las cabezas y una a la mitad entre los extremos, con el objetivo de determinar:

- Volúmen inicial de la carga a secar
- Verificar uniformidad de medidas,
- Determinar variación dimensional, contrastando los valores antes y después del secado (Anexo. Tabla N° 2.0 y 2.1). Esto se determinó con las dimensiones finales de la carga 1 y las finales de la carga 2 (reproceso de la 1). No se pudo determinar la contracción parcial o unitaria, al no disponer de datos fiables de la humedad inicial y final de la carga, un tema que explicaremos en los siguientes puntos. Se determinó la dimensión en verde de la madera (ancho y espesor), considerando los valores de contracción tangencial proporcionados por la bibliografía

(https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-154-5.pdf)

➤ Carga 3: solo se tomó una lectura de dimensiones, a 50 cm de la cabeza, con el objetivo de determinar volumen inicial de la carga a secar (Anexo. Tabla N° 2.2).

3.5. Humedad (%)

Se relevó humedad inicial de la madera, conforme a la Norma IRAM 9532, con xilohigrómetro de resistencia eléctrica Marca CEM DT-129 propiedad de la empresa. Solo pudo medirse humedad superficial (a 1/6 del grosor de la madera) debido al largo de puntas del xilohigrómetro referido.

Se tomaron 3 lecturas con el xilohigrómetro, dos a 50 cm de las cabezas y una a la mitad entre los extremos, registrando los valores en una planilla (Anexo. Tabla N° 2.0 a 2.2.)

4.0. Defectos presentes en la madera

4.1. Grietas:

Se identificaron y marcaron las grietas (de cabeza, superficiales y en nudos) presentes en la cara tangencial de las piezas que conformaban la carga, registrando los resultados en una planilla, con las siguientes salvedades:

- Carga 1: solo se registró presencia de grietas (Anexo. Tabla N° 2.0).
- Carga 2 y 3: se registró presencia y largo de grietas (cm), para verificar el comportamiento de este defecto después del secado (Anexo. Tabla N° 2.1 y 2.2).

4.2. Alabeos:

A cada una de las piezas se las coloco en una superficie uniforme (Piso de la fábrica). Aquí se observó si estas presentaban deformaciones como: Torcedura, Abarquillado, Curvatura de Canto y Curvatura de Cara. (Anexo. Tabla N° 2.0 a 2.2)

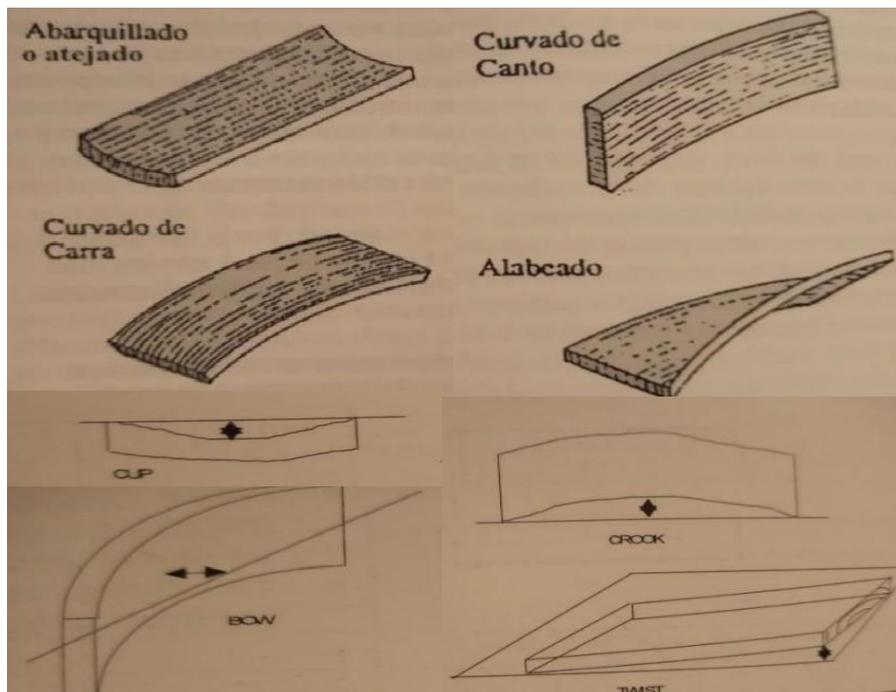


Fig. N° 3. Tipos de deformaciones en la madera.

5.0. CARGA DEL HORNO

Se utilizó un secador por radiofrecuencia (SAGA DRYER HF + VACUUM, China), con una capacidad de $4,50 m^3$ de madera, carga dimensionada en (1m x 1m x 4,50m). La carga completa se dividió en cuatro paquetes, los cuales son intercalados entre cinco placas de aluminio, que a su vez funcionan como electrodos, estas se alternan, negativo (-) y positivo (+) (Figura N°4), las piezas de madera en cada uno de los paquetes van juntas, cara con cara, eliminando así espacios vacíos.

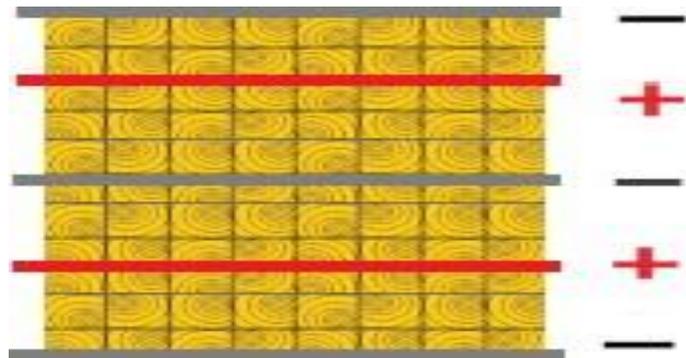


Figura N°4. Distribución de piezas y placas.

Una vez terminada la carga, se conectaron las chapas negativas del lado derecho mediante una cinta, posteriormente se desmontó el carro de la Camilla y mediante rieles ingreso la carga al horno; Por otro lado, se colocaron cintas positivas y negativas del lado izquierdo Figura N° 6, y se colocó un sensor de temperatura dentro de una pieza de madera; cerrando finamente la ventana y la puerta para la puesta en marcha.



Fig. N° 6. Conexión de cintas positivas (A-B-C) y colocación sensor temperatura (D)

De esta forma se inicia el protocolo de puesta en marcha y control del proceso.

Durante el secado se realizó el seguimiento y registro por hora de las variables intervinientes en el proceso (Anexo, Tabla N° 3.0 a 3.2.)

6.0. RELEVAMIENTO DATOS FINALES – POST SECADO

6.1. Volumen (m3)

Se procedió a la cubicación de las piezas, utilizando una cinta métrica Evel, con precisión 1 milímetro, midiendo: largo (m), ancho (mm) y espesor (mm), con las siguientes salvedades:

➤ Carga 1: Se tomaron tres lecturas de dimensiones, dos a 50 cm de las cabezas y una a la mitad entre los extremos, con el objetivo de determinar la variación dimensional al final del secado (Anexo. Tabla N° 4.0).

Se relevó el 50% de la carga, determinando variación dimensional antes y después del secado.

Analizando la medición de todos los datos y la mitad (filas intercaladas), y no

detectarse variaciones significativas (promedio y desviación estándar) en las dimensiones y en el contenido de humedad superficial, se decidió relevar estas variables en filas intercaladas en las cargas siguientes, Fig. N° 5, agilizando de esta forma la toma de datos.

➤ Carga 2 (reproceso de la 1) y Carga 3: solo se tomó una lectura de dimensiones, a 50 cm de la cabeza, con el objetivo de determinar volumen final de la carga, relevando filas completas intercaladas (Anexo. Tabla N° 4.1 y 4.2).

6.2. Humedad (%)

1	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida) + (CH x 3 medidas) + (medición grietas superficiales y de cabeza) + (alabeos)
2	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida)
3	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida) + (CH x 3 medidas) + (medición grietas superficiales y de cabeza) + (alabeos)
4	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida)
5	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida) + (CH x 3 medidas) + (medición grietas superficiales y de cabeza) + (alabeos)
6	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida)
7	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida) + (CH x 3 medidas) + (medición grietas superficiales y de cabeza) + (alabeos)
8	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida)
9	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida) + (CH x 3 medidas) + (medición grietas superficiales y de cabeza) + (alabeos)
10	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida)
11	(Grosor/Ancho/Largo x 1 sola medida) + (CH x 3 medidas) + (medición grietas superficiales y de cabeza) + (alabeos)

Fig. N° 5. Toma de datos de la carga N° 2 y N° 3.

➤ Humedad superficial: se midió con xilohigrómetro de resistencia eléctrica en base a norma IRAM 9532. (Anexo Tabla N° 4.0 a 4.2.)

➤ Distribución de la humedad en la carga.

➤ Muestreo: para los ensayos de humedad, la ubicación de las piezas que conforma la carga se realizó al azar. Una vez apilada la madera se le asignó un número de orden para su identificación. Para la extracción de muestras se definió un esquema, identificando la posición de las piezas a cortar, buscando relevar posibles variaciones de humedad en el alto y ancho de la pila, por lo tanto, se cortaron las piezas que quedaron en la posición N° 56-53-40-27-14-5.

➤ En la Carga 1 se relevaron 3 muestras correspondientes a las posiciones 56-53-40, y se extrajeron probetas en dos largos: a 50cm de un extremo y en el centro. Al detectar alta humedad en la madera se decidió reprocesar la carga, denominando este reproceso carga 2, por lo tanto, los datos de “post-secado” de la Carga 1, corresponden a los datos de “pre-secado” de la Carga 2.

➤ En las Cargas 2 y 3 se relevaron 6 muestras correspondientes a las posiciones 56-53-40-27-14-5, y se extrajeron probetas en un único largo, correspondiente al centro de la pieza.

61	62	63	64	65	66	1
55	56	57	58	59	60	2
49	50	51	52	53	54	3
43	44	45	46	47	48	4
37	38	39	40	41	42	5
31	32	33	34	35	36	6
25	26	27	28	29	30	7
19	20	21	22	23	24	8
13	14	15	16	17	18	9
7	8	9	10	11	12	10
1	2	3	4	5	6	11

Fig. N° 6. Distribución de las muestras utilizadas para la medición de Contenido de humedad, Gradiente de Humedad y Tensión.

➤ Extracción de probetas: para los ensayos de humedad se extrajeron 3 probetas de

sección transversal de 25 mm de espesor, de cada muestra y sección relevadas, como muestra el siguiente esquema. Las probetas se identificaron, dibujaron y cortaron (según correspondiera), se envolvieron con film de cocina y se guardaron en bolsas de polipropileno hasta su medición en laboratorio.

Las mediciones se realizaron en el laboratorio del Asentamiento Universitario SanMartín de los Andes, una vez finalizado el trabajo en la empresa.

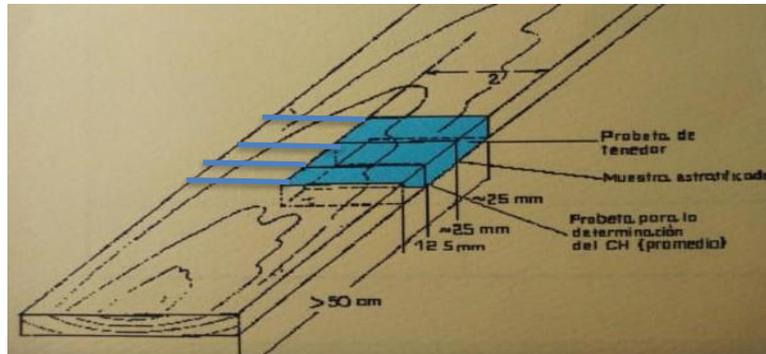


Fig. N° 7. Obtención de probetas para el análisis de Contenido de Humedad, Gradiente de Humedad y Tensión.

6.2.1. Contenido de humedad final: determina la humedad real de la madera. Las probetas se pesaron en una balanza de precisión (0,01/0,1mg, Sartorius, 160 gr.) registrando el peso inicial como peso húmedo y se midió la humedad superficial con xilohigrómetro. Se colocaron en estufa de laboratorio (Dalvo) a 103°C ± 2°C, realizando pesadas periódicas hasta lograr peso constante, registrando este peso como peso anhidro. La humedad real de la madera se determinó con la metodología propuesta por Simpson (1991), usando la siguiente relación:

$$CH = \left[\frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \right] \%$$

Posteriormente se determinó la desviación entre la humedad media de las muestras y la humedad final deseada, clasificando la carga por este factor, acorde a los rangos permitidos para cada clase.

Luego se determinó las desviaciones entre la humedad obtenida en cada muestra y la humedad final deseada (rango de desviación), clasificando cada una a modo individual, acorde a los rangos permitidos para cada clase. En este caso para la asignación de calidad de secado por este factor, el 90% de todas las mediciones de humedad real, deben estar dentro de los límites admisibles de la calidad asignada.

Finalmente se determinó la desviación en las humedades obtenidas con este método y las obtenidas con xilohigrómetro (humedad superficial).

6.2.2. Gradiente de secado: determina la diferencia de humedad entre el centro y el exterior de la madera. Las probetas se cortaron en 5 secciones al tratarse de maderagruesa superior a 40mm de grosor (90 mm en nuestro caso) y se

sellaron y guardaron individualmente hasta su medición en laboratorio. La determinación de humedad de cada sección se realizó de la misma forma que con las muestras de contenido de humedad, descritas anteriormente. (Anexo, Tabla N° 5.0, a 5.2)

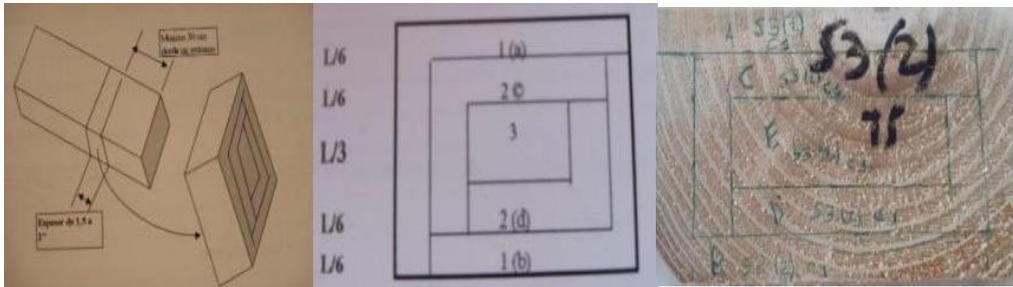


Fig. N° 8. Obtención de muestras de Gradiente de humedad

Posteriormente se determinó el gradiente interno de humedad (CH zona 1 – CH zona 3), y gradiente medio (CH zona 1 – CH zona 2). Los rangos admisibles de gradiente por clase para la Humedad final deseada de cada carga, y se clasificó cada muestra considerando los rangos admisibles de gradiente por clase.

$$CH_{zona1} = \frac{(P_{f1} - P_{f1})}{P_{f1}} \quad CH_{zona2} = \frac{(P_{f2} - P_{f2})}{P_{f2}} \quad CH_{zona3} = \frac{(P_{f3} - P_{f3})}{P_{f3}}$$

$$CH_{promedio} = \frac{(P_{f1} + P_{f2} + P_{f3}) - (P_{f1} + P_{f2} + P_{f3})}{(P_{f1} + P_{f2} + P_{f3})}$$

GRADIENTE INTERNO = $CH_{zona1} - CH_{zona3}$

GRADIENTE MEDIO = $CH_{zona1} - CH_{zona2}$

Fig. N° 9. Fórmulas de Gradiente Interno y Gradiente Medio

Para la asignación de la calidad de secado por este factor, el 90% de todas las mediciones de gradiente, deben estar dentro de los límites admisibles de la calidad asignada.

6.2.3. Tensión de secado: muestran la tensión interna de la madera, esto está en relación con el gradiente de secado (a mayor gradiente mayor movimiento de los dientes de la probeta). Una vez cortadas las probetas de tensión (denominadas tenedor) se evaluó el grado de tensión inmediata y a las 24 horas, empleando la plantilla de medición del método TRADA (Alvarez Noves y Fernandez Golfín-Seco, 1998). Se registró el grado de tensión de cada uno de los dientes de la probeta como negativo cuando los dientes se inclinan hacia dentro y positivo cuando lo hacen hacia fuera. La clasificación de la probeta se corresponde con el peor resultado obtenido de los dientes. (Anexo Tabla N° 7.0).

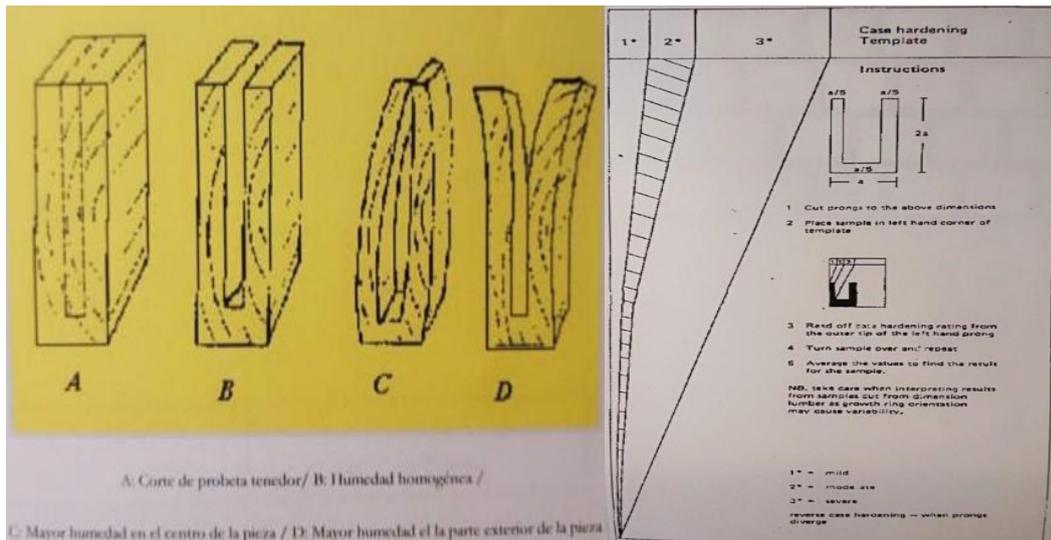


Fig. N° 10. Plantilla del método TRADA para análisis de Tensión.

7. Defectos

7.1. Grietas superficiales: se originan en las primeras etapas del secado debido a las altas tensiones de tracción que se generan en el sentido perpendicular a las fibras, originadas por grandes diferencias de humedad existentes entre la superficie y el interior de la pieza de madera. Se localizan en las caras, principalmente tangenciales. Su presencia indica un secado excesivamente rápido (natural y/o técnico) y constituyen una variable indicativa del proceso. Dependiendo de su profundidad, pueden eliminarse mediante reproceso de la madera (- 2mm), o permanecer en la madera generando problemas durante la vida en servicio ya que pueden abrirse y cerrarse por efecto de los cambios climáticos. Para determinar calidad del proceso se midieron las grietas presentes en la cara tangencial, registrando en planilla largo (Anexo. Tabla N° 4.0 a 4.2) y profundidad de la más importante en tamaño, ya que estas dos variables se correlacionan.

La clasificación de las muestras se realizó teniendo en cuenta la profundidad y como resultado se determinó número de piezas incluidas en cada una de las categorías de calidad de la carga.

7.2. Grietas de cabeza: se producen como consecuencia de la fuerte desecación en esa zona en el sentido longitudinal, respecto del transversal. Comienzan en las cabezas y se extienden a lo largo de la pieza y pueden evitarse o reducirse pintando las testas con pintura impermeable para reducir las pérdidas de madera. Se midió y registró la longitud máxima de agrietamiento de cabeza en las muestras relevadas (Anexo. Tabla N° 4.0 a 4.2) y se determinó el número de piezas incluidas en cada una de las categorías de calidad de la carga en función del largo relevado.

7.3. Agrietamiento interno: se originan en la etapa final del secado, cuando las tensiones de tracción que se generan en el interior de la madera superan en valor absoluto la resistencia a la tracción perpendicular de la madera. Son consecuencia de condiciones de secado excesivamente severas en las etapas iniciales del proceso por grandes diferencias de gradiente entre el interior y el exterior de la madera y pueden evitarse utilizando humedades relativas más altas al inicio del secado y temperaturas

más bajas en las etapas finales. Se relevó % de incidencia de este defecto en los cortes efectuados para extracción de muestras de humedad (Anexo. Tabla N° 4.0 a 4.2) clasificando la carga acorde de acuerdo a los porcentajes admisibles por clase para este defecto.

Alabeos: se midieron y registraron todos los alabeos (Anexo. Tabla N° 4.0 a 4.2), aunque a efectos de clasificación de la carga por calidad de secado, solo es inadmisibles el defecto de curvado de cara.

8. Resumen de muestreo

Tabla N° 8. Cantidad de muestras relevadas en la carga 1,2 y 3.

Piezas muestreadas por medición	Carga 1	Carga 2 (reproceso de C1)	Carga 3
Volumen	30	36	36
Humedad superficial	30 (todas las piezas, 50% carga relevada)	36 (filas intercaladas, 100% carga relevada)	36 (filas intercaladas, 100% carga relevada)
Defectos: grietas y alabeos	30	36	36
Medición Humedad real, Gradiente y Tensión			
Piezas muestreadas	3	6	6
ID pieza muestreada	56-53-40	56-53-40-27-14-5	56-53-40-27-14-5
Muestras por pieza	2 (Una a 50 cm de un extremos y una al centro de la pieza)	1 (Tomada al centro de la pieza)	1 (Tomada al centro de la pieza)
Probetas totales	6	6	6
Humedad	6	6	6
Gradiente	6	6	6
Tensión	6	6	6

8.1. Clasificación calidad de secado

Se realizó la evaluación de calidad de secado mediante Procedimiento EDG (European Drying Group), tomando como base la versión publicada por Alvarez Noves y Fernandez Golfín-Seco, en 1998, para la valoración de defectos y la clasificación de las cargas.

Esta metodología permite evaluar y comparar resultados de calidad de la madera secada de una forma estandarizada, los valores admisibles en cada clase de secado pueden ser ajustados en base a los usos finales de la madera y/o a las prescripciones de los compradores (contratos de aprovisionamiento).

En este trabajo consideramos los valores estándares publicados, con las siguientes salvedades:

- Colapso: no suele presentarse en este tipo de maderas.
- Cambios de color: no se relevaron, por no representar un problema para la madera empleada en los usos actuales.
- Deformaciones: se midieron y registraron todos los alabeos, aunque a efectos de clasificación solo se considera el curvado de cara múltiple como inadmisibles para las distintas calidades de secado.

Una vez registrados todos los defectos y contabilizados en la categoría correspondiente, se procedió a evaluar la calidad de la carga, la cual debe cumplir una probabilidad del 90%, es decir que, para la Calidad Resultante, 9 de cada 10 muestras deben cumplir los requisitos de dicha categoría.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	CALIDADES		
		Special	Utility	Standard
Humedad (%)	Esesor	Desviación permitida entre la humedad media de la carga y la humedad final deseada		
	d ≤ 40 mm	+1%/-1%	+2%/-2%	+2%/-3%
	d > 40 mm	+1%/-2%	+2%/-2%	+2%/-3%
	Esesor	Desviación permitida entre las medidas individuales de humedad y la humedad final deseada.		
	d ≤ 40 mm	+2%/-3%	+3%/-3%	+4%/-sin límite
	d > 40 mm	+2%/-3%	+4%/-4%	+6%/-sin límite
Gradiente de secado	Probabilidad 90%.	Cálculo de diferencias máximas permitidas de gradiente respecto de la Hfd (Humedad final deseada)		
		Hdf x 0,2	Hdf x 0,3	Hdf x 0,4
Tensionado	Momento de la determinación	Intensidad		
	Inmediata	Ligera	Ligera	Ligera
	A las 24 hs	Ligera	Moderada	Fuerte
Colapso	En 10% de la carga	Máx. 2mm	Máx. 3mm	Máx. 6mm
Agrietamiento Superficial	Profundidad admisible. Probabilidad 90%	Máx. 2mm	Máx. 3mm	Máx. 5mm
Agrietamiento interno	% de carga	2% de la carga	5% de la carga	10% de la carga
Agrietamiento testa	Longitud admisible en 90% de la carga. Probabilidad 90%	Máx. 5 cm	Máx. 10 cm	Máx. 20 cm
Cambios color		2mm superficial	3mm superficial	5mm superficial
		Homogéneo si está acordado.	Homogéneo permitido.	Homogéneo y no homogéneo permitido
		Cambios de color en corazón, 10% de la carga	No homogéneo permitido en 20% de la carga	
Deformaciones		Se permiten las deformaciones cuasadas pro la anisotropía de la contracción, así como las causadas por propiedades inherentes a la madera. No son aceptadas las deformaciones causadas por incorrecto enrastrelado o apilado (curvado de cara múltiple)		

Fig. N° 11. Cuadro de evaluación de la calidad de secado mediante Procedimiento EDG

9. CONCLUSIONES

Considerando que solo pudieron seguirse y evaluarse dos ciclos completos de secado, las conclusiones presentadas aquí son parciales y es necesario corroborar los datos obtenidos y continuar con los análisis de un mayor número de procesos, para mejorar el entendimiento del equipo y ajustar los programas de secado.

9.1. Funcionamiento del equipo:

- La extracción de humedad del secadero comienza una vez que el equipo logra la temperatura mínima de extracción (parámetro del programa).
- El tiempo que tarde el equipo en lograr esta temperatura mínima dependerá también de los parámetros cargados al programa, concretamente el denominado “aumento de temperatura por hora” y este parámetro determinará el incremento de temperatura horario hasta el final del secado.
- En ninguno de los dos procesos seguidos se logró alcanzar el parámetro antes mencionado en términos absolutos.

9.2. Proceso de secado:

- La pérdida de kilogramos hora fue en promedio un 30% mayor en la C3, respecto de la C2, pese que el incremento de temperatura por hora fue menor, alcanzando una media de 6,6 kg agua/hora).
- Al tratarse de ciclos cortos de secado y por la técnica empleada (HF-Vacío), no se puede lograr una homogeneidad en la humedad de la madera que conforma la carga, algo que se es alcanzable en secados convencionales, con tiempos prolongados de proceso, tratamientos de acondicionamiento y equilibrado de la humedad. La forma de reducir este problema es clasificar la madera por humedad para consolidar la carga. Esto podría hacerse con xilohigrómetro, siempre y cuando permita medir a una humedad de 1/3 el grosor de la madera.
- Considerando el alto de la carga y en orden de importancia, las filas 11 y 3 de las cargas de secado presentaron una humidificación de la madera considerable al finalizar el secado (56% y 11,47% respectivamente para la C2 y 53% y 15% respectivamente). La fila 9 también presentó humidificación en algunas piezas, pero en valores promedio de fila no se observa incremento, debido a que la intensidad de esta humidificación es mucho menor. En el caso de la 1 fila, podría tratarse de condensación o que su madera no logra la temperatura adecuada para la pérdida de humedad. En el caso de la fila 3 es más indescifrable este comportamiento.
- Considerando el ancho de la carga no se observan diferencias antes y después del secado, sino que se mantienen las tendencias de las humedades iniciales.
- La madera presenta una humedad más homogénea a la entrada que a la salida del secado (humedad superficial relevada con xilo).
- Las extracciones de muestras para medición en laboratorio resultaron insuficientes en número debido a la alta dispersión de humedad de la carga. En futuros procesos deberían incrementarse a 10 muestras/carga.
- Las lecturas superficiales de humedad con xilo son fiables a contenidos de humedad de la madera inferiores al 25%.

- La humedad arrojada por el equipo por diferencia de peso, difiere mucho de la humedad media obtenida por xilo (lectura superficial) y mediante método termo gravimétrico.
- Se detectaron amplias diferencias en las humedades relevadas por el horno, con xilo y con estufa. Las lecturas superficiales medias con xilo presentan valores cercanos a los obtenidos con estufa (laboratorio), no así los proporcionados por el horno.

9.3. Calidad de secado:

- El principal defecto relevado fue la alta dispersión en la humedad final de la madera, encontrándose maderas muy secas y otras extremadamente húmedas, más incluso que al inicio del secado (tanto con xilo como con estufa). Esto superó las desviaciones permitidas tanto para humedad media de la carga como para las medidas individuales, respecto de la humedad final deseada.
- La carga 3 fue la que presentó un menor gradiente de secado tanto medio como interno, también menor porcentaje de incidencia de agrietamiento superficial, grietas de cabeza y alabeos (aunque estos últimos con mayor intensidad que en C2).
- La clasificación de calidad de secado resultó una herramienta útil para medir el comportamiento de las cargas, relevar defectos relacionados con el proceso, y comparar procesos entre sí.

10. Sugerencias:

Realizar el seguimiento de 3 procesos más mínimo, para poder corroborar:

- Distribución de humedad en la carga, corroborando cuales son las filas que presentan mayor absorción y analizando sus causas;
- Parámetros de secado y su efecto en la calidad de secado;
- influencia de la colocación de la sonda de temperatura en la conducción del proceso
- Realizar las mediciones de humedad final con xilohigrómetro empleando clavos de 1/3 el grosor de la madera, para poder medir humedad media.
- Realizar registro de los procesos de secado, acorde a la plantilla presentada en los anexos, realizando un registro horario hasta temperatura de 30°C y cada 2 horas hasta finalizar proceso, al menos de los 3 procesos planteados.
- Para los controles de calidad en estufa extraer un total de 10 muestras por proceso.

10.1. Equipo:

- Realizar calibración de la balanza del secadero.
- Seleccionar madera más húmeda para colocar la sonda de temperatura (guía proceso).
- Clasificar la madera por humedad para consolidar cargas de secado.

11. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Aquino-Gonzales L, et al. (2010), Evaluación de programas de secado para madera de chalamite (*Pinus pseudostrobus*), *Madera y Bosques*: 35-46.
- ❖ Esquivel-Reyes H, et al. (2018), Calentamiento por Radiofrecuencia para esterilizar *Pinus radiata* como material para embalajes. *Maderas. Ciencia y tecnologías* 20(4):543-552.
- ❖ Fernandez-Golfin J, Conde-Garcia M, 2007, Definición y evaluación de la calidad del secado de la madera aserrada, *Manual técnico de secado de maderas*, 185-218.
- ❖ Hernández C, Sanchez R, 1999, Secado Artificial de la Madera Aserrada en la Región del Bío Bío, Informe técnico 145, INFOR.
- ❖ Montes-Granada, Willer F., Yepes-Zuluaga, Sara M., 2013, Confrontacion Técnica de dos Prototipos de Secado Dielectrico de Madera Usando Radiofrecuencia, *Tecno Lógicas*: 505-516.
- ❖ Santos-Silva C, 2016, Mejoramiento de la eficiencia energética en el secado de madera a alta temperatura., Universidad de Bío Bío. Sistema de bibliotecas, Chile.
- ❖ Se utilizaron dos manuales de origen chino traducidos al español y material teórico provistos por la empresa Rio Tigre.

Anexos.

PRE SECADO

Tabla N° 2.0. Mediciones pre secado carga N°1

C1	Xio 1				Ancho (mm)				Grosor (mm)			Largo (m)	M3 por pieza	Grietas			Deformación (mm)			
	N° pieza	CH1	CH2	CH3	Promedio	A1	A2	A3	Promedio	1	2			3	Promedio	Cabeza	Superficial	Nudo	Torcedumbre	C. canto
1	17,8	17,1	19,2	18,03	158	160	159	159,00	90	92	92	91,33	4,62	0,067	Presente	Presente	Presente			
2	12,3	30	19,6	20,63	158	158	160	158,67	92	92	92	92,00	4,58	0,067	Presente	Presente	Presente			20
3	12,8	19,5	14,2	15,50	155	155	158	156,00	90	93	92	91,67	4,57	0,065	Presente	Presente	Presente			30
4	17,4	18,9	25,1	20,47	158	160	158	158,67	90	90	91	90,33	4,62	0,066	Presente	Presente	Presente			
5	15,8	17,3	19,5	17,53	157	160	156	157,67	92	92	93	92,33	4,62	0,067	Presente	Presente	Presente			11
6	15,6	59,7	37	37,43	157	160	160	159,00	92	92	92	92,00	4,63	0,068	Presente	Presente	Presente			
7	17	19,2	27,9	21,37	155	155	157	155,67	88	92	91	90,33	4,65	0,065	Presente	Presente	Presente			
8	39,5	26,4	24	29,97	159	157	155	157,00	92	92	92	92,00	4,49	0,065	Presente	Presente	Presente			
9	14,5	17,9	25,9	19,43	155	155	155	155,00	92	90	92	91,33	4,52	0,064	Presente	Presente	Presente			2
10	19,2	19,1	29,5	22,60	160	160	158	159,33	92	91	91	91,33	4,56	0,066	Presente	Presente	Presente			
11	27,5	18,7	36,5	27,57	157	158	158	157,67	89	90	90	89,67	4,49	0,063	Presente	Presente	Presente			1
12	19,3	14,3	19,6	17,73	155	155	155	155,00	90	88	90	89,33	4,53	0,063	Presente	Presente	Presente			
13	17,1	18,5	18,4	18,00	157	157	157	157,00	91	90	92	91,00	4,59	0,066	Presente	Presente	Presente			
14	18,1	18,7	20,2	19,00	156	157	160	157,67	92	90	93	91,67	4,52	0,065	Presente	Presente	Presente			21
15	17,2	20	17,5	18,23	158	156	159	157,67	91	90	91	90,67	4,51	0,064	Presente	Presente	Presente			26
16	16,3	42,9	21,4	26,87	157	157	156	156,67	93	91	92	92,00	4,53	0,065	Presente	Presente	Presente			
17	18,3	18,7	27,4	21,47	155	156	156	155,67	90	91	91	90,67	4,5	0,064	Presente	Presente	Presente			10
18	19,2	19,4	20,4	19,67	157	158	156	157,00	90	89	90	89,67	4,57	0,064	Presente	Presente	Presente			16
19	20,7	19,1	27,7	22,50	156	157	159	157,33	90	91	90	90,33	4,49	0,064	Presente	Presente	Presente			
20	24,3	30,1	20,5	24,97	157	156	156	156,33	90	91	91	90,67	4,54	0,064	Presente	Presente	Presente			
21	21,1	15,5	27,9	21,50	160	158	158	158,67	93	91	92	92,00	3,89	0,057	Presente	Presente	Presente			5
22	18,1	18,5	20,8	19,13	160	159	159	159,00	91	90	92	91,00	3,66	0,053	Presente	Presente	Presente			
23	14,8	20,4	24,1	19,77	155	155	155	155,00	93	94	94	93,67	4,15	0,060	Presente	Presente	Presente			
24	16,4	27	28,7	24,03	156	156	159	157,00	92	90	90	90,67	4,02	0,057	Presente	Presente	Presente			
25	30,4	15	20,1	21,83	157	160	158	158,33	91	92	91	91,33	4,128	0,060	Presente	Presente	Presente			20
26	22	15,7	14,8	17,50	157	160	158	158,33	90	93	92	91,67	4,035	0,059	Presente	Presente	Presente			24
27	16,4	15,6	17,4	16,47	157	156	157	156,67	90	92	92	91,33	3,94	0,056	Presente	Presente	Presente			
28	27	20,6	19,7	22,43	158	157	156	157,00	91	92	90	91,00	3,925	0,056	Presente	Presente	Presente			
29	13,6	15,5	16,3	15,13	156	156	158	156,67	92	91	93	92,00	3,925	0,057	Presente	Presente	Presente			12
30	17,9	15,4	23,4	18,90	156	157	157	156,67	91	92	91	91,33	3,908	0,056	Presente	Presente	Presente			11
31	24,1	24,7	22,3	23,70	160	157	159	158,67	92	91	91	91,33	3,98	0,058	Presente	Presente	Presente			20
32	15,1	14,7	28,3	19,37	151	155	158	154,67	90	91	91	90,67	3,933	0,055	Presente	Presente	Presente			
33	19,3	17,1	22,3	19,57	156	157	158	157,00	91	92	91	91,33	3,9	0,056	Presente	Presente	Presente			10
34	19,8	16,7	29,5	20,00	158	157	157	157,33	90	90	92	90,67	3,925	0,056	Presente	Presente	Presente			
35	27,3	19,1	28	24,80	160	160	160	160,00	91	92	91	91,33	3,983	0,058	Presente	Presente	Presente			10
36	22,3	25,5	38,2	28,67	160	158	158	158,67	95	95	95	95,00	4,505	0,068	Presente	Presente	Presente			
37	24,9	14,6	15,8	18,43	158	160	156	158,00	92	92	92	92,00	3,875	0,056	Presente	Presente	Presente			21
38	13,8	17	16,7	15,83	157	158	160	158,33	90	91	90	90,33	3,875	0,055	Presente	Presente	Presente			
39	25,8	20,5	26,7	23,67	160	160	159	159,67	90	90	89	89,67	3,82	0,055	Presente	Presente	Presente			
40	25,8	25,7	20,6	23,37	160	159	160	159,67	94	92	92	92,67	3,82	0,057	Presente	Presente	Presente			
41	16,8	20,4	20,2	19,13	159	159	159	159,00	90	90	95	91,67	4,523	0,066	Presente	Presente	Presente			
42	27,8	19,6	38,1	28,50	160	159	160	159,67	95	91	90	92,00	4,52	0,066	Presente	Presente	Presente			
43	19,4	16,3	22,7	19,47	160	158	155	157,67	90	90	91	90,33	4,52	0,064	Presente	Presente	Presente			
44	17,2	22,9	19,1	19,73	158	157	158	157,67	93	94	93	93,33	4,505	0,066	Presente	Presente	Presente			5
45	18,6	24	19,5	20,70	158	157	157	157,33	90	93	94	92,00	4,495	0,065	Presente	Presente	Presente			
46	17,6	19,7	19,8	19,03	157	156	159	158,33	91	93	92	91,67	4,475	0,065	Presente	Presente	Presente			11
47	17,2	22,2	23,3	20,90	157	158	160	159,00	90	92	90	90,00	4,5	0,064	Presente	Presente	Presente			
48	17,9	41,8	26,6	28,77	157	158	160	159,00	92	91	92	90,00	4,515	0,065	Presente	Presente	Presente			
49	19,7	17,9	20	19,20	160	158	159	158,67	90	90	90	90,00	4,54	0,065	Presente	Presente	Presente			
50	16,6	21,4	22,2	20,07	156	160	160	157,33	90	90	90	90,67	4,478	0,064	Presente	Presente	Presente			
51	17,9	23,5	23,6	21,67	158	157	157	156,00	90	91	91	90,33	4,47	0,063	Presente	Presente	Presente			20
52	21,5	44,2	25,2	30,30	156	157	155	156,67	91	90	90	90,00	4,535	0,065	Presente	Presente	Presente			
53	20,7	26,9	26,2	24,60	158	158	160	158,00	90	90	91	91,00	4,515	0,065	Presente	Presente	Presente			
54	39,3	16,5	29,8	28,53	160	157	157	159,00	91	92	90	90,67	4,505	0,065	Presente	Presente	Presente			10
55	19,5	20,1	33	24,20	160	158	159	155,33	91	91	90	89,67	4,54	0,063	Presente	Presente	Presente			11
56	20,7	23,7	16,5	20,30	154	157	155	159,00	89	90	90	91,67	4,55	0,066	Presente	Presente	Presente			11
57	19,3	27,5	24,6	23,80	157	160	160	157,67	90	92	93	91,00	4,475	0,064	Presente	Presente	Presente			
58	19,7	20,6	17,9	19,40	157	156	160	157,67	90	90	93	89,67	4,53	0,064	Presente	Presente	Presente			
59	17,4	18	24,8	20,07	157	158	158	155,33	89	90	90	90,00	4,5	0,063	Presente	Presente	Presente			
60	25,6	23,1	31	25,90	156	155	155	157,00	90	89	91	90,67	4,54	0,065	Presente	Presente	Presente			
61	19,4	16,7	19,1	18,40	157	156	158	158,67	88	90	94	90,33	4,47	0,064	Presente	Presente	Presente			
62	20,2	20,4	18,8	19,80	158	160	158	157,33	90	90	91	92,67	4,485	0,065	Presente	Presente	Presente			
63	19,6	17,4	33,1	23,37	157	156	159	156,33	91	93	94	90,00	4,475	0,063	Presente	Presente	Presente			
64	27	21,8	27,9	25,57	158	155	156	158,67	90	90	90	89,33	4,55	0,064	Presente	Presente	Presente			
65	19,5	43,5	28,7	30,57	159	160	157	157,33	90	88	90	90,33	4,48	0,064	Presente	Presente	Presente			
66	21,4	21,2	29,8	24,13	158	156	158	157,33	90	90	91	90,33	4,635	0,066	Presente	Presente	Presente			

Tabla N° 2.1. Mediciones pre secado carga N°2

C2 N° pieza	Xilo 1				Ancho (mm)				Grosor (mm)				Largo (m)	M3 por pieza	Grietas			Deformacion (mm)			
	CH1	CH2	CH3	Promedio	A1	A2	A3	Promedio	1	2	3	Promedio			Grietas Cabeza (cm)	Superficial (cm)	Profundidad (mm)	Torcedumbre	C. canto	C.cara	Abarquillado
37	39,5	27,3	42	36,27	157	160	158	158,33	95	92	91	92,67	3,87	0,057	43,5	23,5	3			10	
38	18,2	27,1	30	25,10	156	157	157	156,67	91	92	91	91,33	3,872	0,055	19	18,6	2				
39	28	26,6	35,9	30,17	160	160	158	159,33	90	89	90	89,67	3,82	0,055	5						
40	57,1	26	43,4	42,17	160	160	160	160,00	90	94	94	92,67	3,825	0,057	21			5	8		
41	21	22,3	34,5	25,98	157	160	160	159,00	90	91	91	90,33	4,525	0,065	8,5	24,5	5				
42	47,3	34,4	34,8	38,83	161	160	158	159,67	94	93	93	93,33	4,53	0,068	25						
43	18,2	17,9	22,1	19,40	160	158	156	158,00	90	91	91	90,67	4,52	0,065	33,5	22	2		10		
44	18,5	24,2	20	20,90	158	157	156	157,00	92	92	90	91,33	4,5	0,065	11,8	8	2				
45	19,1	26,3	17,8	21,07	157	158	156	157,00	90	91	92	91,00	4,495	0,064	5,03	32	5				
46	16	16,8	20,2	17,67	155	156	155	155,33	90	90	90	90,00	4,475	0,063		12,2	5			16	
47	16	29,8	25,2	23,67	157	159	158	158,00	89	90	89	89,33	4,5	0,064	11,8	12,3	2		6		
48	15,4	26,9	26,3	22,87	155	159	158	157,33	91	92	92	91,67	4,55	0,066	7,9	5,6	2		7		
49	20,8	17,8	26,5	21,70	159	156	158	157,67	90	90	90	90,00	4,54	0,064	11,6	39,5	2		2		
50	25,3	23,3	25,7	24,77	157	160	156	157,67	90	90	91	90,33	4,475	0,064	30,5						
51	19,9	25,1	20,9	21,97	156	157	156	156,33	91	91	91	91,00	4,475	0,064	27,5				16		
52	26,7	29,2	37,3	31,07	155	156	156	155,67	92	90	90	90,67	4,52	0,064	11,6	20,57	2				
53	23,7	29,5	47,5	33,57	157	157	160	158,00	90	91	90	90,33	4,515	0,064	5,2						
54	42,1	20,3	28,3	30,23	155	156	157	156,00	92	92	92	92,00	4,5	0,065	7,72	33,5	3		5		
55	15,5	16,1	27,8	19,80	159	156	159	158,00	90	90	90	90,00	4,535	0,064	16,6				13		
56	16,9	25	12	17,97	154	156	155	155,00	90	92	90	90,67	4,52	0,064	17,5						
57	15,7	15,6	17	16,10	156	159	158	157,67	92	93	91	92,00	4,475	0,065	7,8						
58	18,9	19,4	15,9	18,07	157	157	157	157,00	91	91	93	91,67	4,535	0,065	13	19,5	2				
59	14,6	15,9	20,2	16,90	157	157	157	157,00	89	90	89	89,33	4,49	0,063	9	8	3				
60	44,3	20,9	24,1	29,77	156	157	155	156,00	90	90	88	89,33	4,54	0,063	25	43,5	3		25		
61	19,5	14	17,8	17,10	155	156	156	155,67	89	90	93	90,67	4,47	0,063	45	47	5				
62	16,1	15,1	15,3	15,50	158	159	157	158,00	90	92	92	91,33	4,485	0,065	28		2			3	
63	56	60	29,1	48,37	160	157	160	159,00	93	93	90	92,00	4,48	0,066	11,6						
64	26,8	19,5	19,5	21,93	157	158	154	156,33	91	92	90	91,00	4,56	0,065	16,8	27,5	5				
65	42,6	43,1	38,2	41,30	159	161	159	159,67	90	90	90	90,00	4,49	0,065	66,3						
66	61	43,3	39,4	47,90	159	156	159	158,00	92	89	93	91,33	4,64	0,067		3,6	3				

Tabla N° 2.2. Mediciones pre secado carga N°3

C3 N° pieza	Xilo 1				Ancho (mm)	Grosor (mm)	Largo (m)	M3 por pieza	Grietas (mm)			Deformaciones (mm)			
	CH1	CH2	CH3	Promedio	A1	1			Grietas Cabeza (cm)	Superficial (cm)	Profundidad (mm)	Torcedumbre	C. canto	C.cara	Abarquillado
1	26,9	36,1	42,8	35,27	157	92	4,495	0,065	16		14				
2	34	29,5	29,5	31,00	158	92	4,5	0,065	20		10				
3	15,5	19,4	33,6	22,83	156	90	4,435	0,062	10	46,5	20		24		
4	20,5	27	28,4	25,30	157	89	4,49	0,063	19		20				
5	17,5	16	31,7	21,73	155	90	4,465	0,062	3,8		1				
6	31,8	24	28,6	28,13	160	90	4,525	0,065	37,5	51	20		12		
7					158	90	4,54	0,065							
8					160	90	4,546	0,065							
9					157	91	4,532	0,065							
10					156	90	4,515	0,063							
11					157	93	4,5	0,066							
12					157	90	4,456	0,063							
13	14,9	13,2	14	14,03	157	90	4,518	0,064	9	18,3	2				
14	13,5	32,7	34,4	26,87	154	90	4,48	0,062	13,5	16,2	25				
15	16,9	27	22,1	22,00	160	89	4,485	0,064	9	6	5				
16	26,1	17,4	34,6	26,03	159	90	4,5	0,064	9		11				
17	30	45,5	37,8	37,77	160	90	4,48	0,065	15,2		17				
18	30,6	35,4	28,4	31,47	157	90	4,505	0,064	17		15				
19					157	91	4,495	0,064							
20					157	90	4,5	0,064							
21					160	90	4,53	0,065							
22					157	92	4,492	0,065							
23					157	91	4,485	0,064							
24					156	90	4,49	0,063							
25	41,5	37	32,5	37,00	157	90	4,515	0,064	6,9		3				
26	32,3	26,5	38,2	32,33	160	91	4,535	0,066	10,1		12				
27	28,8	29,7	32,6	30,37	158	89	4,505	0,063	8,3		7				
28	39	28	39,8	35,60	160	91	4,54	0,066	10		11				
29	23,8	42,8	26,1	30,90	157	92	4,495	0,065	19,5		3				
30	17	20,2	27,8	21,67	156	91	4,52	0,064	15		8				
31					156	90	4,54	0,064							
32					157	90	4,509	0,064							
33					159	91	4,492	0,065							
34					155	88	4,51	0,062							
35					156	89	4,497	0,062							
36					157	92	4,495	0,065							
37	14,8	31,5	16,6	20,97	155	91	4,487	0,063	15	16,3	8		10		
38	31,6	14,1	29,6	25,10	157	93	4,49	0,066	5,3		2				
39	16,6	23,1	39,9	26,53	157	89	4,435	0,062							
40	19,2	17,2	39,8	25,40	158	93	4,505	0,066		3,6	3				
41	13,8	15,9	38,5	22,73	155	91	4,51	0,064	14		25				
42	20,8	18,9	27,9	22,53	155	90	4,515	0,063	16		12		16		
43					158	92	4,492	0,065							
44					159	90	4,485	0,064							
45					159	91	4,485	0,065							
46					160	93	4,49	0,067							
47					159	91	4,475	0,065							
48					158	92	4,48	0,065							
49	37,1	27,2	24,8	29,70	159	92	4,515	0,066	8,7		10				
50	27,2	28	36,4	30,53	158	91	4,49	0,065	5,8		2				
51	35	36,8	36	35,93	157	91	4,522	0,065	11,2		7				
52	29,5	32,1	29,1	30,23	156	93	4,495	0,065	6,1		9				
53	19,4	28,5	19,8	22,57	157	91	4,5	0,064	10,2		3				
54	24,6	39,1	48,8	37,50	155	90	4,49	0,063	11,2	5,2	5		2,4		
55					158	92	4,49	0,065							
56					156	91	4,432	0,063							
57					157	90	4,5	0,064							
58					155	91	4,495	0,063							
59					158	90	4,495	0,064							
60					158	93	4,94	0,073							
61	24,7	28,3	37,8	30,27	157	90	4,495	0,064	11,5		11				
62	39,7	28,8	35,3	34,60	160	88	4,51	0,064	6,2		3				
63	17,9	23,8	48,8	30,17	155	91	4,483	0,063	10	3,2	3				
64	19,1	25,2	49,7	31,33	155	91	4,482	0,063	6,3	3,5	3				
65	34,6	29,2	36,2	33,33	157	91	4,55	0,065	12,5		9				
66	23,3	15,7	15,7	18,23	157	90	4,55	0,064	12		10				

PROCESO DE SECADO

Tabla N° 3.0. Registro horario del proceso de secado N°1.

Proceso Secado - Carga 1										
Fecha inicio: 19-mar		Peso inicio kg: 2170		Humedad ingresada %: 22		Tara equipo kg: 4700		Peso anhidro madera kg: 1652		PROGRAMA: 1
Fecha fin: 19-mar		Peso fin kg: 2021		Humedad final%: 18		Volumen m3: 4,13		Agua perdida kg: 149		
Dia	Hora	Corriente		Temperatura (°C)	Vacio	Peso	Extraccion		Humedad Presente	Observaciones
		Grilla	Anodo				Presente	Total		
19-mar	9:10	0,43	2,17	13,4	-0,005		11,2	70,7	20,7	
	10:30	0,4	2,22	15,4	0		11,2	70,7	20,7	
	11:15	0,4	2,23	16,5	0		11,2	70,7	20,7	
	12:10	0,39	2,24	17,8	0,001		11,2	70,7	20,7	
	12:30	0,43	2,2	18,2	0,001		21,9	70,7	20,7	Igualación de agujas (grilla y anodo)
	13:48	0,42	2,2	20,4	0,001		21,9	70,7	20,7	
	14:40	0,41	2,19	21,7	0,001		21,9	70,7	20,7	
	15:50	0,42	2,23	23,7	-0,062		21,9	70,7	20,7	
	16:57	0,42	2,22	25,4	-0,066		21,9	70,7	20,7	
	17:45	0,42	2,23	27,2	-0,045		21,9	70,7	20,7	
	18:35	0,43	2,23	28,9	-0,054		21,9	70,7	20,7	
	19:40	0,43	2,22	30,9	-0,068		21,9	70,7	20,7	
	20:45	0,43	2,21	32,7	-0,057		21,9	70,7	20,7	
Tiempo hs:	11,7	°C/hs hasta 30°C:	1,7	Pérdida H2O/hs hasta 30°C:			T°C Min extrac CH:T°C Max	30,0	Hs totales hasta 30°C:	10,56
Incremento T°C:	19,3	°C/hs + de 30°C:	1,7	Pérdida H2O/hs + de 30°C:			proceso:	32,7	Hs totales de 30°C a T°max:	1,09
°C/hs:	1,7	Perdida KgH2O/hs:	12,8							

Tabla N° 3.1. Registro horario del proceso de secado N°2.

Proceso Secado - Carga 2											
Fecha inicio: 23-mar		Peso Inicio kg: 2001,2		Humedad ingresada %: 27		Tara equipo kg: 4700		Peso anhidro madera kg: 1652		PROGRAMA: 1	
Fecha fin: 25-mar		Peso fin kg: 1796,5		Humedad final%: 13,9		Volumen m3: 4,13		Agua perdida kg: 204,7			
Dia	Hora	Corriente		Temperatura (°C)	Vacio	Peso	Extraccion		Humedad presente	Observaciones	
		Grilla	Anodo				Presente	Total			
23-mar	15:30	0,4	1,98	15,2	-0,012	1996	5,6	204,7	27,3		
	16:20	0,37	2,03	17,8	-0,009	1996	5,6		27,3		
	17:25	0,37	2,07	20,2	-0,005	1996	5,6		27,3		
	18:20	0,37	2,1	22,5	-0,002	1996	5,6		27,3		
	19:30	0,37	2,11	24,1	-0,065	1996	5,6		27,3		
	20:37	0,37	2,11	26,3	-0,059	1996	5,6		27,3		
	20:47	0,4	2,11	26,4	-0,059	1991	10,6		26,3	Posible falla de filamento y pausa del horno.	
	21:47	0,4	2,06	25,7	-0,053	1991	10,6		26,9	Restablecimiento y encendido del horno	
	22:24	0,39	2,08	26,9	-0,05	1991	10,6		26,9		
	23:00	0,39	2,08	27,7	-0,049	1991	10,6		26,9		
24-mar	8:14	0,39	2,1	51,4	-0,063	1957	44,7		24,1		
	9:05	0,39	2,09	52,8	-0,059	1954	47,2		24		
	10:00	0,39	2,07	54,6	-0,07	1953	48,1		23,9		
	11:00	0,39	2,07	58,1	-0,068	1937	64,3		22,9		
	11:55	0,39	2,07	58,3	-0,065	1920	81,5		21,8		
	13:10	0,39	2,07	58,1	-0,059	1916	85		21,6		
	14:07	0,4	2,06	59,3	-0,07	1912	89,7		21,3		
	15:05	0,4	2,06	61,6	-0,068	1887	114,3		19,7		
	16:00	0,4	2,06	61,4	-0,064	1885	116,5		19,5		
24,3	17:10	0,4	2,05	61,1	-0,059	1880	121,5		19,2		
	18:30	0,4	2,03	63,3	-0,07	1880	121,5		19,2		
	19:00	0,41	2,03	63,4	-0,069	1841	160		16,8		
	20:30	0,41	2,02	62,1	-0,065	1841	160		16,8		
	21:44	0,41	2,04	61,1	-0,06	1841	160		16,8		
	23:00	0,41	2,06	60,6	-0,056	1841	160		16,8		
	23:20	0,42	2	62,5	-0,07	1841	160		16,8		
25-mar	8:10	0,45	1,91	58	-0,07	1797	204,7		13,9		

Tiempo hs:	40,7	°C/hs hasta 30°C:	1,7	Pérdida H2O/hs hasta 30°C:	1,4	T°C Min extrac CH:T°C Max	30,0	Hs totales hasta 30°C:	7,5
Incremento T°C:	48,2	+ de 30°C:	1,1	Pérdida H2O/hs + de 30°C:	5,8	proceso:	63,4	Hs totales de 30°C a T ^{max} :	33,2
°C/hs:	1,2	Perdida KgH2O/hs:	5,0						

Tabla N° 3.2. Registro horario del proceso de secado N°3.

Proceso Secado - Carga 3											
Fecha inicio: 26-mar		Peso Inicio kg: 2480,3		Humedad ingresada %: 46		Tara equipo kg: 4700		Peso anhidro madera kg: 1700		PROGRAMA: 2	
Fecha fin: 30-mar		Peso fin kg: 1985,6		Humedad final%: 15		Volumen m3: 4,25		Agua perdida kg: 494,7			
Dia	Hora	Corriente		Temperatura (°C)	Vacío	Peso	Extraccion		Humedad presente	Observaciones	
		Grilla	Anodo				Presente	Total			
26-mar	19:25	0,37	1,96	14,8	-0,011	2475,6	4,7	525,2	45,7	proceso 2	
	20:40	0,36	1,99	16,1	-0,008	2475,6	4,7		45,7		
	20:57	0,36	1,99	16,4	-0,007	2465,9	14,4	510,2	44	Apagón del horno (peso: 2472,1 kg)	
	22:20	0,36	1,99	17,5	-0,004	2465,9	14,4	510,2	44		
27-mar	8:30	0,35	2,04	23,9	-0,052	2465,9	14,4		44		
	9:25	0,35	2,01	24,5	-0,065	2465,9	14,4		44		
	10:40	0,35	1,99	26,3	-0,06	2465,9	14,4		44		
	11:30	0,35	2,01	27,1	-0,056	2465,9	14,4		44		
	12:30	0,35	2	28	-0,052	2465,9	14,4		44		
	13:40	0,35	2	29,2	-0,046	2465,9	14,4		44		
	14:10	0,38	1,95	29,8	-0,044	2454,0	26,3		43,3	Igualacion de agujas (Grilla y Anodo)	
15:20	0,38	1,93	31,5	-0,067	2451,2	29,1		43,1			
16:40	0,39	1,94	35,8	-0,064	2442,1	38,2		42,6			
17:50	0,38	1,94	37,7	-0,061	2425,3	55		41,6			
19:00	0,38	1,94	39,3	-0,055	2414,6	65,7		41			
20:00	0,37	1,93	40,2	-0,052	2414,6	65,7		41			
21:00	0,38	1,97	41	-0,047	2412,1	68,2		40,9			
21:20	0,38	1,95	41,1	-0,058	2478,5	1,8	434,4	39,2	Apagón del horno		
22:30	0,39	1,95	44,6	-0,067	2461,3	19		39,2			
28-mar	9:10	1,47	1,47	50,6	-0,057	2389,7	90,6		35,1		
	10:15	0,39	1,95	51,5	-0,068	2389,7	90,6		35,1		
	11:30	0,39	1,95	53	-0,064	2374,7	105,6		34,2		
	12:35	0,39	1,97	53,2	-0,054	2366,0	114,3		33,7		
	13:30:00	0,4	1,97	53,3	-0,069	2361,6	118,7		33,4		
	15:00	0,39	1,97	56,6	-0,065	2331,6	148,7		31,7		
	16:10	0,39	1,97	56,7	-0,061	2328,5	151,8		31,5		
	17:00	0,39	1,98	57	-0,057	2322,5	157,8		31,3		
	18:30	0,4	1,95	59,2	-0,067	2291,9	188,4		29,3		
	19:35	0,39	1,96	59,5	-0,064	2287,8	192,5		29,1		
	20:30	0,39	1,94	59,3	-0,061	2287,8	192,5		29,1		
21:50	0,39	1,96	59,1	-0,057	2287,8	192,5		29,1			
29-mar	8:00	0,42	1,91	58,9	-0,069	2230,6	249,7		25,8		
	10:00	0,42	1,9	57,3	-0,062	2205,0	275,3		24,3		
	11:10	0,42	1,92	56,5	-0,056	2205,0	275,3		24,3		
	12:30	0,42	1,87	57,3	-0,066	2191,6	288,7		23,5		
	13:50	0,41	1,87	57,2	-0,06	2187,5	292,8		23,2		
	15:07	0,41	1,8	57,4	-0,069	2184,1	296,2		23		
	16:30	0,42	1,86	59,2	-0,066	2154,1	326,2		21,3		
	17:35	0,42	1,87	59,3	-0,062	2151,3	329		21,1		
	18:25	0,42	1,88	59,5	-0,059	2151,3	329		21,1		
	19:30	0,38	1,93	60,1	-0,069	2128,8	351,5		19,8		
20:35	0,38	1,92	61,1	-0,067	2120,0	360,3		19,3			
21:50	0,38	1,93	60,6	-0,063	2116,0	364,3		19,1			
30-mar	9:00	0,36	1,86	43,4	-0,064	2480,3	0		19,1	Encendido del horno (Apagón, ventilador con pelusa y puerta abierta)	
	10:15	0,36	1,97	43,2	-0,061	2480,3	0		19,1		
	11:20	0,35	1,94	43,7	-0,055	2479,4	0,9		19		
	12:30	0,35	1,93	45,4	-0,066	2479,4	0,9		19		

	17:46	0,37	1,9	39,6	-0,066	2459,6	20,7	15,9	Puesta en marcha (corte de luz)
	18:45	0,36	1,96	41,1	-0,062	2459,6	20,7	15,9	
	19:40	0,36	1,98	42,8	-0,058	2459,6	20,7	15,9	
	20:50	0,36	1,96	45,3	-0,068	2459,6	20,7	15,9	
	22:20	0,36	1,99	48,5	-0,062	2459,6	20,7	15,9	
31-mar						1985,6		15	
Tiempo hs:	74,7	°C/hs hasta 30°C:	0,8	Pérdida H2O/hs hasta 30°C:	1,4	T°C Min extrac CH:	30,0	Hs totales hasta 30°C:	18,95
Incremento T°C:	45,8	°C/hs + de 30°C:	0,6	Pérdida H2O/hs + de 30°C:	8,4	T°C Max proceso:	61,1	Hs totales de 30°C a T°max:	55,73
°C/hs:	0,6	Perdida KgH2O/hs:	6,6						

POST SECADO

Tabla N° 4.0. Mediciones post secado carga N°1.

C1 P5 N° pieza	Xilo 1				Ancho (mm)				Grosor (mm)				Largo (m)	M3 por pieza	Grietas			Deformacion (mm)			
	CH1	CH2	CH3	Promedio	A1	A2	A3	Promedio	1	2	3	Promedio			Cabeza (cm)	Superficial (cm)	Profundidad (mm)	Torcedumbre	C. canto	C.cara	Abarquillado
37	39,5	27,3	42	36,27	157	160	158	158,33	95	92	91	92,67	3,87	0,057	43,5	23,5	3			10	
38	18,2	27,1	30	25,10	156	157	157	156,67	91	92	91	91,33	3,872	0,055	19	18,6	2				
39	28	26,6	35,9	30,17	160	160	158	159,33	90	89	90	89,67	3,82	0,055	5						
40	57,1	26	43,4	42,17	160	160	160	160,00	90	94	94	92,67	3,825	0,057	21				5	8	
41	21	22,3	34,5	25,93	157	160	160	159,00	90	90	91	90,33	4,525	0,065	8,5	24,5	5				
42	47,3	34,4	34,8	38,83	161	160	158	159,67	94	93	93	93,33	4,53	0,068	25						
43	18,2	17,9	22,1	19,40	160	158	156	158,00	90	91	91	90,67	4,52	0,065	33,5	22	2		10		
44	18,5	24,2	20	20,90	158	157	156	157,00	92	92	90	91,33	4,5	0,065	11,8	8	2				
45	19,1	26,3	17,8	21,07	157	158	156	157,00	90	91	92	91,00	4,495	0,064	5,03	32	5				
46	16	16,8	20,2	17,67	155	156	155	155,33	90	90	90	90,00	4,475	0,063		12,2	5			16	
47	16	29,8	25,2	23,67	157	159	158	158,00	89	90	89	89,33	4,5	0,064	11,8	12,3	2		6		
48	15,4	26,9	26,3	22,87	155	159	158	157,33	91	92	92	91,67	4,55	0,066	7,9	5,6	2		7		
49	20,8	17,8	26,5	21,70	159	156	158	157,67	90	90	90	90,00	4,54	0,064	11,6	39,5	2		2		
50	25,3	23,3	25,7	24,77	157	160	156	157,67	90	90	91	90,33	4,475	0,064	30,5						
51	19,9	25,1	20,9	21,97	156	157	156	156,33	91	91	91	91,00	4,475	0,064	27,5				16		
52	26,7	29,2	37,3	31,07	155	156	156	155,67	92	90	90	90,67	4,52	0,064	11,6	20,57	2				
53	23,7	29,5	47,5	33,57	157	157	160	158,00	90	91	90	90,33	4,515	0,064	5,2						
54	42,1	20,3	28,3	30,23	155	156	157	156,00	92	92	92	92,00	4,5	0,065	7,72	33,5	3		5		
55	15,5	16,1	27,8	19,80	159	156	159	158,00	90	90	90	90,00	4,535	0,064	16,6				13		
56	16,9	25	12	17,97	154	156	155	155,00	90	92	90	90,67	4,52	0,064	17,5						
57	15,7	15,6	17	16,10	156	159	158	157,67	92	93	91	92,00	4,475	0,065	7,8						
58	18,9	19,4	15,9	18,07	157	157	157	157,00	91	91	93	91,67	4,535	0,065	13	19,5	2				
59	14,6	15,9	20,2	16,90	157	157	157	157,00	89	90	89	89,33	4,49	0,063	9	8	3				
60	44,3	20,9	24,1	29,77	156	157	155	156,00	90	90	88	89,33	4,54	0,063	25	43,5	3		25		
61	19,5	14	17,8	17,10	155	156	156	155,67	89	90	93	90,67	4,47	0,063	45	47	5				
62	16,1	15,1	15,3	15,50	158	159	157	158,00	90	92	92	91,33	4,485	0,065	28		2			3	
63	56	60	29,1	48,37	160	157	160	159,00	93	93	90	92,00	4,48	0,066	11,6						
64	26,8	19,5	19,5	21,93	157	158	154	156,33	91	92	90	91,00	4,56	0,065	16,8	27,5	5				
65	42,6	43,1	38,2	41,30	159	161	159	159,67	90	90	90	90,00	4,49	0,065	66,3						
66	61	43,3	39,4	47,90	159	156	159	158,00	92	89	93	91,33	4,64	0,067		3,6	3				

Tabla N° 4.1. Mediciones post secado carga N°2.

C2 PS	Xilo 1				Ancho (mm)				Grosor (mm)				Largo (m)	M3 pieza	Cabeza (cm)	Grietas		Deformacion (mm)		
	CH1	CH2	CH3	Promedio	A1	A2	A3	Promedio	1	2	3	Promedio				Superficial (cm)	Profundidad (mm)	Torcedumbre	C. canto	C.cara
1	13,7	18	16,4	16,03	156	157	157	156,67	88	87	89	88,00	4,62	0,064	18		5		10	
2	13,1	10,6	28,4	17,37	156	155	156	155,67	91	90	92	91,00	4,563	0,065	8		2		41	
3	12,8	15,3	15,3	14,47	155	156	156	155,67	90	90	90	90,00	4,575	0,064	6,3		5		43	
4	14	12,1	23,1	16,40	155	155	157	155,67	90	90	90	90,00	4,605	0,065	11,7		3	15	13	
5	15,1	15,4	19,6	16,70	153	156	155	154,67	90	90	91	90,33	4,625	0,065	8,5		2			
6	15,9	54,9	44,8	38,53	155	159	157	157,00	90	91	90	90,33	4,635	0,066	11		5			
7					155				87				4,635	0,000						
8					158				90				4,492	0,000						
9					156				90				4,512	0,000						
10					158				89				4,55	0,000						
11					157				90				4,484	0,000						
12					154				91				4,52	0,000						
13	41,7	39	39,8	40,17	158	158	158	158,00	90	90	91	90,33	4,478	0,064	9		2			
14	42,4	27,3	28	32,57	161	156	161	159,33	94	90	90	91,33	4,52	0,066					10	
15	27,1	16,4	30,5	24,67	159	154	157	156,67	90	90	90	90,00	4,52	0,064	12,2		2	30		
16	49,4	43,5	26,1	39,67	158	158	156	157,33	90	90	90	90,00	4,525	0,064	7,2		3			
17	17,8	14,3	19,7	17,27	156	157	158	157,00	90	91	90	90,33	4,492	0,064	4,2	14	5			
18	43,8	43,6	28,8	38,73	156	157	155	156,00	89	90	89	89,33	4,54	0,063	17,2		2		7	
19					155				90				4,495	0,000						
20					155				90				4,532	0,000						
21					155				90				3,89	0,000						
22					156				89				3,664	0,000						
23					157				89				4,08	0,000						
24					158				89				4,015	0,000						
25	21,6	13,9	18,3	17,93	155	154	154	154,33	90	91	90	90,33	4,02	0,056	26,4		5	2,3		
26	13,5	13,6	12,4	13,17	154	160	156	156,67	89	90	90	89,67	4,02	0,056					44	
27	12,4	12,8	18,2	14,47	155	153	154	154,00	87	87	90	88,00	3,936	0,053	14,5		3			
28	11,7	17,6	17,4	15,57	155	155	155	155,00	90	90	90	90,00	3,91	0,055	19,2	8,5	5	7		
29	8,4	12	14,4	11,60	157	157	155	156,33	89	89	90	89,33	3,905	0,055	12,5	14	5	9		
30	14,9	18,3	16,7	16,63	158	155	155	156,00	89	90	91	90,00	3,9	0,055	11,5		5	11		
31					159				90				3,978	0,000						
32					156				87				3,937	0,000						
33					155				90				3,895	0,000						
34					157				91				3,912	0,000						
35					160				93				4,51	0,000						
36					159				90				3,985	0,000						
37	24,7	14,4	15,9	18,33	157	157	157	157,00	91	90	90	90,33	3,86	0,055	10	13,2			15	
38	10,5	15,5	14,4	13,47	157	157	155	156,33	90	89	89	89,33	3,865	0,054	19	18,5	3	17		
39	11,1	10,6	11,6	11,10	155	156	159	156,67	87	86	87	86,67	3,815	0,052		3,7	2		17	
40	Muestra													0,000						
41	19,4	11,6	27,6	19,53	156	158	159	157,67	87	90	90	89,00	4,518	0,063	3,5	14,5	5		18	
42	39,6	34,8	31,2	35,20	160	157	158	158,33	92	90	92	91,33	4,515	0,065	25		5		10	
43					160				88				4,505	0,000						
44					158				90				4,505	0,000						
45					157				90				4,48	0,000						
46					156				90				4,47	0,000						
47					156				87				4,49	0,000						
48					157				90				4,5	0,000						
49	24,5	16,5	19,2	20,07	158	156	157	157,00	90	90	90	90,00	4,535	0,064	11,8		2			
50	22,7	19,3	18,3	20,10	157	160	157	158,00	90	89	90	89,67	4,475	0,063	10,5		2			
51	20,7	17,8	14,9	17,80	156	155	155	155,33	90	90	88	89,33	4,465	0,062				20		
52	20,7	32,1	25,1	25,97	154	157	156	155,67	90	90	90	90,00	4,52	0,063	22	31	5			
53	Muestra													0,000						
54	44,9	28,3	34,7	35,97	158	156	158	157,33	90	91	91	90,67	4,5	0,064	7,6		2		18	
55					160				91				4,535	0,000						
56	Muestra													0,000						
57					157				90				4,47	0,000						
58					157				90				4,505	0,000						
59					157				89				4,48	0,000						
60					156				90				4,535	0,000						
61	39,8	39,6	39,1	39,50	156	154	159	156,33	90	89	92	90,33	4,47	0,063	13,5		1			
62	12,8	25,9	41,8	26,83	157	159	159	158,33	90	90	90	90,00	4,482	0,064	28		5		20	
63	58,2	31,8	31,3	40,43	157	160	155	157,33	90	91	90	90,33	4,474	0,064	14		1		10	
64	45,6	50,5	44,4	46,83	158	158	156	157,33	90	90	90	90,00	4,58	0,065	16,5		5		8	
65	47,8	15,6	15,3	26,23	160	157	157	158,00	90	90	90	90,00	4,482	0,064	13,5		1		12	
66	15	63,8	27,3	35,37	155	160	157	157,33	90	90	92	90,67	4,64	0,066	7,4		3		7	

Tabla N° 4.2. Mediciones post secado carga N°3.

C3 Ps N° pieza	Xilo 1				Ancho (mm)	Grosor (mm)	Largo (m)	M3 pieza	Grietas			Deformaciones (mm)			
	CH1	CH2	CH3	Promedio	A1	1	Cabeza (cm)		Superficial (cm)	Profundidad (mm)	Torcedumbre	C. canto	C.cara	Abarquillado	
1	24,8	19	41,1	28,30	155	90	4,493	0,063	14						
2	48,5	16,5	46,7	37,23	157	93	4,5	0,066	20,3						
3	13	15,8	16,8	15,20	155	93	4,43	0,064	40,5				22		
4	14,5	15,4	12,2	14,03	152	87	4,482	0,059	19					14	
5	11,8	14,1	19,9	15,27	151	90	4,46	0,061							
6	14,4	13,4	19,5	15,77	154	89	4,52	0,062	37,2			10			
7					157	90	4,435	0,063							
8					155	89	4,44	0,061							
9					156	89	4,522	0,063							
10					156	89	4,505	0,063							
11					155	90	4,495	0,063							
12					156	89	4,453	0,062							
13	18,9	19,7	15,9	18,17	155	90	4,51	0,063						24	
14	17,2	29,5	24,2	23,63	152	90	4,48	0,061					5		
15	19,7	25,6	19,7	21,67	157	90	4,488	0,063	13,7	56,5	3		7		
16	31,2	27,3	43	33,83	156	90	4,5	0,063	3						
17	43,3	58,9	48,6	50,27	159	89	4,478	0,063	12,9						
18	33,5	34,7	37,3	35,17	157	89	4,505	0,063	17,5				3		
19					153	90	4,49	0,062					5		
20					153	90	4,488	0,062							
21					157	90	4,526	0,064							
22					155	92	4,48	0,064							
23					159	90	4,482	0,064							
24					158	89	4,467	0,063							
25	18,1	15,6	14,8	16,17	155	91	4,51	0,064	15						
26	15,9	39,7	16,8	24,13	153	90	4,49	0,062	20			8			
27	24,9	13,5	39	25,80	153	90	4,535	0,062	9,8						
28	13,6	12,7	14,9	13,73	155	90	4,495	0,063					7		
29	14,4	14,3	38,4	22,37	156	90	4,527	0,064	11						
30	28,6	20,8	28,1	25,83	157	90	4,51	0,064	5					24	
31					156	90	4,538	0,064							
32					155	89	4,513	0,062							
33					154	89	4,47	0,061							
34					155	89	4,503	0,062							
35					156	89	4,49	0,062							
36					157	90	4,495	0,064							
37	14,3	25,8	17,4	19,17	157	90	4,484	0,063	15	16,3	3			30	
38	11,2	11,1	11	11,10	156	90	4,483	0,063	7,5	16	1			36	
39	10,9	11,8	14,5	12,40	154	87	4,412	0,059						65	
40	11,7	11,4	14,9	12,67	154	90	4,495	0,062						30	
41	10,7	11,4	11,6	11,23	155	88	4,497	0,061	14				23		
42	18,2	11,4	18,5	16,03	154	90	4,515	0,063	16,1					3	
43					157	90	4,475	0,063							
44					156	89	4,484	0,062							
45					156	89	4,48	0,062							
46					152	88	4,482	0,060							
47					155	90	4,473	0,062							
48					159	88	4,47	0,063							
49	35,3	27	31,5	31,27	158	92	4,508	0,066	8,6						
50	15,6	16,7	48,2	26,83	156	90	4,492	0,063							
51	19,3	15,1	16,7	17,03	154	90	4,512	0,063	11,5					16	
52	19,3	33,8	19	24,03	155	89	4,5	0,062							
53	19,1	39,2	27,2	28,50	155	90	4,494	0,063	10,3				8		
54	49,5	39,9	37	42,13	156	90	4,48	0,063	8				42		
55					158	89	4,475	0,063							
56					155	90	4,425	0,062							
57					154	90	4,482	0,062							
58					157	88	4,487	0,062							
59					157	88	4,488	0,062							
60					155	90	4,42	0,062							
61	36,2	37,3	29,9	34,47	157	89	4,48	0,063	8						
62	48,7	59,8	49,4	52,63	159	88	4,509	0,063					7		
63	49,7	67,5	48,2	55,13	155	90	4,485	0,063	14,1						
64	20,7	51	62,8	44,83	153	90	4,485	0,062	91,1						
65	29,8	11,5	46,6	29,30	157	93	4,536	0,066		6,6	5			8	
66	43,8	46,6	39,2	43,20	158	90	4,568	0,065						10	

Tabla N° 5.0. Análisis de Contenido de Humedad por diferencia de peso.

Carga 1							
N° carga y N° pieza	MCH	Peso verde (gr)	Peso seco (gr)		Peso anhidro (gr)	CH % inicial Xilohigrometro	CH % Real
			1	2			
C1, 40, (2)	1	149,067	120,289	120,234	120,234	24,3	24,0%
C1, 40, (3)	2	184,64	122,783	122,763	122,763	16,3	50,4%
C1, 53, (2)	3	152,524	105,189	105,146	105,146	27,5	45,1%
C1, 53, (3)	4	205,441	97,454	97,315	97,315	31,2	111,1%
C1, 56, (2)	5	189,276	133,285	133,235	133,235	34,6	42,1%
C1, 56, (3)	6	134,788	109,227	109,189	109,189	22,6	23,4%
Carga 2							
N° carga y N° pieza	MCH	Peso verde (gr)	Peso seco (gr)		Peso anhidro (gr)	CH % inicial Xilohigrometro	CH % Real
			1	2			
C2, 5	1	160,266	107,892	107,746	107,746	39,0%	48,7%
C2, 14	2	195,12	117,5	117,407	117,407	32,8%	66,2%
C2, 27	3	123,68	109,653	109,594	109,594	14,6%	12,9%
C2, 40	4	136,909	111,9	111,826	111,826	18,8%	22,4%
C2, 53	5	111,981	95,202	95,132	95,132	16,1%	17,7%
C2,56	6	125,938	111,057	110,931	110,931	11,6%	13,5%
Carga 3							
N° carga y N° pieza	MCH	Peso verde (gr)	Peso seco (gr)		Peso anhidro (gr)	CH % inicial Xilohigrometro	CH % Real
			1	2			
C3, 5	1	152,379	119,115	119,125	119,125	17,0%	27,9%
C3, 14	2	132,273	114,995	115,044	115,044	16,9%	15,0%
C3, 27	3	191,523	119,169	119,143	119,143	39,1%	60,8%
C3, 40	4	139,229	125,412	125,298	125,298	10,9%	11,1%
C3, 53	5	163,079	108,872	108,654	108,654	21,1%	50,1%
C3,56	6	128,688	114,852	114,633	114,633	15,9%	12,3%

Tabla N°6.0. Gradiente de Humedad carga número 1

Carga 1						
N° carga y N° pieza	MG	Peso verde (gr)	Peso seco (gr)		Peso anhidro (gr)	CH Real %
			1	2		
C1, 40, (2)	A1	44,711	35,57	35,568	35,568	25,7%
	B1	33,016	27,066	27,07	27,07	22,0%
	C1	30,502	23,945	23,91	23,91	27,6%
	D1	21,27	20,975	17,659	17,659	20,4%
	E1	35,353	28,365	28,391	28,391	24,5%
C1, 40, (3)	A2	53,358	36,892	36,495	36,495	46,2%
	B2	38,586	28,419	28,41	28,41	35,8%
	C2	32,526	20,702	20,728	20,728	56,9%
	D2	32,102	19,586	19,408	19,408	65,4%
	E2	48,367	28,703	28,658	28,658	68,8%
C1, 53, (2)	A3	37,444	29,149	29,008	29,008	29,1%
	B3	31,322	24,897	24,838	24,838	26,1%
	C3	27,416	16,889	16,897	16,897	62,3%
	D3	16,982	12,586	12,618	12,618	34,6%
	E3	34,363	19,729	19,786	19,786	73,7%
C1, 53, (3)	A4	41,557	23,322	23,399	23,399	77,6%
	B4	43,09	23,781	23,701	23,701	81,8%
	C4	26,547	13,005	13,076	13,076	103,0%
	D4	29,886	13,15	13,123	13,123	127,7%
	E4	46,979	19,744	18,799	18,799	149,9%
C1, 56, (2)	A5	47,053	33,02	33,04	33,04	42,4%
	B5	36,173	27,025	27,029	27,029	33,8%
	C5	32,69	23,129	23,114	23,114	41,4%
	D5	23,888	17,559	17,548	17,548	36,1%
	E5	34,031	23,064	23,048	23,048	47,7%
C1, 56, (3)	A6	34,749	29,443	29,472	29,472	17,9%
	B6	33,982	26,434	26,483	26,483	28,3%
	C6	24,561	20,392	20,42	20,42	20,3%
	D6	25,025	19,669	19,673	19,673	27,2%
	E6	23,911	19,591	19,591	19,591	22,1%

Tabla N°6.1. Gradiente de Humedad carga número 2

N° carga y N° pieza	Carga 2		Peso seco (gr)		Peso anhidro (gr)	CH Real %
	MG	Peso verde (gr)	1	2		
			C2, 5	A1	60,753	32,171
	B1	34,515	25,787	25,787	25,787	33,8%
	C1	30,189	21,883	21,866	21,866	38,1%
	D1	21,716	17,412	17,403	17,403	24,8%
	E1	34,418	26,191	26,166	26,166	31,5%
C2, 14	A2	37,275	27,861	27,854	27,854	33,8%
	B2	36,215	22,043	22,056	22,056	64,2%
	C2	28,65	17,248	17,234	17,234	66,2%
	D2	21,838	13,807	13,808	13,808	58,2%
	E2	39,551	20,939	20,923	20,923	89,0%
C2, 27	A3	31,586	28,014	27,991	27,991	12,8%
	B3	31,699	28,964	28,869	28,869	9,8%
	C3	21,057	18,762	18,723	18,723	12,5%
	D3	20,19	18,056	18,016	18,016	12,1%
	E3	21,15	18,712	18,677	18,677	13,2%
C2, 40	A4	26,95	24,216	24,216	24,216	11,3%
	B4	28,079	24,02	23,998	23,998	17,0%
	C4	19,336	16,677	16,666	16,666	16,0%
	D4	19,861	15,046	15,027	15,027	32,2%
	E4	30,197	23,141	23,12	23,12	30,6%
C2, 53	A5	31,813	27,521	27,507	27,507	15,7%
	B5	31,207	27,291	27,297	27,297	14,3%
	C5	21,767	18,433	18,428	18,428	18,1%
	D5	18,101	15,541	15,538	15,538	16,5%
	E5	21,28	18,015	18,002	18,002	18,2%
C2, 56	A6	30,261	26,933	26,915	26,915	12,4%
	B6	24,408	22,002	22,015	22,015	10,9%
	C6	21,26	18,601	18,591	18,591	14,4%
	D6	16,851	15,05	15,05	15,05	12,0%
	E6	22,311	19,554	19,542	19,542	14,2%

Tabla N°6.2. Gradiente de Humedad carga número 3.

N° carga y N° pieza	Carga 3		Peso seco (gr)		Peso anhidro (gr)	CH Real %
	MG	Peso verde (gr)	1	2		
C3, 5	A1	44,565	30,531	30,524	30,524	46,0%
	B1	29,446	24,624	24,61	24,61	19,7%
	C1	27,923	21,376	21,398	21,398	30,5%
	D1	19,761	16,296	16,249	16,249	21,6%
	E1	25,123	21,205	21,207	21,207	18,5%
C3, 14	A2	34,963	31,048	31,041	31,041	12,6%
	B2	29,931	25,857	25,502	25,502	17,4%
	C2	21,623	18,897	18,898	18,898	14,4%
	D2	16,283	14,179	14,112	14,112	15,4%
	E2	25,129	21,903	21,901	21,901	14,7%
C3, 27	A3	44,834	31,846	31,797	31,797	41,0%
	B3	38,554	23,248	23,239	23,239	65,9%
	C3	33,316	20,624	20,604	20,604	61,7%
	D3	29,444	16,294	16,258	16,258	81,1%
	E3	41,801	24,592	24,566	24,566	70,2%
C3, 40	A4	35,907	32,741	32,739	32,739	9,7%
	B4	33,324	29,929	29,92	29,92	11,4%
	C4	23,075	20,948	20,933	20,933	10,2%
	D4	20,472	18,473	18,436	18,436	11,0%
	E4	27,649	25,087	25,06	25,06	10,3%
C3, 53	A5	30,881	25,824	25,825	25,825	19,6%
	B5	34,147	23,573	23,577	23,577	44,8%
	C5	29,098	17,948	17,952	17,952	62,1%
	D5	22,118	15,42	15,412	15,412	43,5%
	E5	35,226	21,523	21,522	21,522	63,7%
C3, 56	A6	32,491	28,804	28,801	28,801	12,8%
	B6	25,117	22,716	22,715	22,715	10,6%
	C6	22,119	19,895	19,895	19,895	11,2%
	D6	17,882	16,154	16,15	16,15	10,7%
	E6	25,589	23,129	23,125	23,125	10,7%

Tabla N° 7. Análisis de tensión inmediata y después de 24 horas.

Carga 1							
N° carga y N° pieza	MT	TENSIÓN INMEDIATA			TENSIÓN 24HS		
		1- Ligera	2- Moderada	3- Fuerte	1- Ligera	2- Moderada	3- Fuerte
C1 53 (3)	1	1				-2	
C1 56 (3)	2	1			1		
C1 40 (2)	3	1			1		
c1 56 (2)	4	1				-2	
C1 40 (3)	5	1				2	
Carga 2							
N° carga y N° pieza	MT	TENSIÓN INMEDIATA			TENSIÓN 24HS		
		1- Ligera	2- Moderada	3- Fuerte	1- Ligera	2- Moderada	3- Fuerte
C2 ,5	1	1			1		
C2 ,14	2	1				2	
C2 ,27	3	1			1		
C2 ,40	4	1			1		
C2 ,53	5	1				2	
C2,56	6	1				2	
Carga 3							
N° carga y N° pieza	MT	TENSIÓN INMEDIATA			TENSIÓN 24HS		
		1- Ligera	2- Moderada	3- Fuerte	1- Ligera	2- Moderada	3- Fuerte
C3 ,5	1	1			-1		
C3 ,14	2		2			2	
C3 ,27	3	1			-1		
C3 ,40	4	1			1		
C3 ,53	5	1			1		
C3,56	6	-1			1		

