



UNAP

MFN
497



Facultad de **16 FEB 21**
Ciencias Forestales

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

TESIS

**“SECADO DE MADERA ASERRADA DE *Dipteryx micrantha* Harms
(shihuahuaco) DE UNA PULGADA DE ESPESOR EN HORNO DE
COMPARTIMIENTO CON VENTILACION SUPERIOR, IQUITOS – PERÚ”**

69687

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL**

Autor

WILLIAM TUESTA RENGIFO

Iquitos – Perú

2012

**NO SALE A
DOMICILIO**

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 400

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para escuchar la sustentación de la tesis presentada por el Bachiller **WILLIAM TUESTA RENGIFO** titulada: "**SECADO DE MADERA ASERRADA DE *Dipteryx micrantha harms (shihuahuaco)* DE UNA PULGADA DE ESPESOR EN HORNO DE COMPORTAMIENTO CON VENTILACION SUPERIOR, IQUITOS-PERU**", formuladas las observaciones y oídas las respuestas lo declaramos: APROBADA

Con el calificativo de:

BUENO

En consecuencia queda en condición de ser calificado

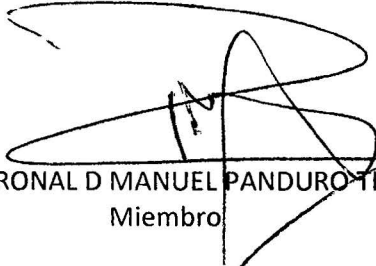
APTO

Para recibir el título de Ingeniero Forestal.


Iquitos, 21 de noviembre del 2011



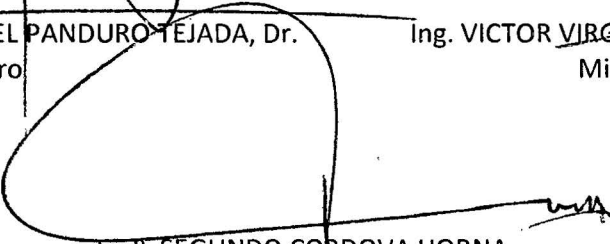
Ing^o JORGE MIGUEL ESPIRITU PEZANTES, M.Sc
Presidente



Ing. RONAL D MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.
Miembro



Ing. VICTOR VIRGILIO REATEGUI DAVILA
Miembro



Ing^o SEGUNDO CORDOVA HORNA
Asesor

DEDICATORIA

Al Señor Supremo Dios, por
darme salud y vida para la
culminación de mi carrera.

A mis queridos y amados padres
APOLINARIA RENGIFO CASIQUE y
AUGUSTO TUESTA MOZOMBITE por
brindarme su cariño y comprensión
para hacerme de una profesión

A mis hermanos:
Nicida, Olga, Ana
Sofía, Deysi y César.

A mis tíos:
Demetrio Morí Vásquez
María Rengifo Casique.

AGRADECIMIENTO

- A la Facultad de Ciencias Forestales y su plana docente por el apoyo y asesoramiento brindado en mi formación profesional y culminación de mi carrera.
- Al Señor Felizardo Campos Requejo, Gerente General de Tropical Lumber S.A.C. por brindar y facilitar las instalaciones de su prestigiosa empresa, en la ejecución del presente estudio.
- Al Ing. Wilfredo Mori Insapillo, docente adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales por el co-asesoramiento en la ejecución del presente trabajo.
- Al Ing. Segundo Córdova Horna, docente adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales por el asesoramiento en la ejecución del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Lista de cuadros	v
Lista de figuras	vi
Resumen	vii
I. INTRODUCCION	1
II. EL PROBLEMA	2
2.1. Descripción del problema	2
2.2. Definición del problema	2
III. HIPOTESIS	3
3.1. Hipótesis general	3
3.2. Hipótesis alterna	3
3.3. Hipótesis nula	3
IV. OBJETIVOS	4
4.1. Objetivo general	4
4.2. Objetivos específicos	4
V. VARIABLES	5
5.1. Variables, indicadores e índices	5
VI. MARCO TEORICO	6
6.1. Estudios relacionados al secado de la madera	6
6.2. Características generales de <i>D. micrantha</i>	8
6.3. Secado artificial de la madera	8
6.4. Importancia del secado de la madera	10
6.5. Contenido de humedad de la madera	10
6.6. Secado artificial convencional	12
6.7. El control del proceso de secado	12
6.8. Programas de secado	13
VII. MARCO CONCEPTUAL	15
VIII. MATERIALES Y METODOS	17
8.1. Lugar del estudio	17
8.2. Materiales y equipos	17
8.3. Método	18
8.3.1. Tipo y nivel de investigación	18
8.3.2. Población y muestra	18
8.3.3. Procedimiento	18
• Criterio de selección de especies	18
• Selección y preparación de las muestras	18
• Armado de las pilas	18

• Programa de secado	19
• Control del contenido de humedad	19
• Cubicación de las tablas	22
• Clasificación de la madera en base a su rendimiento	21
8.3.4. Cálculo del rendimiento	21
8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
8.4. Técnica de presentación de resultados	22
IX. RESULTADOS	23
9.1. Control del CH con el programa original empleado por la empresa.	23
9.2. Control del CH con el programa mejorado propuesto por el estudio	24
9.3. Rendimiento en el secado de la madera con el programa de la empresa	26
9.4. Rendimiento en el secado de la madera con el programa propuesto por el estudio.	26
X. DISCUSION	28
10.1. Programa de secado empleado por la empresa	28
10.2. Programa de secado propuesto por el estudio	28
10.3. Rendimiento de madera seca al horno con el programa de la empresa	29
10.4. Rendimiento de madera seca al horno con el programa propuesto por el estudio	29
XI. CONCLUSIONES	31
XII. RECOMENDACIONES	32
XIII. BIBLIOGRAFIA	33
ANEXO	35

LISTA DE CUADROS

Nº	Descripción	Pág.
1	Programa de secado con ventilación superior para <i>D. micrantha</i> de 4/4" de espesor empleado por la empresa.	19
2	Programa de secado con ventilación superior para <i>D. micrantha</i> de 4/4" de espesor propuesto por el estudio	20
3	Control del contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado con el programa empleado por la empresa.	23
4	Control del contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado con el programa propuesto por el estudio.	25
5	Rendimiento en el secado de la madera de <i>D. micrantha</i> con el programa de secado empleado por la empresa.	26
6	Rendimiento en el secado de la madera de <i>D. micrantha</i> con el programa de secado propuesto por el estudio.	37

LISTA DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
1	Control del proceso de secado de la madera de <i>D. micrantha</i> con el programa de secado empleado por la empresa.	24
2	Control del proceso de secado de la madera de <i>D. micrantha</i> con el programa propuesto por el estudio.	25
3	Ubicación del aserradero de la empresa Tropical Lumber S.A.C., Iquitos, Perú.	36
4	Pila de madera aserrada de <i>D. micrantha</i> antes de ingresar a la cámara de secado.	37
5	Ventana en la pared lateral de la cámara de secado para el control del CH de la madera durante el secado.	38
6	Medida del CH dentro de la cámara de secado con el detector eléctrico de humedad.	38

RESUMEN

El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa maderera Tropical Lumber S.A.C., a orillas del río Itaya en Punchana, Loreto, con el objetivo de comparar el rendimiento por grado de calidad obtenido en el secado de la madera aserrada de *D. micrantha* de 1" de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior utilizando un programa de secado original empleado por la empresa y un programa mejorado propuesto en este estudio.

Con ambos programas de secado se logró alcanzar un CH final de 6%, sin embargo con el programa mejorado se recortó el tiempo de secado en 12 horas (de 16,5 días a 16 días), que significa menor utilización de energía, insumos, cámara y personal, traducido en un ahorro en los costos de secado y mayor rentabilidad. El rendimiento en madera seca de exportación con el programa original de secado fue de 95,4%, mientras que con programa mejorado fue de 95,7%, esto es, ligeramente superior en 0,3% de maderas libre de defectos de secado, o sea tablas con menos defectos de secado, lo cual implica también un aumento en la rentabilidad de la operación.

I: INTRODUCCION

Las empresas dedicadas a producir madera aserrada de diversas especies en la región Loreto comercializan su producto en el mercado nacional y de exportación; siendo el proceso de secado cada vez más exigente con relación a la calidad del producto final, esto implica que el comportamiento de la madera aserrada secada artificialmente deben programarse de acuerdo a las características de las cámaras de secado, especie y espesor de la madera, de tal modo que se pueda reducir el tiempo de secado, maximizar los rendimientos de madera de buena calidad, disminuir los porcentajes de defectos y con un contenido de humedad final de acorde a las exigencias del mercado; obteniéndose como consecuencia un mayor porcentaje del volumen de la madera con características de secado de buena calidad, satisfaciendo una de las mayores preocupaciones a nivel industrial de nuestra región.

Estos comportamientos al secado necesitan ser permanentemente evaluados y monitoreados a fin de plantear propuestas de mejoramiento de la calidad del secado en las empresas. En este sentido, se evaluaron dos programas de secado con hornos de comportamiento con ventilación superior en el secado de la madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor, identificando las diferentes etapas del proceso de secado y determinando los tiempos adecuados para cada etapa, teniendo en cuenta la calidad del producto final que resulta en una mayor rentabilidad para la empresa y mayor satisfacción del cliente.

II. EL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

El mercado internacional, nacional y regional de madera aserrada exige que la madera contenga un contenido de humedad que se encuentre por debajo de la humedad de equilibrio de la zona donde va a ser utilizado a fin de poder satisfacer las exigencias de su uso.

D. micrantha es una especie maderable de alta densidad utilizada para pisos, parquet, decking; el secado artificial de su madera es una operación nueva en Loreto y el programa original debe ser mejorado con el fin de reducir el tiempo de secado y obtener mayores rendimientos sin afectar la calidad del producto.

2.2. Definición del problema

¿En qué medida la variación en el tiempo de cada fase de secado y la variación en la temperatura y humedad relativa dentro de la cámara de secado propuesto en este estudio mejorará el rendimiento en el secado de la madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor?

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Existe variación en el rendimiento en el secado de madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior entre el programa establecido por la empresa y el propuesto en este estudio.

3.2. Hipótesis alterna

El rendimiento en el secado de la madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior depende de la variación en los parámetros que intervienen en el proceso de secado como la gradiente de secado y la humedad relativa dentro de la cámara.

3.3. Hipótesis nula

No existe variación en el rendimiento de madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior entre el programa establecido por la empresa y el propuesto en este estudio.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar el rendimiento en el secado de la madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior, utilizando el programa establecido por la empresa y el propuesto en este estudio.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior, según el grado de calidad después del proceso de secado mediante el programa establecido por la empresa.

- Determinar el rendimiento de madera aserrada de *D. micrantha* de una pulgada de espesor en hornos de compartimento con ventilación superior, según el grado de calidad después del proceso de secado mediante el programa propuesto en este estudio.

V. VARIABLES

5.1. Identificación de variables, indicadores e índices

VARIABLES	INDICADORES	INDICE
A. Programa de secado		
B. Rendimiento	Calidad primera	%
	Calidad segunda	%
	Recuperación	%

VI. MARCO TEORICO

6.1. Estudios relacionados al secado artificial

En el secado artificial para cumala (*Virola* sp.) y catahua (*Hura crepitans* L.) Flores (1995) dice, que los primeros cambios de temperatura en ambos programas de secado fueron realizados exclusivamente en base a horas de secado, es allí donde la madera no sufre ninguna alteración y puede resistir estos cambios sin peligro a torceduras y agrietamientos en la superficie. Agrega que a partir del 50% de contenido de humedad de las muestras, se tomó como referencia el gradiente de secado, determinándose que es posible secar en forma simultánea dos especies de similares características anatómicas y de densidades compatibles bajo un mismo programa de secado.

Solignac (2006), en trabajo de investigación en cámaras automáticas a vapor con ventilación lateral, experimentó dos programas de secado donde el programa de secado "B" resultó mejor con relación al tiempo al alcanzar la humedad final del 8% en 166 horas con un rendimiento de madera exportable de 99,81% y 0,19% de madera rechazada, a diferencia del programa de secado "A" que alcanzó la misma humedad en 176 horas con un aprovechamiento de 99,91%, determinó también que el costo de secado de madera en horno marca "Benecke" para la especie *Virola* sp. es de US\$ 21,40/m³ o US\$ 0,05/pt.

En la comparación de dos programas de secado para cumala Piscoya (1981), menciona que el criterio seguido para adoptar la temperatura inicial de los dos programas de secado, fue establecido basándose en experiencias empíricas, teniendo presente que la madera se quema a una temperatura inicial de 160°F (71°C). Agrega que todos los cambios de temperatura fueron efectuados bajo

principios de intervalos relativamente cortos, donde los cambios de temperatura del bulbo seco y bulbo húmedo se realizaron teniendo en consideración, el principio que durante las etapas intermedias de secado la superficie de la madera estará en compresión y puede resistir intervalos relativamente cortos, sin peligro de reventones en la superficie.

Mori (2000), señala que la *Virola* sp. de 1,5 pulgadas de espesor tiene una contracción del volumen de 8,42% secado en hornos que generan energía a base de vapor de agua, el CH final fue de 8,5% en 277,5 horas, obteniéndose un aprovechamiento de 98,02% de madera de buena calidad para exportación.

Salazar (2004), en práctica pre profesional, manifiesta que la madera aserrada de cumala de una pulgada de espesor en comportamiento de secado en hornos marca Benecke en Forestal Industrial Yavari S.A. tuvo un tiempo de secado de 7 días y 12 horas, con un 78,99% de madera de primera para exportación, para un contenido de humedad final del 8%. Ramírez (2004), en práctica pre profesional realizadas en la empresa "Industrias Reunidas" en cámaras de secado marca NARDI, en tablas de 0,75", 1", 1,5" y 2", manifiesta que *Virola* sp. tuvo un tiempo de secado de 10 días y 6,31 horas y para el cedro 10 días y 10 horas, para un contenido de humedad final del 8%.

Espíritu *et al.* (2008), secando madera de *Virola* sp. en cámara de secado con ventilación superior obtuvieron un rendimiento inicial en promedio de 97,23% en madera seca de primera y un rendimiento promedio en madera seca de recuperación de 2,77%, que luego del proceso de recuperación incrementó el porcentaje de madera de primera en 2,25% hasta 99,48%, como consecuencia se produjo un porcentaje mínimo de desperdicio de 0,51%. Al comparar estos resultados con los del programa original, se observa que con el programa

mejorado se obtuvo un incremento de 0,46% en madera de primera, lo que aunado al menor tiempo de secado (7 horas) redonda en un ahorro en mano de obra e insumos para la empresa, incrementando de esa manera su rentabilidad.

6.2. Características generales de *D. micrantha*

En el Perú, la especie se encuentra distribuida en los bosques amazónicos de Loreto, Ucayali y San Martín, en cantidades medias a altas. Es conocida localmente como shihuahuaco o cumarú, es una especie arborea de la familia Fabaceae. Es un árbol de fuste recto que puede alcanzar los 50 m de altura y 20 a 40cm de DAP. Su madera es pesada y se caracteriza por su belleza en los acabados, de un color marrón con jaspes claros y posee un lustre moderado que tiende a elevarse. Su grano es entrecruzado y la textura es media y de corte transversal. Densidad básica de 870 Kg/cm³, contracción tangencial de 9,1%, contracción radial de 5,5 %, contracción volumétrica de 15%. La relación T/R es de 1,6. Su madera está muy demandada tanto en la carpintería como en pisos de parquet, apreciándose su resistencia a ataques biológicos; y no requiere ser preservada ([http://es.wikipedia.org/wiki/ Dipteryx_micrantha](http://es.wikipedia.org/wiki/Dipteryx_micrantha); INIA-OIMT, 1996)

6.3. Secado artificial de la madera

Atencia (2006), manifiesta que cuando hablamos de secado de madera nos estamos refiriendo a la relación entre la madera y la humedad, que es sin duda uno de los aspectos más importantes de la tecnología de la madera. Como premisa fundamental para evitar pérdidas y problemas de calidad, la madera debe secarse en forma controlada, de manera que la humedad final esté definida por las condiciones ambientales o de clima del lugar donde se desarrollará el proceso de secado. Al referirnos al lugar donde se secará la madera, hacemos mención a

una práctica que va cayendo en desuso, como es el secado al aire, tanto al descubierto como bajo techo; de esta forma, la duración del secado depende de los factores climáticos, inmanejables por cierto, y de las características de las especies. Esta práctica se contrapone con la premisa de control del clima en los procesos de eliminación del agua de la madera.

Una vez que los troncos han pasado por el proceso de tala y troceado, y se han dimensionado y seleccionado en piezas según su escuadría, se procederá al secado, si se quiere un aprovechamiento comercial, puesto que la madera aserrada contiene una gran cantidad de humedad en vasos y fibras; además, la savia que aún se conserva podría fermentar a causa de los materiales solubles que la componen o podrían aparecer hongos y pudriciones generando alteraciones futuras en la madera no secada (Biblioteca Atrium de la Carpintería, 1993). Fernández (1998), señala que la condición de un secado correcto es que a cada contenido de humedad de la madera corresponde una temperatura y una humedad relativa bien determinada de aire interior del secador. El horno capaz de realizar tal operación debe estar provisto de una instalación susceptible de crear y mantener una atmósfera artificial debidamente determinada. Para tal efecto todo horno tiene una construcción especial o célula de secado provista de dispositivos, que permitan acondicionar el aire interno es decir un sistema de calentamiento del aire y un sistema de humidificación del aire y un sistema de ventilación del mismo. Sobrevilla (1980), manifiesta que la ubicación de los hornos merece consideración importante ya que los mismos deberán estar protegidos del sol y de la lluvia. Por otra parte el acceso a ellos debe ser estudiado con mucho cuidado de tal forma que permita obtener el máximo rendimiento económico reduciendo al mínimo el manipuleo de la madera.

El Instituto Nacional Forestal y de Fauna (1988), manifiestan que se entiende por “secado” a la eliminación del exceso de agua de la madera en condiciones rápidas y económicas, reduciendo los defectos de secado a un mínimo, siendo el contenido óptimo de humedad de una madera depende del uso.

6.4. Importancia del secado de la madera

El Instituto Nacional Forestal y de Fauna (1988), señala que el secado de la madera es importante porque aumenta la estabilidad dimensional de madera seca, aumenta notablemente la resistencia biológica de la madera seca contra la pudrición y manchas causadas por hongos xilófagos, cromógenos y moho, permite una mayor penetración y retención de sustancias preservantes, asegura un buen acabado de la superficie de la madera y aumenta la resistencia mecánica de la madera por secado

6.5. Contenido de humedad de la madera

Mendes (1996), indica que la madera contiene agua en su complicada estructura formada por células. Esta agua es aquel líquido que compone la savia del árbol. Cuando toda el agua es retirada de la madera se dice que ella está absolutamente seca. La Junta del Acuerdo de Cartagena (1989), señala que el contenido de humedad en la madera puede ser determinado a través del: método de secado en estufa que es el método más exacto y el único científicamente satisfactorio para determinar el agua contenida en la madera. Es realizado mediante probetas extraídas de muestras de madera y calculados por diferencias de pesos (húmedo y seco).

Fernández (1998), manifiesta que el secado de la madera es un fenómeno consistente en la eliminación superficial de agua por evaporación, a la vez que

este migra desde el interior, hacia el exterior de la madera. En este fenómeno existen tres fases perfectamente diferenciadas:

Primera Fase.- Es el agua libre que se encuentra presente en el interior como en el exterior de la pieza. Si el contenido de la humedad inicial de la madera es elevado se puede admitir que la superficie está recubierta de una capa de agua, en estas circunstancias el agua se evapora desde esta superficie como si desde una superficie de agua libre se tratara.

Segunda Fase.- Comienza cuando ya no es posible admitir que la superficie exterior de la madera está rodeada de una capa de agua. En estas circunstancias se produce un fenómeno de evaporación interior, en el seno del cuerpo caracterizado por una menor superficie de evaporación y por tanto, por una velocidad notablemente inferior. A lo largo de esta fase el frente de evaporación interna se va desplazando hacia el corazón de la pieza.

Tercera Fase.- Esta fase empieza, cuando no existe agua libre en la madera sino agua higroscópica. El fenómeno rector en esta fase no es ya la evaporación sino la difusión de la humedad.

De acuerdo con todo lo anterior el estudio del mecanismo del movimiento de agua en la madera debe ser abordado teniendo en cuenta el fenómeno de evaporación superficial de agua en la madera, el movimiento de agua libre en el interior de la madera y el fenómeno de la difusión. Entendiéndose al proceso de evaporación, cuando una molécula altamente excitada y con alta velocidad alcanza la superficie de la madera, su energía cinética le permite vencer la atracción de las moléculas vecinas y escapar en forma de molécula de vapor, a la atmósfera o medio circundante. Mientras que, la difusión es el movimiento espontáneo del agua en la madera desde los sitios de más alta concentración hacia aquellos de menor

concentración, es decir, el movimiento se efectúa desde las zonas húmedas hacia las más secas hasta alcanzar la superficie de la pieza de madera.

6.6. Secado artificial convencional

La Junta del Acuerdo de Cartagena (1989), indica que el secado convencional se desarrolla en recintos cerrados dentro de los cuales se establecen climas artificiales progresivamente más cálidos y secos. Cada clima o etapa del secado se mantiene durante un determinado lapso, de acuerdo con un programa pre determinado experimentalmente según el tipo de dimensiones de la madera. El secado convencional es el sistema más generalizado en el mundo y se distinguen varias formas, según la intensidad de la temperatura aplicada y las características de las instalaciones.

6.7. El control del proceso de secado

Mendes (1996), manifiesta que saber cuándo y cómo alterar las condiciones de secado en el interior del secador, como la temperatura y la humedad relativa del aire, es fundamental para conducir un secado con éxito. Esas alteraciones, en las condiciones de secado, son hechas en función del contenido de humedad de la carga de madera y regidas por un programa de secado, pre-establecido para la madera que se está secando. Los factores que aceleran el proceso de secado son la temperatura, la humedad relativa del aire y la ventilación. Teniendo en cuenta que en la mayoría de los secadores para madera la velocidad de la circulación del aire es constante, la temperatura y la humedad relativa del aire pasan a ser las principales variables en el control del proceso de secado. Para saber la temperatura de secado, la humedad relativa del aire (HRA), y hasta el contenido de humedad de equilibrio (CHE) se utilizan dos termómetros,

localizados en posiciones estratégicas en el interior del secador; uno de ellos tiene el bulbo envuelto en una franela humedecida (TBH).

Cuando el aire está saturado de humedad, esto es, cuando él no tiene como incorporar ninguna molécula más de vapor de agua no habrá la evaporación de la humedad por la franela y, por lo tanto, no vamos a observar diferencia entre las temperaturas de los termómetros. Decimos, en este caso, que la humedad relativa de este aire es de 100 %. Por otro lado, cuando el aire está totalmente seco, con un gran poder de absorber vapor de agua, la evaporación de la humedad por la franela será intensa y, la diferencia observada entre las temperaturas de los termómetros, en este caso, será máxima.

6.8. Programas de secado

Tuset y Duran (1986), manifiestan que en un programa de secado se dan los valores de temperatura y humedad relativa del aire que es recomendable tener en la cámara para los sucesivos estados de humedad en la madera. Hay dos formas principales de presentar los programas de secado: según el contenido de humedad controlado en muestras de la madera y según el tiempo transcurrido desde el comienzo del secado. La primera es la forma más utilizada, siendo su aplicación más general y sobre todo independiente del tipo de instalación; en cambio, para establecer un programa sobre la base de horas de secado, se requiere experimentación previa con un determinado tipo de madera (por especie, por espesor, por tipo de corte) y en un horno determinado.

Con respecto al programa de secado Schrewe (1983), dice que considerando que muchos son los factores que influyen en la confección de un programa de secado, por ejemplo, tipo de secador, especies, espesores o método de aserrío, los

programas no representan más que una guía que debe ser adecuada por el operador acorde con las condiciones y requerimientos específicos existentes. Por tal razón, es imprescindible que los operadores preparen sus propios programas de secado para cada especie y espesor, con el fin de obtener resultados óptimos dentro del tiempo más corto posible. El mismo autor (1984), manifiesta que cuanto mas alta la temperatura y menor la humedad relativa, tanto más rápido se seca la madera. No obstante no puede llevarse esta regla al extremo sin producir defectos. Si no se dispone de un programa de secado comprobado para una cierta especie y espesor, debe observarse la regla general del secado que dice: "Que el secado a alta temperatura con pequeñas diferencias psicrométricas resulta en un secado rápido con menores tensiones y defectos que un secado a baja temperatura con grandes diferencias psicrométricas".

VII. MARCO CONCEPTUAL

Fernández (1998) , define a:

Apilado.- Procedimiento que siguen las tablas para formar pilas de madera que van a ser secados por los diferentes métodos.

Colapso.- Contracción anormal que se presenta en la madera por encima del punto de saturación de las fibras, que distorsiona la pieza.

Defecto de secado.- Daño en la estructura o alteración en la apariencia de la madera, producido durante el proceso de secado y que disminuye su valor comercial o su duración o afecta su propiedad industrial.

Grietas internas.- Separación de las fibras al interior de una pieza de madera originado por rigurosas condiciones de secado en las primeras etapas que originan esfuerzos intensos de tensión en la superficie y de compresión en el centro.

Grietas superficiales.- Separación de las fibras en la superficie de la pieza de madera originada por un rápido secado en las primeras etapas o la súbita aplicación de un severo aumento en la tasa de secado, en las últimas etapas.

Humidificador.- Accesorio que sirve para aumentar la humedad del ambiente en la cámara de secado, consta de un tubo liso con orificios de 1/8" de diámetro (10 cm de separación entre orificios), ubicado en la parte superior de la cámara en forma horizontal a lo largo del horno.

Novoa, (2005), define a:

Programa de secado.- Es un conjunto de condiciones de temperatura y humedad designados para ser usados en el secado de madera, teniendo en cuenta la

especie y espesor desde una condición verde o parcialmente seca a un contenido de humedad más bajo.

Psicrómetro.- Instrumento que permite determinar la humedad relativa del aire dentro de una cámara secadora. Consta de dos termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo. La diferencia psicométrica de ambos termómetros nos determina la humedad relativa.

Radiadores.- Aparato emisor de calor en el interior de la cámara de secado, cuenta con tubos de 25mm de diámetro, ubicados en posición superior.

Rajaduras.- Separaciones longitudinales de las fibras que atraviesa de una cara a la otra de la pieza. Ocurren en los extremos de una tabla debido a una rápida pérdida de agua que origina esfuerzos de tensión. De todos los agrietamientos experimentados, éste es probablemente el más común y severo.

Secado artificial.- Es el proceso por el cual se elimina el agua de la madera mediante el empleo de la temperatura, humedad y ventilación diferente a los naturales mediante aparatos en instalaciones especiales dentro de recintos cerrados en los cuales se establecen climas artificiales progresivamente más cálidos y secos.

Ventilas.- Ductos para la entrada de aire fresco y salida de aire húmedo ubicados en la parte superior de la cámara de secado.

Ventiladores.- Aparato que lleva el calor hacia la madera y transporta el aire húmedo hacia el exterior. Son 6 ventiladores por cámara, ubicados en la parte superior entre el techo de concreto y el falso techo del secador, son de tipo axial, de 8 aspas, giran a 1750 rpm y tiene 80cm de diámetro.

VIII. MATERIALES Y MÉTODO

8.1. Lugar del estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones de la empresa maderera Tropical Lumber SAC, ubicada a orillas del río Itaya; perteneciente al Distrito de Punchana; provincia de Maynas, Departamento de Loreto. El acceso a la empresa se realiza por dos vías, una es por vía fluvial, recorriendo las aguas del río Itaya y otro es la vía terrestre recorriendo la calle Santa María s/n que da al lado del puerto Masusa (Ver figura 3 del Anexo).

8.2. Materiales y equipos

- ☞ 01 cámara de secado con capacidad para 12 000 pt.
- ☞ 01 caldera.
- ☞ Tabla de madera aserrada de 4/4" de espesor, de longitud y anchos variables de la especie *D. micrantha* (shihuahuaco)
- ☞ Separadores de 1" x 1" de sección por 6 pies de largo.
- ☞ Wincha métrica de 5 metros de longitud.
- ☞ Balanza de 20 Kg.
- ☞ Pintura esmalte
- ☞ Detector eléctrico de humedad
- ☞ Tablas de diferencias psicrométricas
- ☞ Regla de clasificación.
- ☞ Formato de toma de datos
- ☞ Computadora personal y accesorios
- ☞ Útiles de escritorio y papelería en general.

NO SALE A
DOMICILIO

8.3. Método

8.3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo experimental e inferencial a nivel básico. Se ensayaron dos programas de secado, el programa original que emplea regularmente la empresa y el programa mejorado propuesto por el estudio. Se compararon los rendimientos en madera seca por grados de calidad.

8.3.2. Población y muestra

La población y la muestra fueron las mismas, toda vez que estuvieron referidas a la capacidad de la cámara, es decir de un volumen de 12 000 pt; considerando tres repeticiones para realizar el análisis estadístico correspondiente.

8.3.3. Procedimiento

- **Criterio de selección de especies**

La especie seleccionada para el presente estudio es *Dipteryx micrantha* Harms. (shihuahuaco) de la familia Fabaceae-Papilionoideae, cuya densidad es de 870kg/m³, por ser esta una madera referida al mayor uso local y de exportación (www.peruwoodproducts.com/shihuahuaco, 2006).

- **Selección y preparación de las muestras**

Las muestras de madera para el ensayo de secado fueron de 4/4" de espesor, de 3 a 16 pies de largo y de 4 a 16 pulgadas de ancho, con cara limpia, sin rajaduras, grietas, ni ataques de agentes biológicos.

- **Armado de las pilas**

El armado de las pilas se realizó en forma manual directamente en el patio de apilado, colocando las tablas en forma horizontal, sobre bases de madera,

separándolos con tabiques de una 1" de sección cuadrada cada 40-50cm. Este proceso terminará cuando cada pila alcanza un número de 40 filas.

- **Programa de secado**

En los cuadros 1 y 2 se consiguen el programa de secado empleado por la empresa Tropical Lumber SCA y el programa mejorado propuesto por el. El programa propuesto intenta reducir el tiempo de secado de 396 horas a 384 horas (de 16,5 días a 16 días). Para lograr esto se inicia el programa tomando en cuenta el CH inicial de la madera, luego combinando las temperaturas en el bulbo seco y húmedo y variando la HR dentro de la cámara se intenta conseguir un CH final de la madera de 6%.

Cuadro 1. Programa de secado con ventilación superior para *D. micrantha* de 4/4" de espesor empleado por la empresa.

ETAPA	TIEMPO (h)	TEMPERATURA (°C)		CH (%)	H.R. (%)	CHE (%)	GS
		Bulbo seco	Bulbo Húmedo				
1	24	35	35	> 60	Calentamiento		
2	36	35	33	60	87	18	3,0
3	36	38	36	55	87	18	3,0
4	24	40	37	50	82	16	3,0
5	24	42	38	45	82	16	3,0
6	24	44	40	40	78	14	3,0
7	24	46	41	35	73	12,5	3,0
8	24	48	42	30	70	11,5	3,0
9	24	50	44	25	70	11,5	2,0
10	24	55	45	20	56	8,5	2,0
11	24	58	45	15	52	7,5	2,0
12	48	62	45	12	52	7,5	2,0
13	36	65	50	6	44	6	1,0
14	24	35	32	6	Enfriamiento		

Fuente: Tropical Lumber SAC

Cuadro 2. Programa de secado con ventilación superior para *D. micrantha* de 4/4" de espesor propuesto en el estudio

ETAPA	TIEMPO (h)	TEMPERATURA (°C)		CH (%)	H.R. (%)	CHE (%)	GS
		Bulbo seco	Bulbo Húmedo				
1	24	35	35	> 60	Calentamiento		
2	24	35	34	60	94	22	3,0
3	24	38	37	55	94	22	3,0
4	24	40	39	50	91	19,5	3,0
5	24	42	40	45	91	19,5	2,0
6	24	44	42	40	88	18	2,0
7	24	46	44	35	88	18	2,0
8	24	48	46	30	88	18	2,0
9	24	50	48	25	89	18	1,0
10	24	55	52	20	84	15,5	1,0
11	24	58	54	15	81	13,5	1,0
12	48	62	54	12	65	10	1,0
13	48	65	50	6	44	6	1,0
14	24	35	32	6	Enfriamiento		
Total	384						

Fuente: El tesista.

- **Control del contenido de humedad**

El control del contenido de humedad durante el proceso de secado se realizó, mediante muestras que fueron colocadas dentro de la cámara y evaluadas diariamente para el cálculo respectivo.

- **Cubicación de las tablas**

Al término del proceso de secado se procedió a cubicar las tablas en forma individual. Para el cálculo del volumen de las tablas resultantes del aserrío se aplicó la siguiente fórmula basada en el sistema métrico decimal, tomado de Meléndez y Bustamante (2005):

$$V = \frac{L * A * E}{10000}$$

Donde:

V = Volumen en metros cúbicos (m³)

L = Longitud de la tabla en metros

A = Ancho de la tabla en centímetros.

E = Espesor de la tabla en centímetros.

- **Clasificación de la madera en base a su rendimiento**

La clasificación de la madera aserrada después del proceso de secado se realizó en base a la evaluación del comportamiento al secado de la especie en estudio y se determinó el grado de calidad de secado en convenio con el proveedor y el comprador como a continuación se detalla (Fuente: Tropical Lumber SAC):

Primera (P): Tablas de cara limpia, libre de defectos de secado, como grietas, rajaduras y alabeos; piezas de 4" ancho a más y de 6 a 14 pies de largo.

Segunda (S): Tablas que presentes leves defectos de secado como grietas, rajaduras y alabeos; los defectos presentados en las piezas no pasen a formar parte del lote de recuperación; piezas de 4" de ancho a más y de 6 a 14 pies de largo.

Recuperación: (R): Piezas que presentan fuertes defectos después del proceso de secado, como grietas, rajaduras y alabeos, que pasarán a ser canteados o despuntados para su recuperación. Es importante notar que, una vez eliminados los defectos, la madera saneada es de la misma calidad que las superiores, pero en piezas más pequeñas (más cortas y/o más estrechas).

8.3.4. Cálculo del rendimiento

Se determinó en base a la relación existente entre el total del volumen de madera aserrada que ingresa a la cámara de secado (pila de madera) y el volumen de madera aserrada por grados de calidad obtenidas, expresado en porcentaje, Se aplicaron las siguientes formulas (Nájera *et al.*, 2006):

$$R_p = \frac{V_p}{V_t} * 100$$

$$R_s = \frac{V_s}{V_t} * 100$$

$$R_r = \frac{V_r}{V_t} * 100$$

Dónde:

R_p = Rendimiento en madera de primera calidad en %

R_s = Rendimiento en madera de segunda calidad en %

R_r = Rendimiento en madera de recuperación en %

V_p = Volumen de madera aserrada de primera calidad en m³.

V_s = Volumen de madera aserrada de segunda calidad en m³.

V_r = Volumen de madera aserrada a recuperar en m³.

V_t = Volumen total de madera aserrada de la pila en m³.

8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de los datos sobre volumen, rendimientos y costos se utilizó la técnica de la observación directa de los fenómenos que ocurren durante el proceso de secado y de los factores que inciden en los costos del secado. La información fue registrada en formatos de datos elaborados exclusivamente para su uso en este estudio.

8.5. Técnica de presentación de resultados

Los resultados están presentados en cuadros y figuras que permitieron su interpretación y elaboración de las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

IX. RESULTADOS

9.1. Control del CH con el programa original empleado por la empresa.

En el cuadro 3 se consigna la variación del CH de la madera de *D. micrantha* en todas las etapas del proceso de secado con el programa original. Se nota que hasta la quinta etapa el CH permanece en 50%, luego de aumentar las temperaturas a 44°C en el bulbo seco y a 38°C en el bulbo húmedo el CH de la madera desciende paulatinamente y en la etapa 8 se lograr un CH por debajo del PSF: A partir de este punto se incrementar las temperaturas, logrando al final del proceso alcanzar el CH final de 6% en un tiempo total de 396 horas (16,5 días).

Cuadro 3. Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado con el programa empleado por la empresa.

Etapas	Tiempo (horas)	Tiempo acumulado (horas)	Temp. bulbo seco (°C)	Temp. bulbo húmedo (°C)	CH Programado (%)	CH real (%)
1	24	24	35	35	60	50
2	36	60	35	33	60	50
3	36	96	38	36	55	50
4	24	120	40	37	50	50
5	24	144	42	38	45	50
6	24	168	44	40	40	45
7	24	192	46	41	35	35
8	24	216	48	42	30	28
9	24	240	50	44	25	23
10	24	264	55	45	20	17
11	24	288	58	45	15	15
12	48	336	62	45	12	10
13	36	372	65	50	6	6
14	24	396	35	32	6	6

En la figura 1 se observa gráficamente el registro del control del proceso de secado, notándose la curva de descenso de la humedad de la madera en comparación con el CH programado.

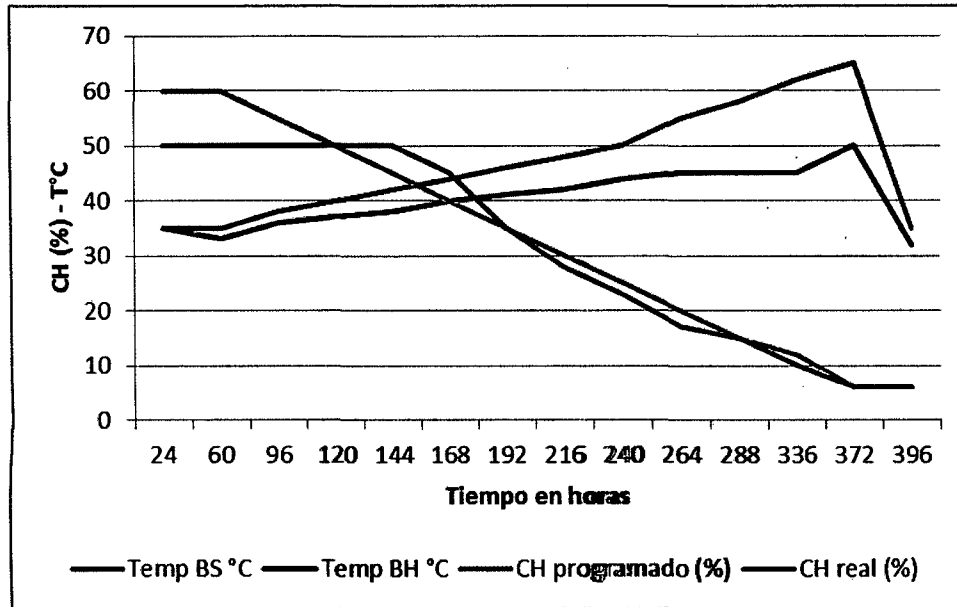


Figura 1. Control del proceso de secado de la madera de *D. micrantha* con el programa de secado empleado por la empresa.

9.2. Control del CH con el programa mejorado propuesto por el estudio.

En el cuadro 4 se consigna la variación del CH de la madera de *D. micrantha* en todas las etapas del proceso de secado con el programa propuesto por el estudio. Se observa que hasta la quinta etapa después de 120 horas de secado la madera aún permanece con un CH del 50%. A partir de la sexta el CH ya desciende a 45%. En la etapa 7 el CH de la madera está muy cerca al PSF, entonces aumentando las temperaturas en el bulbo seco y el bulbo húmedo se logra bajar paulatinamente el CH hasta lograr el 6% deseado. El tiempo total de secado fue de 384 horas (16 días) donde cada etapa representa un día (dos días en las etapas 13 y 14). En la figura 2 se observa gráficamente el registro del control del proceso de secado, notándose la curva de descenso de la humedad de la madera en comparación con el CH programado.

Cuadro 4. Control de contenido de humedad de la madera durante el proceso de secado con el programa propuesto por el estudio)

Etapas	Tiempo (horas)	Tiempo acumulado (horas)	Temp. bulbo seco (°C)	Temp. bulbo húmedo (°C)	CH Programado (%)	CH real (%)
1	24	24	35	35	60	50
2	24	48	35	34	60	50
3	24	72	38	37	55	50
4	24	96	40	39	50	50
5	24	120	42	40	45	50
6	24	144	44	42	40	45
7	24	168	46	44	35	32
8	24	192	48	46	30	25
9	24	216	50	48	25	20
10	24	240	55	52	20	17
11	24	264	58	54	15	15
12	48	312	62	54	12	10
13	48	360	65	50	6	8
14	24	384	35	32	6	6

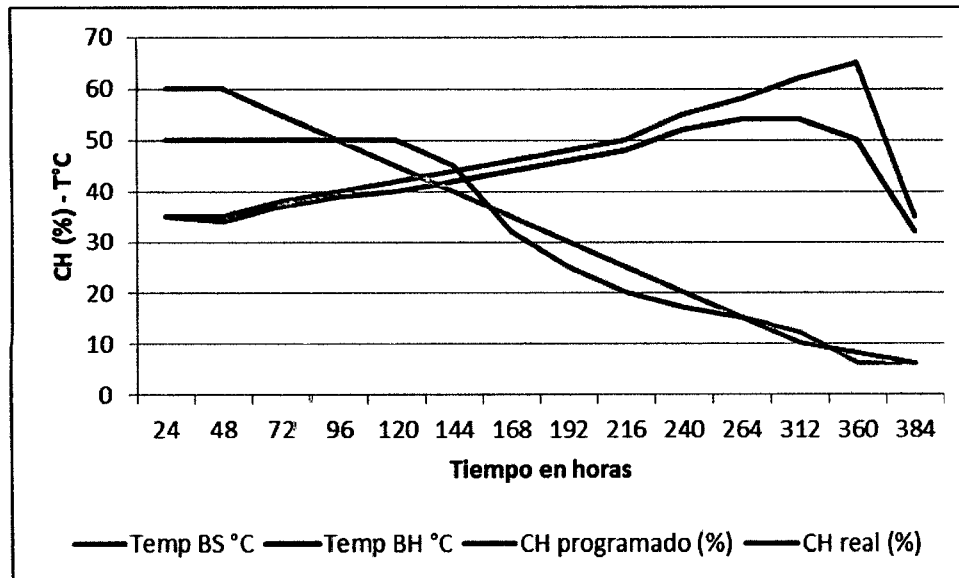


Figura 2. Control del proceso de secado de la madera de *D. micrantha* con el programa de secado propuesto por el estudio.

9.3. Rendimiento en el secado de la madera con el programa de la empresa.

El cuadro 5 muestra el rendimiento por grado de calidad de la madera de *D. micrantha* secada con el programa empleado por la empresa. La cubicación indica que se obtuvo un 95,4% de madera de primera calidad, un 3,2% es madera de segunda calidad y un 1,4% fueron piezas con fuertes defectos de secado que fueron consideradas como madera de recuperación. Esta madera pasa por el proceso de recuperación y luego la madera recuperada pasa a formar parte de la madera clasificada como de primera calidad pero de dimensiones más pequeñas. Este lote es la madera que se exporta y que genera rentabilidad en la empresa.

Cuadro 5. Rendimiento en el secado de la madera de *D. micrantha* con el programa de secado empleado por la empresa.

Repetición	Volumen Inicial		Rendimiento					
			Primera		Segunda		Recuperación	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
1	29,54	100	28,15	95,3	0,94	3,2	0,44	1,5
2	29,04	100	27,62	95,1	0,96	3,3	0,46	1,6
3	29,72	100	28,44	95,7	0,95	3,2	0,33	1,1
Promedio	29,43	100	28,07	95,4	0,95	3,2	0,41	1,4

9.4. Rendimiento en el secado de la madera con el programa propuesto por el estudio.

El cuadro 6 muestra el rendimiento por grado de calidad de la madera de *D. micrantha* secada con el programa propuesto por el estudio. La cubicación indica que se obtuvo un 95,7% de madera de primera calidad, un 3,0% es madera de segunda calidad y un 1,3% fueron piezas con fuertes defectos de secado que fueron consideradas como madera de recuperación. Esta madera pasa por el proceso de recuperación y luego la madera recuperada pasa a formar parte de la

madera clasificada como de primera calidad pero de dimensiones más pequeñas. Este lote es la madera que se exporta y que genera rentabilidad en la empresa.

Cuadro 6. Rendimiento en el secado de la madera de *D. micrantha* con el programa de secado propuesto por el estudio.

Repetición	Rendimiento							
	Volumen Inicial		Primera		Segunda		Recuperación	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
1	29,12	100	27,90	95.8	0,87	3.0	0,35	1.2
2	29,68	100	28,25	95.3	0,94	3.1	0,47	1.6
3	30,07	100	28,28	96.1	0,85	2.9	0,29	1.0
Promedio	29,62	100	28,14	95.7	0,89	3.0	0,37	1.3

X. DISCUSION

10.1. Control del CH con programa original empleado por la empresa.

A partir de la etapa 7 y antes de entrar al punto crítico de todo proceso de secado (PSF) la temperatura se encuentra en 46°C, temperatura relativamente baja por tratarse de una especie de alta densidad, evitando de esta manera posibles alabeos o colapsos de las piezas que se encuentran en proceso de secado. Claramente se puede apreciar que al terminar la quinta etapa (después de 144 horas) el CH real y el CH programado son del 50%, a partir de la etapa 6 se nota ya el descenso paulatino de humedad pero estando siempre cercano al CH programado.

10.2. Control del CH con programa mejorado propuesto por el estudio.

Al igual que en el programa de secado empleado por la empresa, con el programa mejorado también en la etapa 7 y antes de entrar al punto crítico de todo proceso de secado (PSF) la temperatura se encuentra en 46°C, temperatura relativamente baja teniendo en cuenta que *D. micrantha* es una especie de alta densidad, evitando de esta manera posibles alabeos o colapsos de las piezas que se encuentran en proceso de secado. Se puede apreciar que la quinta etapa (después de 144 horas) son del 50%, a partir de la etapa 6 se nota ya el descenso paulatino de humedad pero estando siempre cercano al CH programado al igual que en el empleado por la empresa. En términos generales, se puede señalar que los tiempos de secado programados para los dos programas de secado no sufrieron incremento alguno, es decir se cumplieron satisfactoriamente sin incrementar o disminuir sus tiempos programados. Sin embargo, con el programa de secado propuesto por el estudio se logró una disminución de 12 horas en

comparación con el programa propuesto por la empresa, trayendo consigo disminución en los costos de producción de secado.

10.3. Rendimiento en el secado de la madera con el programa de la empresa.

El rendimiento en madera seca de primera fue de 95,4%; este lote pasa directamente a ser de exportación, mientras que el 3,2% fue madera de segunda calidad con defectos leves de secado pero sin ninguna inconveniencia para pasar a un posible proceso de recuperación de las piezas, mientras que el 1,4% son piezas de madera que por efectos del proceso de secado tuvieron fuertes defectos de alabeos, grietas o rajaduras que serán recuperadas en el canteado o despuntado según sea el caso. Cabe resaltar que al término del clasificado no se observaron piezas colapsadas y no hubo desperdicios ni piezas rechazadas.

10.4. Rendimiento en el secado de la madera con el programa propuesto por el estudio.

El rendimiento en madera seca de primera fue de 95,7%; este lote pasa directamente a ser de exportación, mientras que el 3,0% es madera de segunda calidad con defectos leves de secado pero sin ninguna inconveniencia para pasar a un posible proceso de recuperación de las piezas, mientras que el 1,3% son piezas de madera que por efectos del proceso de secado tuvieron fuertes defectos de alabeos, grietas o rajaduras que serán recuperadas en el canteado o despuntado según sea el caso. Cabe resaltar que al término del clasificado no se observaron piezas colapsadas y no se tuvo desperdicios ni madera rechazada.

En términos generales, se puede acotar que el rendimiento de madera de primera calidad con el programa de secado propuesto por el estudio fue ligeramente superior en 0,3% y el porcentaje de madera de recuperación fue ligeramente

inferior en 0,1%, indicando que las variaciones en las temperaturas y la humedad relativa dentro de la cámara de secado fue algo ventajoso para el proceso de secado. La real ventaja en el rendimiento logrado con el programa mejorado está en la disminución de 12 horas en la duración del proceso de secado, trayendo consigo un ahorro en energía, insumos, combustible, uso de la cámara y mano de obra y consecuente mayor rentabilidad para la empresa.

XI. CONCLUSIONES

- 1.** El tiempo requerido por el programa de secado original empleado por la empresa fue de 396 horas (16,5 días), mientras que el tiempo utilizado por el programa mejorado propuesto por el estudio fue de 384 horas (16 días).
- 2.** Con ambos programas se logró alcanzar un contenido de humedad final de 6%, las curvas de variación del CH real y CH programado en ambos programas no difieren mucho.
- 3.** El rendimiento en madera seca con el programa empleado por la empresa fue de 95,4% de primera, 3,2% de segunda y 1,4% de recuperación, mientras que el rendimiento en madera seca con el programa propuesto por el estudio fue de 95,7% de primera, el 3,0% es madera de segunda y el 1,3% de recuperación.

XII. RECOMENDACIONES

- 1. Se recomienda aplicar el programa de secado propuesto por el estudio por tener menor tiempo y mayor rendimiento.**
- 2. Realizar estudios de secado artificial con especies similares en densidad, diferente al del estudio, a fin de obtener programas de secado adecuados.**

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Atencia, M. 2006. Secado de la madera. 9 p.
- Biblioteca Atrium de la carpintería. 1993. Colección Técnica de Bibliotecas Profesionales. Ediciones Océano. Barcelona, España. 20 p.
- Espíritu, J.M., Panduro R.M., Valderrama, H., Córdova, S., Vásquez, C.L., Meder B.M., Escobar, J.A., Mori, W. 2008. Evaluación del comportamiento al secado artificial de la madera aserrada de cumala para formular propuestas de mejoramiento. Artículo científico. Instituto de Investigación Forestal y de Fauna. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos-Perú. 16 p.
- Fernández, J. 1998. Manual de Secado de Maderas. Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA). Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM). Madrid, España. 170 p.
- Flores, C. 1995. Secado artificial para cumala (*Virola* sp.) y catahua (*Hura crepitans* L) en un mismo compartimiento en IMPULSA Iquitos-Perú. Trabajo Profesional Ing. Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. Iquitos, Perú. 43 p.
- Instituto Nacional Forestal y de Fauna. 1988. Secado y preservado de la madera. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 105 p.
- Junta del Acuerdo de Cartagena. 1989. Manual del Grupo Andino para el secado de maderas. Proyecto Sub regional de la promoción industrial de la madera para la construcción. Colombia.
- Meléndez, M. y Bustamante, N. 2005. Separata de capacitación cubicación de madera aserrada. Laboratorio de Aserrió y Trabajabilidad de la Madera. Universidad Nacional Agraria La Molina-USAID. 15 p.
- Mendes, G. 1996. A Secagem da madeira". Instituto Nacional de Pesquisas Amazónicas (INPA). Brasil. 100 p.
- Mori, W. 2000. Comportamiento al secado en hornos de compartimiento de la especie cumala *Virola* sp. de una pulgada y media de espesor. Islandia-

- Perú. Práctica preprofesional. Bach. Ingeniería Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. Iquitos, Perú. 18 p..
- Novoa, L. 2005. Manual de buenas practicas de manufactura para el secado natural y artificial de madera aserrada aserrada, acorde a los estandares expresados en la normas". Dirección Nacional de Desarrollo de Comercio Exterior. Viceministerio de Comercio Exterior. Lima, Perú. 74 p.
- Ramirez , C. 2004. Comportamiento al secado automizado en hornos de compartimientos de la especie cumala (*Virola* sp.) y cedro (*Cedrela odorata*) en la empresa industrias reunidas E.I.R.L. Practica preprofesional, Bach. Ingeniería Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. Iquitos, Perú. 28 p.
- Salazar, C. 2004. Comportamiento de secado artificial en hornos de compartimientos Benecke de la especie cumala (*Virola* sp.) de una pulgada de espesor en Forestal Industria Yavar-FIYSA. Practica preprofesional. Bach. Ingeniería Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. Iquitos, Perú. 30 p.
- Solignac, J. 2006. Determinacion de costos operativos del secado artificial de la *Virola* sp. de una pulgada de espesor. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal-UNAP. Iquitos, Perú. 70 P.
- Schrewe, H. 1983. Manual de secado de la Madera". Proyecto PNUD/FAO/PER. Lima, Perú. 84 p.
- TUSET, R. & DURAN, F. 1986. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Editor Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 688 p.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Dipteryx_micrantha
- <http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0020/shihuahuaco.htm>
- http://www.icraf-peru.org/docs/14_arbolesamazon_Peru.pdf
- [www.peruwoodproducts.com/shihuahuaco.\(2006\).](http://www.peruwoodproducts.com/shihuahuaco.(2006).)
- www.munipunchana.gob.pe/

ANEXO



Figura 3. Ubicación de la empresa Tropical Lumber S.A.C. Iquitos, Perú.



Figura 4. Pila de madera aserrada de *D. micrantha* antes de ingresar a la cámara de secado.



8 FEB 2012

69687



Figura 5. Ventana en la pared lateral de la cámara de secado para el control del CH de la madera durante el secado.



Figura 6. Medida del CH dentro de la cámara de secado con el detector eléctrico de humedad.

NO SALE A
DOMICILIO