

Memoria descriptiva del proyecto
"Desarrollo de **tecnología de secado** para **especies nativas** de rápido crecimiento, reforestadas y de importancia comercial"



© Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera

Autores:

Equipo del Proyecto de Secado

Editado y Diagramado por:

Instituto Tecnológico de la Producción

Centro de innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Madera –
CITEmadera

Jr. Solidaridad Cdra. 3 Parcela II Mz. F, Lt-11-A Parque Industrial de Villa El Salvador
Lima 42. Lima – Perú.

Cofinanciado por:

Innovate Perú

Proyecto “Desarrollo de la tecnología de secado para especies reforestadas, nativas y de rápido crecimiento, con potencial e incremental valor comercial hacia un aseguramiento de la calidad, rentabilidad y competitividad de las industrias y el bosque“. Convenio N° 142 Innovate Perú – IAPIP 2017.

Entidades Colaboradoras:

Universidad Nacional de Ucayali (UNU)/ Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) / Thünen-Institut for Wood Research.

| | |
|---|----|
| Abreviaturas..... | 4 |
| Resumen del Proyecto..... | 6 |
| I. Objetivo General..... | 7 |
| II. Objetivo Especifico..... | 7 |
| III. Recursos y financiamiento del proyecto..... | 8 |
| IV. Actividades realizadas..... | 9 |
| V. Resultados obtenidos..... | 11 |
| VI. Conclusiones..... | 22 |
| VII. Recomendaciones..... | 23 |
| VIII. Glosario..... | 24 |
| IX. Bibliografía..... | 26 |
| X. Anexos..... | 27 |

Cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Gastos Ejecutados por Componentes Presupuestales..... | 8 |
| Cuadro 2. Códigos de higrómetro determinados para las maderas de “Bolaina Blanca” y “Marupa” de bosque natural y plantación..... | 16 |
| Cuadro 3. Tiempos de Secado obtenidos para la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” Proyecto vs Empresas del Sector..... | 18 |

Figura

| | |
|---|----|
| Figura 1. Actividades del Proyecto..... | 10 |
| Figura 2. Homologación de metodologías de investigación –Thüenen Institut y personal de la UNU..... | 11 |

Gráficos

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Densidades de la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” de bosque natural y plantación..... | 12 |
| Gráfico 2. Densidades de la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” de bosque natural y plantación..... | 14 |
| Gráfico 3. Punto de Saturación de Fibra de la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” de bosque natural y plantación..... | 15 |
| Gráfico 4. Distribución de los asistentes a talleres - 6 regiones del Perú..... | 18 |
| Gráfico 5. Caracterización de los asistentes a talleres de transferencia de resultados..... | 19 |
| Gráfico 6. Temas de Interés en Investigación recogido en los talleres de transferencia..... | 20 |
| Gráfico 7. Especies de interés en investigación recogido en los talleres de transferencia..... | 20 |

ABREVIATURAS

| | | |
|-------------------------|---|--|
| % | : | Porcentaje |
| “ | : | Pulgada |
| CH | : | Contenido de humedad |
| CHE | : | Contenido de humedad de equilibrio |
| cm | : | Centímetro |
| CV | : | Contracción volumétrica |
| D_a | : | Densidad del agua en condiciones normales |
| DB | : | Densidad básica |
| DSA | : | Densidad Seca al Aire |
| g/cm³ | : | Gramo por centímetro cúbico |
| GS | : | Gradiente de secado |
| HR | : | Humedad relativa |
| IIAP | : | Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana |
| M_o | : | Masa anhidra o al 0% de contenido de humedad |
| °C | : | Grados centígrados |
| PSF | : | Punto de saturación de las fibras |
| pt | : | Pie tablar |
| T | : | Temperatura |
| T/R | : | Relación entre la contracción tangencial y la contracción radial |
| UNU | : | Universidad Nacional de Ucayali |
| V | : | Volumen |
| V_{sat} | : | Volumen saturado |

MEMORIA DEL PROYECTO

“Desarrollo de la tecnología de secado para especies reforestadas, nativas y de rápido crecimiento, con potencial e incremental valor comercial hacia un aseguramiento de la calidad, rentabilidad y competitividad de las industrias y el bosque”

RESUMEN DEL PROYECTO

Las áreas de plantaciones forestales en el Perú han aumentado en los últimos años. Entre las principales especies forestales establecidas se encuentran la “Bolaina” y “Marupa”, maderas de rápido crecimiento que han sido subvaloradas en la historia de la industria forestal de nuestro país y de las cuales no se cuenta con mucha información científica. Sin embargo sus características de desarrollo las han convertido en una buena alternativa de abastecimiento de madera, lo cual ha generado la necesidad de realizar investigaciones de sus propiedades y procesamiento. El presente proyecto se ha enfocado en generar información tecnológica sobre el secado artificial de la madera, ya que este proceso constituye uno de los primeros pasos para generar valor agregado y permite proveer un material seco, estable y apropiado para la fabricación de productos.

Como resultados principales se obtuvo una metodología para el secado experimental de maderas, también se determinaron programas de secado optimizados para secar la madera de las especies mencionadas en el menor tiempo posible y sin que se presenten defectos considerables; asimismo se determinaron los códigos de higrómetros para la medición precisa de la humedad de las mismas. Además, se fabricaron prototipos de muebles a partir de las maderas utilizadas en el estudio para demostrar sus bondades. Finalmente se realizó la elaboración de una página web y un aplicativo móvil para mostrar el proceso y resultados del proyecto.

Cabe mencionar que al finalizar el proyecto se desarrollaron talleres de difusión en 6 regiones del país, con la finalidad de que la información obtenida pueda ser conocida por diversos actores del sector forestal: empresarios, reforestadores, fabricantes, investigadores, técnicos, autoridades y estudiantes de carrera afines.

El proyecto ha sido desarrollado con la participación del CITEmadera como entidad ejecutora, la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) como entidad asociada y el Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) como entidad oferente.

El proyecto busca contribuir a la mejora de la calidad de productos de madera, la generación de valor agregado y a rentabilizar las inversiones forestales a darse en fomento de mayores actores y áreas de reforestación.



I. OBJETIVO GENERAL

- Dar a conocer al sector forestal industrial información tecnológica para el secado de las maderas de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita*) y Marupa (*Simarouba amara*) como medio hacia el aseguramiento de la calidad de productos en la cadena de valor y la rentabilización de las inversiones de reforestación.

II. OBJETIVO ESPECIFICO

- Homologar la metodología del secado experimental de la madera
- Desarrollar programas de secado validados para la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa”
- Transferir la tecnología de secado de la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” en las principales 6 regiones de importancia sectorial.



III. RECURSOS Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

El presupuesto total del proyecto fue de S/ 1, 131,275.00, con un financiamiento de Recursos No reembolsables (RNR) del Programa Innóvate Perú de S/ 764,560.00, considerándose además aportes de las entidades ejecutante, asociada y oferente por un valor total de S/ 366,715.00. La ejecución del gasto correspondiente al proyecto fue de S/ 965,581.72, siendo este monto un 85% del monto presupuestado originalmente.

Los recursos recibidos permitieron llevar a cabo las actividades planificadas y cumplir con los objetivos propuestos relativos a la investigación y transferencia de resultados. Por un lado, los recursos fueron utilizados para la adquisición de servicios de terceros como provisión y transporte de madera, potenciación de hornos de investigación, elaboración de video promocional, creación de página web y aplicativo móvil, coordinación y dictado de talleres de difusión de resultados en las principales regiones de importancia sectorial del país; del mismo modo, para la compra de pasajes y el pago de viáticos para la supervisión de actividades de investigación y coordinación de talleres, entre otros.

Por otro lado, también fue posible financiar equipamiento para la investigación por un monto de S/ 188,404.11, los cuales, al finalizar el proyecto permanecerán como parte del patrimonio de las instituciones a las que fueron entregados, con la finalidad de impulsar futuras investigaciones que aporten al desarrollo del sector. En el Cuadro 1 se presentan los gastos por componente presupuestal realizados con los RNR del Proyecto.

Cuadro 1. Gastos Ejecutados por Componentes Presupuestales

| COMPONENTES PRESUPUESTALES | EJECUCIÓN |
|----------------------------|----------------------|
| Equipos | S/ 212,404.11 |
| Servicios de Terceros | S/ 297,599.65 |
| Gastos de gestión | S/ 3,320.00 |
| Honorarios | S/ 299,215.00 |
| Materiales e insumos | S/ 42,354.84 |
| Otros Gastos Elegibles | S/ 82,826.06 |
| Pasajes y Viáticos | S/ 27,862.06 |
| TOTAL | S/ 965,581.72 |

IV. ACTIVIDADES REALIZADAS

El proyecto se llevó a cabo en 2 fases principales, una de investigación y una de transferencia de los resultados obtenidos. La finalidad de esta diferenciación fue la de no sólo realizar la investigación que contribuya al conocimiento e información del sector, sino también que este conocimiento generado pueda ser difundido y conocido a los actores del sector para su aplicación práctica. La Figura 1 grafica el desarrollo de actividades del proyecto.

IV.1 Investigación

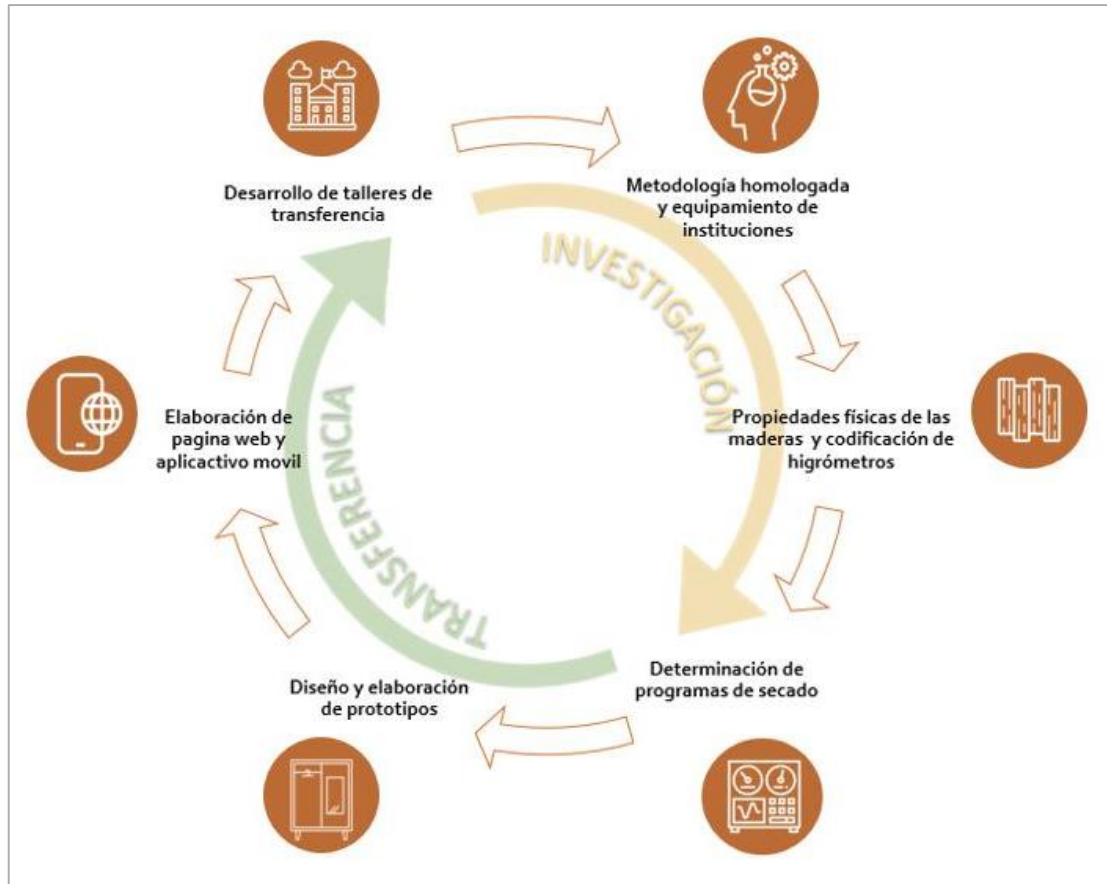
El proceso de investigación desarrollado en este proyecto inició con la homologación de la metodología a utilizar por parte de todas las entidades involucradas, además se consideró la implementación del equipamiento necesario para los ensayos establecidos. Previamente a las pruebas de los programas de secado se determinaron las propiedades físicas de las maderas para anticipar los riesgos y dificultades que se presentarían en el proceso de secado artificial, además, se determinaron los códigos para diferentes marcas de higrómetros con el fin de obtener valores adecuados de la humedad de ambas maderas. La determinación de programas de secado se realizó a diferentes escalas para ajustar las variables progresivamente, las pruebas fueron realizadas por las entidades de investigación.

IV.2 Transferencia de Resultados

Una vez obtenidos los resultados de la fase de investigación se realizaron talleres de transferencia con la finalidad de difundir dichos resultados a los diferentes actores del sector. Los talleres se llevaron a cabo en 6 regiones de importancia sectorial, específicamente en las siguientes ciudades: Lima, Puerto Maldonado, Iquitos, Tarapoto, Tingo María y Pucallpa. Se contó con la participación de diferentes actores tales como autoridades regionales, instituciones de investigación, universidades, empresarios, reforestadores, técnicos, fabricantes y estudiantes de carreras forestales y afines.

Como parte de la transferencia de resultados, se fabricaron prototipos con madera seca de las especies objeto de estudio, con la finalidad de demostrar a los participantes las bondades de uso, funcionalidad y versatilidad de dichas maderas. Asimismo, durante los talleres se mostró el funcionamiento de una página web y un aplicativo móvil del proyecto, elaborados para que constituyan también una herramienta de difusión de resultados y de consulta e intercambio de información relacionada al secado de la madera.

Figura 1. Actividades del Proyecto



V. RESULTADOS OBTENIDOS

V.1 INVESTIGACIÓN

V.1.1 Metodología de investigación homologada

Para llevar a cabo las actividades de investigación del proyecto con una misma metodología y así reducir posibles variaciones o errores en el proceso, se estableció una metodología que fue transmitida a los investigadores de las entidades participantes.

Para la determinación de las propiedades físicas de la madera, la metodología homologada se basó en las Normas Técnicas Peruanas NTP 251.011 “MADERA. Método para determinar la densidad” y NTP 251.012 “MADERA. Método de determinación de la contracción”. La metodología de investigación del Punto de Saturación de Fibras (PSF) y de secado experimental fue establecida gracias a las recomendaciones dadas por el Thünen-Institut for Wood Research de Alemania, considerando su amplia experiencia en investigación en maderas.

Figura 2. Homologación de metodologías de investigación –Thüenen Institut y personal de la UNU



V.1.2. Propiedades físicas de la Madera

Se determinaron las propiedades físicas de la madera con la finalidad conocer el comportamiento de las especies objeto de estudio ante los procesos relacionados al secado. Las propiedades físicas determinadas fueron Densidad, Contracción y Punto de Saturación de Fibras (PSF), las que son consideradas como propiedades importantes para determinar el comportamiento al secado de la madera.

Para la determinación de las propiedades físicas de la madera de plantación, se tomaron árboles de “Bolaina Blanca” de 8 años y de “Marupa” de 12 años de edad.

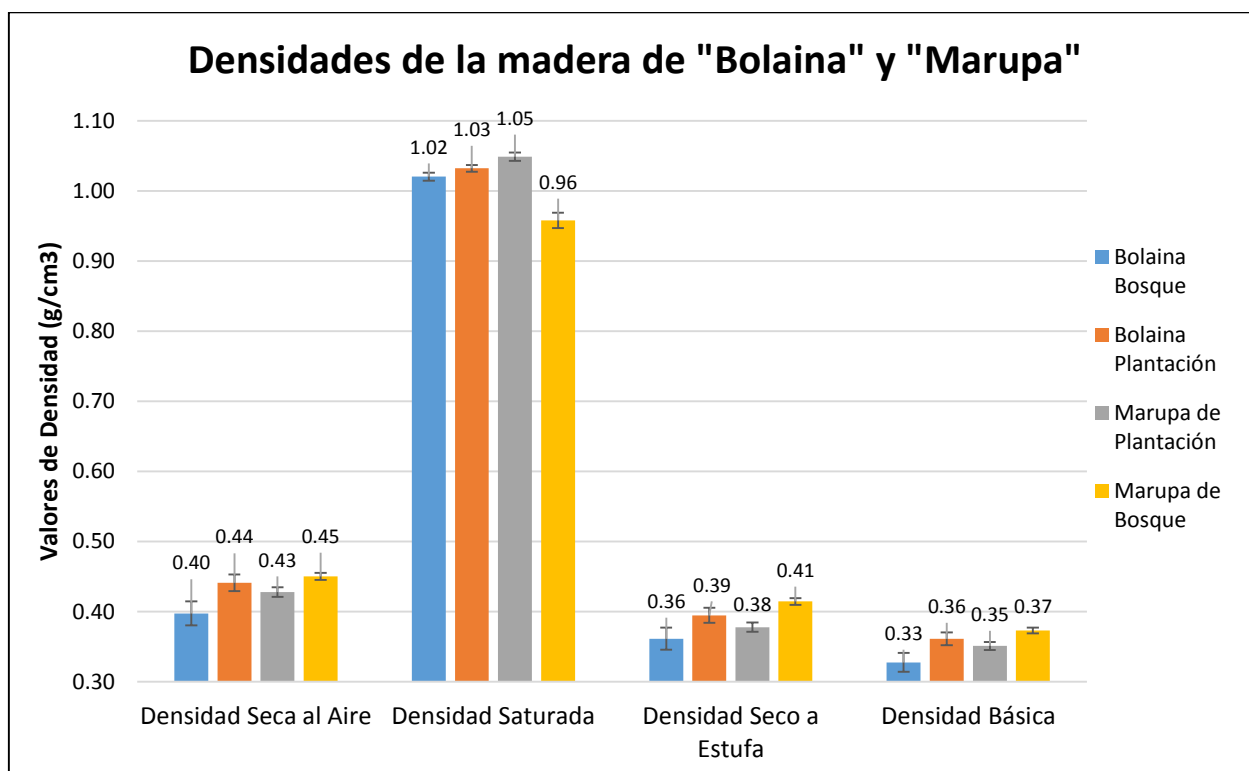
Densidad

La densidad es una propiedad que indica que tan “dura” o “compacta” es una madera, lo cual está relacionado a la facilidad que puede presentar en el proceso de secado. En el proyecto se determinaron diferentes tipos de densidades, cuyos resultados se muestran en el Gráfico 1. Cabe mencionar que aquellos valores relativos a la densidad seca al aire y a la densidad básica son los que tienen mayor aplicación práctica; en el primer caso puede utilizarse para estimar el peso de una carga de madera seca al aire, mientras que en el segundo caso es un indicador

utilizado en el país para saber qué tan “dura” es una madera y para hacer comparaciones entre diferentes especies.

Como se mencionó anteriormente, la determinación de la densidad se basó en la NTP 251.011 “MADERA. Método para determinar la densidad”, tal como está descrito en la metodología homologada del proyecto.

Gráfico 1. Densidades de la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” de bosque natural y plantación



Al analizar los valores obtenidos, se aprecia que para ambas maderas, la Densidad Básica es menor a 0.40g/cm³ tanto para plantación como para bosque natural, por lo que son consideradas como maderas de densidad baja según la clasificación propuesta por Aróstegui *et al.* (1986). Estos resultados indican que estas maderas son de fácil secado, procesamiento y trabajabilidad.

Según información encontrada en bibliografía (Aróstegui, 1974), la “Bolaina Blanca” de bosque natural posee una Densidad Básica de 0,41g/cm³, lo que evidencia una variación importante con respecto a los resultados obtenidos en el proyecto para dicha especie (0,33g/cm³). Esta variación podría ser atribuida al estudio de árboles más jóvenes y de menor diámetro en el proyecto, con respecto al estudio de árboles de mayor edad y diámetro realizado hace más de cuatro décadas. Con respecto a los valores reportados en bibliografía, la Marupa de bosque natural posee una Densidad Básica de 0,36g/cm³, lo que es similar a los resultados obtenidos en el Proyecto (0,37g/cm³).

Para la madera de plantación de ambas especies no encontró información bibliográfica relativa a la densidad con la que se pudiese realizar un análisis comparativo con los resultados obtenidos del proyecto.

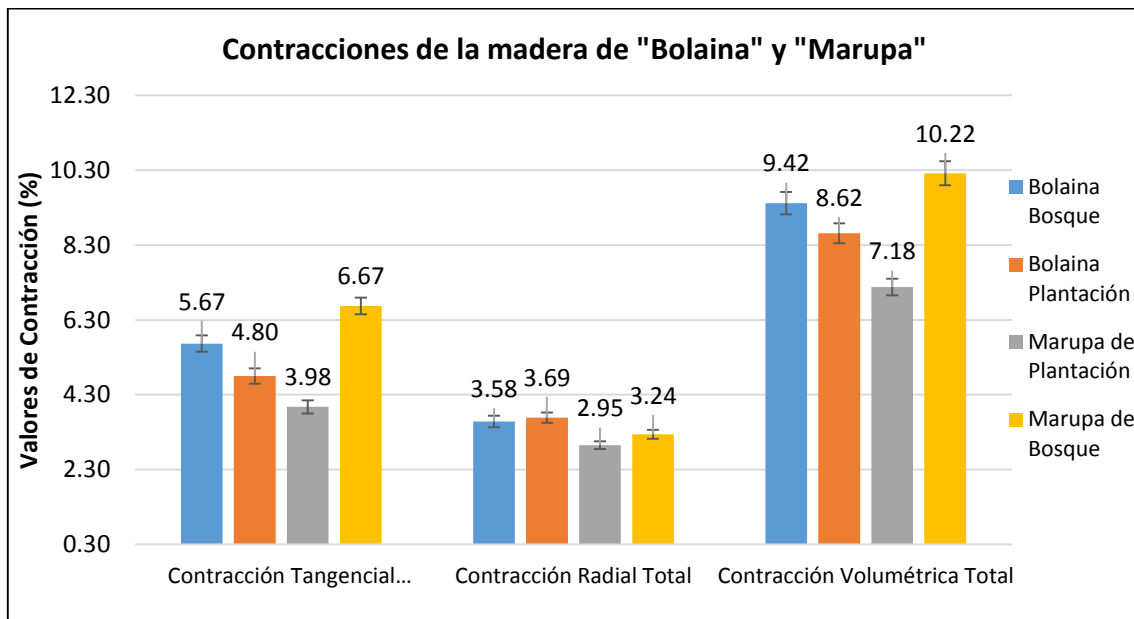
Contracción

La contracción es una propiedad física que permite estimar los cambios reales en las dimensiones y volumen de la madera cuando gana o pierde humedad. En el proyecto se determinaron las contracciones relativas a los diferentes planos de corte (tangencial, radial y longitudinal) así como la contracción en volumen (volumétrica), cuyos resultados se pueden apreciar en la Gráfico 2.

Como se mencionó anteriormente, la determinación de la contracción se basó en la NTP 251.012 "MADERA. Método para determinar la contracción", tal como está descrito en la metodología homologada del proyecto.



Gráfico 2. Contracción de la madera de "Bolaina Blanca" y "Marupa" de bosque natural y plantación.



Haciendo un análisis general de los resultados obtenidos, al evaluar la contracción volumétrica se obtuvo que los valores obtenidos para la "Bolaina" y "Marupa" son considerados como bajos según la clasificación propuesta por Aróstegui *et al.* (1986), lo que indica que ambas maderas poseen buena estabilidad ante la contracción y presentan buen comportamiento en el proceso de secado.

Según información reportada en bibliografía (Aróstegui, 1974), la "Bolaina" de bosque natural posee una contracción tangencial y la radial de 5,5 % y 3,5 % respectivamente, lo que es similar a los resultados obtenidos en el proyecto para la misma especie (contracción tangencial de 5,67 % y contracción radial de 3,58 %).

Con respecto a la "Marupa" de bosque natural, la información encontrada en bibliografía (Sibille *et al.*, 2006) indica una contracción tangencial y radial de 6,70 % y 2,90% respectivamente, siendo similar a los resultados obtenidos en el proyecto para dicha especie (contracción tangencial de 6,67 %, y contracción radial de 3,24 %).

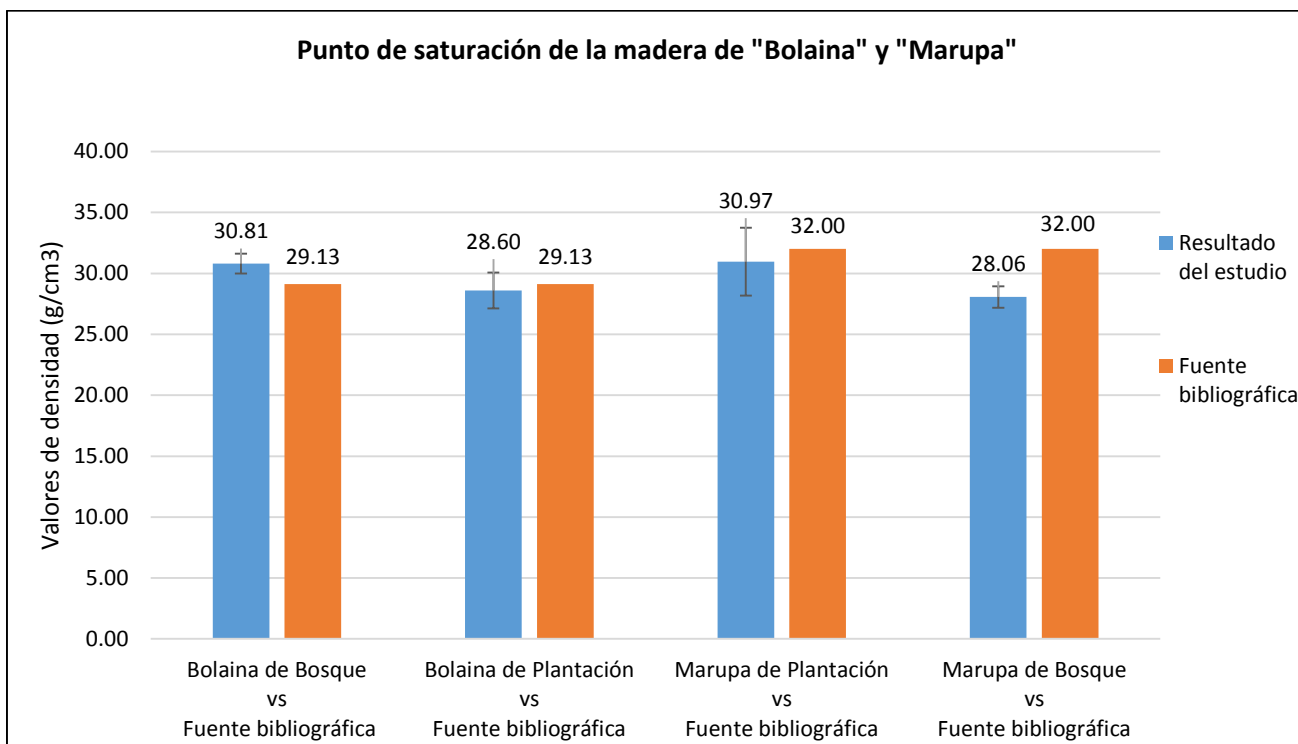
Para la madera de plantación de ambas especies no encontró información bibliográfica relativa a la contracción con la que se pudiese realizar un análisis comparativo con los resultados obtenidos del proyecto.

Punto de Saturación de Fibras (PSF)

El Punto de Saturación de Fibras se define como el contenido de humedad de la madera en el que las fibras están completamente saturadas de agua y los lúmenes y cavidades celulares se encuentran vacíos. Esta propiedad es importante en el manejo de variables durante el proceso de secado ya que por debajo del PSF la madera comienza a sufrir cambios dimensionales. Conociendo este punto, es posible conducir el proceso de secado con cierta cautela hasta alcanzar el PSF y así evitar la aparición de defectos importantes como el colapso celular. Una vez que la madera está por debajo del PSF se puede conducir el secado con mayor severidad, pero teniendo cuidado de que se generen defectos como grietas y rajaduras.

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en el Gráfico 3, donde también se muestra información respecto al PSF encontrada en bibliografía.

Gráfico 3. Punto de Saturación de Fibra de la madera de "Bolaina Blanca" y "Marupa" de bosque natural y plantación.



Según información reportada en bibliografía (Fuentes, 2000), la "Bolaina Blanca" posee un PSF de 29,13%, lo que difiere ligeramente con el valor de 30,81 % obtenido en el proyecto para dicha especie de bosque natural, sin embargo es similar al 28,60 % obtenido para la madera de plantación.

Para el caso de la "Marupa", la bibliografía (CIRAD, 2016) reporta un valor de 32,00% lo que difiere con el valor de 28.06 % resultante del proyecto para la madera de bosque natural, aunque es similar al 30,97% obtenido para dicha especie de plantación.

A pesar de las diferencias encontradas entre los resultados obtenidos en el proyecto y aquellos encontrados en la bibliografía, para fines prácticos se puede considerar que el PSF para ambas especies es de 30%.

V.1.3 Codificación de Higrómetros

Los higrómetros son equipos prácticos que nos permiten conocer el porcentaje de humedad a la que se encuentra una pieza de madera. Para ser utilizados adecuadamente cada uno de ellos debe ser configurado para la especie que será ensayada, para ello es necesario contar con un código, el cual difiere dependiendo de la marca y el tipo de higrómetro a utilizar. Debido a que no se contaba con los códigos para las especies en estudio, estos fueron determinados como parte de las actividades del proyecto con la finalidad de poder obtener valores precisos de

humedad. La comprobación de los códigos determinados se realizó por comparación, donde el método gravimétrico de determinación de la humedad fue tomado como referencia. Los códigos obtenidos se muestran en el Cuadro 2. Las características de los higrómetros utilizados en el estudio están indicadas en los Anexos 1 y 2.

Cuadro 2. Códigos de higrómetro determinados para las maderas de “Bolaina Blanca” y “Marupa” de bosque natural y plantación.

| Especie | Higrómetros de Contacto | | | Higrómetros de Clavos/pines | | |
|------------------------|-------------------------|--------------|----------------|-----------------------------|---------------|-------------|
| | PROSCAN D310 | NIGOS MCD-50 | WAGNER MMC 220 | GANN RTU 600 | NIGOS RVD-904 | CET KIT-PRO |
| Bolaina Plantación | 39 | 41 | 41 | X3-Y5 | 2 | 2,0 |
| Bolaina bosque Natural | 43 | 41 | 44 | X3-Y5 | 2 | 1,9 |
| Marupa Plantación | 47 | 46 | 48 | X4-Y5 | 2 | 2,0 |
| Marupa Bosque Natural | 46 | 43 | 51 | X3-Y5 | 2 | 2,1 |

V.1.4 Programas de Secado

Cuando se habla de un programa de secado, se refiere a una secuencia de condiciones climáticas que se establecen en una cámara de secado, de acuerdo al contenido de humedad de la madera a secar. Los programas de secado se determinan por especie y espesor. En el proyecto se determinaron los programas óptimos para el secado de las maderas de “Bolaina Blanca” y “Marupa” en espesores de 1 y 2 pulgadas, tanto para la madera de plantación y bosque natural, con la finalidad de obtener madera seca en el menor tiempo posible y sin que se produzcan defectos de secado como consecuencia del proceso. Los programas obtenidos como resultados del proyecto se presentan en los Anexos 3 al 8.

Los ensayos de secado experimental se llevaron a cabo según la metodología homologada, realizándose las pruebas respectivas en dos fases. En la primera fase se secaron 3 cargas consecutivas de madera en un horno experimental de 20 pies tablares (pt) de capacidad, ajustando las variables del proceso de secado: temperatura (T) y contenido de humedad de equilibrio (CHE). Dichas variables fueron ajustadas carga tras carga en función a los defectos que presentaron las piezas de madera como consecuencia de cada proceso. En la segunda fase, se secaron también 3 cargas consecutivas, esta vez en un horno convencional de 500 pt de capacidad, donde fueron utilizados los mismos programas de secado aplicados en el horno de 20 pt.

Con la finalidad de validar los programas de secado obtenidos a nivel experimental, se realizó el secado de 1 carga a nivel industrial (5000 pies tablares), donde se aplicaron los programas de secado optimizados obtenidos para cada especie y espesor.

Cabe mencionar que para la determinación del programa inicial de secado aplicado a la primera carga de madera se tomó como referencia información técnica proveniente de fuentes especializadas. Para el caso de la “Bolaina Blanca” se utilizó información obtenida del software de “Programas de Secado de Maderas Latifoliadas” del Forest Products Laboratory – FPL de Estados Unidos; para la madera de “Marupa” se utilizó la “Guía de Procesamiento Industrial. Fabricación de Muebles con Maderas poco Conocidas – LKS”. Es importante mencionar también que los hornos de secado utilizados fueron de tipo convencional, y los programas aplicados fueron conducidos en modo semiautomático para un mejor control del proceso.

El Cuadro 3 muestra la información de los tiempos de secado alcanzados en el proyecto, el mismo también presenta a modo comparativo información actual del secado de las maderas recogido en empresas del sector.

Analizando la información del Cuadro 3, se observa una diferencia considerable entre los tiempos de secado alcanzados en el proyecto a nivel experimental con respecto a los tiempos alcanzados a nivel industrial, siendo estos últimos mayores que los primeros. Esto se debe a que los hornos experimentales utilizados en la investigación están potenciados para llegar a temperaturas altas rápidamente, lo que se consigue con relativa facilidad debido a que el volumen de aire a calentar y humectar es mucho menor que en una cámara industrial. Gracias a esta característica, la madera de ambas especie pudo ser secada con rapidez, evidenciándose que resisten altas temperaturas sin que se generen defectos considerables.

Por otro lado, también se observó una diferencia importante entre los tiempos de secado alcanzados a nivel industrial en el proyecto con respecto a los tiempos de secado actual que alcanzan las empresas para ambas maderas. Esto significa que se pueden mejorar los tiempos de secado si las empresas aplican los programas de secado obtenidos como resultado del proyecto. Estos tiempos podrían aún mejorarse más si se potencian los hornos existentes para que puedan alcanzar altas temperaturas y condiciones de humedad de cámara con rapidez.



Cuadro 3. Tiempos de secado obtenidos para la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” Proyecto vs Empresas del Sector

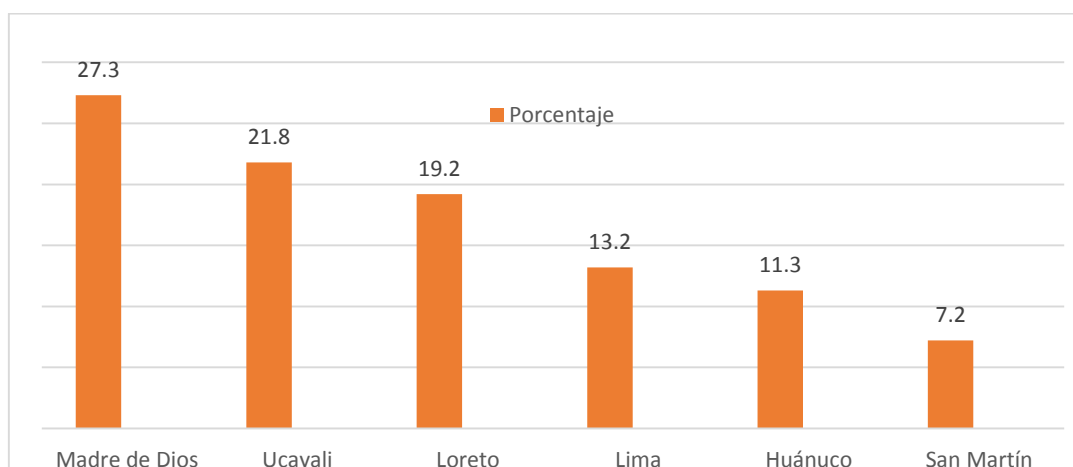
| Especie | Procedencia | Espesor (pulgadas) | Resultado del proyecto | | Información de empresas |
|---------|----------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Tiempo de secado experimental (horas) | Tiempo de secado Industrial (horas) | Tiempo de secado Industrial (horas) |
| Bolaina | Bosque Natural | 1 | 25 | 68 | Más de 96 |
| | | 2 | 46 | 168 | Más de 240 |
| | Plantación | 1 | 21 | 90 | Más de 96 |
| | | 2 | 44 | 162 | Más de 240 |
| Marupa | Bosque Natural | 1 | 27 | 125 | Más de 168 |
| | | 2 | 41 | 180 | Más de 288 |
| | Plantación | 1 | 28 | NSD | Más de 168* |
| | | 2 | 47 | NSD | Más de 288* |

*No se encontró información al respecto, sin embargo, se asumen tiempos similares a los de la madera de bosque natural.

V.2 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

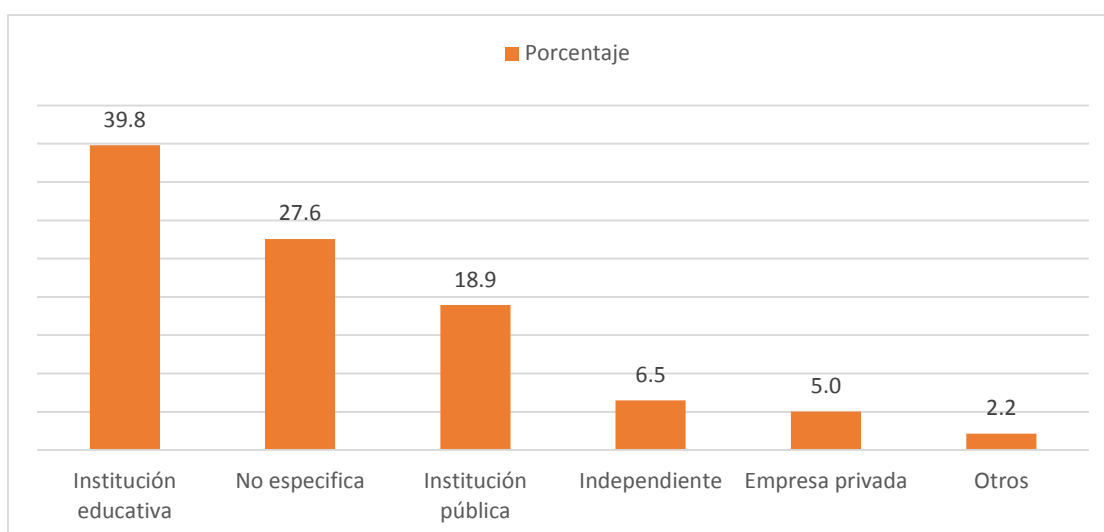
Durante los talleres de transferencia, se expusieron y explicaron los resultados del proyecto a un total de 417 personas en 6 regiones de importancia sectorial del país; asimismo, como herramientas de apoyo a la difusión de dichos resultados se presentó un video institucional, una página web y un aplicativo móvil, entregándose también merchandising productivo a los asistentes.

Gráfico 4. Distribución de los asistentes a talleres - 6 regiones del Perú



Los asistentes a los talleres de difusión de resultados del proyecto fueron principalmente personas pertenecientes a instituciones educativas (39,8% del total de participantes) e instituciones públicas (18,9%), contándose también con la participación de independientes (6,5%) y empresas privadas (5%). Cabe mencionar que en Instituciones Educativas se incluyen universidades e institutos de formación superior; en Instituciones Públicas se encuentran gobiernos regionales, municipalidades, servicios nacionales, institutos de investigación, CITES, entre otros. En la categoría Otros se encuentran incluidos colegios profesionales, asociaciones civiles y agencias internacionales (Ver Gráfico 5).

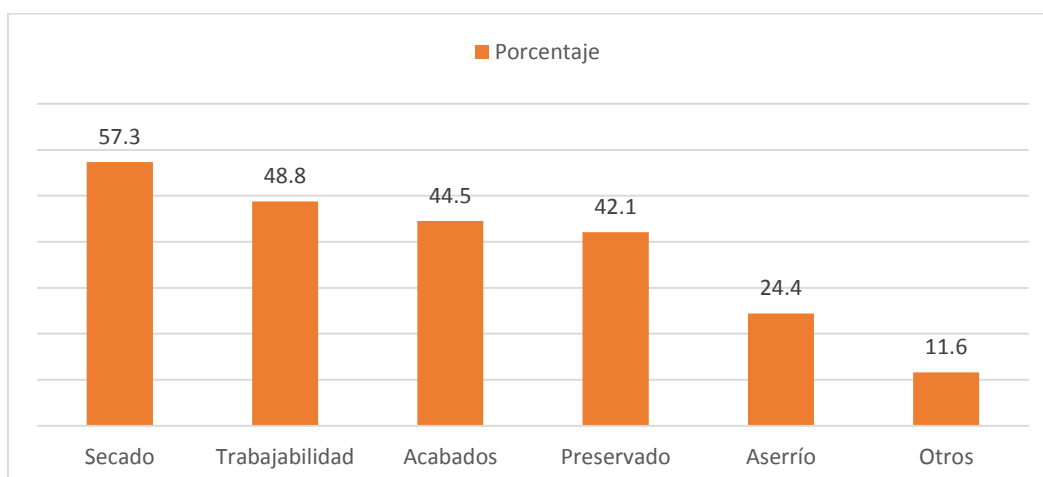
Gráfico 5. Caracterización de los asistentes a talleres de transferencia de resultados



En cada taller se recogió información de las consultas e inquietudes de los asistentes acerca de los resultados presentados del proyecto. Asimismo, en cuatro de los talleres de transferencia, mediante encuestas entregadas a los asistentes, se recogió información acerca de las necesidades, iniciativas e ideas de investigación en temas afines al sector.

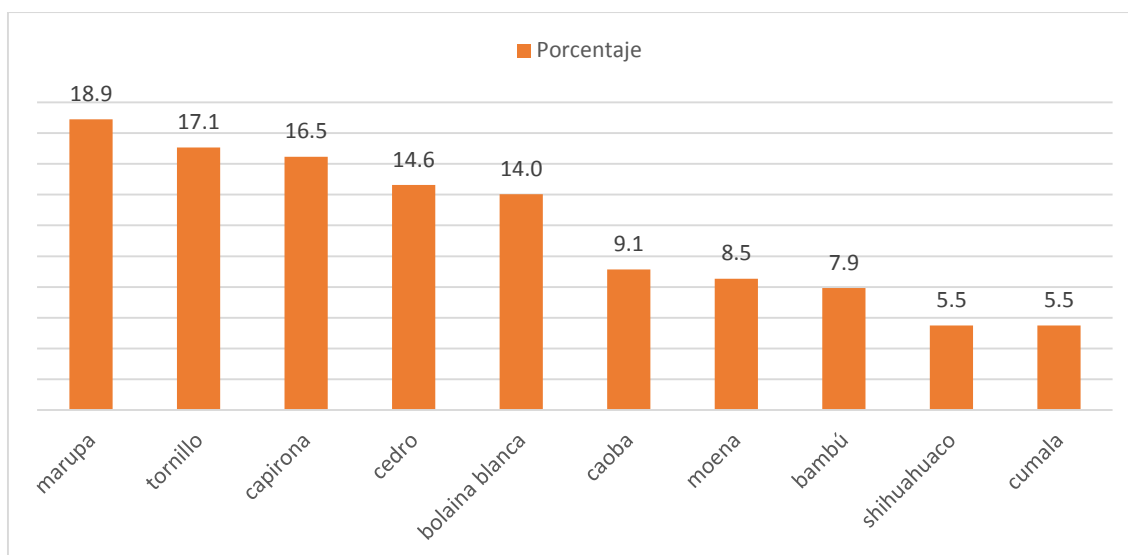
Como información recogida en los talleres, se encuentran los temas de interés para la investigación, en los que se observa una mayoría interesada en investigación en tema de secado, trabajabilidad de la madera, preservado y acabados (Ver Gráfico 6).

Gráfico 6. Temas de Interés en Investigación recogido en los talleres de transferencia



Asimismo, se recogió información sobre las especies maderables de mayor interés por parte de los asistentes. En el Gráfico 7 se observa las diez especies que mostraron mayor interés. También se identificó con menor frecuencia interés en otras especies como: “Machimango”, “Capinuri”, “Huamanzamana”, “Estoraque”, “Melina”, “Añuje rumo”, “Pashaco”, “Huangana caspi”, “Erithrina”, “Quillosisa”, “Topa”, “Yacushapana”, entre otras.

Gráfico 7. Especies de interés en investigación recogido en los talleres de transferencia



Durante los talleres de difusión también se mostraron prototipos de muebles fabricados especialmente con la finalidad de que los participantes pudiesen apreciar las bondades de las maderas de estudio, las que muchas veces son subutilizadas y subvaluadas. A cada prototipo se le aplicó un diferente recubrimiento con la finalidad de demostrar que estas maderas pueden llegar a transformarse en productos terminados de alto valor agregado con excelente apariencia para una gran variedad de estilos

Cabe mencionar que la estabilidad y resistencia de los mismos fue validada previamente mediante ensayos bajo las normas NTP 260.017. "MUEBLES. Mesas. Métodos de ensayo para determinar la estabilidad" y NTP 260.023 "MUEBLES. Mobiliario doméstico. Mesas. Métodos de ensayo para determinar la resistencia y la durabilidad". Esto permitió demostrar que las maderas de "Bolaina Blanca" y "Marupa" son aptas para su uso en muebles cuando son secadas y trabajadas adecuadamente.



VI. CONCLUSIONES

- La homologación de una metodología de investigación entre las instituciones involucradas en el proyecto permitió el fortalecimiento de los procedimientos necesarios para la ejecución de proyectos de investigación aplicada.
- Se determinaron las propiedades físicas de las maderas de “Bolaina Blanca” y “Marupa”, permitiendo predecir su comportamiento ante el secado. Ambas especies poseen una densidad baja y contracción volumétrica muy baja a baja; ello indica que poseen buena estabilidad dimensional y que son de fácil secado. Para fines prácticos, el punto de saturación puede considerarse como 30%, este conocimiento permite prevenir la aparición de defectos durante el proceso de secado.
- Se determinaron los códigos de 6 medidores de humedad o higrómetros comerciales, permitiendo la medición precisa del contenido de humedad de las maderas de “Bolaina Blanca” y “Marupa”. Para la madera proveniente de plantaciones forestales y de bosque natural no se encontraron diferencias considerables entre los códigos determinados para cada tipo de higrómetro.
- Se determinaron los programas de secado para las maderas de “Bolaina Blanca” y “Marupa”, permitiendo secar estas maderas en el menor tiempo posible sin que se produjeran defectos considerables. Se evidenció que ambas especies resisten el secado a altas temperaturas y programas severos. Por lo tanto, si se desea secar estas maderas de forma rápida y eficiente, es necesario potenciar los hornos industriales a nivel nacional para que puedan alcanzar altas temperaturas con rapidez, así como las condiciones de humedad de la cámara de secado.
- Se consiguió secar madera de “Bolaina Blanca” de 1” de espesor hasta en 21 horas a escala experimental, mientras que a escala industrial se logró en 2,8 días. Actualmente este proceso toma más de 4 días. Para la madera de 2” de esta especie, el secado experimental se realizó en 44 horas y el industrial, en 6 días y 18 horas.
- Fue posible secar la madera de “Marupa” de 1” de espesor en 27 horas a escala experimental, y en 5 días y 5 horas a escala industrial. Para la madera de 2” de espesor, el secado experimental se llevó a cabo en 41 horas, mientras que a escala industrial el secado se desarrolló en 11 días y 16 horas.
- Se logró difundir los resultados del proyecto a 417 participantes en 6 regiones a nivel nacional, contando con el apoyo de otras instituciones. Como herramientas de apoyo a la difusión de dichos resultados, se presentaron 12 prototipos de muebles fabricados con la madera seca obtenida de la investigación, un video institucional, una página web y un aplicativo móvil.
- Los asistentes a los talleres de difusión de resultados del proyecto fueron principalmente personas pertenecientes a instituciones educativas (39,8% del total de participantes) e instituciones públicas (18,9%), contándose también con la participación de independientes (6,5%) y empresas privadas (5%). Los principales temas de interés para la investigación que se recogieron fueron el secado, la trabajabilidad, el preservado y los acabados en madera, mientras que las especies que se mencionaron con mayor frecuencia para la investigación fueron “Marupa”, “Tornillo”, “Capirona”, “Cedro” y “Bolaina Blanca”.

VII. RECOMENDACIONES

- Es recomendable y necesario realizar un mayor número de investigaciones sobre el secado de la madera, codificación de higrómetros y determinación de propiedades asociadas al secado artificial, utilizando la metodología homologada del proyecto de secado ejecutado.
- Es recomendable potenciar los hornos de secado industriales existentes en el país para que puedan alcanzar altas temperaturas y las condiciones de humedad dentro de la cámara de forma rápida, con la finalidad de estar preparados para secar de manera rápida y efectiva la madera de “Bolaina Blanca” y “Marupa” y otras especies similares.
- Se recomienda fortalecer la red de laboratorios e instituciones forestales con la finalidad de atender las demandas de investigación del sector relacionadas a la transformación de la madera.
- Es recomendable identificar fuentes de financiamiento para futuros proyectos de investigación, así como también identificar aliados estratégicos en el sector para el desarrollo exitoso de los proyectos.

VIII. GLOSARIO

Acondicionamiento Inicial: Permite homogenizar el contenido de humedad de las tablas que están siendo secadas. El procedimiento consiste en elevar la HR de la cámara a valores próximos al 100%, con temperaturas por lo general no mayores a 45°C, saturando de humedad la cámara.

Acondicionamiento final: Consiste en reducir ligeramente la temperatura y aumentar la humedad relativa de la cámara, de manera que se homogenice la humedad al interior de las piezas.

Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE): Llamado también EMC por sus siglas en inglés. Está referido a la humedad que la madera alcanza, o a la cual se equilibra, en un ambiente (en este caso dentro de la cámara de secado) cuyas condiciones climáticas no varían. Su valor se estima a partir de la temperatura (T) y humedad relativa (HR). Se expresa en %.

Contenido de humedad de la madera (CH): Llamado también MC por sus siglas en inglés. Es el porcentaje de contenido de agua que tiene la madera en un momento determinado con respecto a su peso anhidro (al 0% de contenido de humedad). Su valor se expresa en %.

Contracción total: Indica el porcentaje de disminución de las dimensiones de la madera cuando es secada desde una humedad mayor o igual a 30% hasta 0%. Este indicador aplica a los 3 ejes principales de la madera (radial, tangencial, longitudinal), así como al volumen de la misma. Estos valores son de utilidad para estimar los cambios reales en las dimensiones y volumen de la madera cuando gana o pierde humedad.

Contracción Tangencial Total (CT): Indica el porcentaje de disminución de la dimensión tangencial de la madera.

Contracción Radial Total (CR): Indica el porcentaje de disminución de la dimensión radial de la madera.

Contracción Longitudinal Total (CL): Indica el porcentaje de disminución de la dimensión longitudinal de la madera.

Contracción Volumétrica Total (CV): Indica el porcentaje de disminución de del volumen de la madera.

Densidad: Indica la cantidad de masa por unidad de volumen que posee un material, es decir que tan “dura” o “compacta” es.

Densidad seca al aire (DSA): Es la relación entre la masa y el volumen de la madera determinados a un contenido de humedad de 12% aproximadamente.

Densidad Básica (DB): Es la relación entre la masa anhidra (al 0% de humedad) de la madera y su volumen saturado (a 30% o más de contenido de humedad). Esta es la que aparece en la mayoría de publicaciones del sector, y debido a su naturaleza, es la que se utiliza normalmente en el Perú para realizar la comparación entre especies de madera.

Humedad Relativa (HR): Esta referido a la cantidad de vapor de agua contenida en el aire de la cámara, con relación a la mayor cantidad posible que podría tener a una misma temperatura. Su valor se expresa en %.

Programa de Secado: Se refiere a una secuencia de condiciones climáticas que se establecen en una cámara de secado, de acuerdo al contenido de humedad de la madera que está siendo secada.

Punto de Saturación de las Fibras (PSF): Indica el contenido de humedad en el que las fibras de la madera están saturadas de humedad y los lúmenes celulares están libres de agua. Esta propiedad es de mucha importancia para el secado de la madera y para el manejo de las condiciones climáticas durante el proceso de secado, debido a que por debajo de este valor la madera empieza a contraerse como consecuencia de la disminución de su humedad.

Temperatura (T): Es la temperatura del aire en la cámara de secado. Su lectura es igual al Tbs. Su valor se expresa en °C.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- ARÓSTEGUI, A. GONZÁLES, V. SATO, A. 1986. Propiedades tecnológicas y usos de la madera de 40 especies del bosque nacional Alexander Von Humbolt.
- CIRAD. 2016. "The Main Technological Characteristics of 245 Tropical Woods Species" Tropix 7. Disponible en: <http://tropix.cirad.fr/en/list-of-data-sheets-available>
- FUENTES, M. 2000. "Estimación del punto de saturación de la fibra (PSF) de las maderas". División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 6(1): 79-81.
- INACAL. 2014. NTP 251.011:2014. Método para determinar la densidad. 14 p.
- INACAL. 2014. NTP 251.012:2015. Método para determinar la contracción. 14 p.
- RUBIO, J. 2002. Estadística. Lima, PE, UNALM. 180 p.
- Forest Products Laboratory (FPL). 2001. Drying Schedule Computer Program for Hardwood Species (en línea). Consultado 10 may. 2018. Disponible en <https://www1.fpl.fs.fed.us/dryprog.html>
- Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). 1989. Manual del Grupo Andino para el secado de maderas. 1 ed. Lima, Perú.
- World Wildlife Fund (WWF). 2006. Guía de procesamiento industrial. Fabricación de muebles con maderas poco conocidas – LKS. Tomo 7. Lima, Perú. 17 p.

X. ANEXOS

Anexo 1. Características técnicas de los higrómetros de contacto utilizados en el proyecto.

| Característica | WAGNER MMC 220 | PROSCAN D310 | NIGOS MCD-50 |
|---|--|---|---|
| Sistema de medición de la humedad | Ondas electromagnéticas | Señales de radiofrecuencia | Ondas electromagnéticas |
| Rango de medición de espesor | ¾" a 1 ½" (19 mm a 38 mm) | ¾" a 1" (19 mm - 25 mm) | 10 mm a 50 mm |
| Rango de códigos | de 20 a 100, de 1 en 1 | de 30 a 80, de 1 en 1 | 0,2 a 1,10 |
| Rango de medición precisa de la humedad | 5 - 30 % | 5 - 30 % | menos de 30 % |
| Materiales en los cuales se puede utilizar | Madera sólida (acabada o sin acabar), madera laminada. También materiales no maderables cuando no se requiere gran precisión de medida | Madera y materiales higroscópicos de la construcción | Madera sólida y láminas de maderas (chapas) |
| Escala de lectura | 0,10 % | 0,10 % | 0,10 % |
| Temperatura de operación | Temperatura: -1 °C a 43 °C | - | Temperatura: -40 °C a 85 °C y humedad: 5 %HR a 90 %HR |
| Efecto de la temperatura | La medición no se ve afectada por la temperatura de la madera o la humedad de la superficie | La medición no se ve afectada por la temperatura de la madera o la humedad de la superficie | La medición no se ve afectada por la temperatura de la madera o la humedad de la superficie |
| Medición en el sentido del grano o perpendicular al grano | Cualquiera de las dos | Cualquiera de las dos | Medición en el sentido del grano |

Anexo 2. Características técnicas de los higrómetros de clavos utilizados en el proyecto.

| Característica | GANN RTU 600 | NIGOS RVD-904 | CET KIT-PRO |
|---|---|---------------------------------------|---|
| Sistema de medición de la humedad | Resistencia | Resistencia | Resistencia |
| Rango de medición de espesor | Variable | Variable | Variable |
| Rango de códigos | 81 combinaciones de X e Y | Para 4 grupos de madera | de 0,5 a 4,5, de 0,1 en 0,1 |
| Rango de medición precisa de la humedad | 5 % - 30 % | 5 % - 30 % | 5 % - 30 % |
| Materiales en los cuales se puede utilizar | Madera | Madera | Madera |
| Escala de lectura | 0,1 % | 0,1 % | 0,1 % |
| Temperatura de operación | de 5 °C hasta +40 °C | de -10 °C hasta +50 °C | de 0 °C a 50 °C |
| Efecto de la temperatura | Colocar el selector de temperatura en la temperatura de la madera | Ajustar a la temperatura de la madera | Ajustar automático de la temperatura con el sensor de temperatura |
| Medición en el sentido del grano o perpendicular al grano | Perpendicular al grano | Perpendicular al grano | Perpendicular al grano |

Anexo 3. Programa de secado artificial - "Bolaina Blanca" de bosque natural de 1" de espesor

| Etapas | CH (%) | T (°C) | HR (%) | CHE (%) | Gradiente de secado |
|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 70-60 | 60 | 75 | 12 | 2.5 |
| 2 | 60-50 | 60 | 63 | 9.5 | 3.2 |
| 3 | 50-40 | 60 | 55 | 8 | 3.8 |
| 4 | 40-35 | 60 | 45 | 7 | 4.3 |
| 5 | 35-30 | 63 | 46 | 7 | 4.3 |
| 6 | 30-25 | 65 | 47 | 5 | 5.5 |
| 7 | 25-20 | 70 | 35 | 5 | 4.5 |
| 8 | 20-15 | 75 | 38 | 5 | 3.5 |
| 9 | 15 | 80 | 25 | 3.5 | 4.3 |
| Acond: 6 h (T=-5°C; CHE=+5%) | - | 75 | - | 8.5 | - |

Anexo 4. Programa de secado artificial - "Bolaina Blanca" de bosque natural de 2" de espesor

| Etapas | CH (%) | T (°C) | HR (%) | CHE (%) | Gradiente de secado |
|----------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 70-60 | 62 | 83 | 14 | 2.1 |
| 2 | 60-50 | 62 | 74 | 12 | 2.5 |
| 3 | 50-40 | 62 | 74 | 11 | 2.7 |
| 4 | 40-35 | 62 | 60 | 8.5 | 3.5 |
| 5 | 35-30 | 65 | 58 | 8 | 3.8 |
| 6 | 30-25 | 67 | 44 | 6 | 4.6 |
| 7 | 25-20 | 73 | 46 | 6 | 3.8 |
| 8 | 20-15 | 77 | 46 | 5 | 3.5 |
| 9 | 15 | 80 | 40 | 5 | 3 |
| Acond: 10 h (T=-5°C; CHE=+5%) | - | 75 | - | 10 | - |

Anexo 5. Programa de secado artificial - "Bolaina Blanca" de plantación de 1" de espesor.

| Etapas | CH (%) | T (°C) | HR (%) | CHE (%) | Gradiente de secado |
|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 70-60 | 60 | 75 | 12 | 2.5 |
| 2 | 60-50 | 60 | 63 | 9.5 | 3.2 |
| 3 | 50-40 | 60 | 55 | 8 | 3.8 |
| 4 | 40-35 | 60 | 45 | 7 | 4.3 |
| 5 | 35-30 | 63 | 46 | 7 | 4.3 |
| 6 | 30-25 | 65 | 47 | 5 | 5.5 |
| 7 | 25-20 | 70 | 35 | 5 | 4.5 |
| 8 | 20-15 | 75 | 38 | 5 | 3.5 |
| 9 | 15 | 80 | 25 | 3.5 | 4.3 |
| Acond: 6 h (T=-5°C; CHE=+5%) | - | 75 | - | 8.5 | - |

Anexo 6. Programa de secado artificial - "Bolaina Blanca" de plantación de 2" de espesor.

| Etapas | CH (%) | T (°C) | HR (%) | CHE (%) | Gradiente de secado |
|----------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 70-60 | 62 | 83 | 14 | 2.1 |
| 2 | 60-50 | 62 | 74 | 12 | 2.5 |
| 3 | 50-40 | 62 | 74 | 11 | 2.7 |
| 4 | 40-35 | 62 | 60 | 8.5 | 3.5 |
| 5 | 35-30 | 65 | 58 | 8 | 3.8 |
| 6 | 30-25 | 67 | 44 | 6 | 4.6 |
| 7 | 25-20 | 73 | 46 | 6 | 3.8 |
| 8 | 20-15 | 77 | 46 | 5 | 3.5 |
| 9 | 15 | 80 | 40 | 5 | 3 |
| Acond: 10 h (T=-5°C; CHE=+5%) | - | 75 | - | 10 | - |

Anexo 7. Programa de secado artificial - "Marupa" de bosque natural de 1" de espesor

| Etapas | CH (%) | T (°C) | HR (%) | CHE (%) | Gradiente de secado |
|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| 1 | >40 | 58 | 83 | 14 | 2,2 |
| 2 | 40-30 | 58 | 68 | 10,5 | 3,0 |
| 3 | 30-25 | 65 | 60 | 8 | 3,8 |
| 4 | 25-20 | 78 | 46 | 6 | 4,2 |
| 5 | 20-15 | 78 | 39 | 5 | 4,0 |
| 6 | 15-dic | 78 | 25 | 3,5 | 4,3 |
| 7 | 12 | 78 | 25 | 3,5 | 3,4 |
| Acond: 8 h (T=-5°C; CHE=+5%) | - | 73 | - | 8.5 | - |

Anexo 8. Programa de secado artificial - "Marupa" de bosque natural de 2" de espesor

| Etapa | CH (%) | T (°C) | HR (%) | CHE (%) | Gradiente de secado |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 70-60 | 62 | 79 | 13 | 2,3 |
| 2 | 60-50 | 65 | 75 | 12 | 2,5 |
| 3 | 50-40 | 68 | 65 | 9,5 | 3,2 |
| 4 | 40-35 | 68 | 58 | 8 | 3,8 |
| 5 | 35-30 | 68 | 54 | 7 | 4,3 |
| 6 | 30-25 | 72 | 44 | 6 | 4,6 |
| 7 | 25-20 | 75 | 46 | 6 | 3,8 |
| 8 | 20-15 | 77 | 38 | 5 | 3,5 |
| 9 | 15 | 77 | 38 | 5 | 3,0 |
| Acond.: 12 h (T=-4°C; CHE=+5%) | - | 73 | - | 8 | - |



CITEmadera Lima

Jirón Solidaridad Cdr. 3 Parcela II Mz.F, Lt11-A
Parque Industrial Villa El Salvador - Lima

citemadera@itp.gob.pe | 288-0941/288-0931