



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Tesina previa a la obtención del título de Arquitecto

**CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN
MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR
MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN.**

AUTORES:

JHON ELKIN CASTAÑO RUIZ - JAIME DANIEL JARAMILLO ORDOÑEZ

DIRECTOR: ARQ. WILSON MARCELO VÁZQUEZ

MARZO 2017
CUENCA - ECUADOR



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Tesina previa a la obtención del título de Arquitecto

**CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN
MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR
MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN.**

AUTORES:
JHON ELKIN CASTAÑO RUIZ - JAIME DANIEL JARAMILLO ORDOÑEZ
DIRECTOR: ARQ. WILSON MARCELO VÁZQUEZ

MARZO 2017
CUENCA - ECUADOR

RESUMEN

El presente trabajo “CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN”, se basa en la técnica japonesa del Shou sugi ban para la preservación de la madera en ambientes exteriores. La técnica consiste en la carbonización de la cara de la madera que va a estar expuesta a la intemperie, sellado con agua y aplicación de aceite natural. Por medio de la carbonización se logra la impermeabilización de la madera, además de repeler a las polillas y hacer que la madera presente un retardante al fuego por el hecho de que ya ha sido quemada.

En la primera parte del trabajo se presentan conceptos generales sobre la madera y sobre la técnica a utilizar, en la segunda parte se explica el paso a paso de la experimentación realizada con sus resultados y finalmente en la tercera parte se elegirá una gama de seis acabados para exteriores y seis acabados para interiores en búsqueda de ofrecer una nueva propuesta que incentive el uso de la madera de la mano de la construcción verde.

PALABRAS CLAVES: ARQUITECTURA - MADERA - QUEMADO - CARBONIZADO - ACABADOS - RECUBRIMIENTO - FACHADA - SHOU SUGI BAN - YAKISUGI

ABSTRAC

The present work “CREATION OF A RANGE OF WOODEN FINISHES FOR EXTERIORS AND INTERIORS THROUGH BURNING AND CHARRED”, is based on the Japanese technique of Shou sugi ban for the preservation of wood in outdoor environments. The technique consists in the carbonization of the face of the wood that is going to be exposed to the weather, sealed with water and application of natural oil. By means of carbonization, the waterproofing of the wood is achieved, as well as repelling the moths and causing the wood to present a retardant to the fire due to the fact that it has already been burned.

The first part of the paper presents general concepts about wood and the technique to be used. In the second part we explain the step by step of experimentation with its results and finally in the third part we will choose a range of six finishes For exteriors and six interior finishes in search of offering a new proposal that encourages the use of wood from the hand of green construction.

KEYWORDS: ARCHITECTURE - WOOD - BURN - CHARRED - FINISHES - COVERING - FACADE - SHOU SUGI BAN - YAKISUGI

OBJETIVO GENERAL

- Crear una gama de acabados de madera mediante el quemado de la misma para su uso en exteriores e interiores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar y analizar la técnica del Shou sugi ban creada por los japoneses y utilizada en países nórdicos y Norteamérica.
- Experimentar con maderas locales aplicando la técnica de la madera quemada (de acabado negro) para recubrimientos y aplicaciones en exteriores.
- Obtener una gama de acabados en madera quemada para su uso en recubrimiento de ambientes interiores.

ÍNDICE

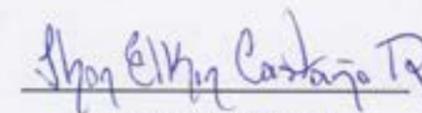
	<i>Página</i>
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO 1. MADERAS Y SHOU SUGI BAN	21
1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MADERA	22
1.1.1 Estructura macroscópica de la madera	22
1.1.2 Estructura microscópica de la madera	23
1.1.3 Propiedades generales de la madera	24
1.1.4 Defectos de la madera	27
1.2 ANÁLISIS DE MADERAS APTAS PARA SU USO EN EXTERIORES E INTERIORES EN ECUADOR.	28
1.2.1 Maderas para exteriores	29
1.2.2 Maderas para interiores	35
1.3 PRESERVACIÓN DE LA MADERA	41
1.3.1 Agentes degradadores de la madera	41
1.3.2 Secado de la madera	44
1.3.3 Inmunización de la madera	46
1.4 HISTORIA DEL SHOU SUGI BAN	48
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DEL SHOU SUGI BAN.	50
1.5.1 Quemado de la madera	50
1.5.2 Sellado de la madera con agua	51
1.5.3 Cepillado de la madera carbonizada	51
1.5.4 Acabado con aceite natural	52
1.5.5 Mantenimiento y almacenamiento	52
CAPÍTULO 2. EXPERIMENTACIÓN Y VALORACIÓN DE LA TÉCNICA	55
2.1 PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS.	56
2.1.1 Maderas seleccionadas para la experimentación	56
2.1.2 Materiales y herramientas	56
2.1.3 Procedimiento a utilizar	58
2.2 DESARROLLO DEL PROCESO.	59
2.3 RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN.	64
2.4 VALORACIÓN DE LA HUMEDAD EXPULSADA.	118
2.5 VALORACIÓN DEL DETERIORO A LA INTEMPERIE	119
CAPÍTULO 3. GAMA DE ACABADOS FINALES	123
3.1 ACABADOS FINALES PARA EXTERIORES.	124
3.1.1 Acabados seleccionados para exteriores	124
3.1.2 Posibles acabados en exteriores	126
3.2 ACABADOS FINALES PARA INTERIORES.	128
3.2.1 Acabados seleccionados para interiores	128
3.2.2 Posibles acabados en interiores	130
3.3 EXHIBICIÓN DE GAMA DE ACABADOS FINALES.	132
CONCLUSIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	139
ÍNDICE DE FOTOS	141



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Jhon Elkin Castaño Ruiz, autor de la tesina "CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN.", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecto. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 8 de marzo de 2017



Jhon Elkin Castaño Ruiz

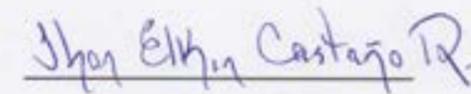
C.I: 0106668346



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Jhon Elkin Castaño Ruiz, autor de la tesina "CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN." certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 8 de marzo de 2017



Jhon Elkin Castaño Ruiz

C.I: 0106668346



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Jaime Daniel Jaramillo Ordoñez, autor de la tesina *"CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN."*, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Arquitecto. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 8 de marzo de 2017



Jaime Daniel Jaramillo Ordoñez

C.I: 0103799326



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Jaime Daniel Jaramillo Ordoñez, autor de la tesis *"CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN."* certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 8 de marzo de 2017



Jaime Daniel Jaramillo Ordoñez

C.I: 0103799326

INTRODUCCIÓN

El valor de la madera constructivamente siempre ha sido muy alto, tanto en la parte estructural como en los acabados de una construcción. Por su versatilidad, calidez, belleza y propiedades mecánicas, la madera ha estado presente en la construcción de espacios habitables desde que el hombre empezó a construirlos. Hoy en día, aumentar la utilización de la madera en la construcción cobra un nuevo significado ya que tiene el potencial de reducir las emisiones de carbono hasta en un 31% de la industria, según la revista Journal of Sustainable Forestry.

El presente trabajo de experimentación, **CREACIÓN DE UNA GAMA DE ACABADOS EN MADERA PARA EXTERIORES E INTERIORES POR MEDIO DEL QUEMADO Y LA CARBONIZACIÓN** está basado en la técnica japonesa el *Shou sugi ban*, que consiste en la carbonización de la cara de la madera que va a estar expuesta a la intemperie, sellado con agua y aplicación de aceite natural. Por medio de la carbonización se logra la impermeabilización de la madera, además de repeler a las polillas y hacer que la madera presente un retardante al fuego por el hecho de que ya ha sido quemada. La técnica del *Shou sugi ban*, nació hace más de 700 años, utilizada en fachadas y cubiertas de viviendas, obteniendo una duración de la madera quemada y la intemperie de 70 años en promedio.

La técnica japonesa se aplicará para buscar una nueva gama de acabados en los que se pueden usar variables de colores, texturas y recubrimientos que además de brindar una gran durabilidad a la intemperie, brinden una nueva expresión de la madera que tendrían como base el color negro que da el quemado de la madera y que puede ser un color muy interesante hablando desde una óptica de diseño y ambientalmente calentaría más en zonas frías.

En la primera parte del trabajo se presentan conceptos generales sobre la madera y sobre la técnica a utilizar, en la segunda parte se explica el paso a paso de la experimentación realizada con sus resultados y finalmente en la tercera parte se elegirá una gama de seis acabados para exteriores y seis acabados finales para interiores en búsqueda de ofrecer una nueva propuesta que incentive el uso de la madera de la mano de la construcción verde.



Capítulo 1

MADERAS Y SHOU SUGI BAN

1.1 LA MADERA

La madera es la materia prima obtenida de la parte de abajo de la corteza de los árboles con tronco leñoso y representa un magnífico material de construcción por sus beneficios ambientales, estéticos, económicos y por su características físicas, como su flexibilidad, resistencia y densidad.

En el Ecuador se consumen aproximadamente 5 millones de m³/año de madera aserrada para diferentes usos, ya sea construcción en general, mobiliario, tableros, leña y carbón

“La fuente principal de abastecimiento es el bosque nativo, que alcanza un 70 % (3.5 millones de m³) y el restante 30 % de plantaciones forestales.”
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015, p. 24)

A continuación se describe su estructura y sus propiedades generales, tales como su humedad y densidad.

1.1.1 ESTRUCTURA MACROSCÓPICA DE LA MADERA

Cuando se realiza un corte transversal al tronco se puede diferenciar claramente como este está compuesto:

Se puede diferenciar dos grandes grupos de tejidos laminares: el Floema y el Xilema que corresponden a la corteza y al resto del tejido leñoso respectivamente. (ver imagen 1)

Corteza: Capa exterior del tronco formada por células muertas.

Cambium: Lámina compuesta de células en reproducción.

Liber o albura: Transporta los nutrientes producidos por la fotosíntesis.

Durámen: Tejido fibroso e inerte presente en algunas especies.

Núcleo o médula: Donde se concentran los haces que transportan el agua y sales disueltas a todo el árbol.

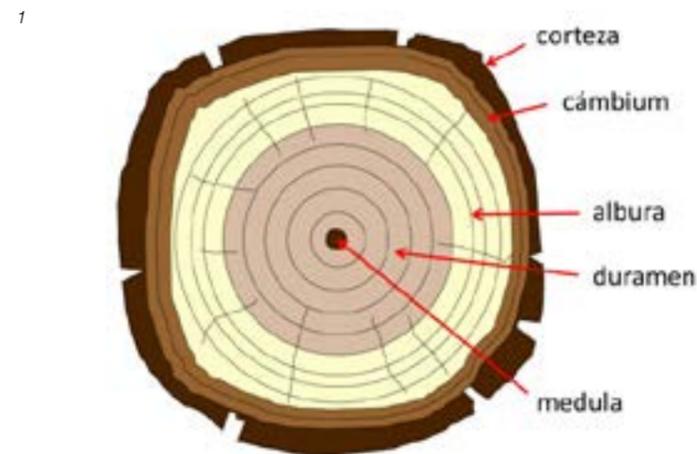


FOTO 1: Vista macroscópica del tronco.
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos94/hombre-primitivo/hombre-primitivo.shtml>

1.1.2 ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DE LA MADERA

Cuando se observa el tronco a nivel microscópico se pueden diferenciar dos grupos de especies:

Fronchosas: Son densas y resistentes pero tienen gran variabilidad en cuanto a tamaño y forma celular por lo que no son homogéneas. Poseen poros en su estructura interior. (ver imagen 2)

Resinosas o Coníferas: Más livianas y menos densas que las anteriores pero de gran homogeneidad celular, por lo que estas son las más utilizadas en la construcción. Estas no poseen poros por lo que se les conoce como maderas no porosas pero en ciertas ocasiones la resina de este tipo de árboles abre brechas en la estructura interior lo cual modifica su apariencia. (ver imagen 3)
(Castro, Jadán y Viscaino, 2005, p. 16)



FOTO 2: Árbol de Fresno de la especie de las frondosas
Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/458382068297038175>

FOTO 3: Árbol de Pino de la especie de las coníferas
Fuente: <http://www2.sunysuffolk.edu/dujmovd/tree/species.html>

1.1.3 PROPIEDADES GENERALES DE LA MADERA

HETEROGENEIDAD:

Ningún árbol es idéntico a otro, las maderas producidas por una misma especie tendrán ligeros cambios que repercuten en su estética. Cuando hablamos de estas pequeñas diferencias (ver imagen 4) hacemos referencia a todos los posibles agentes que podrían haber generado estos cambios durante la vida del árbol.

El primer factor es la especie combinada con su procedencia; porque no es lo mismo un Pino del desierto que otro de las altas montañas, por lo tanto, la temperatura donde se desarrolló el árbol es uno de los principales agentes que marcan la variabilidad en las maderas.

Apoyando al primer factor está entonces la disponibilidad de agua y el tipo de suelo en donde el árbol se implantó.

Es importante también la variabilidad que las maderas adoptan cuando existen vientos fuertes y/o si el bosque es replantado o silvestre. (ver imagen 5) (Castro, et al., 2005, p. 16)

ANISOTROPÍA:

La madera es un material conformado por fibras que corren de manera longitudinal el interior de todo el tronco, por lo tanto, su respuesta mecánica se encuentra en función de la dirección del esfuerzo aplicado; se definen tres direcciones principales: (ver imagen 6)

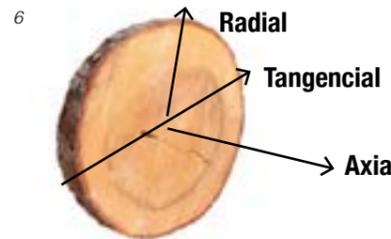


FOTO 4: Diferencia de color en la madera procedente del mismo bosque de Pino.
Fuente: <http://www.incofusta.com/wp-content/uploads/2014/03/IMAG0062.jpg>

FOTO 5: La gama de tonos es una cualidad estética de la madera empleada en la construcción.
Fuente: <http://citharaworld.blogspot.com/2014/08/el-secado-de-la-madera-para-guitarra.html>

FOTO 6: Los tres principales tipos de corte del tronco
Fuente: Autores

- **Axial:** Dirección perpendicular al eje del tronco.
- **Radial:** Dirección perpendicular a la axial que sigue un radio del tronco.
- **Tangencial:** Dirección normal a las dos direcciones anteriores; paralela a un anillo de crecimiento.

Cabe recalcar que el aspecto estético y puntualmente el brillo de la madera aserrada también se encuentra en función de la dirección del corte aplicado (Castro, et al., 2005, p. 17) .

HIGROSCOPICIDAD Y HUMEDAD DE LA MADERA:

Durante la vida del árbol, los nutrientes llegan a todos los extremos del tronco a través de conductos llenos de agua en la mayoría de casos. Es así como ya en primera instancia el árbol contiene cierta cantidad de agua, a esta se le conoce como agua de constitución.

La madera es un material higroscópico, es decir, tiene la capacidad de absorber la humedad del ambiente en el que se encuentra. (ver imagen 7)

Por lo tanto, siempre existirá cierto porcentaje de humedad en la madera. A este volumen de agua contenido en la madera se llama agua de saturación y es posible eliminarla al calentar la pieza entre unos 100-110°C. En el caso de la construcción se sugiere utilizar maderas que contengan un 12 -15% de humedad.

El porcentaje de contenido de humedad en la madera se calcula de la siguiente manera:

%H = % de humedad

Ps = Peso seco

Ph = Peso húmedo

$$\%H = \frac{(Ph - Ps) \times 100}{Ps}$$

Existen también herramientas digitales indicadores del porcentaje de humedad.(ver imagen 8) que pueden dar información cercana dependiendo del tipo de equipo que se use para medir.

El porcentaje de humedad no es homogéneo para la misma sección de madera. La máxima concentración de agua se ubica en los exteriores mientras que el corazón del leño se mantiene más seco.



FOTO 7: El efecto higroscópico de la madera produce cambios de volumen en la muestra.
Fuente: <http://victoriavivancos.blogspot.com/2011/11/la-higroscopicidad-de-la-madera.html>

FOTO 8: Medidor de contenido de humedad digital para madera.
Fuente: <http://www.norwoodsawmills.com/>

DENSIDAD DE LA MADERA:

La densidad en la madera, como en todos los materiales empleados en la construcción se deduce de la diferencia entre el volumen y la masa del mismo. De esta manera se especifica un peso(g) dentro de un volumen determinado (cm^3)

Visto a un nivel microscópico, la densidad de la madera depende de la distancia entre la materia y los poros o vasos ocupados por aire y el agua contenida.

La densidad es un indicador de la dureza de la madera, de esta manera, se identifican dos grandes grupos:

Maderas Duras: De alta densidad, son maderas que por lo general duran mucho tiempo en crecer y madurar hasta estar listas para su tala. Estas clases de madera soportan mejor los esfuerzos mecánicos y debido a su lento crecimiento su veta es más apreciable. Los valores promedio de las maderas duras son entre 0,5 y 0,9 g/cm^3 (Castro, et al., 2005, p. 18)

Existe un caso especial en cuanto a este tipo de maderas, es el Bambú o Caña Guadúa ya que a diferencia del resto de maderas duras este tiene un rápido crecimiento y la cosecha se puede realizar en tres o cuatro meses. Sin embargo, su estructura interna no presenta superficies lisas al momento de realizar los cortes para las muestras, es por esto que se omite este tipo de madera en esta experimentación.

Maderas Suaves: De baja densidad, son maderas con un crecimiento rápido y por lo tanto su constitución en cuanto su veteado es más uniforme por lo cual muchas veces su apariencia es alterada con barnices y lacas. Gracias a su suavidad se vuelve una madera trabajable pero con mayor presencia de astillas.

Los valores promedios de las maderas suaves se encuentran entre 0,3 y 0,5 g/cm^3

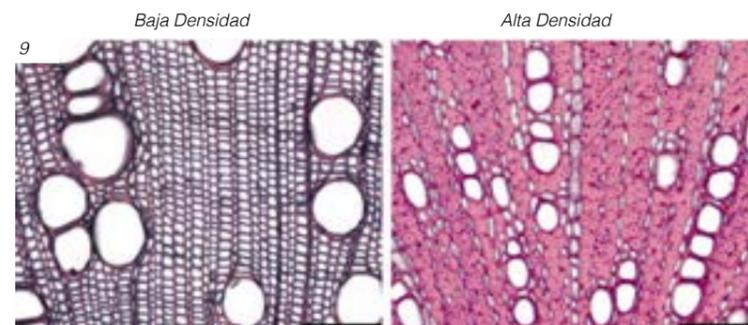


FOTO 9: Vista microscópica de paredes celulares de maderas de baja y alta densidad.
Fuente: http://www.kasiazeminska.com/science/wp-content/uploads/2012/08/Research-www_2.jpg

1.1.4 DEFECTOS DE LA MADERA

En la etapa de crecimiento del árbol ocurren singularidades que repercuten en defectos en la madera, en sus aspectos físicos y mecánicos. Los principales según Castro, et al. (2005, p. 27) son:

NUDOS: Los nudos son los defectos más notables en cuanto al aspecto estético de la madera, son puntos en donde existieron o empezaron a originarse ramas del árbol, existen los nudos vivos que tienen un color claro, y los muertos, que son de color oscuro y muestran donde no se logró conformar una nueva rama. (ver imagen 10)

ACEBOLLADURAS: Son grietas longitudinales que provocan la separación de los anillos de crecimiento, se producen cuando los árboles reciben constante viento. (ver imagen 11). (Forest Products Journal, 1970)

DEFORMACIÓN: Durante el proceso de curado o secado de la madera se producen deformaciones debido a la pérdida del agua contenida en el leño. Las deformaciones están en función del tipo de sección curada.

HENDIDURA: Cuando un árbol sobrepasa una época de congelación y su savia en su interior también se congela se produce un proceso de gelificación en donde se genera una grieta y la madera de esta se desprende.

BOLSAS DE RESINA: En algunas coníferas se producen acumulaciones de resina; por lo general se encuentran en toda la línea de un anillo de crecimiento. (ver imagen 12).

FENDAS: Son grietas longitudinales a causa de cambios bruscos en la temperatura; desgarran el tronco debilitándolo mecánicamente. (ver imagen 13). (Forest Products Journal, 1970)



FOTO 10: Nudos en la madera
Fuente: <http://www.blogbricolaje.com/quitar-los-nudos-de-la-madera/>

FOTO 11: Acebolladuras
Fuente: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_531_16422.pdf

FOTO 12: Bolsas de resina en el tronco
Fuente: <http://normadera.tkrika.net/es/content/bolsas-de-resina>

FOTO 13: Fendas en una viga de eucalipto.
Fuente: <http://www.incofusta.com/wp-content/uploads/2014/03/IMAG0062.jpg>

1.2 ANÁLISIS DE MADERAS APTAS PARA SU USO EN EXTERIORES E INTERIORES EN ECUADOR

En el Ecuador tenemos una amplia gama de maderas tropicales e introducidas de alta densidad que rondan entre los 700 y 1000 kilogramos por metro cúbico, dándole una gran resistencia a estas maderas; y también tenemos maderas de baja densidad que son más trabajables.

A continuación se muestran las maderas más usadas en la construcción en nuestro medio, clasificadas por su densidad.

MADERAS DE ALTA DENSIDAD

EUCALIPTO
CAOBA
CHANUL
YUMBINGUE
TECA
ROMERILLO
MASCAREY
CHONTA
BAMBÚ
GUAYACÁN
CAPULÍ

MADERAS DE BAJA DENSIDAD

CEDRO
PINO
NOGAL
CANELO
CIPRÉS
SEIQUE
FERNÁN SÁNCHEZ
COPAL
LAUREL

Sin embargo, para el presente trabajo precisamos clasificar las maderas disponibles en Ecuador entre las que son más aptas para su uso en exteriores y las que son más aptas para su uso en interiores, ya que no todas las maderas tienen el mismo comportamiento ante la humedad, el agua, el viento, el calor, los rayos ultravioleta, los cambios de temperatura constantes y el ataque de hongos e insectos.

Además de esta clasificación entre exterior e interior, también se seleccionó de la anterior lista las maderas más utilizadas en la arquitectura de nuestro medio por su disponibilidad y frecuencia de uso.

1.2.1 MADERAS PARA EXTERIORES

Para elegir una madera que va a ser usada en una aplicación u obra de construcción en exteriores se debe tener en cuenta que esta tenga una eficacia comprobada, generalmente son maderas de alta densidad y durabilidad natural que sólo requieren una aplicación de aceite ocasional (ver imagen 14); aunque las maderas de alta densidad no son las únicas, ya que hay maderas de baja densidad y económicas como el Pino y el Seique que se usan en exteriores acompañadas de un tratamiento de protección constante que aumente su resistencia, ya que su baja densidad permite más ingreso de agua a su interior.

Entonces además de su densidad, costo y tratamiento de protección, otro factor que influye a la hora de elegir una madera para su uso en exteriores en nuestro medio, es su disponibilidad, es decir la cantidad de bosques cultivados con permisos para su cosecha, el tiempo que las diferentes especies tienen hasta su cosecha y el estado de conservación ante la extinción de algunas especies. Todos estos elementos reducen la lista.

A continuación se presentan las características generales de las maderas más usadas actualmente para trabajos exteriores en nuestro medio.

Teca, Yumbingue, Chonta, Ciprés y Seique.



FOTO 14: Recubrimiento exterior en madera
Fuente: <http://www.construyehogar.com/casas/diseño-casa-cuadrada>

TECA

Tectona grandis Linn f.
Familia: Verbenaceae

Características:

Es un árbol frondoso que alcanza hasta 30m de altura. Nombrada como la Reina de las Maderas, entre los conocedores, pues su apariencia se hace más bella con el paso de los años y tiene la capacidad de no dañarse cuando entra en contacto con metales. Es un árbol introducido y cultivado, en las provincias de Guayas, El Oro, Galápagos, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsachilas, Napo; entre 0 a 1000 msnm. Ver imagen 15.

Color: amarillento, color pardo, dorado uniforme o marrón medio.

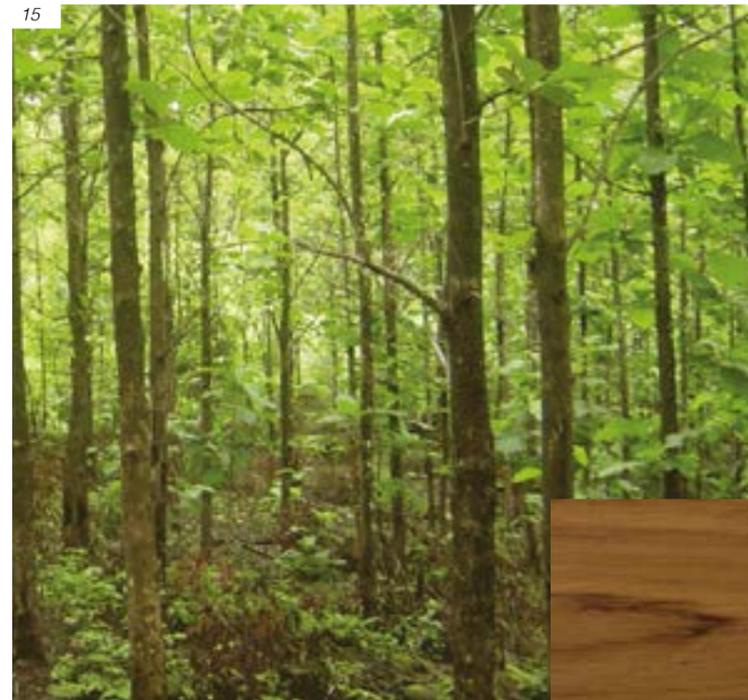
Textura: fina

Veteado: vetas oscuras

Densidad al 12% de humedad: 0,69 gr/cm³

Usos:

Es una madera fácil de trabajar, de fibra sólida y densa. Presenta una gran estabilidad en ambientes cambiantes, no se agrieta ni se pudre, y resiste a la acción de los hongos, xilófagos e incluso a algunos ácidos lo que permite su uso en exteriores como en muebles de terraza, revestimientos exteriores, pisos, pérgolas, ventanas, mobiliario de jardín. Gracias a la impermeabilidad que le proporciona su aceite, aguanta la humedad sin requerir pintura ni barniz.



YUMBINGUE

Terminalia amazonia
Familia: Combretaceae

Características:

La madera del yumbingue es muy apreciada por sus vetas rojizas de formas irregulares y bien marcadas en una base amarillenta y por su alta densidad.

Según Quesada, Jiménez, Aguilar y González (1997), el árbol *Terminalia amazonia* es un "árbol de 25-45m. Hojas simples, alternas, 4-13 x 2.5-6.3 cm, borde entero. Inflorescencia hasta 11 cm de largo. Flores blancas a cremosas. Frutos samaroides, con 5 alas, 0.5 x 1 cm de largo. Se caracteriza por sus hojas relativamente pequeñas en comparación a las otras especies, más anchas en el ápice que en la base, ápice abrupto-acuminado y nervadura terciaria finamente acostillada, las hojas tornándose amarillentas antes de caer. Además, su tronco posee corteza escamosa y ramificación simpodial." Árbol nativo de la Costa y Amazonía, crece en las provincias: Esmeraldas, Morona Santiago, Napo, Pastaza y Zamora Chinchipe; entre 0-500 msnm (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

Color: Amarillo claro

Textura: Media

Veteado: vetas longitudinales, con arcos superpuestos, de tono rojo oscuro

Densidad al 12% de humedad: 0,80gr/cm³

Usos:

Se usa principalmente en vigas y piezas estructurales, debido a su alta resistencia. Carpintería, puentes, pisos, muebles y construcciones en general. En Cuenca se utiliza en la fabricación de muchos de los juegos infantiles de los parques lineales.



FOTO 15: Bosque de Teca
Fuente: <https://www.enfoque.global/ecuador-pasa-al-primero-lugar-en-ventas-de-teca-a-la-india/>

FOTO 16: Yumbingue
Fuente: [http://images.ihb.de/p-17840000-17830226-D0/Schnittholzst%C3%A4mme-Amarillo-\(Terminalia-amazonia\)--Panama.jpg](http://images.ihb.de/p-17840000-17830226-D0/Schnittholzst%C3%A4mme-Amarillo-(Terminalia-amazonia)--Panama.jpg)

CHONTA

Bactris gasipaes
Familia: arecáceas

Características:

Es una palma mono o multicalue, de 7 a 20 metros de altura y estípites de 15 a 20 cm de diámetro, cubiertos de espinas. Tradicionalmente la chonta ha sido una madera dura de amplia utilización en los pueblos indígenas, sobre todo para la construcción.

Es nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América. Se aprovecha su fruto, una drupa de gran valor alimentario, su madera y el cogollo tierno, que se cosecha para extraer palmito.

Color: Café oscuro.

Textura: Fina, jaspeada

Veteado: Acentuado, sobretodo en el corte radial.

Densidad al 12% de humedad: 0,63 a 0,82 gr/cm³

Usos:

La madera es dura pero elástica, y tiene un amplio rango de usos, incluyendo construcción de casas, pisos, muebles, mangos de herramientas, revestimientos exteriores. Se encuentra disponible en tablas de 2,40m de largo por 6cm de ancho y un espesor de 1,8cm. No necesita protección, pero se le puede dar una mano de aceite.



CIPRÉS

Austrocedrus chilensi
Familia: Cupresáceas

Características:

Los cipreses son árboles de hoja perenne que forman parte del grupo de las coníferas, las plantas superiores vivas más antiguas del planeta, tienen una altura: en promedio 20m. Diámetro: alcanza un diámetro de 0,6m. Tronco: cónico ramificado. Las hojas son muy pequeñas, con forma de escama y se encuentran alineadas de forma opuesta las unas con las otras.

Son árboles de crecimiento rápido. Se seca pronto y bien, es resistente, duradera, y fácil de trabajar, lográndose un buen acabado.

Color: pardo amarillento claro

Textura: Fina

Veteado: Nudoso ligero

Densidad básica al 12% de humedad: 0,47 gr/cm³

Usos:

Se utiliza para carpintería, incluso en exteriores, instrumentos musicales, taracea, escultura, torno etc. Son de madera muy resinosa, que la hace prácticamente incorruptible, por ello se puede emplear para construcciones sumergidas, o en exteriores.



FOTO 17: Chonta
Fuente: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/fa/e8/f1/fae8f1a021e5b295fc03f178d6ee1cb2.jpg>

FOTO 18: Bosque de Ciprés
Fuente: <http://www.dival.es/es/sala-prensa/content/las-barreras-verdes-de-cipres-se-comportan-como-escudos-naturales-contra-el-fuego>

SEIQUE

Cedrelinga cateniformis
Familia: Fabaceae

Características:

Árbol nativo de la Amazonía, se desarrolla en las provincias: Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe; entre 0-1000 msnm (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

Árbol que alcanza hasta 40m de altura y 65 – 150cm de diámetro. De fácil trabajabilidad, obteniéndose buenos resultados con excepción del moldurado; fácil de aserrar. Secado rápido, sin deformaciones o rajaduras de consideración.

Color: Es de color claro castaño pálido, marcado con líneas de color oscuro.

Textura: Gruesa

Veteado: Posee vetas de color marrón.

Densidad básica al 12% de humedad: 0,69 gr/cm³

Usos:

Se lo puede emplear en construcción estructural: columnas, vigas, viguetas, cerchas; pisos y mangos de escaleras; chapas y tableros contrachapados, puertas, ventanas, cielo rasos; molduras, cajonerías de calidad, encofrado y construcción de embarcaciones. Suele acompañarse de aceite de Seique para su mantenimiento.

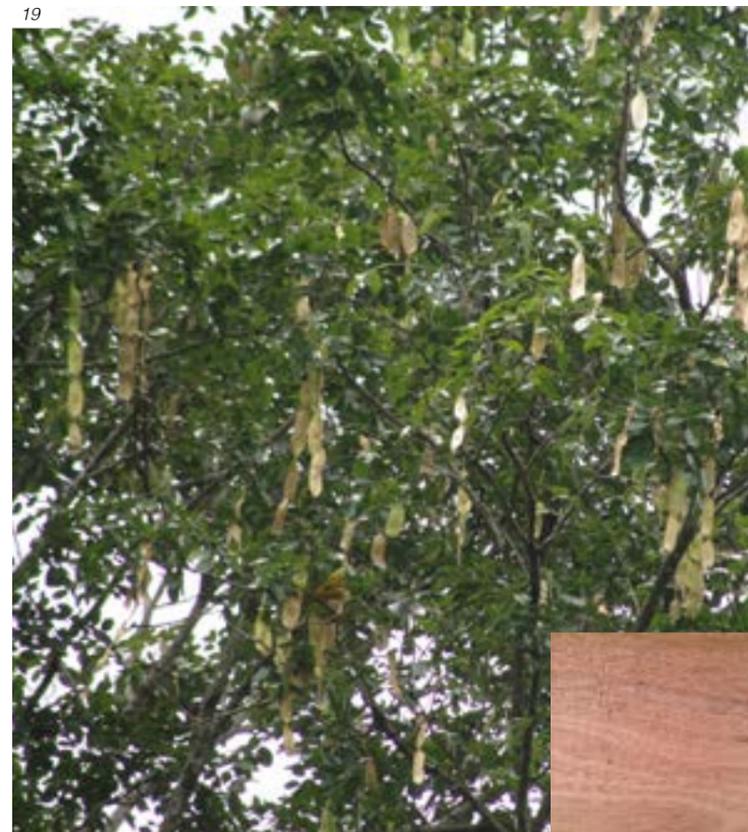


FOTO 19: Seique
Fuente: <http://www.tropicaltimber.info/>

1.2.2 MADERAS PARA INTERIORES

La madera también es usada en ambientes interiores por su gran variedad, colores, texturas y diseños, además de dar una gran calidez a los ambientes. Se usa la madera en todo tipo de carpintería y mobiliario interior como escaleras, vigas, techos, pisos, recubrimientos, pasamanos, paredes, gradas, cielo raso.

Generalmente se usan maderas de baja densidad por su facilidad de trabajo, bajo costo y rápido crecimiento, aunque también se usan algunas maderas duras que dan excelentes acabados y que son productos de lujo por sus altos costos.

Las maderas en interiores pueden requerir protección contra insectos y productos que mejoran su acabado y la protegen del deterioro como selladores y lacas.

A continuación se presentan las maderas más usadas en ambientes interiores en nuestro medio:

Cedro, Fernán Sánchez, Laurel, Pino, Eucalipto.



FOTO 20: Uso de Madera en interiores
Fuente: <http://vyvmaderasyreformas.blogspot.com/2014/09/decoraciones-de-interiores-en-madera.html>

CEDRO

Cedrela fissilis
Familia: Meliaceae

Características:

Altura: Varía entre 25 y 30m. Diámetro: varía entre 0,8 y 1m. Pertenece a la familia de las coníferas y su madera, por lo general de color rojizo es muy apreciada por expertos y aficionados debido a la facilidad con que se trabaja. A esto hay que sumarle la durabilidad aún a la intemperie.

Es un árbol nativo de la Amazonia, crece en las provincias de: Pastaza, Morona Santiago, ZamoraChinchipec, entre 0-500msnm (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

Color: rosado o amarillento blanquecino.

Textura: Fina

Veteado: suave

Densidad al 12% de humedad: 0,51gr/cm³

Usos:

Construcción de muebles, contrachapados, piezas torneadas y artesanías, instrumentos musicales y domésticos en general.



FERNÁN SÁNCHEZ

Triplaris cumingiana
Familia: Polygonaceae

Características:

Árbol mediano de 20-35m de altura y diámetro entre 0,30 y 0,50m. Tronco recto cilíndrico. La durabilidad natural es baja y muy susceptible al ataque de hongos e insectos; en contacto con la humedad se pudre rápidamente. Trabajabilidad fácil, tiene buen pulimento, se raja fácilmente por lo que conviene perforar con taladro previo al enclavado, se puede encolar con facilidad y es químicamente compatible con resinas. Secado fácil y rápido, sin deformaciones o rajaduras de consideración.

Esta especie es nativa de Galápagos, Costa y Andes, en las provincias: Bolívar, Chimborazo, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Pichincha; entre 0-1500 msnm (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

Color: Crema – café claro

Textura: Media con líneas visibles

Veteado: Poco pronunciado, líneas de color marrón y violáceo.

Densidad al 12% de humedad: 0,63 gr/cm³

Usos:

La madera es utilizada para producir muebles, chapas y chapas decorativas, construcción en general, carpintería para interiores, parquet, revestimientos entre otros usos.



FOTO 21: Cedro
Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Cedrela_fissilis.jpg

FOTO 22: Fernán Sánchez
Fuente: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/6e/b2/06/6eb206fb6a99b15ee033aeb0e2184b46.jpg>

LAUREL

Cordia alliodora
Familia: Boraginaceae

Características:

Árbol que crece hasta 40m de altura, 20m de fuste y 1m de diámetro. Fácil procesamiento mecánico, buen acabado superficial. Moderadamente durable, especialmente en elementos fuera del contacto con el suelo.

Árbol nativo de Galápagos, Costa y Amazonía. Crece en las provincias: El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Morona, Napo, Pastaza; entre 0-1000 msnm (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

Color: olor beige amarillento y las capas internas (duramen), de color café claro.

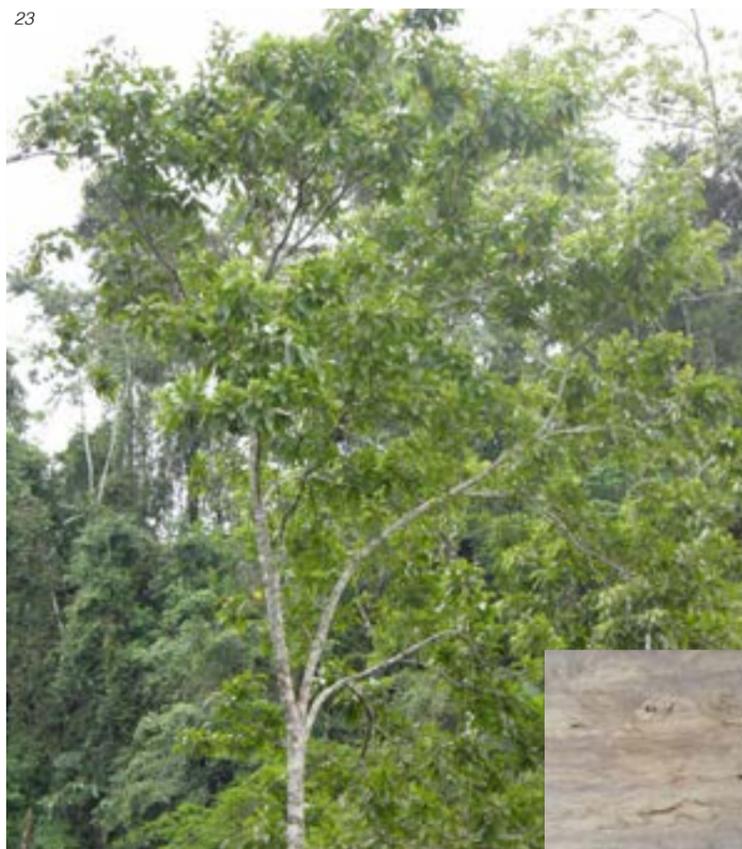
Textura: Fina y homogénea

Veteado: con arcos superpuestos, definidos por anillos de crecimiento.

Densidad básica al 12% de humedad: 0,48 gr/cm³

Usos:

Por sus colores, brillo y bonito dibujo es ampliamente demandada en las industrias y artesanías y artesanías del mueble así como en la industria de enchapes decorativos.



PINO

Pinus Patula
Familia: Annonaceae

Características:

Tronco recto y cilíndrico, pueden alcanzar de 20 a 40m de altura y 40 a 150cm de diámetro. Es una especie promisoría para establecimiento de plantaciones con fines industriales.

Color: Albura color amarillo claro y duramen amarillo pálido

Textura: Media

Veteado: Suave con líneas longitudinales oscuras

Densidad básica al 12% de humedad: 0,39 gr/cm³

Usos:

Postes de cerco, Estructura para construcción, vigas, techos, cerchas, pisos, revestimientos exteriores, revestimientos interiores, muebles. Es una madera dura de baja densidad y poca resistencia que requiere de tratamientos de impregnación o inmunizado y lacas para su protección de los agentes climáticos, lo que hace que tenga un mantenimiento más costoso que el de las maderas de alta densidad hecho que se equipara con el bajo costo de la madera.

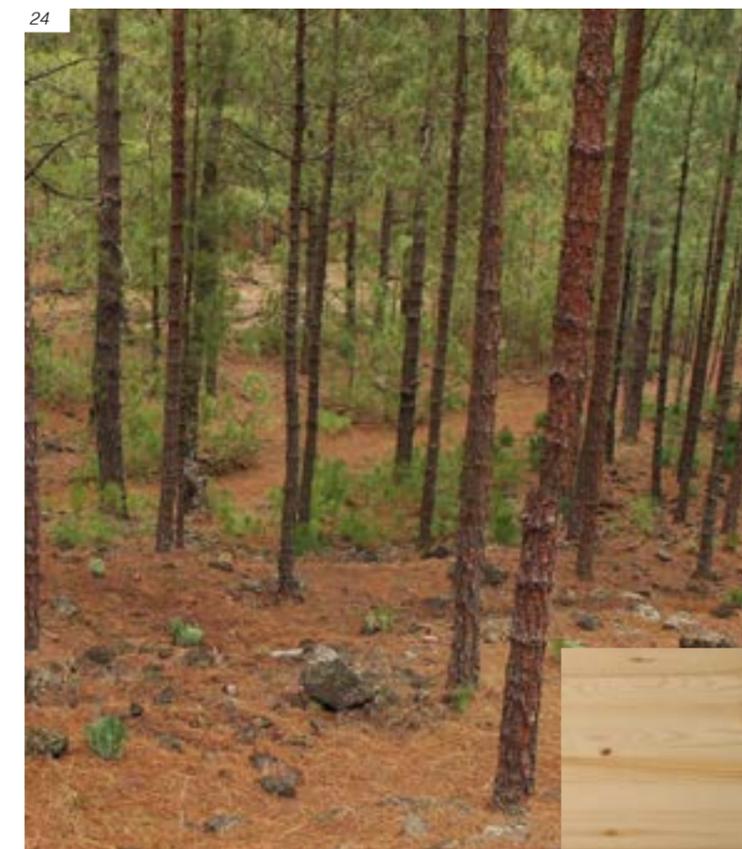


FOTO 23: Laurel Costeño
Fuente: <http://www.ecosdelbosque.com/especie/cordia-alliodora>

FOTO 24: Bosque de Pino
Fuente: <http://ecoforestalia.blogspot.com/>

EUCALIPTO

Eucalyptus Globulus Labill
Familia: *Mirtáceas*

Características:

Los eucaliptos son muy comunes en el paisaje interandino del Ecuador, son introducidos pero se encuentran muy integrados en nuestros paisajes. Son árboles perennes, de porte recto. Pueden llegar a medir más de 60m de altura y su diámetro varía entre 0,6 y 1 metros. Su copa es poco frondosa, la corteza exterior es marrón clara con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduscas sobre la corteza interior, más lisa. Sus hojas ovaladas y grisáceas, alargándose y tornándose coriáceas y de un color verde azulado brillante de adultas, las flores son blancas y solitarias, su fruto es en forma de cápsula y sus semillas son pequeñas.

Color: Canela a marrón amarillo claro, albura de color blanco grisáceo.

Textura: Fina a media

Veteado: fibras torcidas y espiraladas

Densidad al 12% de humedad: 0,75 a 1,1gr/cm³

Usos:

Una de las maderas más utilizadas tanto en la carpintería del interior como del exterior de la vivienda, es usada para la construcción de puertas, ventanas, tableros contrachapados, mobiliario de cocina y pisos. También es muy usada en construcción de estructuras para la construcción.

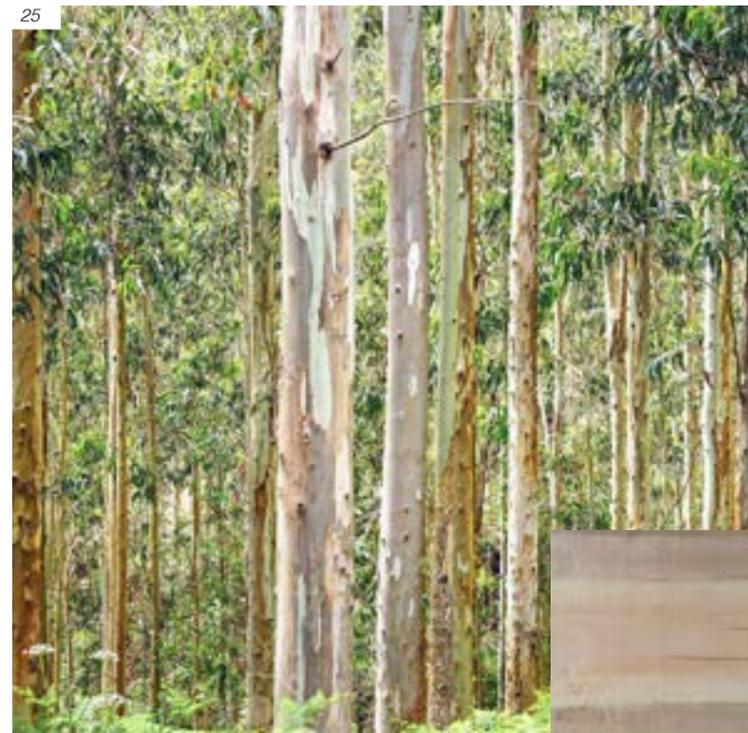


FOTO 25: Bosque de Eucalipto
Fuente: <http://previews.123rf.com/images/plotnikov/plotnikov1409/plotniko-140900063/31993977-Pintoresco-paisaje-rural-con-bosque-de-eucaliptos--Foto-de-archivo.jpg>

1.3 PRESERVACIÓN DE LA MADERA

1.3.1 AGENTES DEGRADADORES DE LA MADERA

Existen dos grupos principales que son factores del degrado de la madera: Los agentes abióticos (Radiación solar, agua, fuego y esfuerzos mecánicos) son los factores de una situación de intemperie y de uso común de la madera en la construcción y los agentes bióticos (Hongos e insectos) o agentes xilófagos: estos son los factores no permanentes que atacan a la madera y que pueden terminar con su vida útil.

AGENTES ABIÓTICOS:

Radiación Solar

Todos los rayos del Sol que impactan las superficies en la Tierra contienen rayos ultravioleta e Infrarrojos, ambos degradan la madera principalmente en su aspecto estético.

Los rayos ultravioleta de longitud de onda menor que la luz visible para los seres humanos afectan la zona superficial de la madera. Ante la presencia de rayos ultravioleta las maderas que son oscuras se vuelven claras y las claras se tornan oscuras, sin embargo, todas terminan con un color gris opaco (ver imagen 26). Esto es debido a un proceso químico en donde la lignina se quema y queda estancada en la superficie.

Los rayos infrarrojos logran penetrar hasta el interior del leño calentando el mismo hasta producir fendas. El cambio de temperatura entre el interior del leño y el exterior descompone la estructura microscópica produciendo fendas o grietas.

Agua y lluvia

Cuando la madera se encuentra ante un ambiente húmedo o recibe constantemente la lluvia el contenido de humedad de la madera sube, lo cual repercute en cambios estacionarios en la sección de las piezas. Así mismo la rápida pérdida de humedad de la madera conlleva a la aparición de fendas y grietas debido a la expansión y contracción de la sección. Cuando la pieza se encuentra más humedad de lo habitual la probabilidad de procrear hongos es mayor.

Fuego

En cuanto al comportamiento de la madera frente al fuego se ha observado que:

Como material orgánico que es, constituido en su mayor parte por el carbono que fija a través del fenómeno de fotosíntesis, la madera es carbón, y se quema. No hay la menor duda. Más aún la energía obtenida de la "biomasa" es una de las alternativas en desarrollo en el mundo actual. Pero el punto no es la combustibilidad sino el comportamiento de los materiales en un incendio, y la madera es tan o más segura que la mayoría de los materiales de construcción que usamos habitualmente. (Recuperado de: woodsrl.com.ar, 2016).

Cuando la madera es expuesta al calor, esta comienza a perder la humedad en forma de vapor, esto es notable por la sudoración superficial.

Si la temperatura continúa hasta llegar a los 2700 °C se produce el proceso de pirólisis, que consiste en la descomposición de los elementos químicos de la madera en forma de gases, si la temperatura se mantiene o incrementa existe la posibilidad de que estos ardan.

Los componentes principales de la madera son: carbono, oxígeno e hidrógeno lo cual lo convierte en un material combustible, sin embargo, si esta no es sometida al fuego directo esta no arderá hasta llegar los 4000 °C. En el caso que el fuego sea directo la temperatura a la cual empieza arder la madera es 3000 °C.

Gracias a la baja conductividad térmica de la madera el efecto del fuego actúa de manera controlada en primera instancia; esto es notable por la temprana formación de una capa carbonizada superficial mientras que el corazón de la pieza se mantiene con una considerable menor temperatura.

Existen diferentes factores que varían el comportamiento de la madera frente al fuego:

- Las proporciones y espesores de las piezas: en aristas, en vértices y en espesores delgados la probabilidad de que arda la madera es mayor.
- Existencia de fendas: Abre campo al fuego hasta el interior de la pieza debilitándola mecánicamente; es por esto que en la madera laminada la velocidad de carbonización es menor que en la madera normal aserrada.
- La densidad de la madera: A mayor densidad, menor capacidad de arder.



FOTO 26: Degradación de mobiliario de la Universidad de Cuenca
Fuente: Autores

AGENTES BIÓTICOS

Hongos xilófagos

Los hongos se impregnan a la madera y se alimentan de ella, se pueden detectar por la coloración anormal que la superficie adquiere. Existen varios hongos que atacan a la madera (Castro *et al.*, 2005, p. 17):

-Moho: Estos son hongos superficiales que se alimentan del lumen (el interior de la célula de la madera) su aspecto muestra pelusas de color blanco, azul o negro y es posible retirarlo con un cepillado gracias a su impregnación a nivel superficial.

-Hongos de pudrición: Cuando la madera empleada no contiene el nivel de humedad correcto (mayor a 20%) se transforma en hogar ideal para este tipo de hongos; que se alimenta de la pared celular de la madera causando daños físico-mecánicos de la pieza. Estos Hongos segregan químicos que atacan a la estructura celular de la madera. Están divididos en tres subgrupos:

-Hongos de pudrición cúbica: Es la más nociva para la madera ya que estos hongos consumen la celulosa y depositan un residuo carbonáceo.

-Hongos de pudrición blanca: Estos atacan a la lignina y parte de la celulosa, presentan manchas blancas en la superficie. Las coníferas son mas susceptibles a su floración.

-Hongos de pudrición blanda: Cuando la madera contiene bastante humedad estos hongos atacan y dejan a la misma con una consistencia blanda.

Insectos xilófagos

Existen dos grandes grupos de insectos que se alimentan de la madera (Castro *et al.*, 2005, p. 18):

-Insectos xilófagos larvarios: Los principales son la Carcoma o Polilla; un grupo de escarabajos que en su edad de larva se alimentan de la madera hasta llegar a adultos y a su vez perforando la madera con diámetros de hasta 2,1mm alcanzan a salir de la pieza en edad de escarabajos adultos.

-Insectos xilófagos sociales: Estos son los insectos que viven en colonias y grandes grupos encabezados por una reina capaz de poner huevos. Los principales insectos dentro de este grupo son las termitas, que prefieren climas cálidos húmedos pero sin embargo, habitan en climas templados también.

Algo común entre los dos grupos de insectos antes descritos es que ninguno se deja ver hasta que el insecto está en edad adulta, ya que perforan la madera en todo su interior pero dejan intacta la superficie, por lo cual, no es posible detectarlas.

La única manera de reconocer si una pieza está infestada con insectos xilófagos es la presencia de excremento en forma granular en el caso de las *Termitas* y de granos más finos en el caso de la *Carcomas*.

1.3.2 SECADO DE LA MADERA

Antes de aplicar cualquier tratamiento de preservación a la madera se debe tener cierta preparación de la misma, que consiste en el retirado de la corteza, secado y dimensionamiento de la madera.

Controlar la humedad de la madera (secado), es de vital importancia ya que la madera recién cortada contiene gran cantidad de agua, de un tercio a la mitad de su peso total. “En la mayoría de los métodos de impregnación, la presencia de cantidad de agua libre en las cavidades de las células puede dificultar o impedir la entrada del preservante en la madera. En el tratamiento de vacío - presión, es necesario tener un contenido de humedad menor a 28%” (Vaca, 1998, p. XI-1).

El secado además tiene ventajas considerables, tales como: economía en el transporte, aumento de propiedades mecánicas, mejores terminados del producto final, estabilidad dimensional (no cambia de forma).

La madera al eliminar agua, mejora sus propiedades tecnológicas: menor peso, mayor capacidad mecánica, mejor estabilidad dimensional, menor susceptibilidad al ataque de organismos xilófagos, permite un mejor aislamiento térmico y eléctrico, una mejor penetración de preservantes, y una aplicación más efectiva de pinturas y barnices.

SECADO NATURAL

Se realiza colocando la madera al ambiente hasta obtener un porcentaje de humedad final similar a la del sitio donde se encuentre, se coloca en pilas llamadas también rumas, armadas de tal forma que permitan la libre circulación del aire entre las piezas. (ver imagen 27)



La velocidad de pérdida de agua estará en función de la temperatura ambiental y la velocidad del viento.

El apilado debe de hacerse sobre una base dura, elevada del nivel del suelo para evitar que la madera esté en contacto directo con la tierra. La orientación de las pilas dependerá de la dirección del sol y se deben evitar barreras que limiten la circulación del viento y estar sobre terrenos planos.

La madera recién aserrada no debe exponerse a la radiación solar por ser propensa a la deformación y agrietamiento. Se usa durante este primer periodo un curado por inmersión en soluciones como el Pentaclorofenato de Sodio al 2%, para evitar el ataque de hongos e insectos.

Si la salida de agua es muy rápida se rajan los extremos, para evitar este inconveniente se recomienda cubrir los extremos con pintura de aluminio o algún bitumen para evitar la pérdida acelerada de humedad.

El secado natural es el método más antiguo utilizado, es menos costoso en tecnología, pero muy demorado y de poco control sobre defectos en la madera.

SECADO ARTIFICIAL

Se logra llevando la madera a una cámara o cuarto y exponiéndola a cuatro climas diferentes, de modo que el porcentaje de humedad este de acuerdo al requerimiento del cliente.

Este proceso permite eliminar agua de la madera mediante el empleo de temperatura, humedad y ventilación mecánica con equipos llamados hornos secadores (ver imagen 28). El proceso artificial disminuye considerablemente el tiempo de secado.

Los hornos convencionales son cámaras o compartimientos cerrados, dotados de ventiladores que dan lugar a una circulación forzada del aire dentro de la cámara; tienen también, un sistema de calentamiento controlado que permite elevar la temperatura del horno y dispositivos regulables para conseguir la variación deseada de la humedad relativa en el ambiente interior del horno.

El secado convencional se verifica a temperaturas entre 40°C y 100°C y se diferencia del secado a alta temperatura porque éste opera por encima de 100°C.



FOTO 27: Estibado de la madera para secado natural
Fuente: <http://www.cuexcomate.com/2015/09/en-la-sierra-de-zongolica-las-plantas.html>

FOTO 28: Cámara de secado de madera
Fuente: https://tecnologiadelosmateriales1.files.wordpress.com/2010/06/camara_secado-ejemplo.jpg

1.3.3 INMUNIZACIÓN DE LA MADERA

La inmunización (hacer que sea más resistente) consiste básicamente en incorporar a la madera las sustancias químicas adecuadas para controlar el alimento de los agentes biológicos y/o degradantes, prolongando de esta manera la duración de este material.

Se pueden distinguir dos formas o procedimientos para inmunizar la madera. La primera se podría denominar pasiva, ya que se basa en la capacidad natural de la madera para recibir o absorber el protector, siendo la cantidad de producto absorbida irregular y no controlable. En este primer sistema se incluye el brochado, la pulverización y la inmersión breve.

La segunda se podría denominar activa, ya que se basa en métodos artificiales (fundamentalmente técnicas de vacío-presión). Siendo controlable la cantidad de producto absorbida por la madera con mayor precisión. Este sistema incluye todos los métodos que utilizan el autoclave.

PROCEDIMIENTOS PASIVOS

Brocheado y Pulverizado

Son métodos sencillos en los que se aplican sustancias tóxicas a la madera ya instalada (ver imagen 29) o puesta en servicio, se logran penetraciones pequeñas y los productos más utilizados son los oleosolubles, (Vaca, 1998, p. XII-1). también existen hidrosolubles como el Merulex que es un inmunizante transparente insecticida y fungicida.

Otro de los inmunizantes que puede aplicarse mediante el brochado es esta mezcla natural de 50% aceite de linaza (protege contra la humedad) y 50% de trementina (protege contra los hongos), el 15% de esto se añade cera de abejas, se debe guardar protegiéndolo de la luz directa.

Estos brocheados deben aplicarse de dos a tres veces para cubrir totalmente la superficie, al manipular estos productos para proteger la madera se debe tener mucho cuidado. (Vaca, 1998, p. XII-1).



29

Inmersión

Como lo explica Vaca (1998):

“En este método se presentan dos modalidades:

- Utilización de preservadores oleosolubles y oleosos.
- Empleo de preservadores hidrosolubles

En ambos casos el método, consiste en sumergir las piezas de madera en un recipiente apropiado, de modo que puedan quedar las piezas totalmente cubiertas con el producto o sustancia química.”

PROCEDIMIENTOS ACTIVOS

Impregnación o inmunización a vacío - presión

Para una buena inmunización se debe secar la madera por tres meses después de cortada, cuando esta ha alcanzado una humedad inferior al 28%, está lista para impregnar.

Una vez seca se lleva a introducir en la máquina autoclave, empieza con un vacío inicial para retirar el aire de la autoclave y de los poros de la madera, una vez hecho el vacío después de 40 a 60 minutos se continúa el vacío y se empieza a inyectar el producto con el llenado de la máquina, una vez llena se para el vacío y se le inyecta presión 200lb, penetrando a fuerza en la madera dura 2h o 2h30 de presión, una vez terminado se devuelve el producto impregnante a los tanques de almacenamiento y después se realiza un vacío final para retirar el exceso de producto de la madera.

La madera se retira de la autoclave, se lleva por 72h bajo techo, mientras el producto sigue trabajando en la madera.

Se impregna la albura y se pudre de adentro para afuera lo que da una larga durabilidad a la madera, por ejemplo un eucalipto impregnado dura por lo menos 20 años; este es uno de los sistemas de inmunización más modernos del mundo. (ver imagen 30)



30

FOTO 29: Inmunización mediante brochado
Fuente: <http://sprites.comohacerpara.com/img/06731g-preparar-madera-pintar.jpg>

FOTO 30: Cámara de secado de madera
Fuente: <http://spanish.aac-autoclave.com/sale-1000050-rubber-wood-industrial-autoclave-of-large-scale-steam-equipment-1-65m.html>

1.4 HISTORIA DEL SHOU SUGI BAN (YAKISUGI)

El término Shou sugi ban es japonés y en español se refiere a Tabla de Cedro Quemada. Es una técnica originada por los carpinteros en las costas de Japón en el siglo XVIII. Originalmente, en aquellas costas, las viviendas utilizaban en sus cerramientos madera de la deriva traída por el mar.

Esta madera era especial ya que gracias al estar al intemperie por mucho tiempo había pasado por un proceso intenso de salinización, hidratación y asoleamiento lo cual dotaba de una resistencia extra ante la mayoría de los agentes patológicos que la madera podía contraer al estar expuesta al intemperie. Sin embargo, el rápido crecimiento de las ciudades y la alta demanda de este producto sobrepasaba la disponibilidad del mismo. Es por esto, que el gremio de los carpinteros de las costas de Japón se vieron obligados en ese tiempo a obtener un nuevo producto que ofrezca las mismas cualidades que la madera de la deriva, es así como llegaron a la técnica del Shou Sugi Ban.

Originalmente se usaba Cedro Japonés (*Cryptomeria japonica*) la cual es endémica de Japón. Pero dentro de 50 años la escasez de esta madera se presentó de la mano con la introducción del plástico y el concreto lo cual llevó a la decaída y pérdida de esta técnica.

A principios del año 2000 el Shou sugi ban fue nuevamente implementado en la arquitectura en Japón (ver imagen 31 a la 34), mostrando su estética discreta que llamó la atención de arquitectos de Europa y América del Norte, los cuales incorporaron la madera carbonizada por las mismas razones que lo hicieron los japoneses hace 200 años, Shou Sugi Ban. (2010).



FOTO 31, 32, 33 y 34: Arq. Japones Terunobo Fujimori usando la técnica ancestral
Fuente: http://oselya.ua/practical_work/obuglennaya-arhitektura-na-nozhkah

La madera carbonizada presenta además otras cualidades gracias a su efecto físico químico que se produce al momento de quemar su superficie, esto es debido a que toda la celulosa la cual es más suave y digerible se quema y pulveriza dejando la capa carbonizada únicamente de la lignina expuesta; sustancia estable, rígida y más difícil de digerir. Es por esto que se dice que la madera carbonizada es más resistente al fuego y a los insectos y plagas, Shou Sugi Ban. (2010)

Bajo ciertas condiciones la madera presenta una buena resistencia al fuego gracias a la formación de una capa carbonizada; ya que expuesta a altas temperaturas se descompone para proporcionar una capa aislante de carbón que retarda aún más la degradación de la madera, (Killian, 2009, p.44)

Actualmente la técnica del Shou sugi ban es conocida y aplicada por contados arquitectos alrededor del mundo. En Estados Unidos por ejemplo, se han desarrollado empresas que brindan este producto y que también han dotado al mismo de un grado de innovación, ofreciendo diferentes texturas y colores de acabados en madera carbonizada (ver imagen 35 a 39). Una de las innovaciones de la técnica es la aplicación de aceite de origen vegetal y en algunos casos de climas extremos sellantes de origen químicos para garantizar su efectividad durante largos periodos de tiempo.

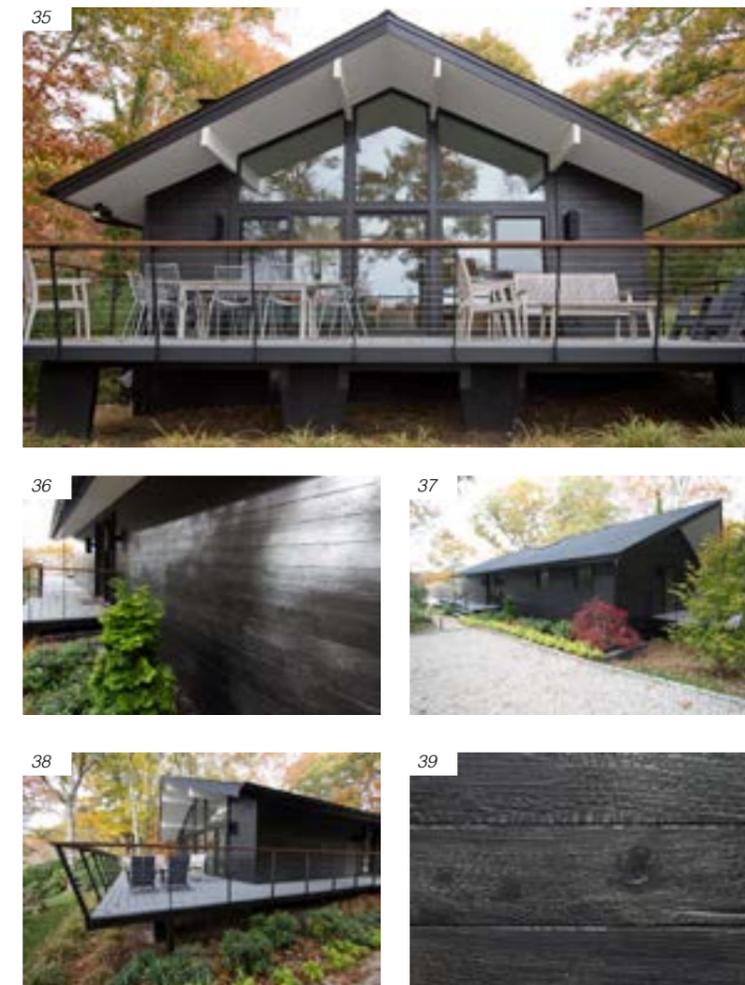


FOTO 35, 36, 37, 38 y 39: Casa Hampton House NY hecha con Ciprés por Bahnd Design Studio
Fuente: <http://resawntimberco.com/project/hampton-house-shou-sugi-ban/>

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA DEL SHOU SUGI BAN PARA PRESERVAR LA MADERA

El método desarrollado por los japoneses consiste en quemar la madera por la cara exterior a un nivel parejo en toda la superficie hasta obtener una capa carbonizada, luego sellarla de manera natural con agua fría y según el acabado que se desee se cepilla la muestra. Para finalizar se aplica aceite natural para proteger al acabado, www.Deltamillworks.com. (2016)

1.5.1 QUEMADO DE LA MADERA

La capa carbonizada superficial dota a la muestra de madera de una lámina resistente al agua y a insectos capaz de mantener su aspecto y cualidades hasta por 80 años con un mínimo de mantenimiento superficial.

Se recomienda quemar especies resinosas que contengan entre 12 a 17% de humedad. Es importante tener en cuenta lo anterior ya que de esto dependerá el aspecto que tendrá el acabado final. Cuando la madera que se quema contiene un nivel de humedad muy bajo (menos que 10%) se producen grietas en la superficie que conllevan a un aspecto diferente.

La técnica original para quemar la madera y lograr una superficie pareja en cuanto al carbonizado consiste en un manejo controlado del fuego. Las piezas de madera se atan de manera triangulada y forman una cámara interna con todas las superficies expuestas hacia el fuego. Las piezas se ubican de manera vertical sobre la llama. (ver imagen 40) Una vez que todas las piezas han ardiado juntas por un tiempo se retiran las mismas y estarían listas para el segundo paso.

Hoy en día, la técnica para quemar la madera se realiza con un soplete de gas propano que permite un mayor control del proceso. Sin embargo, el rendimiento en general baja ya que el área de acción del soplete es puntual, a diferencia de la técnica original que emplea una llama continua en toda la pieza, Shou Sugi Ban. (2010).



1.5.2 SELLADO DE LA MADERA CON AGUA

Este proceso consiste en mojar la pieza cuando aún está caliente y si es posible, que aún, se encuentre echando humo. Es así como se produce el cambio brusco de temperatura y análogamente a lo que sucede con la piel humana: a la exposición de calor los poros dilatan y al contacto con el frío se contraen rápidamente. El fuego dilata los vasos y poros de madera, cuando esta arde abre camino y expulsa resina y parte del su contenido de humedad. Mientras esto está sucediendo el agua fría hace contacto produciendo un cambio repentino en la temperatura de la pieza, en ese instante se contraen los vasos y poros bruscamente lo cual sella a la superficie de manera natural, creando una capa hidrorrepelente.

Una manera sencilla de comprobar que este proceso sucede es el sonido que produce el agua fría vertida sobre la pieza caliente.

Si el quemado de la pieza no se realiza por todas las superficies de la misma no se recomienda sumergir la pieza en agua. En el caso de no cepillar la pieza el lavado no debe ser a presión ya que la capa carbonizada externa se puede desprender, Shou Sugi Ban. (2010).

1.5.3 CEPILLADO DE LA MADERA CARBONIZADA

Se puede cepillar la pieza si el acabado que se busca es de una textura lisa. Este proceso consiste en remover la capa carbonizada externa, sin embargo, cepillar la pieza no remueve el color oscuro. Solamente aclara el tono de negro a marrón.

Es importante la suavidad de las cerdas del cepillo ya que de ello dependerá el acabado de la pieza. Cerdas de acero muy rígidas remueven completamente el carbonizado de la madera, en otros casos dejan rayones en el sentido del cepillado. Se recomienda utilizar cepillos de cerdas suaves para tener un mayor control del removimiento del carbón, www.Deltamillworks.com. (2016)



FOTO 40: Quemado de la madera
Fuente:https://i.ytimg.com/vi/rzVoBog8A_4/maxresdefault.jpg

FOTO 41: Sellado de la madera con agua
Fuente:<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

FOTO 42: Cepillado
Fuente:<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

1.5.4 ACABADO CON ACEITE NATURAL

Para mejorar la durabilidad y darle más brillo a las piezas de madera carbonizada se emplea una capa de aceite natural, este puede ser: aceite de Teca, aceite de Linaza u otros aceites de origen natural.

El uso de otras sustancias protectoras a base de químicos procesados como lacas y tintes, no constan en las técnicas originales del *Shou Sugi Ban*, sin embargo, si son utilizadas con fines estéticos y prácticos en algunas aplicaciones contemporáneas. (ver imágenes de la 43 a la 47)

1.5.5 MANTENIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LA MADERA QUEMADA

El mantenimiento consiste en la aplicación con brocha o spray de un aceite de origen natural. Una mano cada cinco años.

Cuando las piezas carbonizadas se almacenan se debe tener en cuenta en no sellar el paquete, la madera necesita una buena y continua circulación de aire. (ver imagen 48)

No hay que olvidar que la madera es un material de origen natural y por ello, responderá a todos los agentes externos que se presenten en el medio.

Cuando las piezas instaladas se ensucian con polvo, hollín o manchas de dedos se sugiere utilizar un trapo humedecido en una solución compuesta de agua y detergente blando o un limpiador con Ph neutro. Evitar usar amoníaco, siliconas o alcohol, Shou Sugi Ban. (2010).

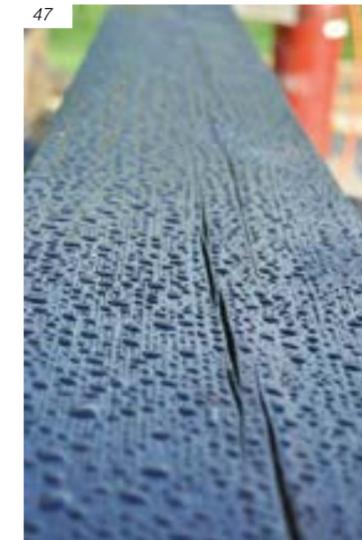


FOTO 43, 44, 45, 46 y 47: Acabado con aceite
Fuente: <http://www.forestryforum.com/board/index.php?topic=58314.0>

FOTO 48: Almacenamiento
Fuente: http://portland.locanto.com/ID_1012195166/Shou-Sugi-Ban-Burnt-Wood-Siding.html



Capítulo 2

EXPERIMENTACIÓN Y
VALORACIÓN DE LA TÉCNICA

2.1 PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS

2.1.1 MADERAS SELECCIONADAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN

De las cinco especies más utilizadas en el Ecuador para trabajos en ambientes exteriores se eligieron:

Teca
Yumbingue
Ciprés
Seique

Para madera para interiores se eligieron:

Fernán Sánchez
Laurel
Pino
Eucalipto

Se dejó por fuera a la Chonta y al Cedro ya que su disponibilidad es limitada, su costo es elevado y generalmente no provienen de bosques cultivados.

La experimentación consiste en la aplicación de la técnica del Shou sugi ban a maderas que tenemos en nuestro medio y no con Cedro Japonés como la técnica original. El fuego en chimenea es reemplazado por un soplete de gas propano para tener más control del quemado y mayor seguridad.

Como aporte e innovación al desarrollo de la técnica japonesa se emplean de manera experimental previo, durante y después del quemado, sustancias como fungicidas, aceites, pinturas, agua, cloro y otras variables con el fuego para buscar una serie de acabados con nuevas expresiones de la madera y que a su vez rindan buena resistencia a la intemperie en el caso de las maderas más aptas para exteriores.

2.1.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

MATERIALES

- Tablas de madera aserrada cortada en muestras de 30 x 20cm
- Tanque de gas propano de 15 Litros
- Disolvente
- Fungicida
- Aceite de Linaza
- Aceite de Teca
- Tinte
- Brea
- Cera de piso
- Cloro
- Agua

HERRAMIENTAS

- Medidor digital de humedad para madera
- Soplete de gas propano con boquilla ajustable
- Guantes
- Brochas
- Lija n200, n150, n80, n40
- Cepillo

49



FOTO 49: Materiales y herramientas
Fuente: Autores

2.1.3 PROCEDIMIENTO A UTILIZAR

Una vez cortadas las muestras de cada especie de madera seleccionada se aplica una mano de fungicida previo al quemado, después de que el fungicida se haya secado se procede, de ser el caso, con la aplicación de un aceite de origen natural antes de la quema, con el fin de mejorar la respuesta de la muestra ante los agentes externos que presenta el estado de intemperie.

Cuando las muestras están nuevamente secas se procede a la quema de las mismas, en esta etapa del proceso se varía en la intensidad y tiempo de quemado con el fin de obtener diferentes texturas mediante la carbonización de la capa externa de la muestra. (ver imagen 50) Inmediatamente después del quemado se vierte agua fría para así sellar la madera de manera natural por medio de un cambio brusco de temperatura.

En algunos casos las muestras son cepilladas con fines estéticos durante o después de la etapa del sellado con agua, en estos casos, el agua se vuelve más abundante y se transforma en un lavado de las muestras que remueven las cenizas desprendidas por efecto del cepillado.

Para finalizar el proceso se aplica una capa de aceite de origen natural o *Betún de Judea* con fines estéticos y además con el mismo objetivo anterior de mejorar la respuesta al intemperie.

Las muestras terminadas reposan en un ambiente exterior al contacto de la lluvia, el sol y demás agentes externos. De esta manera las muestras se exponen a condiciones de intemperie desde primera instancia para verificar su respuesta a los agentes del ambiente.



2.2 DESARROLLO DEL PROCESO

PASO 1: Medición de humedad de la madera

Como se ha descrito anteriormente, la madera que se debe usar en la construcción debe contener entre un 12 -15% de humedad.

Previo a la elección de la madera, se mide el contenido de humedad con la herramienta digital y se comprueba que no contenga más del 15%. (ver imágenes 51, 52 y 53) Se usa madera en tablas de 3,0 x 0,2 x 0,018m.

PASO 2: Corte y preparación de muestras

Las tablas se cepillan previamente para corregir imperfecciones y luego se cortan cada 30cm. Para así obtener cada muestra rectangular de 20x30cm. (ver imagen 54).

PASO 3: Aplicación de fungicida

Para una mayor durabilidad se aplica un fungicida en la superficie de cada muestra (ver imagen 55) que será quemada posteriormente.

Esta sustancia inmunizante de insectos y hongos es de color transparente así que no altera la estética de las muestras. Se aplica con brocha en sentido longitudinal y se deja secar al sol.

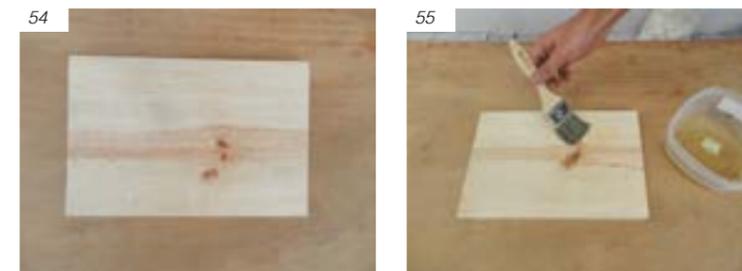


FOTO 50: Quema de muestras con soplete
Fuente:Autores

FOTO 51, 52 y 53 Medición de humedad
Fuente:Autores

FOTO 54: Maderas recortadas en 30x20cm
Fuente:Autores

FOTO 55: Aplicación de Merulex (fungisida)
Fuente:Autores

PASO 4: Aplicación de aceite

Para proteger a las muestras contra la humedad, se aplica con brocha un aceite de origen natural en la superficie a ser quemada.

Aceite de Teca:

Como su nombre indica, es un extracto de las resinas del árbol de Teca; sirve como protector y nutriente para la madera. Es de color miel y tiene un olor dulce.

Aceite de Linaza:

Esta sustancia proveniente de la semilla de la planta del Lino tiene varios usos, es comestible y gran fuente de nutrientes. Aplicado sobre la madera hidrata y sella a la misma. En consecuencia, permite mantener el contenido de humedad estable en el interior de la madera; así no aparecerán fendas ni rajaduras en la pieza.

PASO 5: Quemado de la madera

Para esta etapa se asentó la pieza de madera sobre una base de cerámica y tomando el tiempo se procedió a quemar cada una de las maderas.

Además de tomar el tiempo también se tomó nota sobre la intensidad del fuego utilizada en cada quema la cual se valoró entre baja media y alta.

En algunas piezas durante el proceso de quemado se usó agua y cloro para obtener diferentes reacciones del quemado. (ver imágenes de la 56 a la 59)



PASO 6: Sellado de la madera con agua

Inmediatamente después del quemado se procedió a sumergir las maderas en agua fría para generar el choque térmico que crea en la madera una capa hidrorrepelente, basta con sumergir o humedecer las piezas, luego se ponen a secar. (ver imágenes de la 60 a la 63)

PASO 7: Cepillado y limpieza de la madera

Algunas de las piezas se cepillaron para buscar otro tipo de texturas en la madera, el cepillado se realizó con un cepillo de cerdas suaves y agua. En esta cepillada también se desprende el carbón que ya estaba poco adherido quedando una superficie más estable. (ver imágenes de la 64 a la 67)



FOTO 56, 57, 58 y 59: Proceso de quemado
Fuente: Autores

FOTO 60, 61, 62 y 63: Sellado con agua
Fuente: Autores

FOTO 64, 65, 66 y 67: Cepillado
Fuente: Autores

Paso 8: Protección final y color

A todas las muestras de madera se les aplicó después de la quema, dos manos de aceite, (ver imagen 68) en unos casos con aceite de linaza y otros con aceite de teca, como se especificará en tabla de datos de cada muestra. Como parte de la experimentación a algunas muestras se aplicó pintura antes de quemar (ver imágenes de la 69 a 75) y a otras muestras se les aplicó betún de judea después de la quema. (ver imagen 76 y 77)

En la madera para exteriores se aplicó barniz en algunas de las muestras para dar mayor resistencia a condiciones de intemperie. Este proceso es experimental ya que en teoría con la quema y el aceite la madera resiste ante la degradación de la intemperie.



FOTO 68: Aplicación de aceite después de la quema
Fuente: Autores

FOTO 69, 70 y 71: Quema sobre tinte azul
Fuente: Autores

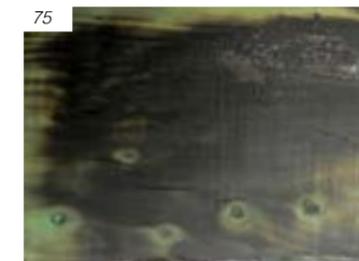
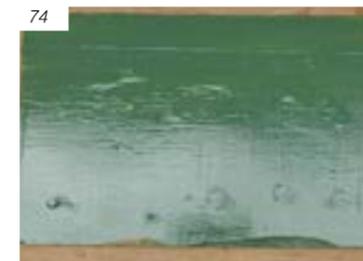
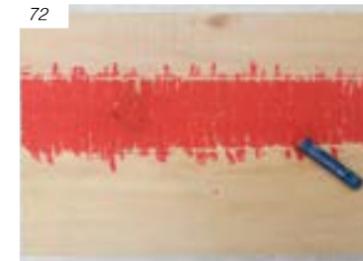


FOTO 72 y 73: Quema sobre crayón
Fuente: Autores

FOTO 74 y 75: Quemado sobre esmalte
Fuente: Autores

FOTO 76 y 77: Aplicación de betún de judea
Fuente: Autores

2.3 RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN

Es importante aclarar que el proceso experimental no se rige al método de observar el resultado del quemado bajo ciertos tiempos determinados sino lograr los tres niveles de quemado para cada tipo de madera, por lo tanto, el tiempo de quemado para lograr el mismo nivel de quemado en diferentes tipos de madera varía en la mayoría de los casos.

A continuación se presentan todos los resultados del desarrollo de la experimentación mediante una foto del quemado final y una tabla que contiene la información de cada muestra.

La información contenida es:

Tipo de madera: Una de las cuatro usadas para exteriores: Teca, Yumbingue, Ciprés o Seique y una de las cuatro usadas para interiores: Eucalipto, Laurel, Pino o Fernán Sánchez.

Tratamiento previo: Se nombra el tratamiento aplicado antes de la quema en caso de haberlo.

Aceite previo a quemado: Se especifica el tipo de aceite utilizado, sólo en las maderas para exteriores se utilizó aceite previo al quemado, para lograr una mayor resistencia a las condiciones de intemperie.

Tiempo de quemado: El tiempo total que estuvo la pieza expuesta al fuego.

Intensidad del fuego: Es la intensidad de la llama aplicada en cada muestra que se clasificó en baja, media, o alta de acuerdo al nivel de abertura de la llave del soplete.

Nivel de quemado: Se especifica una de los tres niveles de quemado establecido: **Carbonizado** (esta la superficie totalmente quemada y craqueada), **Quemado completo** (la superficie esta totalmente negra pero no craqueada), **Quemado Parcial** (Se aprecia parte de la madera).

Cepillado: Se especifica si la muestra se cepilló, generalmente el cepillado hace que la pieza que en un principio tenía un nivel de quemado carbonizado quede finalmente con una apariencia de quemado completo, de la misma manera una pieza que inicialmente tiene un nivel de quemado completo, después del cepillado queda con una apariencia final de quemado parcial.

Lijado: Se especifica si la muestra se lijó.

Acabado: Se especifica el tipo de acabado que se le aplicó a la muestra después de la quema, ej: aceite, betún de judea, barniz, etc.

Primero se muestran las fotos 28 muestras de las maderas para exteriores y posteriormente las 25 muestras para interiores.



EXTERIORES

En esta especie las fendas y nudos prevalecen aún con niveles de quemado carbonizado, sin embargo, exposiciones prolongadas al fuego revelan despostillamientos en la capa superficial carbonizada

CIPRÉS 1

Tratamiento previo:

Fungicida e inmunizante Merulex

Aceite previo a quemado:

Aceite de Teca

Tiempo de quemado:

7:10 min

Intensidad del fuego:

Baja

Nivel de quemado:

Carbonizado

Cepillado:

No

Lijado:

No

Acabado:

Aceite de Linaza



EXTERIORES

La superficie quemada es frágil y se desprende con facilidad ante cualquier golpe o punzonamiento. Esta especie produce una capa carbonizada pareja en toda la superficie.

CIPRÉS 2

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
3:10 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Los nudos y vasos de resina alteran la intensidad y profundidad del nivel quemado; el contenido de los vasos se vierte el momento que la madera arde.

CIPRÉS 3

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
2:20 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Esta muestra combina un nivel de quemado carbonizado con un cepillado parcial, sumado a esto, la existencia de nudos y vasos de resina agrega aleatoriedad al acabado

CIPRÉS 4

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
2:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Cuando la muestra es cepillada completamente se puede apreciar ligeramente la veta de la madera, en este caso, el acabado con betún de judea le dio un tono más oscuro.

CIPRÉS 5

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:30 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Betún de Judea



EXTERIORES

En esta muestra el lijado se realizó de manera multidireccional lo cual rompe el sentido de las vetas de la madera y desintegra en cierta medida las mismas, así se obtiene un acabado de tono claro sin la presencia de las marcas longitudinales naturales de la madera.

CIPRÉS 6

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
Si
Lijado:
Si
Acabado:
Betún de Judea



EXTERIORES

En esta muestra el tinte de color verde se mantiene intacto sobre los nudos, esto es gracias a la resina que altera el quemado. En las partes carbonizadas el color del tinte desaparece completamente.

CIPRÉS 7

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:20 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Tinte verde y aceite de Linaza



EXTERIORES

En esta muestra el cepillado se realizó de manera longitudinal sin romper el sentido de las vetas, es así como estas muestran un color más oscuro ante el acabado con Betún de judea

CIPRÉS 8

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Betún de Judea



EXTERIORES

La superficie carbonizada de la Teca no es pareja; esta especie revela en una misma muestra carbonos amplios e inflados y carbonos pequeños y planos.

TECA 1

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
No
Tiempo de quemado:
3:10 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

Cuando la intensidad del quemado es alta y el tiempo es menor para lograr un nivel de quemado carbonizado, la Teca no muestra carbonos inflados, sin embargo, las dimensiones de los mismos no son parejas para toda la superficie de la muestra.

TECA 2

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
No
Tiempo de quemado:
2:20 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

En esta muestra la presencia de una fenda no permite el carbonizado de toda la superficie, lo cual deja libre el acceso a insectos hacia el interior de la madera.

TECA 3

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
No
Tiempo de quemado:
2:40 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca

EXTERIORES



El aceite de linaza no es compatible con la Teca ya que al momento de quemar este no permite una carbonización correcta ya que la resina se interpone entre el fuego y la madera, creando una costra de color marrón semejante en aspecto al óxido.

TECA 4

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Ninguno

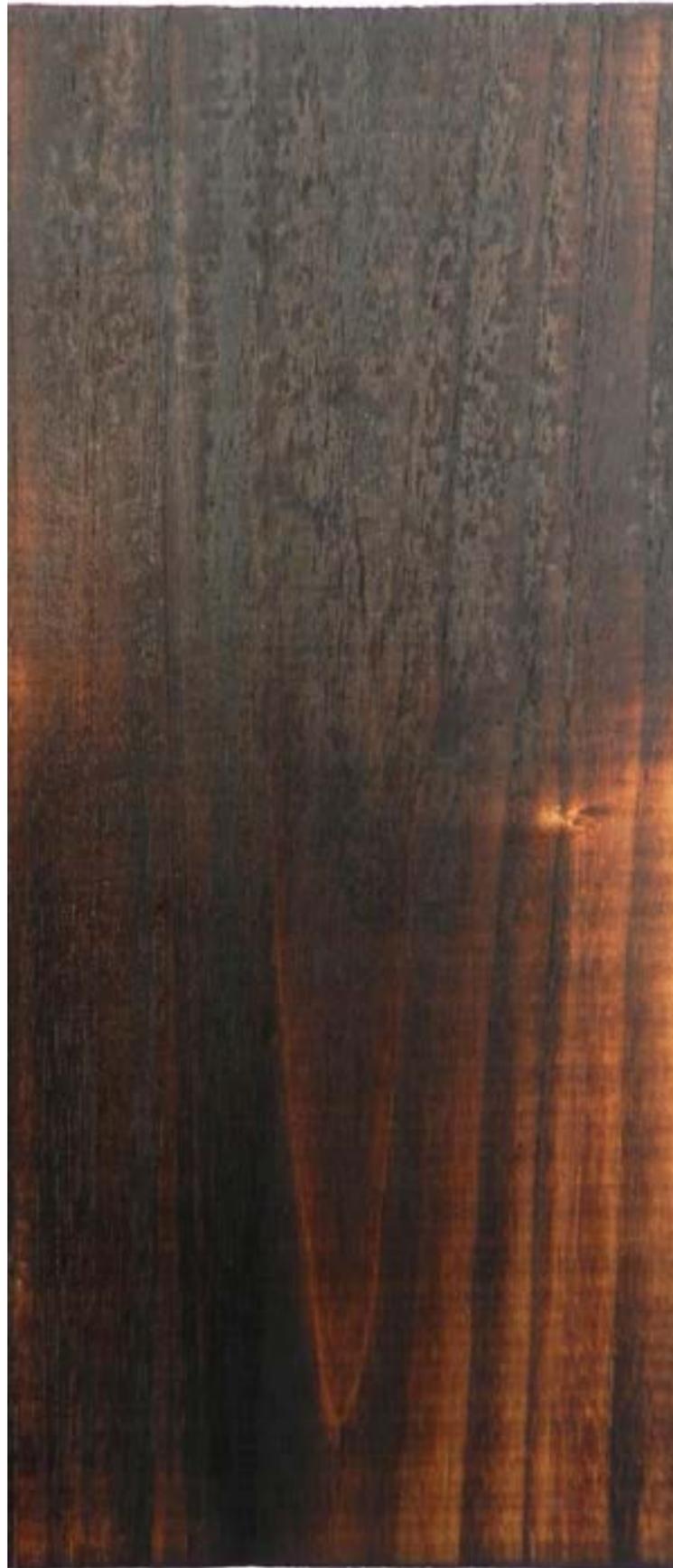
EXTERIORES



La capa carbonizada de la Teca presenta grietas amplias entre los paños de carbón lo cual puede ser un punto de acumulación de polvo del ambiente.

TECA 5

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
2:20 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

En esta muestra se aprecia la veta de la Teca, sin embargo el aceite de aplicado previamente no se combustiona de manera idónea y al igual que el aceite de Linaza, deja una costra en este caso con un grado de viscosidad.

TECA 6

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:28 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

Análogamente a lo que sucede con los nudos al quemarse; se vierten gotas de agua sobre la muestra y se obtiene puntos donde la madera no se quema.

TECA 7

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:02 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Gotas de agua, Aceite de Teca



EXTERIORES

La capa superficial carbonizada en esta especie es pareja y no presenta grietas amplias lo cual impide la acumulación del polvo del ambiente.

SEIQUE 1

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
4:10 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Cuando la madera de Seique se quema completamente es fácil presenciar la textura única que esta especie tiene.

SEIQUE 2

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:21 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca

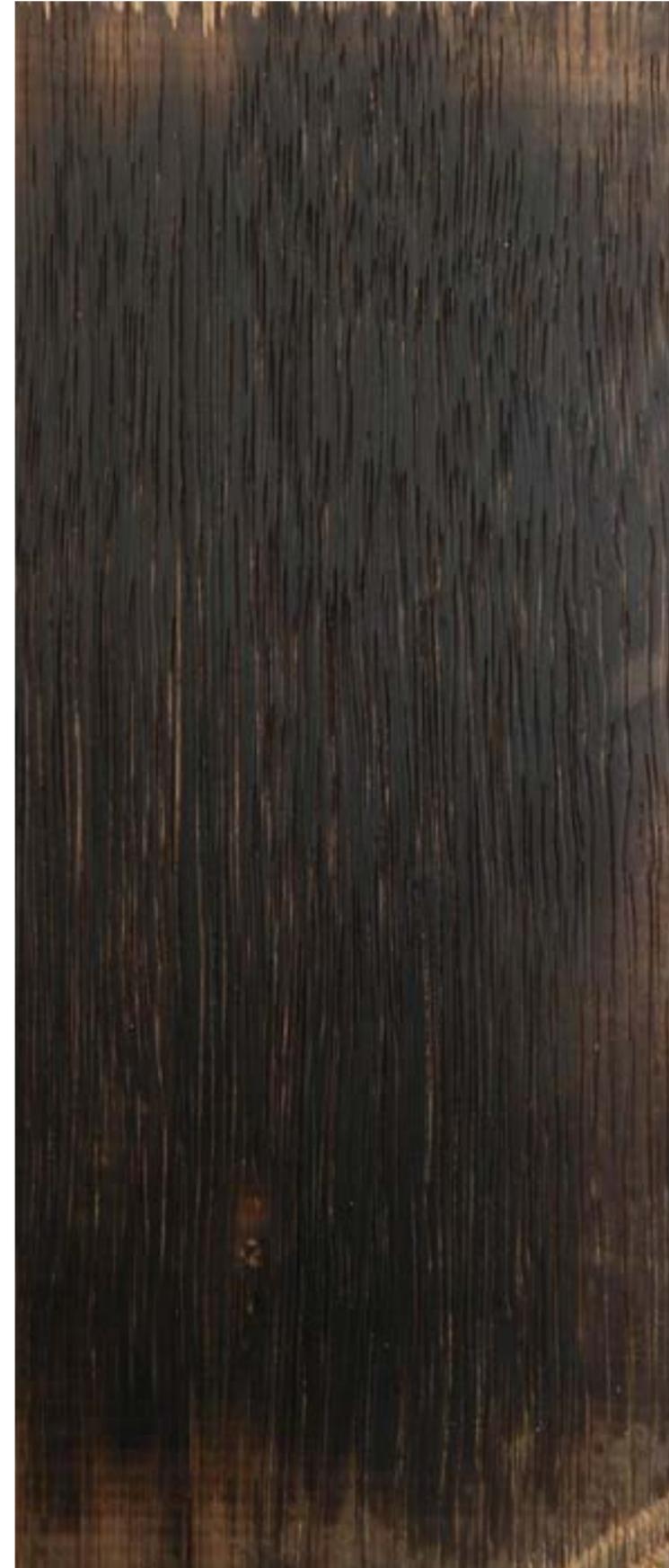


EXTERIORES

Ante un quemado parcial el Seique no presenta resultados interesantes ya que esta madera no tiene un veteado en su apariencia.

SEIQUE 3

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:30 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Cuando el quemado sea intenso pero de poca prolongación la textura del Seique resalta ya que el quemado no ha logrado llegar hasta las cavidades longitudinales dejando el color de la madera natural visto dentro de las mismas.

SEIQUE 4

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Ante quemados parciales la Teca no presenta una gama de marrón como lo hacen la mayoría de otras especies.

SEIQUE 5

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:19 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

En esta muestra se experimentó alterar la superficie con golpes de un martillo. La carbonización de la capa superficial combinado con lo anterior produce que la misma se despostille y de la misma manera, deja vivas astillas que se desprenden fácilmente.

SEIQUE 6

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:18 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Golpes con martillo, Aceite de Teca



EXTERIORES

Esta especie tiene una veta regular y al momento de quemar la misma desaparece en gran medida.

YUMBINGUE 1

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
0:45 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Es necesario prolongados tiempos de exposición y altas intensidades de quemado para alcanzar un acabado carbonizado en el Yumbingue, esto conlleva a que la muestra se doble por el calor y que la capa superficial sea frágil y se desprenda sin la necesidad de un golpe o punzonamiento.

YUMBINGUE 2

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
3:50 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



EXTERIORES

Cuando se quema de manera completa la muestra de Yumbingue se obtiene una superficie áspera y dispareja,

YUMBINGUE 3

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:10 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

El acabado en la capa superficial se vuelve difícil de controlar por los altos tiempos de exposición al calor, las texturas carbonizadas aparecen en medio de paños lizos.

YUMBINGUE 4

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
2:30 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza

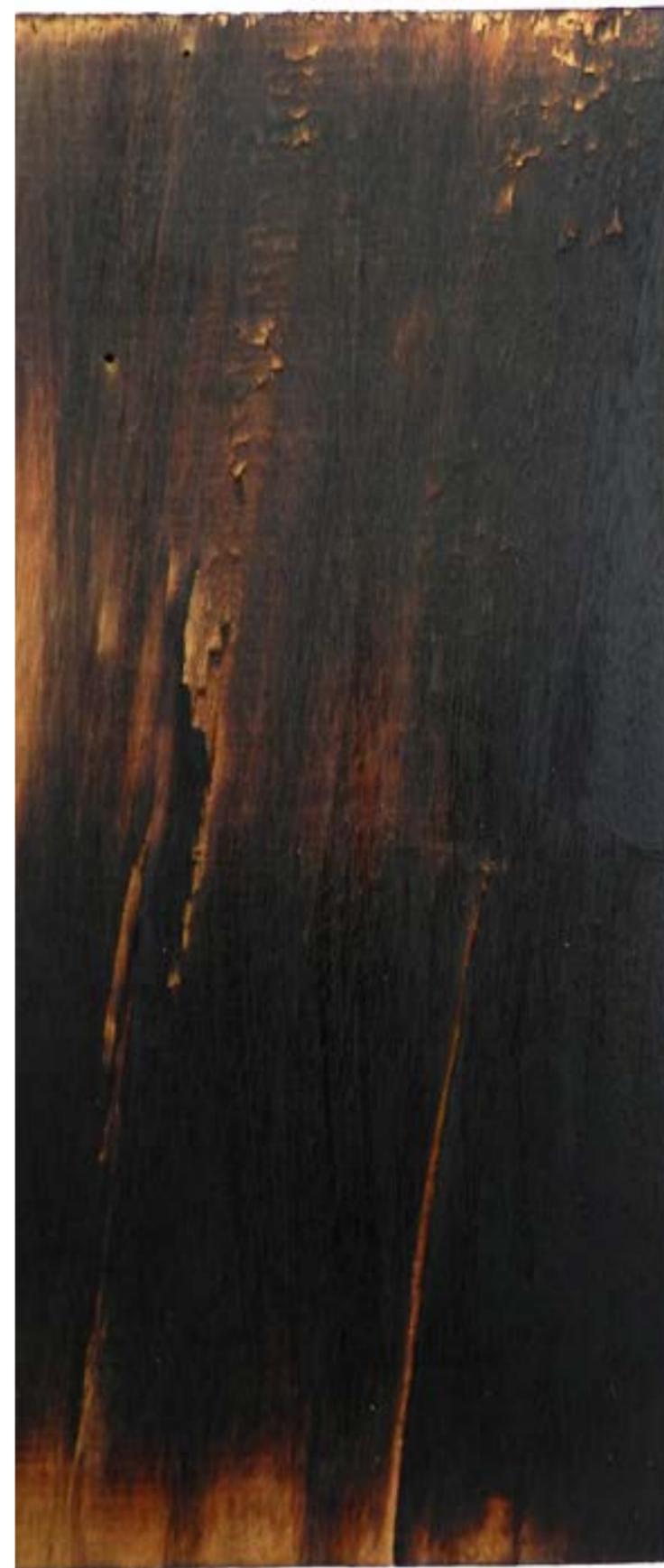


EXTERIORES

El acabado en la capa superficial se vuelve difícil de controlar por los altos tiempos de exposición al calor, las texturas carbonizadas aparecen en medio de paños lizos.

YUMBINGUE 5

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca



EXTERIORES

Los defectos como cortes en la muestra revelan diferentes tonos gracias al quemado disparejo, sin embargo, aquellos se vuelven cavidades donde el polvo se puede acumular.

YUMBINGUE 6

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Teca
Tiempo de quemado:
1:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza

EXTERIORES



Cuando el Yumbingue tenga un nivel de quemado completo y no contenga defectos previos se obtiene una superficie liza y pareja, sin embargo, es monótona y simple.

YUMBINGUE 7

Tratamiento previo:
Fungicida e inmunizante Merulex
Aceite previo a quemado:
Aceite de Linaza
Tiempo de quemado:
2:00 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Teca

INTERIORES



En esta muestra el aceite de linaza se aplico previo al quemado, lo cual dejo una costra viscosa sobre el carbonizado.

EUCALIPTO 1

Tiempo de quemado:
2:00 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Al igual que el Yumbingue, el Eucalipto es de alta densidad y necesita de prolongadas exposiciones al fuego para lograr acabados carbonizados; aún cuando la intensidad del quemado es baja la madera se dobla debido al calor lo cual produce grietas en la parte traccionada.

EUCALIPTO 2

Tiempo de quemado:
4:10 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

En esta muestra se aplico durante el quemado cloro con el fin de alterar la superficie y su acabado. Como resultado las partes donde se aplicó el Cloro se despostillaron más que las que no tenían. También tiene un aspecto arenoso y menos uniforme.

EUCALIPTO 3

Tiempo de quemado:
1:29 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Cloro y aceite de Linaza



INTERIORES

La capa superficial carbonizada no presenta paños consolidados como el resto de las especies, en el Eucalipto no se producen aquellas texturas ante un nivel de quemado carbonizado; al contrario la madera se agrieta.

EUCALIPTO 4

Tiempo de quemado:
2:40 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Se vuelve más difícil controlar el nivel de quemado del Eucalipto que en otras especies ya que el mismo no revela diferentes tonos de marrón a lo largo del proceso.

EUCALIPTO 5

Tiempo de quemado:
2:10 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Betún de Judea

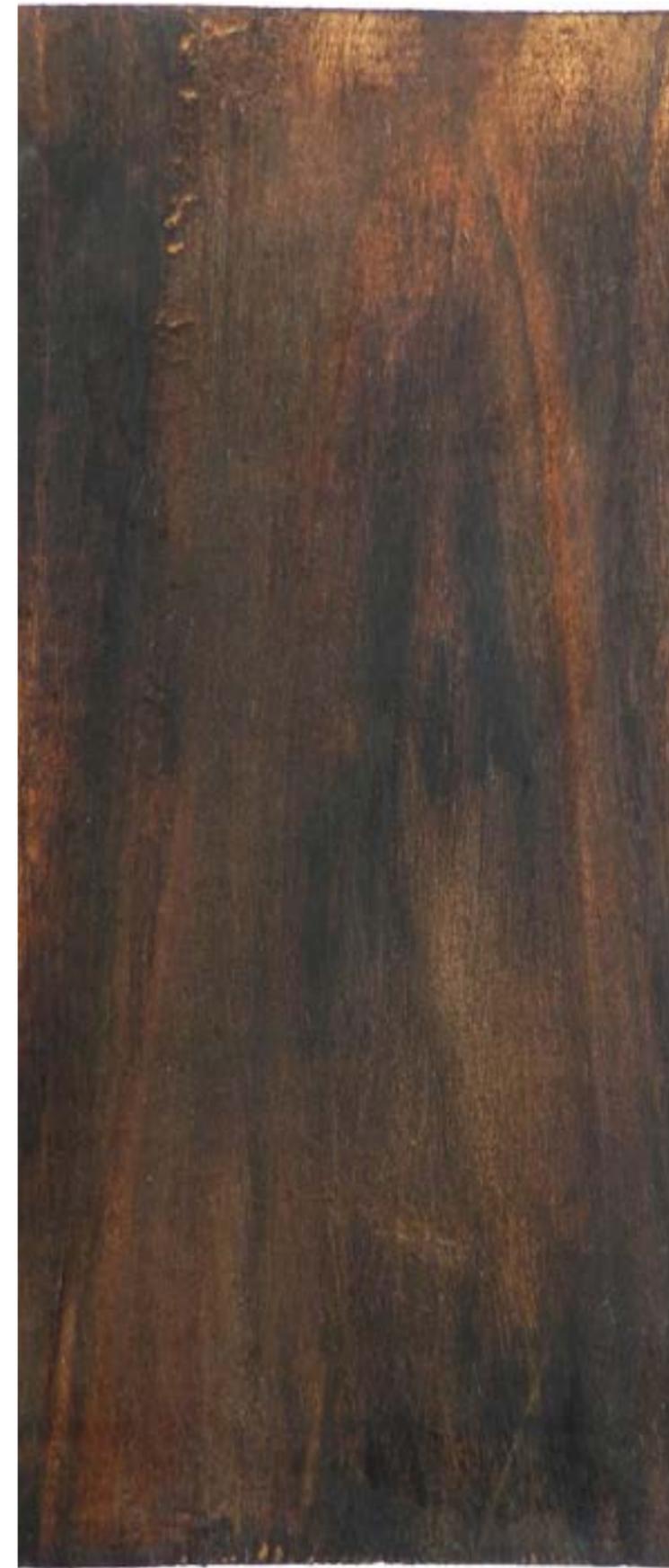


INTERIORES

Se vuelve más difícil controlar el nivel de quemado del Eucalipto que en otras especies ya que el mismo no revela diferentes tonos de marrón a lo largo del proceso.

EUCALIPTO 6

Tiempo de quemado:
1:49 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Betún de Judea



INTERIORES

El Laurel presenta un veteado ligero que es posible apreciar con niveles de quemado parciales.

LAUREL 1

Tiempo de quemado:
1:20 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
Si
Acabado:
Betún de Judea



INTERIORES

En esta muestra se llevo de un quemado parcial a un completo en el centro de la pieza obteniendo así el tono más oscuro de manera central y los colores más claros en los bordes.

LAUREL 2

Tiempo de quemado:

1:01 min

Intensidad del fuego:

Media

Nivel de quemado:

Quemado parcial

Cepillado:

Si

Lijado:

Si

Acabado:

Aceite de Linaza



INTERIORES

En esta muestra se experimentó con gotas de agua las mismas dejan lugares libres de quemado, sin embargo, el aceite de Teca sobresale creando una capa viscosa en la superficie.

LAUREL 3

Tiempo de quemado:

2:00 min

Intensidad del fuego:

Media

Nivel de quemado:

Quemado parcial

Cepillado:

No

Lijado:

No

Acabado:

Aceite de Teca y gotas de agua



INTERIORES

A diferencia de otras especies, El Laurel no revela un tono marrón cuando este se lija; simplemente la superficie se aliza.

LAUREL 4

Tiempo de quemado:
1:20 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
Si
Acabado:
Betún de Judea



INTERIORES

La capa superficial carbonizada que se obtiene en el Laurel presenta zonas disperejas pero con pequeñas grietas entre los paños de carbón.

LAUREL 5

Tiempo de quemado:
2:20 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Con un quemado parcial, se logra presenciar las vetas, sin embargo, aunque el cepillado se realice de manera longitudinal la superficie se aliza y no logra destacar las vetas.

LAUREL 6

Tiempo de quemado:
1:03 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Cuando el nivel de carbonizado no produce grietas se obtiene una superficie pareja con un color oscuro monótono.

LAUREL 7

Tiempo de quemado:
2:50 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

En esta muestra se combina un nivel de quemado carbonizado con un cepillado de manera longitudinal lo cual revela las vetas carbonizadas.

PINO 1

Tiempo de quemado:
4:30 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Cuando el acabado sea un carbonizado se obtienen amplios y parejos paños de carbón en toda la superficie. Los agrietamientos no son amplios lo cual es idóneo para reducir la acumulación de polvo.

PINO 2

Tiempo de quemado:
2:30 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

La presencia de Nudos en el Pino le agrega un aspecto imponente y discreto, en estos casos los nudos si se queman de manera parecida al resto de la muestra.

PINO 3

Tiempo de quemado:
2:05 min
Intensidad del fuego:
Alta
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Aún en aquellos acabos con niveles de carbonizado ligeros se puede apreciar la veta del Pino.

PINO 4

Tiempo de quemado:
4:50 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

El cepillado en esta muestra de Pino se realizo de manera longitudinal por lo cual se resaltan las vetas de la misma.

PINO 5

Tiempo de quemado:
3:45 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Con niveles de quemado parcial el Pino revela diferentes tonos de marrón; en las vetas se obtiene un color más oscuro.

PINO 6

Tiempo de quemado:
4:50 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
Si
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Con niveles de quemado parciales, los nudos no se llegan a quemar y se obtiene en los mismos el color natural del Pino, mientras que en el resto de la muestra se presencia las vetas.

PINO 7

Tiempo de quemado:
2:20 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

La pintura esmalte no es cubierta por el quemado parcial en esta muestra, simplemente esta obtiene un tono más oscuro.

PINO 8

Tiempo de quemado:
1:05 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Pintura esmalte y betún de judea



INTERIORES

Esta especie revela una superficie pareja cuando el nivel de quemado es completo, se puede presenciar la textura fibrosa.

FERNÁN SÁNCHEZ 1

Tiempo de quemado:
2:00 min
Intensidad del fuego:
Medio
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Cuando el nivel de quemado es carbonizado, se obtiene una capa superficial con paños de carbón pequeños y sin presencia de grietas.

FERNÁN SÁNCHEZ 2

Tiempo de quemado:
4:10 min
Intensidad del fuego:
Baja
Nivel de quemado:
Carbonizado
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Esta especie revela cierto grado de porosidad producida por la combustión en la superficie, lo cual no permite el quemado en algunas partes defectuosas de la muestra.

FERNÁN SÁNCHEZ 3

Tiempo de quemado:
3:40 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Quemado completo
Cepillado:
No
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza



INTERIORES

Cuando la muestra se cepilla se alizan las partes más quemadas y se aclaran aquellas que no fueron quemadas lo suficiente, a diferencia del resto de las especies, esta madera presenta colores más claros en este tipo de acabado.

FERNÁN SÁNCHEZ 4

Tiempo de quemado:
1:00 min
Intensidad del fuego:
Media
Nivel de quemado:
Quemado parcial
Cepillado:
Si
Lijado:
No
Acabado:
Aceite de Linaza

2.4 VALORACIÓN DE LA HUMEDAD EXPULSADA

Todas las muestras de madera carbonizada utilizadas en las siguientes pruebas reposaron en condiciones de intemperie durante ocho semanas. El proceso de experimentación se realizó en la ciudad de Cuenca, Ecuador y esta a 2550 m.s.n.m. con un clima templado de aproximadamente 15°C durante todo el año.

Este proceso consiste en comparar los valores de humedad antes y después del quemado de las muestras. El objetivo de esta prueba es determinar la cantidad de líquidos expulsada mediante evaporación.

Se miden los valores del porcentaje de humedad contenido con la herramienta digital a todas las muestras antes y después de quemado, luego se promedia y se compara con los valores después de quemado, posteriormente descrito como porcentaje de humedad final. (ver imagen 78 y 79)

$$\% \text{ inicial} - \% \text{ final} = \% \text{ expulsado}$$

	% humedad contenido inicial	% humedad contenido final	% humedad expulsado
Ciprés	10,8%	8,9%	1,9%
Seique	11,0%	8,2%	2,8%
Yumbingue	11,2%	9,9%	1,3%
Teca	12,4%	10,1%	2,3%
Eucalipto	10,8%	10,1%	0,7%
Pino	10,1%	9,3%	0,8%
Laurel	10,5%	9,9%	0,6%
Fernán Sánchez	11,3%	10,8%	0,5%

TABLA 1: Medición de humedad antes y después de la quema
Fuente: Autores



FOTO 78 y 79: Medición de humedad antes y después de la quema
Fuente: Autores

2.5 VALORACIÓN DEL DETERIORO A LA INTEMPERIE

Cuando los revestimientos empleados en la construcción se exponen al intemperie reciben constante radiación solar, lluvia y viento. En los casos urbanos se debe sumar el ollín y el polvo del ambiente.

IMPREGNACIÓN DEL POLVO Y OLLÍN DEL AMBIENTE

Después de seis semanas de reposo en intemperie las muestras carbonizadas con acabados para exteriores revelaron mayor contenido de polvo en aquellas muestras con textura rugosa, es decir de un nivel de quemado carbonizado.

Las grietas crean espacios donde el aceite se acumula y no seca bien, el mismo que deja espacios retenedores de polvo del ambiente. La viscosidad de la superficie del acabado depende de la textura en sí de la madera quemada y el aceite aplicado sobre la misma al final del proceso.

Esto indica que aquellas texturas más lisas que no presentan grietas debido al craquelado del carbón superficial acumularán menor cantidad de polvo del ambiente, de igual manera, la limpieza de la muestra se vuelve más fácil. (ver imagen 80)

Para limpiar el polvo acumulado de las muestras se utiliza un trapo húmedo con agua. Se debe tener en cuenta que aquellas muestras de nivel de quemado carbonizado desprenden aún ceniza, manchando levemente la superficie con la que se limpia, de la misma manera sucede con el tacto. Sin embargo, gracias a la experimentación con varias especies de árboles y por consiguiente de muestras de maderas y diferentes aceites naturales, se determinan que muestras son las que todavía manchan al tacto. (ver imagen 81, 82 y 83).

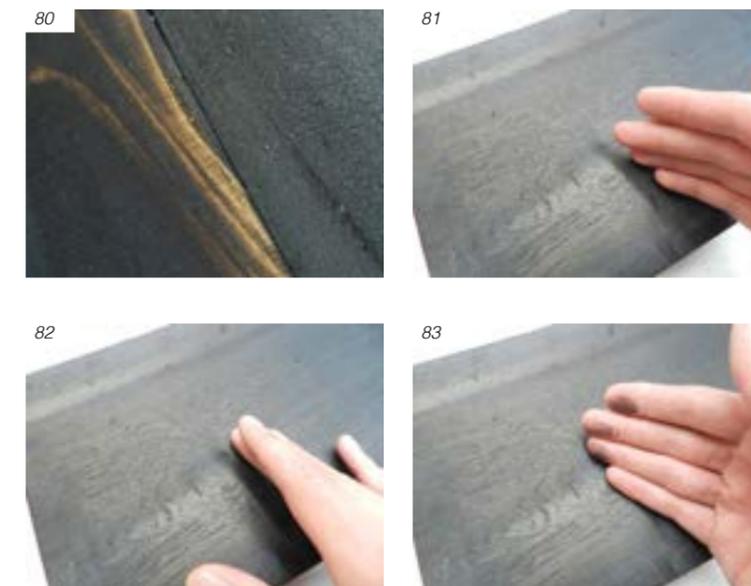


FOTO 80: Acumulación de polvo
Fuente: Autores

FOTO 81, 82 y 83: Suciedad al tacto
Fuente: Autores

Dentro de las maderas seleccionadas para exteriores que seguían manchando al tacto ocho semanas después de la quema, se encuentran:

- Seique: S2, S6 y S7
- Yumbingue: Y3, Y5 y Y7

En cuanto al resto de maderas seleccionadas para exteriores el Ciprés y la Teca, no muestran evidencia de manchas al tacto, la causa directa de esto, es porque las muestras que seguían manchando recibieron una mano de aceite de linaza previo al quemado y una mano de aceite de teca posterior al sellado. Todas las otras muestras para exteriores (que no manchaban) recibieron de manera opuesta los aceites naturales.

Del grupo de maderas seleccionadas para interiores, únicamente las muestras F1, F3 y F4 de la especie Fernán Sánchez, tiznan aún después de las ocho semanas de reposo posterior al quemado.

El orden de la aplicación de diferentes aceites y su combinación en diferentes pasos del proceso de la quemada de la madera revela una alteración de la respuesta del sellado y la capacidad de tiznar al tacto, sin embargo, a pesar de que existieron muestras que aún manchan con ceniza después del lapso de reposo de ocho semanas; una mano extra de aceite natural es la solución para que las maderas quemadas no tiznen más al tacto.

El aceite de Linaza mostró la mejor adaptación al carbón entre todos los aceites probados; con un secado más rápido y dejando una menor viscosidad en la superficie de las muestras, cualidad que evita en cierta medida la acumulación excesiva de polvo sobre la madera quemada y permite una mejor limpieza.

La limpieza debe hacerse de manera longitudinal a la muestra, y en aquellas con un nivel de quemado carbonizado y textura rugosa; se debe tener cuidado con presionar demasiado, lo cuál podría terminar desprendiendo la capa carbonizada externa. (ver imagen 84)



FOTO 84: Desprendimiento de carbón
Fuente: Autores

2.6 OBSERVACIONES DE LA EXPERIMENTACIÓN

Para alcanzar los diferentes niveles de quemado en los distintos tipos de madera el factor de la densidad o dureza de cada especie altera los tiempos de quemado. Las maderas duras demoran más en arder.

Otra causa para que el tiempo de quemado sea diferente al conseguir los mismos niveles de quemado es la intensidad del fuego aplicada; a mayor intensidad del fuego menor control del mismo ya que se pasa de un nivel a otro rápidamente.



Capítulo 3

GAMA DE ACABADOS FINALES

3.1 ACABADOS FINALES PARA EXTERIORES

La selección final de las muestras para exteriores se rige básicamente por dos criterios, que sean maderas que tengan buena resistencia a la intemperie como las que ya se señaló en el capítulo uno y que tengan un buen aspecto estético en su acabado después de la quema.

3.1.1 ACABADOS SELECCIONADOS PARA EXTERIORES

La apariencia final combinada con las observaciones de las pruebas realizadas revelan que las siguientes seis muestras presentan los acabados mejor logrados: **-Ciprés:** C1, C3, C4 y C8 **-Seique:** S1 **-Teca:** T7 (ver imagen de la 85 a la 90).

CIPRÉS: Los mejores resultados se obtuvieron con el Ciprés. Esta madera reveló un mayor control del quemado en la superficie que el resto de las especies, esta cualidad permite alcanzar todos los niveles de quemado sin comprometer la apariencia final; el Ciprés presenta una textura carbonizada uniforme y sin cavidades profundas donde el polvo se acumule.

La existencia de nudos y rajaduras superficiales en estos casos es un aporte a la apariencia final del acabado, dota a la estética de la madera quemada un grado de aleatoriedad.

SEIQUE: El aspecto de esta madera es especial ya que la fibra se muestra de manera perpendicular creando una textura como de vellos propios de la madera.

Al igual que el Ciprés, la madera se quema de manera controlada con lo que se alcanzan todos los niveles de quemado eficientemente. Cuando el acabado es carbonizado, la textura es estrecha y uniforme. En el caso de un nivel de quemado completo la textura única del Seique prevalece imponente y se muestra análoga a un cepillado, sin embargo la resistencia de la capa carbonizada es baja y muy susceptible a desprenderse ante cualquier golpe o punzonamiento.

TECA: En estado natural sus cualidades indican que es la madera más apropiada para el uso en exteriores, sin embargo, el momento de someter al fuego esta produce una textura carbonizada dispareja en la superficie que se desprende con facilidad.

Una de las cualidades estéticas que se rescatan de esta especie al momento de quemar la madera es la veta que la misma presenta, es por esto que la Teca es apta para niveles de quemado parciales.

La especie YUMBINGUE, no fue seleccionada porque al momento de quemar producía una capa carbonizada muy frágil y superficial la cual se desprende con facilidad, además, al ser una madera de dura, los largos tiempos de exposición al fuego para lograr niveles de quemado equilibrados hacían que la muestra se doble.

FICHAS DE LA GAMA DE ACABADOS EXTERIORES

CARBONIZADOS



CIPRÉS 1

Tratamiento previo:
Merulex y aceite de Teca
Tiempo de quemado: 7:10 min
Intensidad del fuego: Baja
Nivel de quemado: Carbonizado
Cepillado: No
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza



SEIQUE 1

Tratamiento previo:
Merulex y aceite de Teca
Tiempo de quemado: 4:10 min
Intensidad del fuego: Media
Nivel de quemado: Carbonizado
Cepillado: No
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza

QUEMADO COMPLETO



CIPRÉS 3

Tratamiento previo:
Merulex y aceite de Teca
Tiempo de quemado: 2:20 min
Intensidad del fuego: Alta
Nivel de quemado: Completo
Cepillado: No
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza



CIPRÉS 4

Tratamiento previo:
Merulex y aceite de Teca
Tiempo de quemado: 2:00 min
Intensidad del fuego: Alta
Nivel de quemado: Carbonizado
Cepillado: Si
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza

QUEMADO PARCIAL



CIPRÉS 8

Tratamiento previo:
Merulex y aceite de Teca
Tiempo de quemado: 1:00 min
Intensidad del fuego: Alta
Nivel de quemado: Completo
Cepillado: Si
Lijado: No
Acabado: Betún de Judea



TECA 7

Tratamiento previo:
Merulex y aceite de Teca
Tiempo de quemado: 1:02 min
Intensidad del fuego: Alta
Nivel de quemado: Parcial
Cepillado: No
Lijado: No
Acabado: Agua y aceite de Teca

3.1.2 POSIBLES APLICACIONES EN EXTERIORES

Las cualidades de la madera quemada y sellada posteriormente con agua fría permiten el uso de la madera en espacios exteriores sin tantas restricciones como lo haría una madera sin tratamientos.

Mediante el proceso del Shou sugi ban, la madera obtiene un aspecto oscuro y discreto con rasgos muy contemporáneos.

La aplicación de aquellos acabados con un nivel de quemado carbonizado se ve limitada por el posible desprendimiento de la capa carbonizada superficial por golpes o punzonamientos, por lo tanto, se excluyen aplicaciones en pisos para acabados carbonizados. Los lugares más idóneos para su aplicación son recubrimiento de paredes, cerramientos exteriores, cubiertas, celosías y puertas.

Los acabados con nivel de quemado completo y parcial son aptos para aplicar en todos los espacios exteriores, sin embargo, se recomienda evitar su uso en pisos de alto tráfico. (ver imágenes de la 91 a la 96).



FOTO 91: Shugi Ban House
Fuente: <https://materia.nl/articulo/shou-sugi-ban-house/shou-sugi-ban-house-5/>

FOTO 92: Celosía de madera quemada
Fuente: <https://blog.deedsdesign.com/2016/02/17/show-sugi-ban-rainscreen/>

FOTO 93: Puerta exterior de madera quemada
Fuente: <http://indulgy.com/post/DZchekgq93/charred-wood-door-shousugiban-method-blowtorc>

FOTO 94: Cubierta de duelas de Ciprés
Fuente: <http://architect.com/features/article/33926030/showcase-shou-sugi-ban-maarn>

FOTO 95: Fachada con madera quemada
Fuente: <http://www.designhunter.net/house-among-pohutukawa-trees/>

FOTO 96: Cerramiento en madera quemada
Fuente: <https://pursuingwabi.com/2008/03/17/all-black/>

3.2 ACABADOS FINALES PARA INTERIORES

La selección final de las muestras para interiores se rige básicamente por dos criterios, que tengan un buen aspecto estético en su acabado después de la quema y que no manchen al tacto.

3.2.1 ACABADOS SELECCIONADOS PARA INTERIORES

Se eligieron seis muestras para la gama de acabados finales. -**Pino:** P1, P3, P5, P8 -**Fernán Sánchez:** F2 -**Laurel:** L2 (ver imágenes de la 97 a la 102).

PINO: La vasta cantidad de nudos y la fácil exposición de la veta hacen de esta especie la más interesante para aplicar la técnica de la madera quemada; también se obtienen resultados llamativos cuando las bolsas de resina se exponen al fuego y estas expulsan su contenido, dejando una textura más liza que el carbonizado.

El pino permite una quema controlada; cuando el acabado es carbonizado la textura de esta especie revela una superficie semiuniforme pero con grietas finas, de esta manera la acumulación de polvo es menor y la limpieza de la superficie se facilita.

Aún con acabados carbonizados y sí el cepillado es de manera longitudinal en sentido de la veta, se puede presenciar la misma de manera carbonizada. Con quemados completos y parciales se obtienen tonos marrones para las partes más densas de la madera y un color más claro en donde la madera es más suave.

FERNÁN SÁNCHEZ: A diferencia del Pino, la madera de esta especie no revela su veta con niveles de quemado completos ni parciales. Al cepillarla o lijarla la veta es cubierta por la ceniza dejando un tono oscuro de manera monótona, sin embargo, cuando el acabado es carbonizado la madera del Fernán Sánchez revela una textura uniforme con un fino agrietamiento.

LAUREL: Esta especie no revela una textura uniforme al momento de carbonizar, sin embargo, la veta se puede presenciar en casos de un quemado parcial pero sin cepillar ni lijar porque al igual que el Fernán Sánchez la ceniza cubre finalmente la veta.

La madera de la especie Eucalipto no es apta para acabados carbonizados ni quemados completos; su alta rigidez no permite exposiciones prolongadas al fuego. El Eucalipto se dobla fácilmente creando agrietamientos profundos por efectos de tracción, al mismo tiempo, libera astillas de manera continua durante el quemado dejando a las piezas quemadas con dificultad de manipularlas.

FICHAS DE LA GAMA DE ACABADOS EXTERIORES

CARBONIZADOS



PINO 3

Tiempo de quemado: 2:05 min
Intensidad del fuego: Alta
Nivel de quemado: Carbonizado
Cepillado: Si
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza



FERNÁN SÁNCHEZ 2

Tiempo de quemado: 4:10 min
Intensidad del fuego: Baja
Nivel de quemado: Carbonizado
Cepillado: No
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza

QUEMADO COMPLETO



PINO 1

Tiempo de quemado: 4:30 min
Intensidad del fuego: Baja
Nivel de quemado: Carbonizado
Cepillado: Si
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza



PINO 5

Tiempo de quemado: 3:45 min
Intensidad del fuego: Baja
Nivel de quemado: Completo
Cepillado: Si
Lijado: No
Acabado: Aceite de Linaza

QUEMADO PARCIAL



PINO 8

Tiempo de quemado: 1:05 min
Intensidad del fuego: Baja
Nivel de quemado: Parcial
Cepillado: No
Lijado: No
Acabado: Pintura esmalte y betún de judea



LAUREL 1

Tiempo de quemado: 1:20 min
Intensidad del fuego: Media
Nivel de quemado: Parcial
Cepillado: Si
Lijado: Si
Acabado: Betún de Judea

3.2.2 POSIBLES APLICACIONES EN INTERIORES

Cuando la madera quemada se aplica en espacios interiores el ámbito estético es aún más relevante que en el caso de espacios exteriores; los aspectos de resistencia al intemperie pasan a un plano secundario, sin embargo, esta cualidad en ciertos casos permite el uso de la madera en espacios húmedos como paredes de baños y pisos.

Las aplicaciones en interiores son más amplias que en exteriores por lo antes descrito de esta manera la madera quemada se encuentra en: Paredes, tabiquería, muebles, pisos, puertas, cielos rasos, gradas y objetos decorativos. (ver imágenes de la 103 a la 109).

La inserción de objetos o superficies oscuras en un espacio interior dan lugar al efecto de contraste, en otros casos cuando la madera quemada tiene un nivel de quemado parcial se aprecia fácilmente la veta de la madera siendo esta la cualidad principal de este material.

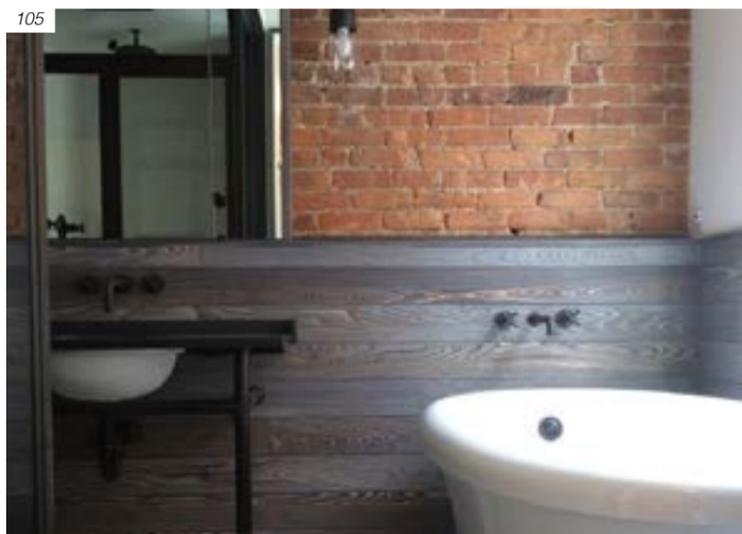


FOTO 103: Puerta de dormitorio madera carbonizada
Fuente: <http://www.montanatimberproducts.com/2016/06/charwood-ebony-interior-design-shou-sugi-ban-japanese-style-charred-wood/>

FOTO 104: Recubrimiento con madera quemada
Fuente: http://patinayard.com/charded_wood_shou-sugi-ban.php

FOTO 105: Zócalo de baño de duelas de madera quemada
Fuente: <https://www.pinterest.com/ehuck2/shou-sugi-ban/>

FOTO 106: Mesa de madera quemada
<http://resawntimberco.com/architectural-digest-design-show-2016-features-resawns-shou-sugi-ban/>

FOTO 107: Tabiquería de madera carbonizada
Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/54817320444501882/>

FOTO 108: Cielo raso de duelas de madera carbonizada
Fuente: <https://permies.com/t/37505/a/20557/2014-08-14%2010.13.24.jpg>

FOTO 109: Piso de madera quemada
Fuente: <http://mariekke.fr/sol-noir/>

3.3 CONSTRUCCIÓN DE MUESTRARIOS

La gran cantidad de ejemplos de aplicación de la madera quemada para exteriores e interiores es empleada en formato de duelas de 9,5cm de ancho. Es por esto que el muestrario elaborado con los 12 acabados finales seleccionados se elaboraron a esta medida para la presentación. (ver imagen 110).

Se muestra una gama de acabados que van desde un nivel de quemado carbonizado hasta un nivel de quemado parcial para cada tipo de acabado (exteriores e interiores). v(er imágenes 114 y 115)

La construcción de los muestrarios consiste en fijar las piezas de madera quemada con los seis acabados elaborados que previamente se escogieron a dos tiras longitudinales de Seique de 4x2cm. (ver imágenes 112 y 113), las mismas que tienen una mano de betún de Judéa (ver imagen 111) para que el color natural de la madera no contraste demasiado con la cara quemada.

El muestrario se hizo en un tamaño en el que las personas puedan apreciar los diferentes acabados ofrecidos. Los trabajos en madera quemada pueden tener una infinidad de usos como ya se vió aunque los tamaños que menos desperdicio presentan son los del ancho de la tabla de 20 cm de ancho y los de la tablilla de 9 ó 9,5cm.

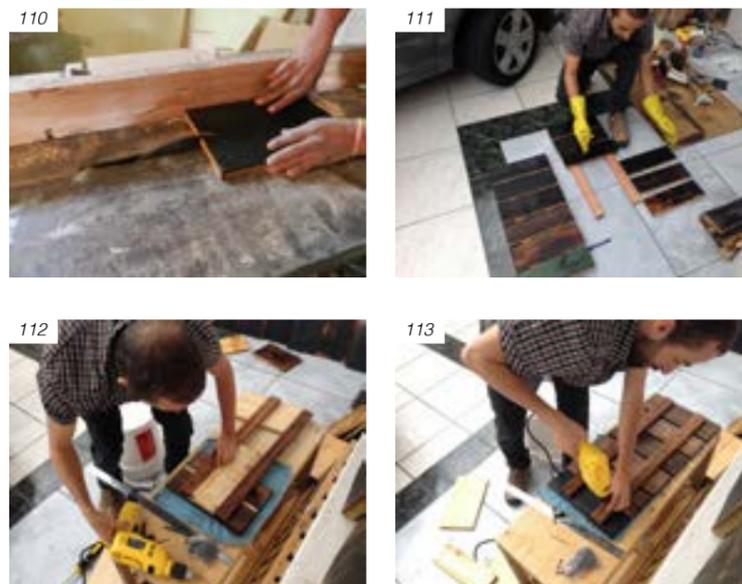


FOTO 110: Corte de la madera para muestrario
Fuente: Autores

FOTO 111: Teñido de la muestras con betún de Judea
Fuente: Autores

FOTO 112 y 113: Armado de muestrarios
Fuente: Autores

114



FOTO 114: Muestrario para exteriores
Fuente: Autores



FOTO 115: Muestrario para interiores
Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Cuando se estudia un nuevo material es común abarcar los temas de aplicación del mismo para emplearlos en la construcción, es decir; cuando se presentan nuevos materiales se indica a su vez la aplicación de los mismos, sin embargo, esta investigación de carácter experimental se centra de manera exclusiva al aspecto estético del acabado de un material muy conocido en la construcción como es la madera.

De una manera análoga a lo que sucede al estudiar uno de los tres aspectos de la arquitectura: forma, función o tecnología. En este caso la forma sería el equivalente al aspecto estético y lo que se valora en esta experimentación. Dentro de esta investigación el aspecto de la aplicación de la madera quemada en la construcción es mencionada y catalogada más no estudiada, esto es posible ya que las aplicaciones del material no son alteradas; el acabado de la madera quemada o carbonizada es superficial y no modifica las formas de aplicación de las piezas comunes de madera.

Si se debería elegir una especie representante para exteriores y otra para interiores serían el Ciprés y el Pino respectivamente; no resulta extraño que ambas especies pertenezcan a la familia de las Coníferas y que contengan mayor cantidad de resina en su interior como la técnica original del Shou Sugi Ban recomienda utilizar, esto permite un gran control del nivel de quemado. De la misma manera, ambas especies tienen una veta imponente y sobresale en casos de niveles de quemado completos o parciales.

Aquellas maderas duras como el Yumbingue o el Eucalipto no son aptas para aplicar la técnica de la madera quemada; la necesaria y prolongada exposición al fuego para carbonizar las piezas hacen que las mismas se doblen creando grietas en la superficie. Para todas las especies donde se aplica la técnica de la madera quemada se recomienda utilizar intensidades medias o altas del fuego para alcanzar lo más rápido el acabado.

A nivel general, ninguna especie resiste las excesivas exposiciones al calor, después de un nivel de quemado carbonizado, la capa superficial se desprende de manera brusca, sin embargo, las especies con maderas más duras como el Yumbingue y Eucalipto no necesitan llegar a un nivel carbonizado, estas desprenden su capa superficial quemada tempranamente lo cual descarta estas maderas para este tipo de acabado.

Cuando las coníferas contengan alto número de bolsas de resina se debe tener en cuenta que las mismas al exponerse al fuego liberarán su contenido impidiendo una quema pareja de la superficie de la pieza de madera. De la misma manera, el cepillado y el lijado se dificulta por la presencia de espacios viscosos que deja la resina liberada por las bolsas.

RECOMENDACIONES:

Debido a la profundidad de investigación de este trabajo y locación de la experimentación, la respuesta de la madera quemada no ha sido observada ante ambientes con alta humedad y salinidad como los de la costa del Ecuador, sin embargo, la amplia cantidad de ejemplos de aplicaciones al rededor del mundo en playas y ambientes como antes descritos sugieren que si es factible el empleo de madera quemada para la construcción, ya sea en espacios interiores y exteriores. Se recomienda realizar pruebas con diferentes especies de la zona y observar su respuesta ante el intemperie, más aun si esta será utilizada en espacios exteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Loja, A., Solano, C., Aguirre, N. (2015). *Especies forestales mas aprovechadas del sur del Ecuador*. Loja, Ecuador: EdilLOJA
- Altimira, J. (2012). *Agentes de degradación de la madera*. Recuperado de <https://jaltimira.files.wordpress.com/2012/01/degradaciocc81n-de-la-madera-patologias.pdf>
- Álvarez, H. y Seoane, I. (1979). *FOTODEGADACIÓN DE LA MADERA*. Forest products journal. Recuperado en 10 de agosto de 2016, de <http://infomadera.net>
- Castro, F., Jadán, V., y Viscaino, E. (2005). *SISTEMA CONSTRUCTIVO EN MADERA APLICADO AL DISEÑO DE UN CENTRO DE EXHIBICIÓN DE MUEBLES*. Tesis. Recuperado en 2 de agosto de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6021>
- Flores, R., Borja, A., Zamudio, F., Fuentes, M., González, E. (2001). *DETERMINACIÓN A TRAVÉS DE PRUEBAS ACELERADAS, DE LA VIDA ÚTIL DEL ACABADO PARA EXTERIORES EN MADERA DE ENCINO Y PINO*. Recuperado en 06 de abril de 2016, de <http://www.scielo.cl/>
- Garay, R., y Henríquez, M. (2010). *COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE TABLEROS Y MADERA DE PINO RADIATA CON Y SIN PINTURA RETARDANTE DE LLAMA*. Maderas. Ciencia y tecnología, 12(1), 11-24. Recuperado en 06 de abril de 2016, de <http://www.scielo.cl/>
- Jørgensen, P. y León, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Saint Louis, USA: Missouri Botanical Garden.
- Kilian, T. (2009). SHOU SUGI BAN. Wood design & building Journal (2014). Recuperado en 2 de agosto de 2016, de <http://www.traviscreekwoodproducts.com/shou-sugi-ban-wood.html>
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION (Actualización mediante acuerdo ministerial N° 0047 del 15 de diciembre de 2014), SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS EN MADERA.
- Quesada, F., Jiménez, Q., Zamora, N., Aguilar, R., González, J. (1997). *Árboles de la Península de Osa. Santo Domingo de Heredia*, C.R., Editorial INBio
- Vaca, R. (1998). *TÉCNICAS PARA LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA*. Santa Cruz, Bolivia: USAID.
- Vega, L., LLinares, M., Villagra, C., Gallego, V., & Gonzales B.. (2012). *Construir con madera*. Recuperado el 10 de Julio 2016, de CONFEMADERA Sitio web: <https://arkyotras.files.wordpress.com/2010/07/guia-de-construir-con-madera-cap-3-comportamiento-frente-al-fuego.pdf>

Páginas web:

- Charred Wood Siding and Fencing. (2013). Recuperado de <http://charredwood.com/> [1 Abril 2016].
- Deltamillworks.com. (2016). Specialty Wood - Delta Millworks - Austin Texas. Recuperado de: <http://deltamillworks.com/> [Ingresado en 31 agosto 2016].
- Shou Sugi Ban. (2010). Recuperado de <http://www.shousugiban.com/> [2 Abril 2016].

ÍNDICE DE FOTOS

	Página
FOTO 1: Vista macroscópica del tronco	22
Fuente: https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/02-la_madera.pdf	
FOTO 2: Árbol de Fresno de la especie de las frondosas	23
Fuente: https://www.pinterest.com/pin/4583820682_97038175	
FOTO 3: Árbol de Pino de la especie de las coníferas	23
Fuente: http://www2.sunysuffolk.edu/dujmovd/tree/species.html	
FOTO 4: Diferencia de color en la madera procedente del mismo bosque de Pino.	24
Fuente: http://www.incofusta.com/wp-content/uploads/2014/03/IMAG0062.jpg	
FOTO 5: La gama de tonos es una cualidad estética de la madera empleada en la construcción. Fuente: http://citharaworld.blogspot.com/2014/08/el-secado-de-la-madera-para-guitarra.html	24
FOTO 6: Los tres principales tipos de corte del tronco	24
Fuente: Autores	
FOTO 7: El efecto higroscópico de la madera produce cambios de volumen en la muestra.	25
Fuente: http://victoriavivancos.blogspot.com/2011/11/1a-higroscopicidad-de-la-madera.html	
FOTO 8: Medidor de contenido de humedad digital para madera.	25
Fuente: http://www.norwoodsawmills.com/	
FOTO 9: Vista microscópica de paredes celulares de maderas de baja y alta densidad.	26
Fuente: http://www.kasiazeminska.com/science/wp-content/uploads/2012/08/Research-www_2.jpg	
FOTO 10: Nudos en la madera	27
Fuente: http://www.blogbricolaje.com/quitar-los-nudos-de-la-madera/	
FOTO 11: Acebolladuras	27
Fuente: http://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_531_16422.pdf	
FOTO 12: Bolsas de resina en el tronco	27
Fuente: http://normadera.tknika.net/es/content/bolsas-de-resina	
FOTO 13: Fendas en una viga de eucalipto.	27
Fuente: http://www.incofusta.com/wp-content/uploads/2014/03/IMAG0062.jpg	
FOTO 14: Recubrimiento exterior en madera	29
Fuente: http://www.construyehogar.com/casas/diseño-casa-cuadrada	
FOTO 15: Bosque de Teca	30
Fuente: https://www.enfoque.global/ecuador-pasa-al-primer-lugar-en-ventas-de-teca-a-la-india/	
FOTO 16: Yumbingue	31
Fuente: http://images.ihb.de/p-17840000-17830226-D0/Schnittholzst%C3%A4mme--Amarillo-(Terminalia-amazonia)--Panama.jpg	
FOTO 17: Chonta	32
Fuente: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/fa/e8/f7/fae8f7a021e5b295fc03f178d6ee1cb2.jpg	
FOTO 18: Bosque de Ciprés	33
Fuente: http://www.dival.es/es/sala-prensa/content/las-barreras-verdes-de-cipres-se-comportan-como-escudos-naturales-contra-el-fuego	
FOTO 19: Seique	34
Fuente: http://www.tropicaltimber.info	
FOTO 20: Uso de Madera en interiores	35
Fuente: http://vyvmaderasreformas.blogspot.com/2014/09/decoraciones-de-interiores-en-madera.html	
FOTO 21: Cedro	36
Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/ba/Cedrela_fissilis.jpg	
FOTO 22: Fernán Sanchez	37
Fuente: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/6e/b2/06/6eb206fb6a99b15ee033aeb0e2184b46.jpg	
FOTO 23: Laurel Costeño	38
Fuente: http://www.ecosdelbosque.com/especie/cordia-alliodora	
FOTO 24: Bosque de Pino	39
Fuente: http://ecoforestalia.blogspot.com/	
FOTO 25: Bosque de Eucalipto	40
Fuente: http://previews.123rf.com/images/plotnikov/plotnikov1409/plotnikov140900063/31993977-Pintoresco-paisaje-rural-con-bosque-de-eucaliptos--Foto-de-archivo.jpg	
FOTO 26: Degradación de mobiliario de la Universidad de Cuenca	42
Fuente: Autores	
FOTO 27: Estibado de la madera para secado natural	44
Fuente: http://www.cuexcomate.com/2015/09/en-la-sierra-de-zongolica-las-plantas.html	
FOTO 28: Cámara de secado de madera	45
Fuente: https://tecnologiadelosmateriales1.files.wordpress.com/2010/06/camara_secado-ejemplo.jpg	
FOTO 29: Inmunización mediante brochado	46
Fuente: http://sprites.comohacerpara.com/img/06731g-preparar-madera-pintar.jpg	
FOTO 30: Cámara de secado de madera Fuente: http://spanish.aac-autoclave.com/sale-1000050-rubber-wood-industrial-autoclave-of-large-scale-steam-equipment-1-65m.html	47
FOTO 31, 32, 33 y 34: Arq. Japones Terunobo Fujimori usando la técnica ancestral	48
Fuente: http://oselya.ua/practical_work/obuglennaya-arhitektura-na-nozhkah	
FOTO 35, 36, 37, 38 y 39: Casa Hampton House NY hecha con Ciprés por Bahnd Design Studio	49
Fuente: http://resawntimberco.com/project/hamptons-house-shou-sugi-bar/	
FOTO 40: Quemado de la madera	50
Fuente: https://i.ytimg.com/vi/rzVoBog8A_4/maxresdefault.jpg	
FOTO 41: Sellado de la madera con agua	51
Fuente: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com	



	Página		Página
FOTO 42: Cepillado	51	FOTO 105: Zócalo de baño de duelas de madera quemada	130
Fuente: https://s-media-cache-ak0.pinimg.com		Fuente: https://www.pinterest.com/ehuck2/shou-sugi-ban/	
FOTO 43: Acabado con aceite	52	FOTO 106: Mesa de madera quemada	131
Fuente: http://www.forestryforum.com/board/index.php?topic=58314.0		Fuente: http://resawntimberco.com/architectural-digest-design-show-2016-features-resawns-shou-sugi-ban/	
FOTO 44, 45, 46 y 47: Acabado con aceite	53	FOTO 107: Tabiquería de madera carbonizada	131
Fuente: http://www.forestryforum.com/board/index.php?topic=58314.0		Fuente: https://www.pinterest.com/pin/54817320444501882/	
FOTO 48: Almacenamiento	53	FOTO 108: Cielo raso de duelas de madera carbonizada	131
Fuente: http://portland.locanto.com/ID_1012195166/Shou-Sugi-Ban-Burnt-Wood-Siding.html		Fuente: https://permies.com/t/37505/a/20557/2014-08-14%2010.13.24.jpg	
FOTO 49: Materiales y herramientas	57	FOTO 109: Piso de madera quemada	131
Fuente: Autores		Fuente: http://mariekke.fr/sol-noir/	
FOTO 50: Quema de muestras con soplete	58	FOTO 110: Corte de la madera para muestrario	132
Fuente: Autores		Fuente: Autores	
FOTO 51, 52 y 53: Medición de humedad	59	FOTO 111: Teñido de la muestras con betún de Judea	132
Fuente: Autores		Fuente: Autores	
FOTO 54: Maderas recortadas en 30 x 20cm	59	FOTO 112 y 113: Armado de muestrarios	132
Fuente: Autores		Fuente: Autores	
FOTO 55: Aplicación de Merulex (fungicida)	59	FOTO 114: Muestrario para exteriores	133
Fuente: Autores		Fuente: Autores	
FOTO 56, 57, 58 y 59: Proceso de quemado	60	FOTO 115: Muestrario para interiores	134
Fuente: Autores		Fuente: Autores	
FOTO 60, 61, 62 y 63: Sellado con agua	61		
Fuente: Autores			
FOTO 64, 65, 66 y 67: Cepillado	61		
Fuente: Autores			
FOTO 68: Aplicación de aceite después de la quema	62		
Fuente: Autores			
FOTO 69, 70 y 71: Quema sobre tinte azul	62		
Fuente: Autores			
FOTO 72 y 73: Quema sobre crayón	63		
Fuente: Autores			
FOTO 74 y 75: Quemado sobre esmalte	63		
Fuente: Autores			
FOTO 76 y 77: Aplicación de betún de judea	63		
Fuente: Autores			
FOTO 78 y 79: Medición de humedad antes y después de la quema	118		
Fuente: Autores			
FOTO 80: Acumulación de polvo	119		
Fuente: Autores			
FOTO 81, 82 y 83: Suciedad al tacto	119		
Fuente: Autores			
FOTO 84: Desprendimiento de carbón	120		
Fuente: Autores			
FOTO 85: Ciprés 1, carbonizado	125		
Fuente: Autores			
FOTO 86: Seique 1, carbonizado	125		
Fuente: Autores			
FOTO 87: Ciprés 3, quemado completo	125		
Fuente: Autores			
FOTO 88: Ciprés 4, quemado completo	125		
Fuente: Autores			
FOTO 89: Ciprés 8, quemado parcial	125		
Fuente: Autores			
FOTO 90: Teca 1, quemado parcial	125		
Fuente: Autores			
FOTO 91: Shugi Ban House	126		
Fuente: https://materia.nl/article/shou-sugi-ban-house/shou-sugi-ban-house-5/			
FOTO 92: Celosía de madera quemada	126		
Fuente: https://blog.deedsdesign.com/2016/02/17/show-sugi-ban-rainscreen/			
FOTO 93: Puerta exterior de madera quemada	126		
Fuente: http://indulgy.com/post/DZchekgq93/charred-wood-door-shousugiban-method-blowtorc			
FOTO 94: Cubierta de duelas de Ciprés	126		
Fuente: http://archinect.com/features/article/33926030/showcase-shou-sugi-ban-maarn			
FOTO 95: Fachada con madera quemada	127		
Fuente: http://www.designhunter.net/house-among-pohutukawa-trees/			
FOTO 96: Cerramiento en madera quemada	127		
Fuente: https://pursuingwabi.com/2008/03/17/all-black/			
FOTO 97: Pino 3, carbonizado	129		
Fuente: Autores			
FOTO 98: Fermán Sánchez 2, carbonizado	129		
Fuente: Autores			
FOTO 99: Pino 1, quemado completo	129		
Fuente: Autores			
FOTO 100: Pino 5, quemado completo	129		
Fuente: Autores			
FOTO 101: Pino 8, quemado parcial	129		
Fuente: Autores			
FOTO 102: Laurel 1, quemado parcial	129		
Fuente: Autores			
FOTO 103: Puerta de dormitorio madera carbonizada	130		
Fuente: http://www.montanatimberproducts.com/2016/06/charwood-ebony-interior-design-shou-sugi-ban-japanese-style-charred-wood/			
FOTO 104: Recubrimiento con madera quemada	130		
Fuente: http://patinayard.com/charded_wood_shou-sugi-ban.php			

