

silicio, sodio, potasio y boro en la madera de pino ponderosa, 2) que los valores de absorción de agua presuponen una mejora importante en la impermeabilización del material, 3) que el aumento del valor de densidad aparente normal de la madera, presupone una mejora en la mayoría de las propiedades físicas y mecánicas y 4) las mejoras logradas en las características naturales de la madera, potencian el uso de la madera impregnada con silicatos, para pisos y muebles.

Ensayos sobre recubrimientos en madera de pino ponderosa para uso exterior. Resultados preliminares (Gabriel Keil, Ricardo Cámara, María Mercedes Refort - LIMAD, FCAyF-UNLP, Química Bosques S. A.)

La madera es deteriorada en servicio por diversos agentes, entre ellos los agentes físicos tales como la erosión, radiaciones y variaciones térmicas, que sumado a la acción del agua tanto en fase líquida como vapor inician el deterioro favoreciendo las condiciones para el desarrollo de agentes biológicos como mohos y hongos. Este proceso de deterioro general de la madera se lo conoce como *intemperismo*.

Se puede definir a los recubrimientos como productos que se aplican sobre la superficie de la madera con la finalidad de preservarla del deterioro producido por la acción de los agentes físicos, además de embellecerla. Existen en el mercado una serie de productos para la madera, pero ninguno ensayado específicamente para pino ponderosa. La porosidad, presencia de extractivos como resinas, densidad, grano inclinado, diferencias entre leño temprano y tardío, presencia de nudos, son las características más importantes que pueden influir en la correcta incorporación y anclaje del recubrimiento en la madera y su efectividad y permanencia durante la vida útil. La gama de productos van desde aquellos totalmente opacos, que no permiten ver la madera y se encuentran representados por los esmaltes blancos, hasta aquellos totalmente transparentes, pigmentados o no, que protegen la madera resaltando su belleza natural como los barnices, lacas y lasures. En la franja intermedia se encuentran aquellos que permiten visualizar las vetas de la madera morigerando su intensidad, y se los conoce como productos semitransparentes, los que suelen ser pigmentados.

En cuanto a las características particulares de los productos, se encuentran en el mercado los clásicos barnices, lacas y esmaltes que protegen la madera en base a la formación de una película que la aísla del *intemperismo* y los productos denominados a poro abierto, que sólo forman una micropelícula del orden de los 15 micrones de espesor conocidos como lasures, que actúan protegiendo la madera de la intemperie pero permitiendo el intercambio de agua en fase vapor favoreciendo la estabilización higroscópica con el ambiente.

Los productos además han evolucionado hacia la utilización de solventes más amigables con el medio ambiente, con menor contenido de VOC's (volatile organic compounds), dando lugar a la aparición de productos de alto contenido de sólidos, incluso llegando a la casi eliminación de los VOC's en el caso de los productos que utilizan el agua como solvente.

Se evaluó el comportamiento de distintos productos de mercado y nuevas tendencias aún no difundidas, aplicados sobre madera de pino ponderosa expuesta a la intemperie y evaluados según la normativa vigente. Se trabajó con madera de pino ponderosa de 30 años de edad de un rodal ubicado en la localidad de Abra Ancha (Neuquén). Tablas secas en horno y cepilladas de 1" x 5" (pulgadas) por 100



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa

cm de largo fueron remitidos a la FCAyF-UNLP, desde la planta industrial de la Empresa CORFONE S. A. ubicado en la localidad de Junín de los Andes (Neuquén). En el laboratorio del LIMAD se dimensionaron las tablas en probetas de 1 x 5 por 50 cm.

En el presente trabajo se ensayaron productos de mercado de distintas marcas comerciales y un par de productos de última generación aún no difundidos en el mercado local. Los productos recubrientes ensayados y sus aplicaciones se especifican en la tabla 21.

Tabla 21 Productos y métodos de aplicación

Tratamiento	Producto	Aplicación	Observaciones
T1	Esmalte brillante solvente	3 manos con pincel	Oleosoluble del mercado
T2	Esmalte brillante al agua	3 manos con pincel	Hidrosoluble del mercado
T3	Barniz brillante A	3 manos con pincel	Producto de mercado marca A
T4	Barniz brillante B	3 manos con pincel	Producto de mercado marca B
T5	Barniz brillante C	3 manos con pincel	Producto de mercado marca C
T6	Lasur al solvente D	3 manos con pincel	Producto de mercado marca D
T7	Lasur al solvente E	3 manos con pincel	Producto de mercado marca E
T8	Lasur al agua	3 manos con pincel	Producto de mercado
T9	Esmalte acrílico exterior	3 manos con pincel	Producto del mercado
10	Lasur semitransparente	3 manos con pincel	Producto de última generación ausente en mercado nacional
T11	Lasur altos sólidos	2 manos con paño	Producto de última generación ausente en mercado nacional
Testigo -	Sin recubrimiento	-	Madera expuesta sin recubrir

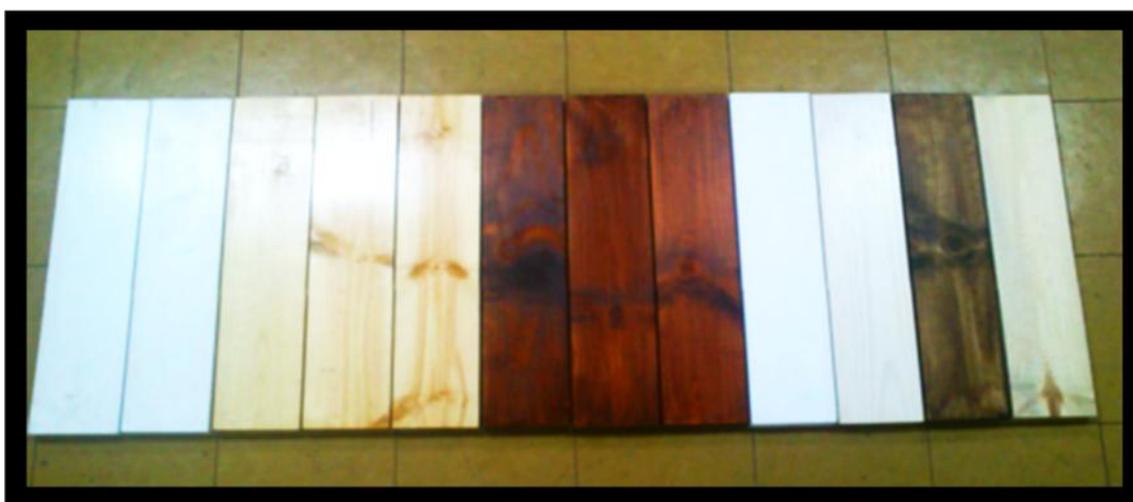


Figura 10 Tratamientos ordenados de izquierda a derecha en orden ascendente.

Para los estudios se tomaron como referencias los siguientes antecedentes normativos: ASTM D 1006-01, práctica estándar para la realización de pruebas de exposición a exteriores de pinturas sobre maderas; UNE – EN 927-3 pinturas y barnices: materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para madera exterior, ensayo de envejecimiento natural. Se determinó el contenido de humedad

de cada tabla mediante hidrómetro digital y se calculó la densidad aparente normal media del lote de tablas según norma IRAM 9544.

Por cada tratamiento se pintaron 6 tablas por separado. Antes de la última mano, con 5 de ellas se armó un bastidor para colocar en el expositor y una tabla se dejó como muestra en el laboratorio. La última mano se aplicó sólo en cara, cabezas y cantos de cada tabla. Con la aplicación sobre la cara se cubrieron las cabezas de los clavos que unieron la tabla a las varillas de cancharana (madera dura y durable) donde fueron clavadas. Entre cada mano se pasó una lija suave blanca, grano 180, y un paño para quitar el polvo de la superficie.

Se construyó un expositor de caño cuadrado de 2", separando 50 cm del suelo la parte a exponer y con una superficie de exposición de 2 m de alto por 4 m de largo. Esta superficie de exposición fue ubicada a 45° de la vertical. El expositor, una vez soldado fue pintado con una mano de pintura antióxido y dos manos de esmalte negro brillante.

El expositor fue colocado sobre un nylon negro de 200 micrones de espesor, cubriendo una superficie de 3 m de ancho por 6 m de largo, con el objeto de evitar el desarrollo de la maleza debajo del mismo. El expositor fue colocado en la Estación Experimental Julio Hirschorn de la FCAyF, UNLP, en la localidad de Los Hornos, partido de La Plata, provincia de Buenos Aires. El mismo fue ubicado con exposición norte, en un lugar libre de edificaciones y sin árboles u otro objeto que pueda interferir en la irradiación y en el resto de las condiciones ambientales.

Los bastidores fueron ubicados, amarrados con 4 precintos plásticos, en orden creciente del número del tratamiento de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, quedando dispuestos 5 tratamientos en la línea superior, 5 en la línea media, 1 tratamiento y el testigo en la línea inferior.



Figura 11 Tablas procesadas para su tratamiento con recubrientes y aspecto del expositor a los 180 días de exposición.

Se hicieron evaluaciones visuales cada 15 días, desde el primer día de exposición (20 de diciembre de 2012) hasta cumplidos los 180 días (18 de junio de 2013), evaluando brillo, homogeneidad de color, grietas, rastros de tanatos de hierro proveniente de los clavos, presencia de hongos, permanencia del recubriente y estado general madera/recubrimiento.

El contenido de humedad medio de las probetas fue de 11,98%, con valores mínimos y máximos de 10% y 14%, respectivamente. Siendo la densidad media de la madera de ensayo de 0,43 g/cm³.

En la primera parte del ensayo se evaluaron los desempeños de los productos durante los meses de verano y primavera, en los cuales los productos estuvieron expuestos a altas temperaturas y elevados valores de radiación solar. Además, los altos valores de HR y precipitaciones fueron propicios para el desarrollo de moho y hongos.

En la tabla 22 se muestran los detalles de la evaluación realizada a los 180 días de exposición.

Tabla 22 Evaluación a los 180 días de exposición.

Tratamiento	Observación lunes 24 junio 2013 (exposición 180 días)	Evaluación
T1	Óxido incipiente en cabeza de clavos, comienzo de chorroneos. Inicio pérdida de blancura	Aceptable
T2	Inicio pérdida de blancura. Clavos mejor conservados que T1	Aceptable
T3	Pérdida de recubriente en partes. Agrisado y mohos. Manchas oscuras de actividad fúngica alrededor de clavos y en el envés. Fin de vida útil	No aceptable
T4	Idem T3 pero menos pronunciado. Mohos en envés. Fin de vida útil.	No aceptable
T5	Estado intermedio entre T3 y T4. Sin mohos en envés. Fin de vida útil.	No aceptable
T6	Pérdida de recubriente en partes localizadas. Estado general bueno	Aceptable
T7	Estado general bueno, mejor que T6. Grieta en tabla 38.	Aceptable
T8	Estado general bueno.	Aceptable
T9	Grietas en todas las tablas, característica de revestimiento duro. Conserva el brillo inicial. Abundantes mohos en envés	No aceptable
T10	Estado bueno. Avance de mohos en borde de cara y en el envés.	Aceptable con mejoras
T11	Deterioro inicial estable en este período. Buen estado en tabla sin defectos y mejor distribuido el recubriente.	Aceptable con mejoras
Testigo	Agrisado generalizado y grietas. Tanato de hierro en chorroneos muy marcados. Mohos en envés.	

Como se observa en la tabla 22, los 3 barnices y el esmalte acrílico no tuvieron un buen desempeño. En el lasur semitransparente ha fallado su componente fungicida y el componente altos sólidos ha tenido algunos problemas en su distribución. Luego de la evaluación se decidió repetir el ensayo con los 3 barnices, cambiando algunos aspectos de la aplicación, incorporando una primera mano con el barniz diluido en aguarrás al 50% y aplicando posteriormente 3 manos de los productos puros.

Con 180 días de exposición se observa lo siguiente:

- Los **esmaltes al solvente y al agua** tuvieron buen comportamiento, conservando material, color y brillo.

- Los 3 **barnices** tuvieron un rápido decaimiento con inicial pérdida de brillo, seguido de cuarteo y posterior desprendimiento de película. El fin de la vida útil como protector de intemperismo se puede observar a 105 días de exposición siendo similar para los tres productos ensayados.

- Los 3 **lasures** tuvieron un buen desempeño y continúan brindando protección.



- El **esmalte blanco acrílico** favoreció el agrietamiento de la madera seguramente debido a su alta adherencia y rigidez.

- El **lasur semitransparente** tuvo deficiencias en el control del desarrollo de hongos que proliferaron en la interfaz micropelícula/madera, a pesar de esto la micropelícula mantiene sus propiedades iniciales en cuanto a color y brillo.

- El **componente altos sólidos** tuvo un buen desempeño debiéndose mejorar su distribución.

- El **testigo** se mantuvo dentro de los rangos esperables con un agrisado superficial, desarrollo de hongos y manchas de tanato de hierro a partir de las cabezas de los clavos.

La evaluación de este ensayo continuará por otros 180 días, completando un ciclo anual. Durante el segundo semestre de 2013 se instalarán cuatro nuevos expositores, dos en Bariloche (INTA EEA Bariloche y aserradero GW), otro en El Bolsón (Campo Forestal General San Martín) y el restante en el INTA Trevelin (Campo Agroforestal Trevelin), con el fin de estudiar el comportamiento de los recubrimientos en el clima característico donde se emplea la madera de pino ponderosa en la actualidad.

En base a los resultados del presente trabajo, se mejoró la composición del lasur semitransparente y del componente altos sólidos. Además se modificará la aplicación de los barnices. Todas estas mejoras serán ya aplicadas a las probetas de los nuevos expositores.

La madera en la construcción

Desafíos y oportunidades se presentan en Argentina a lo largo de toda la cadena productiva – industrial del sector forestal, que generan condiciones propicias para su desarrollo. Entre ellas el déficit habitacional: la construcción de viviendas de madera. Para atender esta demanda se destaca el incremento de las plantaciones forestales; el avance en cantidad y calidad de los productos forestales; la aparición de productos para la construcción en seco; el alto déficit habitacional difícil de paliar en el corto tiempo (con especial referencia a la baja prestación de las viviendas sociales como la dificultad de alcanzar la vivienda propia), la posibilidad de promover producciones locales que incorporen valor agregado y mano de obra que permita en definitiva mejorar la calidad de vida de la población urbana y rural.

Se presentaron experiencias, tecnologías y productos aplicados en la construcción de viviendas, a nivel país y varios ejemplos de desarrollos del sector local. Durante las presentaciones se mostraron ventajas del sistema constructivo en maderas: rapidez y sencillez de construcción, posibilidad de prefabricación, aislación al frío, aislación al calor y la humedad, buena relación costo/prestación, entre otros.

Entre las experiencias exitosas llevadas adelante en otras regiones de Argentina, los especialistas remarcaron:

- rapidez y costo respecto de la construcción tradicional con mampostería. En cuanto a tiempo se refiere, por cada casa en mampostería, es posible hacer tres en



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa

madera. En términos económicos esta relación de 3:1 se reduce a 3:2. Por cada dos casas en mampostería es posible construir tres casas de madera.

- más madera, menor impacto ambiental: mitigación de los efectos de cambio climático a partir de la fijación/secuestro de Carbono a perpetuidad. Respecto de la construcción con hormigón/mampostería, la energía requerida para la obtención del producto final es menor. Lo mismo que para su desintegración.

- si bien la madera puede sufrir carbonización, en los test de comportamiento al fuego se mantiene libre de colapso al compararla con una viga de acero.

- mejor aislación, tanto térmica como acústica.

- más madera, también implica más posibilidades de mercado para maderas de baja calidad.

Resumidas ventajas comparativas que posicionan a la madera frente a los sistemas constructivos tradicionales.

- materia prima renovable – reciclable, carbono neutral - Sumidero de CO₂, de baja demanda energética
- muy buena aislación al frío, y calor, bajo consumo energético (energéticas), aislación a la humedad – casa “sana”
- alta duración – bajo mantenimiento, ganancia de superficie útil interna, costo y prestación muy competitivo, CASA AGRADABLE Y PARA SIEMPRE
- emplea madera y mano de obra local, rapidez de construcción insuperable, construcción en seco: sencilla – limpia, permite preindustrializar piezas parte, empleo de herramientas livianas – simples, capacitación sencilla (intuitivo), evita conflictos entre gremios, relación costo/prestación competitivo, muchos diseños - casas “ lindas”

Remarcaron por otro lado la necesidad de:

- lograr productos que cumplan mínimamente con los estándares de calidad (secado, aserrado, dimensiones...), combinación de la madera con productos nobles como la piedra, incorporación de diseño, generando espacios y volúmenes, promover transparencias.

- considerar, tener precaución, cuando promovemos la construcción en madera como una ventaja económica. Se produce una asociación directa entre viviendas en madera y viviendas precarias.

- identificar el déficit habitacional como una oportunidad dinamizadora del sector foresto-industrial.

En el país se destaca la existencia de equipos profesionales como GEMA UTN/CECOMA UCU EUCA el grupo de construcción en maderas de la Dirección de Producción Forestal del Ministerio de Agroindustria, apoyados por grupos internacionales, por ejemplo EMOICQ (Canadá). De la misma manera, existen laboratorios para el desarrollo de test de resistencia de vigas y clavos, de paneles de muro, de durabilidad natural, de contracción de rollizos (útiles en los procesos de construcción con madera redonda), de recubrientes y preservantes como los llevados a cabo en pino ponderosa, expuestos el día anterior.

Dentro de los sistemas constructivos con madera se ejemplificaron los de pórtico, columnas y vigas, paneles laminados y entramado ligero. En el caso del NOA



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa

argentino, en especial referencia al uso del eucaliptus se ejemplifico con el uso de fundaciones apoyadas sobre pilotes y trineos, desarrollados ya sean a partir de madera redonda de eucaliptus tratado o vigas de piso entramadas sometidas a esfuerzos de tracción y compresión.



Figura 12 Sistemas constructivos presentados como casos exitosos para el NOA argentino a partir de madera de Eucaliptus Grandis (Fotos: gentileza de Martín Sánchez-Acosta)

En cuanto a los muros, el uso de la madera de eucaliptus en el NOA mostró las ventajas del sistema de pre-ensamblado (pre-panelizados). La estandarización de paneles permite reducir los tiempos de obra. El sistema constructivo desarrollado en INTA Concordia parte de tres tipos de paneles: ciego, de ventana y de puerta. Los paneles son pre-ensamblados en mesas horizontales o verticales, de 1,22 m x 2,4 m. Las cabreadas también son prediseñadas. Se destaca la estandarización del sistema constructivo. Todas las tablas usadas, tanto para cabreadas como para paneles es de 1" x 3", de largo variable.

Este sistema constructivo fue empleado para la construcción de la "casa Emaus". Se partió de un concepto habitacional que debía ser una solución definitiva, competitiva respecto de la relación costo/prestación, que respetara los derechos de una vivienda digna: una sala comunitaria y tres dormitorios que no permitiera el hacinamiento familiar. La coordinación de etapas de trabajo mostro ser eficiente. La carcasa externa de la casa, sin considerar el tiempo necesario la construcción de la platea fue realizada en 7 días.



Figura 13 Sistemas constructivos presentados como casos exitosos para el NOA argentino a partir de madera de Eucaliptus Grandis (Fotos: gentileza de Martín Sánchez-Acosta)

La madera del pino ponderosa en la construcción

Diferentes sistemas constructivos de viviendas en madera usan en la actualidad los productos provenientes tanto de raleo como corta final de pino ponderosa. En este sentido, el sistema constructivo de encofrado perdido resuelve de manera eficiente el uso de la madera juvenil de pino ponderosa, produciendo una estructura de vivienda según estándares conocidos de aislación térmica y acústica de la construcción en madera. Este sistema constructivo utiliza diferentes escuadrías para el recubrimiento de los paneles: tablas de cualquier dimensión (espesor, ancho y largo), generalmente en espesores de $\frac{3}{4}$ " o 1". Estos pueden ser de madera aserrada en bruto (sin cepillar), de segunda calidad, manchado, canto muerto, etc. La estructura de los paneles se realiza con puntales de 3" x 6" (casas de dos plantas), 2" x 6" o 2" x 4" (planta alta o viviendas de una sola planta).

Al interior de los paneles se utiliza aserrín, proveniente de aserradero, sin ningún tipo de tratamiento ignífugo. La finalización de los muros es realizado mediante ruberoir y metal desplegado. Esto permite el recubrimiento del encofrado con revoque hidrófugo de aproximadamente 5 cm. Esto hace una pared de entre 25 y 30 cm de espesor de buenas propiedades acústicas y térmicas.

El techo de esta vivienda con clavaderas de 2" x 3" puestas de canto y realce de 1" es completado entre la tabla y la chapa con dos capas de ruberoir y aserrín (fig. 14).



Figura 14 Detalles constructivos de la vivienda GW. Paneles de pared totalmente encofrados en madera con aserrín al interior. En este caso, el aserrín es un producto remanente del aserradero que es utilizado con éxito en el sistema constructivo como elemento aislante.

Algunos detalles técnicos del sistema constructivo de esta vivienda: utiliza aproximadamente $100 \text{ p}^2/\text{m}^2$ de obra, $0.32 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de obra. Su consumo energético promedio para un año es de $7.3 - 8.7 \text{ m}^3 \text{ gas}/\text{m}^3$ vivienda, comparable a una



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa

construcción de doble pared en mampostería con cámara de aire interior ($9.2 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^3 \text{ vivienda}$), pero significativamente inferior a la construcción tradicional de pared simple ($26.1 - 27 \text{ m}^3 \text{ gas/m}^3 \text{ vivienda}$).



Figura 15 Viviendas hechas en San Carlos de Bariloche siguiendo el sistema constructivo de ballon-frame con uso de madera proveniente de raleos comerciales de pino ponderosa y otras especies de la región. Una vez realizado en revoque, la madera queda escondida, no visible a la vista, simulando una casa de mampostería.

La construcción de cabañas de troncos es otra alternativa de uso de madera de pino ponderosa. Este sistema constructivo puede llevarse adelante a partir del pre montaje de paneles o mediante el ensamblado de cabañeros según planos de obra (Fig. 16). Se destacó la rapidez de construcción. Las cabañas de tronco pueden ser realizadas todas en madera o a partir de la combinación de vigas y columnas de cemento y/o piedra. Los cabañeros presentados tienen tres caras planas, doble guía macho hembra y exterior rustico. Tres dimensiones de cabañeros (14×17 , 16.6×20

y 20 x 25 cm) permite adecuar los costos según las necesidades y demandas de los clientes.

Sin embargo, el uso de madera sin secar limita en cierta medida el uso de la madera de ponderosa para los puntales de las cabañas en madera. Estas son construidas con madera de pino oregón, de mayor estabilidad dimensional de piezas.



Figura 16 Diferentes sistemas constructivos de troncos (figura superior derecha) propuesto Ea. Quechuquina: dormis, puestos, casas, a partir de cabañeros de doble muesca macho-hembra.

El proceso constructivo se inicia según planos aprobados. Los troncos son cortados a medida en aserradero y ensamblados *in situ*, una vez que los trabajos de obra húmeda son finalizados. El montaje continúa en obra por parte de la misma empresa.

Es de destacar que otras empresas, de manera individual o bajo la figura de asociativismo se encuentran desarrollando tanto a partir del ensamble de paneles o bajo el sistema constructivo de cabañas emprendimientos similares en el Noroeste de la provincia. de Chubut.



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa



Figura 17 Vivienda unifamiliar de troncos: sistema constructivo de montaje en obra a partir de lectura de planos. Los troncos poseen tres caras planas y exterior rustico.

En el marco del proyecto de rehabilitación y mejora tecnológica para el aumento de la oferta de productos forestales que presentó CORFONE S.A., la promoción de nuevas tecnologías para el uso de madera maciza en la construcción es una herramienta primordial que permitirá la innovación productiva, motor para el desarrollo del sector. En este sentido, tanto CORFONE S.A. como así también la Dirección Forestal del Ministerio de Agroindustria de la Nación presentaron el sistema constructivo de Bloques de Madera Encastrables (MEB). Este sistema constructivo, en resguardo por el momento, utiliza madera proveniente de raleos comerciales de pino ponderosa. El sistema constructivo en sí se basa en la superposición de bloques o ladrillos de madera, que se unen mediante listones, tarugos de madera y clavos metálicos, formando de esta manera un entramado de madera y metal que garantiza la vinculación de los muros. Un sistema de juntas elásticas garantiza la aislación térmica. La estandarización de las dimensiones de los bloques (40 x 12 x 7 cm) permite la automatización del proceso productivo y el desarrollo de los mismos a gran escala. Un proceso de preservación con autoclave y baño de lasur exterior garantiza la durabilidad necesaria de la madera en la construcción.

El pino ponderosa en el contexto de industrias conexas

Producción de energía a partir de la biomasa forestal

A partir de la generación de residuos provenientes de manejo de plantaciones forestales existentes (poda y raleo), la prospección de lo que se generaría a partir de nuevas plantaciones y en función de las demandas de energía como consecuencia de la instalación de nuevas plantas de procesamiento de la madera, CORFONE S.A. y EPEN (Ente Provincial de Energía del Neuquén) conformaron una unidad ejecutora integrada para la producción de energía proveniente de productos renovables. Se logró el financiamiento por parte del CFI para los estudios de factibilidad y anteproyecto de instalación de una planta de generación de electricidad alimentada con biomasa forestal. Esto no solo permitiría cubrir la demanda energética de los



Proceso, producto y gestión de la madera de pino ponderosa