

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE TACUAREMBÓ  
TECNÓLOGO EN ADMINISTRACIÓN Y CONTABILIDAD

# **IMPREGNACIÓN DE MADERA CON CCA EN URUGUAY: LA RECONVERSIÓN COMO ALTERNATIVA**

por

**MARÍA ISABEL MARTÍNEZ FERREIRA**

**ANDREA MARTÍNEZ SILVA**

**JACQUELINE OYANARTE GODOY**

**LAURA SABRINA SANTIAGO LOPEZ**

**TUTORA: EC. GABRIELA NOGUEIRA**

**COORDINADORA: CRA. ANA GÓMEZ**

Tacuarembó

URUGUAY

2016

**Página de Aprobación**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE TACUAREMBÓ**

**El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el trabajo final:**

**Título**

.....  
.....

**Autor/es**

.....  
.....

**Tutor**

.....

**Carrera**

.....

**Cátedra**

.....

**Puntaje**

.....

**Tribunal**

**Profesor..... (Nombre y firma).**

**Profesor..... (Nombre y firma).**

**Profesor..... (Nombre y firma).**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer en primer lugar, y en su sentido más abstracto, a los pequeños elementos que aparecieron en nuestro día a día e hicieron de ellos una oportunidad más para comenzar y proseguir un camino, cuyo único destino son nuestras metas que hoy se presentan en menor escala de la mano de este proyecto.

Así, queremos dejar marca de nuestra gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en cada paso durante la realización de este trabajo, a aquellas que se involucraron directa o indirectamente en el proceso y brindaron motivación, conocimientos, consejos, o simplemente estuvieron ahí.

Directamente relacionada al párrafo anterior y quien merece su debido espacio en este apartado, sinceramente agradecemos a nuestra tutora de proyecto, quien fue un pilar de suma importancia para poder cumplir cada objetivo pautado y su guía no sólo nos permitió culminar esta etapa, sino que también nos brindó conocimientos que nos serán de utilidad el día de mañana.

También agradecemos a la Cra. Ana Gómez por la coordinación, a la Dra. Marcela Ibáñez por haber propuesto la temática para trabajar, facilitar los contactos y algunos materiales y a la Dra. Virginia Morales quien participó en un inicio en la coordinación del tema y en aportes al cuestionario.

Por último, a nuestras familias, que son la base de todo y las primeras en apoyarnos en cada nuevo desafío. Las encontramos presentes en diferentes momentos a lo largo de nuestras vidas, en circunstancias cargadas de negatividad, frustración y tristezas así como en las más positivas, junto a las alegrías y sonrisas. Gracias por la paciencia, y sobre todo comprensión.

¡Muchas gracias por todo!

## **RESUMEN**

El presente documento le otorga al lector información referente al análisis de caso de tres empresas que impregnan madera en Uruguay utilizando preservantes del tipo CCA, CA-C y CA-B. En particular, se analiza la alternativa de reconversión de aquellas empresas que operan con CCA pues es reconocido y se ha desarrollado una extensa literatura al respecto sobre los efectos perjudiciales en la salud y seguridad ocupacional de quienes operan con este producto, como los impactos en el entorno, si la madera tratada es incinerada, y las personas –inclusive niños- que tienen contacto con la misma. Además, la disposición final de los productos impregnados con CCA, los desechos del proceso de impregnación como la utilización de la madera una vez que ha cumplido su ciclo son cuestiones fundamentales a tener en cuenta. Para ello, se realizaron entrevistas a tres empresas del sector (dos de las cuales operan con CCA y otra que opera con dos productos alternativos, denominados CA-B y CA-C) a los efectos de determinar las características organizacionales, tecnología y proceso de producción, salud y seguridad ocupacional, estructura de costos, comercialización y postura ante la reconversión de cada una para discutir finalmente las razones o factores que determinan que una empresa se reconvierta o no a un producto alternativo. Se ha considerado fundamental exponer además cuál es la normativa vigente en Uruguay respecto a la impregnación de madera en el entendido que influye fundamentalmente en la decisión de reconversión de las empresas del sector.

## **DESCRIPTORES**

Impregnación de madera, preservantes de madera (CCA, Wolman E CA-C y CA-B), costos de reconversión, salud y seguridad ocupacional, impactos medioambientales.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN.....	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	8
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	10
III. OBJETIVO GENERAL .....	10
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
V. MARCO TEÓRICO .....	11
A. EL USO Y DETERIORO DE LA MADERA .....	11
B. PRESERVANTES PARA MADERA.....	12
C. EL PROCESO DE IMPREGNACIÓN DE MADERA.....	14
D. LA IMPREGNACIÓN DE MADERA EN URUGUAY .....	17
E. CCA: REGULACIÓN Y SEGURIDAD OCUPACIONAL .....	19
F. CCA Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	25
G. CCA Y RECONVERSIÓN .....	28
H. ALTERNATIVAS AL CCA.....	29
I. FACTORES QUE ATENTAN SOBRE LA RECONVERSIÓN DE EMPRESAS QUE OPERAN CON CCA .....	32
VI. METODOLOGÍA .....	34
A. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS .....	34
VII. PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS .....	35
A. EMPRESA A .....	35
1. Características organizacionales .....	35
2. Tecnología y proceso de producción.....	35
3. Salud y seguridad .....	37
4. Estructura de costos.....	39
5. Comercialización.....	40
6. Postura ante la reconversión.....	40
B. EMPRESA B.....	41
1. Características organizacionales .....	41
2. Tecnología y proceso de producción.....	41
3. Salud y seguridad .....	44

4. Estructura de costos.....	45
5. Comercialización.....	46
6. Postura ante la reconversión.....	47
C. EMPRESA C.....	48
1. Características organizacionales .....	48
2. Tecnología y proceso de producción.....	48
3. Salud y seguridad .....	51
4. Estructura de costos.....	52
5. Comercialización.....	54
6. Postura ante la reconversión.....	55
VIII. CONCLUSIONES .....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS .....	63
ANEXO A.....	63
I. Entrevista a Empresa A.....	63
II. Entrevista a Empresa B .....	66
III. Entrevista a Empresa C .....	69
ANEXO B.....	73
I. Cuadro comparativo entre empresas .....	73

## I. INTRODUCCIÓN

La impregnación industrial de madera es un proceso que se viene realizando en Uruguay y en la que hoy participan 21 empresas entre públicas y privadas. Tiene como objetivo proporcionar una mayor durabilidad y protección de la madera ante agentes externos.

Recientemente ha surgido la preocupación a nivel mundial del empleo en este proceso de determinados productos con elevada toxicidad. En particular, se describen los efectos adversos sobre la salud ocupacional y el medio ambiente de la utilización del producto preservante CCA, cuya composición es una mezcla de óxidos de cobre, cromo y arsénico. Al mismo tiempo, hay una lenta introducción en el mercado de otros productos alternativos que prometen tener el mismo efecto sobre la madera y ser menos nocivos para la salud de las personas, así como reducir el impacto medioambiental.

En el presente estudio se expone el análisis de tres empresas que realizan impregnación de madera en Uruguay. El criterio para su elección tiene que ver con el origen del capital (esto es público o privado) y el producto que utilizan para la impregnación (CCA o CA-B y CA-C).

El proyecto de investigación tiene por objetivo determinar si la reconversión de las empresas que operan con CCA es efectivamente una alternativa, y cuáles serían los factores que estarían determinando esta elección.

El trabajo se estructura de la siguiente forma, planteando inicialmente el problema y objetivo de la investigación; en el Capítulo V el desarrollo del marco

teórico sobre impregnación de madera y los factores que podrían estar determinando la reconversión de las empresas que operan con CCA en este sector; en el capítulo VI se describe la metodología de la investigación; en el capítulo VII los principales resultados de las entrevistas realizadas; en el capítulo VIII el desarrollo de conclusiones y recomendaciones que resultan del análisis.

## **II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

¿Es la reconversión una alternativa para las empresas que operan con CCA en Uruguay?

## **III. OBJETIVO GENERAL**

Investigar si la reconversión de las empresas que operan con CCA en Uruguay es una alternativa de operación en el mercado.

## **IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer la tecnología y el proceso productivo de la impregnación de madera con CCA y productos alternativos.
- Conocer las implicancias éticas, ambientales y de seguridad y salud ocupacional/laboral que implica la operación con productos para impregnación de madera.
- Analizar las características de comercialización de las empresas.
- Conocer la estructura de costos de las empresas que trabajan con CCA y con otro perseverante alternativo.
- Revisión y análisis comparativo de formas de producción alternativas al CCA a nivel internacional y determinar los motivos que determinaron la reconversión de empresas que operaron con CCA.
- Analizar los factores que están determinando la reconversión de las empresas que operan con CCA en Uruguay.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **A. EL USO Y DETERIORO DE LA MADERA**

Es de conocimiento general que en el mundo y en la actualidad el uso más frecuente que se le da a la madera está orientado a la construcción incluyendo vigas, techos, cerchas, pisos, revestimientos exteriores e interiores, así como también se emplea en otras aplicaciones como postes de cerco, postes de transmisión y rodrigones, muebles y guarniciones interiores, embalajes, moldajes o encofradas, chapas y contrachapados, pulpa mecánica y química (celulosa), tableros de fibra y tableros de partículas.

A medida que el uso de la madera se ha ido incrementando, también se ha estado aprendiendo de ella, sus características y medidas para mejorar su calidad, así como se han incurrido en investigaciones para permanecer en un estado de mejora constante. Por su naturaleza algunas especies poseen resistencia a agentes bióticos, tales como hongos e insectos, además de esto nos encontramos con la existencia de agentes atmosféricos -la humedad, la lluvia, el sol o los cambios de temperatura- que inciden en la madera, afectando sus propiedades y durabilidad. Barreiro & Hirsch, (2011, p. 16) expusieron en su investigación que “la humedad provoca hinchazón y aumenta la probabilidad de ataques de insectos y hongos. También puede provocar la aparición de grietas al volverse a secar. El sol provoca una degradación superficial que vuelve la madera grisácea (foto degradación). Y los cambios bruscos climáticos son los causantes principales de la aparición de fendas (grietas).” Para evitar que los mencionados agentes afecten en demasía la madera y contraatacar sus efectos, la madera necesita ser tratada.

## **B. PRESERVANTES PARA MADERA**

Que la madera sea tratada significa que debe ser sometida a un proceso que se denomina preservación. La preservación, se lleva a cabo a través de la aplicación y combinación de técnicas que incrementan la vida útil de la madera. El tipo más común de preservación implica la aplicación de sustancias protectoras, que se conocen como preservantes. Presentan diferentes composiciones químicas y diferentes presentaciones en el mercado los hay en pastas, gases y spray. Sus efectos, tanto en la madera como en el medioambiente, dependerán considerablemente de su composición química y utilización.

Según Calderón (2010) es imposible que un preservante cumpla con la totalidad de los siguientes requisitos al mismo tiempo, pero sería deseable que los mismos garanticen:

- a) Ser tóxico para los agentes destructores (fungicida y/o insecticida, etc.).
- b) No ser tóxico para el hombre y los animales.
- c) No ser corrosivo para los metales.
- d) No ser combustible.
- e) Tener buena penetración.
- f) Ser químicamente estable y no descomponerse con el tiempo.
- g) No ser soluble en agua. Tener buena permanencia.
- h) Ser abundante.
- i) Ser económico.

Por otra parte, los mencionados agentes destructores generan la necesidad de acudir a un protector que funcione como preventivo. Este producto presenta un

componente básico (principio activo) y un solvente, que es necesario para permitir la penetración del principio activo en la estructura de la madera. De acuerdo al solvente empleado los preservantes se clasifican en:

- Protectores hidrosolubles: sales minerales, que se disuelven en agua a una concentración determinada. En este grupo se encuentran preservantes como el CCA, CA-C y CA-B.
- Protectores hidrodispersables: compuestos orgánicos no solubles en agua a los que se añade un emulgente para producir una buena dispersión en agua.
- Protectores oleosos: normalmente se hace referencia a las creosotas.
- Protectores oleosolubles: compuestos orgánicos de síntesis, a los que se añaden resinas, que van disueltos en disolventes orgánicos.

PROPIEDADES DE LA MADERA TRATADA	PROTECTORES		
	HIDROSOLUBLES	EN DISOLVENTE ORGÁNICO	CREOSOTAS
Color	Adquiere tonalidad	No varía	Oscuro que pasa a marrón
Olor	Ninguno	Del disolvente	Fuerte, en disminución
Pintura	Si	Si	No
Corrosión de metales	Se pueden producir	No	No
Estabilidad frente al H <sub>2</sub> O	No la incrementa normalmente	La incrementa normalmente	La puede mejorar
Resistencia	Varía poco	Varía poco	Varía poco
Fitotoxicidad	Ninguna normalmente	Algo con los organoestañados	Inicialmente es tóxica y posteriormente decrece

**Tabla V-1. Protectores y Propiedades de la madera tratada.**

Fuente: Barreiro & Hirsch (2011, p. 18)

Es importante resaltar que “la elección del tipo de protección y mejor método dependerá de la clase de riesgo en la que se encuentre el elemento de madera y de su durabilidad natural” (Barreiro & Hirsch, 2011, p. 18).

### **C. EL PROCESO DE IMPREGNACIÓN DE MADERA**

El proceso de tratamiento de madera consta de las siguientes cinco etapas:

- 1) Preparación de la madera, que puede ser redonda o escuadrada.
- 2) Preparación de la solución de impregnación.
- 3) Impregnación (etapas de vacío y presión).
- 4) Fijación del producto en la madera o “curado”.
- 5) Maquinación post-tratamiento (eventual).

A continuación se procede a desarrollar cada una de las etapas mencionadas.

#### **1) Preparación de la madera**

En esta etapa se incluyen los preparativos iniciales como el dimensionamiento, secado, maquinado inicial, colocación de conectores y otros ajustes necesarios o que hayan sido requeridos. Esto puede hacerse en el monte, en la planta de tratamiento o comprarse preparada.

#### **2) Preparación de la solución**

El CCA se adquiere en forma de solución concentrada al 60%, esto quiere decir que un 40% es agua. Su concentración de uso variará dependiendo del tipo de

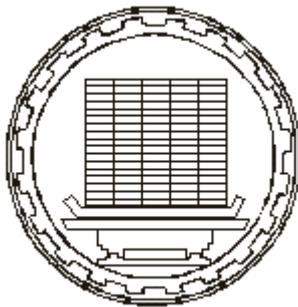
madera que se tratará; la concentración deseada se logrará en cada caso diluyéndolo en agua.

Mientras que en el caso de los productos alternativos, cada mil litros de agua se mezclan 16 litros de CA-C, con 250 ml de treading. En el caso del CA-B cada mil litros de agua se mezclan 25 litros si hablamos del CA-B.

### 3) Impregnación

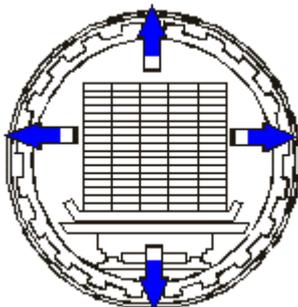
Consiste en 6 etapas con el objetivo de que la madera absorba el producto.

#### CARGA DE AUTOCLAVE



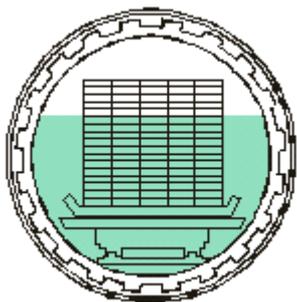
Rollizos, tablas y laminados de especies comunes de madera, son cargados en vagonetas y empujados dentro de un gran cilindro horizontal de tratamiento (autoclave).

#### VACÍO INICIAL



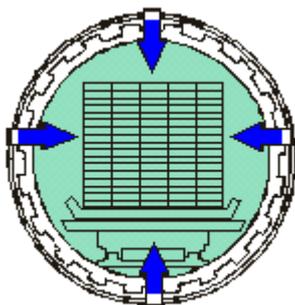
La puerta del cilindro se cierra herméticamente y se aplica un vacío para quitar la mayoría del aire del cilindro y de las células de la madera.

### **LLENADO DE AUTOCLAVE**

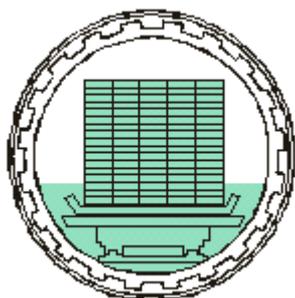


El impregnante CCA es bombeado dentro del cilindro.

### **PRESIÓN**



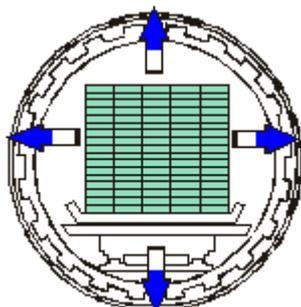
Las bombas de presión fuerzan el líquido dentro de la madera hasta asegurar una penetración adecuada.



### **RETORNO/DESCARGA DE SOLUCIÓN**

Al finalizar el proceso, se bombea el exceso de solución impregnante fuera del cilindro.

### **VACÍO FINAL**



Un vacío final, elimina el exceso de preservante de las células de la madera, para que sea luego sacada fuera del cilindro, para su posterior reutilización.

#### **4) Fijación del producto**

Implica la descarga del autoclave y el curado de la madera.

- **Descarga del autoclave**

Una vez finalizado el proceso de impregnación, se extrae la madera del autoclave mediante vagonetas, que circulan a través de rieles, para ser colocados en patios de goteos.

- **Curado**

La madera debe permanecer en reposo por un lapso aproximado de setenta y dos horas, para asegurar la fijación de los productos químicos que aún no han reaccionado. Este proceso debe llevarse a cabo en un área techada.

#### **5) Maquinación post-tratamiento (eventual)**

Incluye la remoción de nudos, recortes, moldurado y cepillado. Este proceso suele realizarse previo a la impregnación, pero existen excepciones en donde las tablas tratadas son posteriormente cepilladas con el objetivo de mejorar su aspecto y alcanzar una mejora estética.

### **D. LA IMPREGNACIÓN DE MADERA EN URUGUAY**

Debido al aumento de demanda de materiales de construcción, en Uruguay el uso de la madera tratada se ha incrementado en la industria y ha generado nichos de

mercado, que las empresas han sabido aprovechar y abarcar con diferentes productos.

En la actualidad 21 empresas realizan impregnación de madera en Uruguay, donde 20 lo realizan con CCA y una con productos alternativos CA-B y CA-C. Ambos se utilizan en base a un proceso de impregnación que consiste en someter la madera a ciclos de vacío – presión en autoclave - con el objetivo de lograr su mayor durabilidad, volviéndola resistente al ataque de hongos, insectos y bacterias que provocan su descomposición.

Como se mencionó anteriormente el preservante “CCA” es un compuesto de cobre, cromo y arsénico, y cada componente cumple una función específica: el cobre tiene una acción fungicida y bactericida, el arsénico actúa como insecticida, mientras que el cromo actúa como fijador del preservante. Se puede presentar en dos variantes, líquida y en pasta, donde si bien la segunda es más segura para el transporte y almacenamiento, para utilizarla es necesario diluirla en agua y produce los mismos efectos tóxicos que la forma líquida.

Mientras que sus dos variantes ecológicas “CA-B” y “CA-C”, también conocidos como Azol de cobre tipo B o tipo C, sólo mantienen el elemento fungicida e insecticida. Ambos son preservantes hidrosolubles libres de cromo y arsénico, formulados en base a cobre y un Azol orgánico que variará dependiendo de si estamos frente al tipo B (tebuconazole) o tipo C (tebuconazole y propiconazole).

La madera impregnada con la alternativa ecológica tiene las siguientes características:

- Libre de metales considerados pesados.

- Protección contra hongos e insectos, incluida la termita subterránea.
- Es de baja contaminación.
- Se utiliza en maderas sobre y empotradas en el suelo.

## **E. CCA: REGULACIÓN Y SEGURIDAD OCUPACIONAL**

El CCA es un eficiente protector de madera contra agentes bióticos, garantizando una importante extensión de la vida útil de la misma, de hasta 25 años dependiendo de sus usos.

Actualmente en Uruguay es el producto químico más empleado para el tratamiento de la madera, pero su utilización y posterior tratamiento de desechos no está regulada, disponiéndose únicamente de una “Guía de buenas practicas en impregnación en madera” elaborada por la Dirección Nacional del Medio Ambiente (DINAMA), que carece de efectos coercitivos, tampoco existen sanciones para empresas que no la estén cumpliendo además que no existe organismo que en la práctica controle o regule su aplicación.

A continuación se menciona el alcance tóxico y los efectos del CCA sobre las personas y el entorno extraídos de la Guía. La sola presencia del producto, implica que existan personas expuestas a la manipulación y tratamiento del mismo para la impregnación de la madera. Sin embargo esta actividad no está regulada ni se encuentran reglamentadas las condiciones de trabajo, ni los cuidados y protecciones a tener en cuenta en el momento de eliminar los residuos tóxicos derivados del proceso.

La exposición combinada a los componentes del CCA se considera peligrosa y de elevada toxicidad. El arsénico es un conocido veneno capaz de causar intoxicaciones que pueden derivar en desenlaces fatales dependiendo de la cantidad ingerida, ya sea que la misma se realice en forma accidental o intencional. El cromo es corrosivo y altamente tóxico por ingestión, en tanto el cobre en forma aguda puede ser tóxico si su ingesta se produce en forma reiterada.

La intoxicación aguda ocurre en el ambiente laboral por exposición en forma continua, en situaciones de derrame, o trabajo en ambiente sin la adecuada ventilación ni protección del trabajador. Las vías de contacto más comunes son la piel, las mucosas y la vía respiratoria, asimismo la exposición repetida a dosis pequeñas puede causar daños que aparecen luego de meses o incluso años.

#### **a) Intoxicación por vía respiratoria**

Es la más importante y más frecuente, se produce frente a la exposición al polvo de madera tratada durante el maquinado, si hay barrido o por acción del viento, que queda en las superficies. Si bien los componentes del CCA no son volátiles, incinerar los productos tratados con el preservante es altamente tóxico. Otro detalle a tener en cuenta, es que la inhalación persistente y prolongada de los componentes de la solución, aún por separado, aumenta el riesgo de cáncer de pulmón, irritación de las mucosas con ardor nasal, ardor de garganta, tos, episodios de bronquitis y broncoespasmo.

#### **b) Intoxicación por vía cutánea**

El principal riesgo es la exposición al producto antes que se diluya, debido al alto nivel de concentración de cada uno de sus componentes. Aunque, también puede

darse durante el proceso de dilución del mismo, por demarres en las superficies o contacto involuntario con la solución. Si bien la absorción a través de la piel se considera menos riesgosa que por vía respiratoria, hay grandes posibilidades de sufrir daño por contacto con la piel y mucosas. Algunos ejemplos son dermatitis (inflamación y enrojecimiento de la piel provocando irritaciones similares a una alergia), queratosis (engrosamiento de la capa superficial de la piel, se ve comunmente en manos y plantas de pies), úlceras cutáneas o en la mucosa nasal (la exposición puede provocar heridas en caso de darse de manera persistente), oscurecimiento de la piel (similares gotas de lluvia), debilidad de las uñas, puede ocurrir también que sean visibles bandas horizontales blanquecinas en las mismas, pérdida de cabello o cáncer de piel (en exposiciones intensas durante tiempo prolongado)

### **c) Intoxicación por vía digestiva**

La exposición por vía digestiva se considera menor que los dos casos anteriormente mencionados y es factible que ocurra únicamente durante la manipulación de alimentos, bebidas o cigarrillos en zonas de trabajo, o sin que exista previa higiene de manos. De modo que, la ingestión puede ocurrir si hay trayecto mano-boca luego de manipular la madera o las superficies contaminadas. Debido a ello fumar, comer, tomar mate o beber en el lugar de trabajo o en el entorno inmediato deben prohibirse con el fin de evitar la posible ingesta de elementos tóxicos para el organismo. Son síntomas de haber ingerido el producto, aunque sea en bajas dosis, náuseas, anorexia o gastritis, siendo estas dolencias comunes pero no exclusivas.

Además podemos encontrar enfermedades a nivel del sistema nervioso, cardiovascular, hematológico, en los riñones así como en la gestación, ya que el arsénico puede afectar y provocar anomalías en el desarrollo fetal.

Con relación a los aspectos normativos mencionados anteriormente, a nivel internacional el CCA es considerado un producto restringido y debe ser utilizado por personal calificado para el desarrollo de la tarea.

En nuestro país, por contener Arsénico, el CCA forma parte del Decreto 183/1982 y en su artículo número seis establece la prohibición de su uso, exceptuando aquellos casos en que sea posible asegurar a los trabajadores niveles adecuados de higiene ambiental y se les proporcione elementos de protección personal previo a su uso, con el fin de evitar las principales vías de intoxicación. En tanto el Decreto 406/1988 describe lo referente a la identificación, etiquetado y simbología a utilizar en los recipientes, envases, instalaciones y tuberías que contengan el producto, así como también el correcto manejo de los mismos. Se pueden encontrar también recomendaciones de almacenamiento, identificación de locales y acceso restringido, transporte, especificaciones de instalaciones contaminadas y planes de emergencia en caso de accidentes.

Las circunstancias de mayor riesgo o críticas de exposición de los trabajadores al CCA, ocurren durante el proceso de tratamiento de la madera y si se realiza maquinado de la misma, que como se mencionó anteriormente constituye una circunstancia de riesgo particular.

Estas condiciones pueden verse agravadas si a las circunstancias se les suma esfuerzos extras de trabajo, como por ejemplo carga física o elevada temperatura

ambiental, ya a mayor temperatura corporal, mayor absorción por vía respiratoria y cutánea. En nuestro país no han habido mediciones sobre el grado de contaminación en las zonas que se trabaja con el CCA, ni en las zonas de maquinado de madera tratada, pero sí ha habido, en algunos establecimientos, exámenes de orina de los trabajadores.

“Las medidas de salud y seguridad en el uso del CCA durante la impregnación de madera requieren la coordinación de tres tipos de acciones de control” (DINAMA, 2007, p. 16), medidas de ingeniería diseño y mantenimiento, medidas administrativas o de organización del trabajo y medidas de higiene personal. Las primeras refieren, entre otros, al correcto transporte y almacenamiento del producto, mantenimiento del equipo para evitar posibles derrames accidentales, evitar la generación de niebla o extraer la misma en forma segura. De ser posible instalar la apertura automática del autoclave a distancia y asegurar la instalación de sumideros en la piletas de contención, para permitir evacuar el líquido sobrante. En el maquinado de madera priorizar el uso de la limpieza por aspiración o efectuar una limpieza en húmedo, para evitar la generación de polvo, estableciendo a su vez un plan de gestión de residuos.

Como medidas de organización de trabajo se recomienda que las mujeres en edad fértil y embarazadas no trabajen en el proceso de impregnación. Se debe tener claro el personal asignado a las tareas en zona donde es factible entrar en contacto con el producto, señalizar el área de tratamiento, así como colocar pictogramas de peligro en los tambores para que los mismos sean fácilmente identificables. Se debe colocar cartelera clara y visible que prohíba fumar, beber, comer, o tomar mate en el área de trabajo, así como organizar actividades de capacitación

permanente con el fin de promover una cultura de cuidados de los trabajadores y empresas. Coordinar espacios de comunicación y participación de los trabajadores, evitar el exceso de carga horaria que supere las 8 horas diarias y 40 semanales, además de hacer hincapié en maximizar las medidas de protección e higiene. En épocas de calor, sería más beneficioso distribuir el trabajo en horas de menor calor y asegurarse la correcta hidratación de los trabajadores. Seguramente no existe mejor medida de protección que la prevención, aplicar medidas de buenas prácticas, contar con uniformes adecuados de trabajo así como elementos de protección personal para, manos, ojos y vía respiratoria, parece ser el camino más seguro para evitar la inhalación, el contacto cutáneo o posible irritación en la visión de los trabajadores. Se debe exigir la obligatoriedad en el uso de elementos de protección de riesgo, tales como guantes de goma con manga larga, gafas, respiradores, máscaras con el correspondiente filtro para neblinas de alta eficiencia, que deberán ser cambiadas con la frecuencia establecida, overol, zapatos, que deberán estar disponibles en los lugares definidos de “especial cuidado”. Además son necesarios vestuarios, duchas, baños y placares donde se dispondrá separadamente la ropa de trabajo de la ropa de calle. La primera debe lavarse como mínimo una vez a la semana en el lugar de trabajo, ya que la misma no debe salir del establecimiento.

El continuo y correcto control en la salud de los trabajadores se debe cumplir fundamentalmente para lograr, por una parte, el monitoreo biológico de los contaminantes y, por otro, la evaluación clínica de los trabajadores. Ambas actividades se complementan debido a que, tanto el arsénico como el cromo, abandonan en pocos días el organismo y el análisis de orina no puede determinar

si hubo exposición en el pasado, o no. Los análisis de orina deben hacerse como mínimo en forma semestral, dicho estudio debe hacerse como arsénico no dietario o en su defecto no ingerir peces o mariscos los tres días previos al análisis, la muestra debe tomarse luego de por lo menos tres días de trabajo normal sin que medie interrupción del trabajo, en ningún caso lunes o posterior a días de descanso. Si los valores están dentro del rango establecido los mismos se repetirán en seis meses, en caso contrario en la medida que se detecte anomalía en el resultado de los mismos se deberá retirar al trabajador del proceso de impregnación de madera, revisar controlar y ajustar las medidas de prevención, realizar la correspondiente evaluación y seguimiento médico del trabajador. Independientemente de los niveles existentes en orina se deberá realizar un examen médico completo como mínimo cada dos años. El examen debe realizarse sin aviso previo o en caso de accidente con el producto o frente a sintomatología sospechosa de intoxicación, además es recomendable que el estudio completo sea realizado por médicos entrados y con experiencia en salud ocupacional. Es importante resaltar que muchos de los efectos tóxicos ocurren por contacto y no por absorción.

## **F. CCA Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES**

A pesar de ser reconocida y exitosa desde el punto de vista de preservación de la madera, la impregnación de madera con CCA posee una contracara problemática en lo que se refiere al medio ambiente, en lo que hace al riesgo de lixiviado (líquido residual, generalmente tóxico, que se filtra de un vertedero por

percolación) y concentración de sustancias tóxicas en los vertederos. Al respecto, “al tratarse de un material parcialmente biodegradable, aún con el tratamiento químico, es necesario considerarlo como un residuo peligroso, ya que gradualmente se liberará al ambiente cobre, cromo y arsénico. Esta dispersión debe ser controlada para evitar la contaminación de los suelos y los cursos de agua.” (Dieste, 2014, p. 6).

La mayor problemática desde el punto de vista medioambiental va más allá del uso de madera tratada con CCA, es necesario considerar y analizar la disposición final de la misma, ya sea cuando se desecha la madera impregnada –una vez se dé por terminada su vida útil- considerada deshecho de demolición o los residuos que se genera en la industria de la construcción (aserrín, recortes, virutas, etc.). Ambos casos fueron motivo por lo cual, hoy en día, existen países que han prohibido o restringido el uso de este preservante. En el año 2006 se llegó a estimar que en el correr de los siguientes años se alcanzaría una prohibición total, Hill (2006, citado en Dieste, 2014, p. 9) apostaba por ese panorama y por la llegada de metales de baja toxicidad, tales como cobre y el zinc, como nuevos componentes para proteger la madera. Dinamarca fue la primera en unirse a esta corriente en el año 1993, prohibiendo el arsénico y consecuentemente el CCA. Suiza, no se quedó atrás restringiendo el uso del cobre y arsénico en el 1994 e impidiendo el uso del preservante a gran escala. En aquella época fue un cambio drástico, antes de las nuevas restricciones el CCA abarcaba un 85% del mercado doméstico y descendió a un 40% aproximadamente aproximadamente según Jermer (2000, citado en Dieste, 2014). Vietnam, Japón e Indonesia también forman parte de los pocos países que han puesto un alto, al uso de arsénico y cromo en la preservación de la

madera. Mientras que Estados Unidos, la Unión Europea, Canadá y Australia han simplemente limitado el uso del CCA a aquellos en que la madera no estará en contacto con personas o animales. Por ejemplo; postes en contacto con agua salada, postes para cercas, pilares de sostén de estructuras, fundaciones, entre otros.

En nuestro país se publicó una “Guía de Buenas Prácticas de Impregnación de Madera” por parte de DINAMA con el objetivo de mejorar la calidad del proceso de impregnación, Urrutia (2013) afirma que “constituye un aporte sustancial a la hora de considerar todas las variables que deben tenerse en cuenta para desarrollar tareas vinculadas a estas actividades...”. Y es que se encuentra estructurada en dos diferentes tomos, abarcando no sólo la Seguridad y Salud ocupacional, sino que también la Gestión Ambiental y Producción más limpia junto a diferentes referencias sobre la normativa nacional vigente, que es escasa o prácticamente inexistente. Por ejemplo; la disposición final de residuos que está regulada con la Ley General de Protección del Ambiente No. 17.283 Parlamento del Uruguay (2000) en donde dispone en su Artículo 21 que “El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente -en acuerdo con los Gobiernos Departamentales, en lo que corresponda y de conformidad con el artículo 8° de esta ley- dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para regular la generación, recolección, transporte, almacenamiento, comercialización, tratamiento y disposición final de los residuos”. Por lo que fácilmente se podría suponer que los desechos de madera tratada se encuentran regulados en este artículo, aunque más allá de lo expresado anteriormente no existen disposiciones concretas al caso del arsénico y cobre; son generales y aplicables.

## **G. CCA Y RECONVERSIÓN**

Como se ha mencionado, a nivel mundial la preservación de madera ha sido objeto de reiterados estudios y en el correr de los años se ha regulado y limitado los componentes que se emplean para la misma. Entre ellos se vieron incluidos el arsénico y cromo, provocando que las primeras etapas de reconversión, en otros países, se diera de forma forzosa o se volviese necesario el buscar alternativas para la disposición final de madera tratada con CCA, porque si bien el producto no fue prohibido, si fueron limitados sus usos. Dieste (2014) detalla que en “EEUU los deshechos de madera originados en la construcción o en la demolición se utilizaban habitualmente para generar productos como mulch para jardinería o como biomasa para producción de energía”. Hoy en día, por las regulaciones que Estados Unidos ha establecido, no es posible darle ese tipo de usos a la madera tratada con CCA.

El tratamiento con CCA ha garantizado y se ha demostrado que es sumamente efectivo, pero lo que llama más la atención es que esta efectividad se logra con bajos niveles de retención. Requiere usar menos productos, esto motivó a que se volviese una de las opciones más baratas y consecuentemente, gracias a esas ventajas, la más utilizada. “La percepción que el consumidor final tiene de productos químicos biocidas, tal como el arsénico, es extremadamente negativa y se percibe que en el futuro, esta percepción, lejos de disminuir, se intensificará” (Dieste, 2014, p. 19). Países como Nueva Zelanda, en donde el producto está permitido y carece prácticamente de limitaciones, comenzó a mostrar preocupación en los postes para sujeción de viñas, ya que el producto no debería

encontrarse en contacto con los alimentos. A medida que las preocupaciones por el medio ambiente, la salud de las personas y animales incrementan, también lo harán las barreras de comercialización que comenzarán a funcionar como obstáculos para posicionar la madera tratada con el preservante en el mercado extranjero. No sólo a Uruguay, sino a otros países como, por ejemplo, la mencionada Nueva Zelanda.

## **H. ALTERNATIVAS AL CCA**

Como alternativa para la impregnación de CCA, no solo se puede optar por utilizar otro producto, sino que también se puede utilizar otro proceso para proteger la madera, como es la madera termo-tratada que presentan Barreiro y Hirsch (2011). “Este proceso consiste en someter a la madera a determinadas temperaturas, alrededor de los 200 ° durante un período de tiempo determinado. Este proceso es amigable con el medio ambiente ya que es totalmente ecológico, y no se utiliza ningún producto químico durante el proceso, sino que solo se utiliza vapor y calor. Mejora la durabilidad de la madera, la vuelve más estable, por lo que la hace adecuada para ser utilizadas tanto en suelo de piscinas y saunas, como también en exteriores como fachadas, suelos y revestimientos. Sin embargo, la madera termo-tratada es menos flexible y más quebradiza a la tratada con CCA, por lo que no es indicada para soportes como vigas o pérgolas”.

Según Dieste (2014, p. 19-20) las distintas alternativas para la protección de madera, se pueden resumir en cuatro puntos:

1. “Secado por debajo de 15% de contenido de humedad (idealmente a 10%).

Le brinda protección a la madera contra hongos y la mayor parte de los

agentes bióticos (Wagenführ and Scholz 2008; Forest Products Laboratory 2010). Esto convierte al secado de madera en uno de los tratamientos protectores más efectivos y baratos, para cuando el uso final será la construcción. Sin embargo, no es protección suficiente cuando la pieza está en contacto con el suelo o con agua.”

2. “Protección por diseño, que implica adecuar la madera y su protección al uso. Sus únicos requisitos son conocimientos; del material y del uso previsto. Un buen diseño hace que la madera seca (contenido de humedad menor a 15% en base seca) de uso estructural no requiera protección adicional, ya que es resistente a los cambios de temperatura, la corrosión y la polución; el único aspecto que hay que tener en cuenta es el contenido de humedad (Beyer et al. 2011). El diseño permite ahorrar el costo de tratamientos innecesarios y garantiza que el uso se ajustará a la durabilidad de la madera, ya sea natural o adquirida mediante tratamientos artificiales.
3. Impregnación en profundidad. Es el método más habitual de protección de madera en Uruguay y anteriormente descripto. Actualmente la industria internacional de impregnación de madera se dirige a protectores menos tóxicos, que generalmente utilizan cobre como agente fungicida: cromato ácido de cobre (ACC), compuesto de cobre de amonio cuaternario (ACQs), citrato de cobre amoniacal y cobre azol (CA), entre otros (Helsen et al. 2007; Ibáñez et al. 2009). Estos productos químicos alcanzan niveles de protección similares al CCA, pero a retenciones más altas (Helsen et al. 2007; Cabrera et al. 2012). Asimismo, presentan niveles de lixiviación de cobre más altos que el CCA; sin embargo, el cobre es menos tóxico que el

arsénico y el cromo, y por lo tanto se ajusta a la normativa vigente, porque representa un menor riesgo ambiental (Helsen and Van den Bulck 2005). En realidad el uso de esos productos implican el considerar la vida útil que se quiere alcanzar previo al tratamiento para poder determinar la retención necesaria. La tendencia actual es que el proceso de impregnación de madera se transforme en una actividad con mayor requerimiento técnico, diseñada para cada aplicación, y dónde el aspecto ambiental durante las etapas de la vida del producto, producción, uso y disposición final, cobra cada vez mayor importancia. La complejidad de la industria de protección de madera aumenta significativamente al pasar de biocidas metálicos de amplio espectro a soluciones de menor impacto ambiental (Walker 2006).

4. Modificación de madera (térmica y química). Es una tecnología que un único proceso permite mejorar la durabilidad natural y la estabilidad dimensional de la madera. El producto final no contiene biocidas que dificulten la disposición final de residuos de construcción o demolición (Hill, 2006, citado en Dieste, 2014, p. 20). Existen diversas tecnologías de modificación de madera, divididas en modificación térmica y química. La modificación térmica implica la degradación de las hemicelulosas, y por lo tanto, la madera tratada térmicamente tiene menor densidad que la madera sin tratar. El producto obtenido a través de este proceso es más costoso que la madera similar sin tratar. Por lo tanto, es posible asumir que el valor de mercado de la madera modificada también es superior al de la impregnada. Actualmente muchas de las tecnologías de modificación de madera se

ofrecen en el mercado internacional (Dieste 2012), aunque aún no en Uruguay” Dieste (2014, p. 19-20).

De los productos alternativos, el tipo B (CA-B) se utilizan actualmente en Chile y en Alemania, junto a otra fórmula tipo A (CBA-A) que está compuesta por 49% de cobre, 49% de ácido bórico y un 2% de tebuconazole y se disuelve en etanolamina y agua. Sin embargo, las empresas en Chile que emplean CCA, en el 2008, seguían siendo mayores a aquellas que han optado por utilizar los alternativos y aunque no se cuenta con información actual, no hay evidencia de que esa realidad haya cambiado significativamente (Mc-Manus, 2008).

## **I. FACTORES QUE ATENTAN SOBRE LA RECONVERSIÓN DE EMPRESAS QUE OPERAN CON CCA**

En los últimos años ha aumentado considerablemente el volumen de madera tratada y según Dieste (2014) nos encontramos frente a un escenario de abundancia de madera de producción nacional de baja durabilidad natural, en donde es fácil estimar que aumentará el volumen de madera tratada con CCA.

“Sabido lo peligroso que puede resultar la utilización de CCA, las empresas aún siguen eligiendo éste producto para impregnar madera”. A continuación se detallan algunas de las razones por las cuales sucede esto, según Barreiro y Hirsch (2011).

“Las empresas eligen CCA por ser un compuesto, que para su precio, es altamente efectivo contra los ataques de diferentes agentes. Además se ha

demostrado que el producto tiene un alto índice de fijación, que lo hace insoluble al agua y extiende la vida útil de maderas permeables, como el pino y el eucaliptus. Otro punto a favor del tratamiento con CCA, es que es un proceso reconocido como eficiente por 90 años y es el producto que más se utiliza para preservar madera en el mundo y ha sido elegido porque no ataca los clavos o accesorios metálicos en su fijación o montaje es ideal para maderas destinadas a ser usadas en agua dulce o salada” (Dieste, 2014).

Desde el punto de vista de diferentes informes Nórdico, el CCA se ha convertido en un producto cómodo que ofrece un bajo margen de costo y lo vuelve altamente competitivo frente a otras opciones. Más allá de la existencia de productos alternativos, hay que ser consciente que el optar por la reconversión también fuerza a que exista una inversión por parte de las empresas. Los componentes entre un preservante y otro van a ser siempre diferentes (si se sigue empleando la impregnación por ciclos de vacío- presión como método de preservación de la madera) y se necesitan hacer reemplazos o modificaciones en la infraestructura, así como también en la maquinaria (Nordic Council of Ministers, 1999).

## **VI. METODOLOGÍA**

El presente trabajo implicó el estudio de caso de tres empresas que realizan impregnación de madera en Uruguay. En particular se consideraron dos empresas privadas y una empresa pública.

Dos empresas operan con CCA (una pública y una privada) y una empresa privada ha reconvertido su proceso productivo utilizando uno de los productos alternativos – Wolman E – y dejando de operar con CCA.

### **A. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS**

Para recabar información acerca de las empresas se utilizaron técnicas cualitativas como la entrevista semi-estructurada en profundidad, lo que permitió interactuar con los referentes de cada empresa e indagar en aquellos puntos considerados de interés la observación “in situ” a través de visitas a las empresas seleccionadas para obtener un conocimiento cabal del proceso productivo.

## **VII. PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS**

### **A. EMPRESA A**

#### **1. Características organizacionales**

Actualmente impregnando con CCA y de carácter pública, se encuentra radicada al norte del Uruguay y comenzó su actividad en el año 1978 con el objetivo de unirse al mercado interno de la madera tratada. La misma se enfocó desde un comienzo en la impregnación de madera de eucalipto y rolliza, que finalmente serían utilizadas en columnas y tablas para postes en la electrificación. Ampliando posteriormente su actividad e interés en el incentivar la plantación de árboles contra lagos para evitar la erosión y dando inicio a una pequeña plantación de hectáreas (no existiendo un Plan Forestal central), que en el transcurso de los años, sus números se han ido incrementando y el diminutivo ha desaparecido.

#### **2. Tecnología y proceso de producción**

En sus inicios el producto que empleaban para tratar la madera no era el mismo que hoy en día. Han optado por hacer uso de diferentes productos con el objetivo de obtener mayor estabilidad y resistencia de la madera a los diferentes agentes. El primer producto químico utilizado fue el pentaclorofenol, un pesticida cuyo uso hoy en día se encuentra sumamente restringido por los efectos nocivos que ocasiona sobre las personas y el medio ambiente. El segundo fue la creosota también considerado peligroso cuyo uso y comercialización se encuentra restringido en la Unión Europea. Finalmente, el tercer producto y con el que hoy

en día opera la empresa es el preservante CCA tipo C, nombrado comercialmente como Wood CCAc.

El producto es importado de diversos países como Brasil, Chile, Argentina y Estados Unidos, y se obtiene en estado líquido con una densidad de dos para posteriormente ser almacenado en tanques colocados en pallets para CCA.

El proceso de producción de la empresa consta de las siguientes etapas:

- 1) Plantación y manejo de monte por productores forestales.
- 2) Cosecha de postes en los montes, que pueden ser propios o comprados.
- 3) Recepción de los postes cosechados.
- 4) Depósito de la madera en la planta, aún sin tratar; armado de castillos con los postes para secado al aire.
- 5) Impregnación pasados los 6 meses.
- 6) Almacenamiento en castillos por un período promedio de 6 o más meses.
- 7) Transporte por un tercero de la madera impregnada. La empresa no realiza maquinación de la madera luego de ser tratada con CCA.

Una vez concluido el proceso, se puede garantizar que la vida útil de la madera utilizada para postes se prolonga por un período de 15 a 18 años. Una vez pasado este tiempo los postes deben ser inspeccionados, para luego ser cambiados o retratados *in situ* con una pintura a base de cobre y boro.

### **Tratamiento de los residuos del proceso de impregnación:**

Para evitar un mayor daño ambiental y minimizar la posibilidad de accidentes en la planta, los residuos se resguardan en tanques de metal (3000 kilos) y temporalmente en un depósito hasta que puedan ser trasladados al Sanitario Industrial, administrado por la Cámara de Industrias de Uruguay. Aproximadamente un total de doscientas toneladas son enviadas y contienen despojos del suelo con potencial contaminación, porque alguna vez se derramó preservante. Piso renovado, portland, quesos (bloques con CCA encapsulados) y tierra contaminada, entre otros.

### **Planes de Contingencia ante derrames de preservante:**

La estructura de la empresa prevé pérdidas o derrames de solución, contando con una fosa que tiene la siguiente función: cuando ocurre el derrame, la sustancia cae sobre la fosa y la misma es bombeada a un tanque de reserva de solución, aprovechando el vacío del autoclave (levante).

## **3. Salud y seguridad**

La empresa dispone de medidas de Salud y Seguridad con respecto a los siguientes aspectos:

- Ingeniería: utilizan sistema *just in time* (justo a tiempo) que según Monden (1996) y Schonberger (1982) implica “producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan”.
- Diseño y mantenimiento, disponen de:

- Plan de mantenimiento de maquinaria de lunes a sábados por maquinista, y según contrato con el fabricante se realiza por los proveedores de servicios mecánicos.
- Plan de mantenimiento de equipos permanente por 2 técnicos que realizan informes quincenales para informar su estado.
- Previsiones en control ambiental.
- Higiene personal: disponen de vestuarios con ducha, para recambio de ropa.
- Elementos de protección personal: casco, mameluco, guantes, botas, lentes.
- Vigilancia de salud a los trabajadores expuestos: respecto a las medidas de Salud, se rigen por la Ordenanza MSP 145. Se realizan análisis de cromo y arsénico en sangre con examen de orina de los funcionarios que trabajan más de 8 horas por 5 días a la semana. Este examen se realiza cada 6 meses. Además, Medicina Laboral de la empresa controla al personal dos veces al año.
- Capacitación para el manejo correcto del producto: se realiza dentro de la planta, con un protocolo de trabajo y aprendizaje del personal que ya está trabajando.

#### 4. Estructura de costos

RUBROS	% SOBRE COSTO TOTAL
Equipamiento/Infraestructura	46,32%
Materia prima /madera sin tratar	29,41%
Solución para impregnación	13,25%
Sueldos personal dependiente	4,32%
Servicios contratados y honorarios	3,60%
Seguros	1,04%
Combustible	0,77%
Otros	0,33%
Uniformes y artículos de protección del personal	0,21%
Energía	0,18%
Control ambiental y Análisis de suelos	0,15%
Gastos de limpieza y mantenimiento	0,14%
Reparación y Mantenimiento de maquinarias	0,12%
Capacitación de operarios ante contingencias	0,10%
Agua	0,05%
Análisis y control sanitario del personal	0,04%
Costo tratamiento de los residuos tóxicos	0,03%
Control de calidad del producto	0,02%
Almacenamiento de la producción	0,00%

**Tabla VII-1. Estructura de costos Empresa A.**

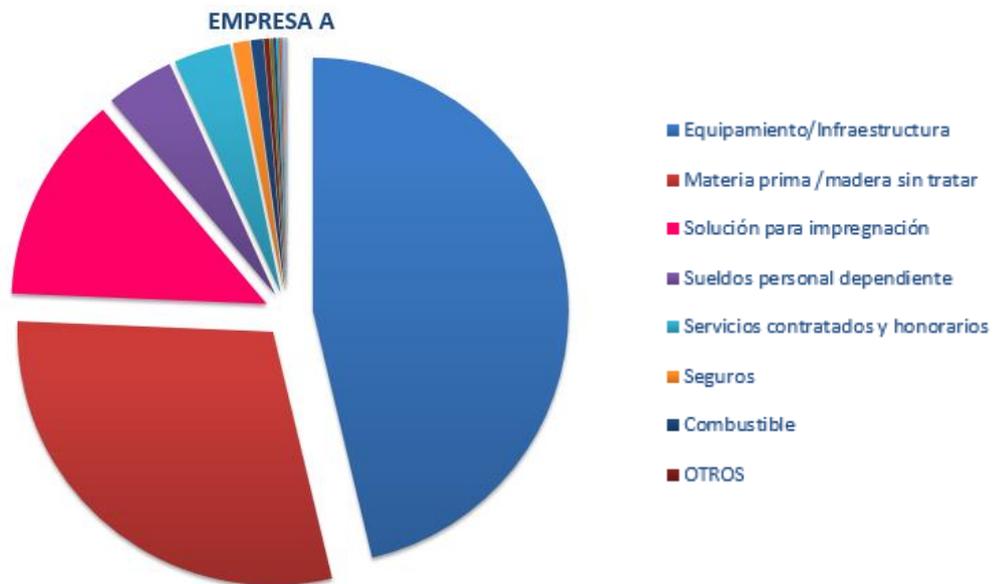
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que los costos con mayor incidencia en el funcionamiento de la empresa tienen que ver con infraestructura, materia prima y la solución utilizada para impregnar. Que en conjunto representan más del 50% de los costos (esto es el 88,98%).

En casi el 10% de los costos totales, se encuentran los sueldos al personal, los servicios contratados, por ejemplo de vigilancia y mecánicos, los honorarios a profesionales y los seguros (de la planta, contra accidentes y plantaciones). La suma de estos costos representa el 8,96% de los costos totales.

El resto de costos representan únicamente el 2.06% y están asociados al tratamiento medioambiental, con el fin de reducir el impacto nocivo sobre el personal y el medioambiente.

Gráficamente se tiene:



**Gráfico VII-1. Participación de costos en Empresa A.**

Fuente: Elaboración propia.

## 5. Comercialización

El destino de la producción es el mercado interno para postación y no comercializan ni se proponen hacerlo al mercado internacional.

## 6. Postura ante la reconversión

Si bien desde la empresa existió el interés de reconvertirse, los costos asociados a ello serían elevados. Además de esto, el hecho que el CCA sea mayoritariamente utilizado implica que su precio final sea inferior al de otros preservantes, lo que lo

hace competitivo frente a otros. A su vez - aún conscientes de los efectos negativos de la utilización de CCA - mientras desde la Dirección de la empresa no se decida trabajar con postes sintéticos o utilizar otros preservantes, se seguirá operando con CCA.

## **B. EMPRESA B**

### **1. Características organizacionales**

Ubicada al sur del país, con otro nombre comercial, y comenzando a funcionar en el año 1972 como empresa privada, fabricaba un subproducto de cobre (uno de sus usos, como se vio, es para el tratamiento de madera. En el año 2001 enfrenta una etapa de quiebra y remate de activos, en donde la firma que funciona en la actualidad da inicio a su actividad. El núcleo de la misma se encuentra en la operación con madera, donde la impregnación forma parte los procesos que se concretan en la planta. La empresa se dedica solamente al impregnado de madera nacional (de bosques plantados en Uruguay), con el despuntado de postes de eucaliptus, madera rolliza y madera aserrada de pino.

### **2. Tecnología y proceso de producción**

El producto con el que operan es WOLMAN CCA-C (nombre comercial), también conocido como CCA tipo C, y su proveedor es nacional si bien su casa matriz se encuentra radicada en Estados Unidos, como también está presente en Argentina, Brasil y Chile. A pesar que el objetivo de tratar la madera es obtener

mayor resistencia, el proceso sólo la protege de hongos e insectos, pues la resistencia mecánica es la misma.

El preservante es adquirido en su variante líquida y es trasladado a la empresa a través de un servicio para transporte de cargas peligrosas. Para almacenar el producto la empresa dispone de un depósito donde prevenir un derrame, a través del desagüe hacia la fosa de contención principal.

El proceso de impregnación implica las siguientes etapas:

**1) Tratamiento previo a la impregnación:**

Se puede hacer un acondicionamiento previo de la madera: se compran postes (cepillados y maquinados), se despuntan a distintos largos, se los clasifica y se los someten a un período de secado para que alcance un porcentaje de 25% de humedad o por debajo del 30%. El secado dependerá de factores como la época del año y la temperatura ambiente, y se puede realizar de forma natural o mediante cámaras.

**2) Impregnación de la madera:**

El proceso empleado es el de vacío-presión-vacío y el preservante es utilizado con una concentración del 3%. Se realizan controles durante el mismo en cuanto a temperatura, densidad del preservante, planilla con productos y volúmenes a preservar y detalle de los tiempos de trabajo.

**3) Depósito de la madera tratada:**

Tanto los postes como la madera aserrada se depositan al aire libre, apoyados en columnas de madera para evitar que entren en contacto directo con el suelo descubierto, disponiendo de drenajes o desagües

naturales por pendiente. El tiempo de estivado depende del stock, 48 horas como mínimo. Existen planes a futuros de acondicionar un galpón para depositar allí la madera de pino impregnada.

**4) Tratamiento posterior a la impregnación:**

Generalmente no se realiza, salvo casos en que las columnas se fisuren y deban ser despuntadas o llevadas a otra medida para tratar de recuperar al menos una parte del producto impregnado. También se utilizan los restos para artesanías o con fines ornamentales, como por ejemplo en jardinería. La empresa entiende que no es riesgosa su manipulación si la madera tuvo el tiempo de fijación necesaria, pero preferentemente esperan que no haya maquinación, a menos que posteriormente sea necesaria de acuerdo a los requerimientos del cliente.

**Tratamiento de los residuos:**

- Los efluentes líquidos circulan por un circuito cerrado y son reutilizados en impregnaciones sucesivas reponiéndose en la solución la cantidad de los óxidos absorbidos por la madera. Van de tanques de trabajo a autoclave y así sucesivamente, por lo que su presencia en la planta como residuos es inexistente.
- Por otro lado, los efluentes líquidos pluviales no reciben tratamiento y se pierden por desagües naturales a través del terreno. El agua de lluvia se encarga de despojar los restos hacia el predio vecino, no hay tajar de captación de los pluviales en la empresa, ni se le presta atención a este tipo de efluentes.

- Los residuos sólidos, como envases vacíos, reciben el tratamiento de triple lavado y se los ubica a la intemperie sin ningún tipo de protección.
- El lodo (barro con cascara de madera) es de cantidad indeterminada, se neutraliza con cemento (portland) y se ubican dentro de tanques de metal y bulks vacíos, abiertos por encima, expuestos a la intemperie. Estos últimos son acumulados o usados para marcar los límites del predio, ya que una parte del alambrado delimitador está en malas condiciones, los disponen uno al lado del otro.

#### **Planes de Contingencia ante derrames del producto:**

Disponen de Certificación de Procesos según ISO 14000, pero más allá de eso no hay previsiones contra derrames. Confían en que puedan desaguar a tiempo toda la fosa principal, ubicada en la unidad de impregnación. Los pequeños derrames no se limpian (quedan como manchones en el piso del depósito).

### **3. Salud y seguridad**

Las medidas de Salud y Seguridad que disponen son las siguientes:

- Existe señalización relacionada a los riesgos del contacto con CCA y están trabajando con un equipo prevencionista.
- Existe equipamiento contra incendio.
- Durante el proceso de impregnación los elementos de protección personal son guantes de nitrilo, delantal (antiguamente se utilizaba equipo de lluvia común), para algunas partes del procesos como la apertura de autoclave se utilizan máscaras, protectores auditivos (para procesos de vacío del

autoclave, se está por implementar), casco, zapatos con puntera de hierro-metal. Para los impregnadores, se implementa el uso de calzado impermeable que ofrezca mayor protección frente a productos químicos. Para quienes maquinan la madera, el equipamiento consta de: cascos con protector auditivo, pantalón anticorte de 10 capas, guantes, polainas, zapatos con punta de acero.

- Se les realiza análisis de cromo y arsénico en la orina y sangre. En el 2014 se hicieron por primera vez audiometrías tonales a algunos operarios que trabajan con maquinaria.
- Se capacita al personal en riesgo toxicológico (por manipulación del producto), seguridad e higiene personal. En general necesitan saber sobre el manejo del preservante, elementos de corte (usos de maquinarias para manipular la madera) y manejo de la madera.

#### 4. Estructura de costos

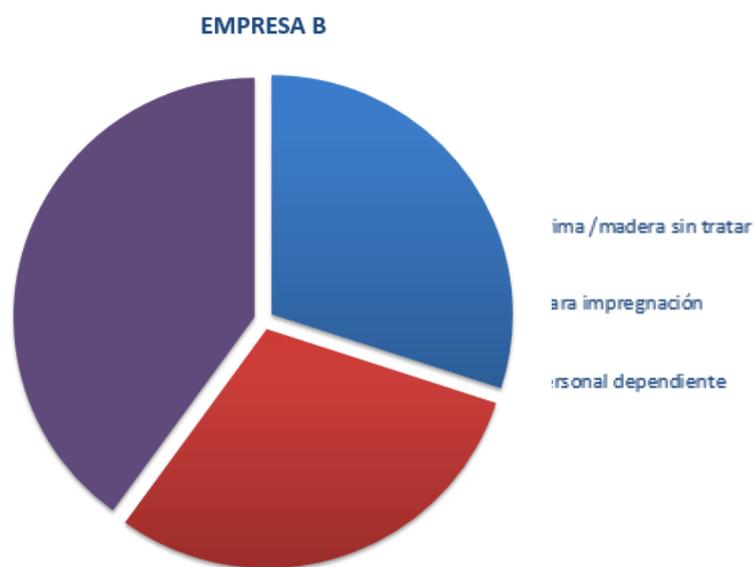
RUBROS	% SOBRE COSTO TOTAL
Sueldos personal dependiente (mano de obra)	40%
Materia prima /madera sin tratar	30%
Solución para impregnación	30%

**Tabla VII-2. Estructura de costos en Empresa B.**

Fuente: Elaboración propia.

Según la información proporcionada, en un inicio la mano de obra, preservante y madera representaban cada uno un tercio en la estructura de costos de la empresa. En la actualidad, el peso de la mano de obra ha aumentado representando un 40%, la madera un 30% y la solución para impregnar un 30% respectivamente. Es importante aclarar que el CCA en sí, ocupa sólo una parte de ese 30% ya que

existen otros productos que conforman la solución utilizada además del preservante. El CCA en sí en la estructura total de costos está entre un 10% a 15%. Varía en función del tipo de cambio y el grado de retención de los materiales. Retenciones altas implican un mayor costo pues requieren mayor cantidad de preservante.



**Gráfico VII-2. Participación de costos en Empresa B.**

Fuente: Elaboración propia.

## 5. Comercialización

Antiguamente solían comercializar con el mercado nacional y también el internacional (exportando parte de la producción a Argentina, África y otros destinos no especificados). Hoy en día el 95% de la producción se destina al mercado interno, debido a la falta de competitividad a nivel internacional.

Se pueden dar varios usos a la madera tratada como ser, postación para uso/destino rural/agropecuario (para alambrados, viñedos, sombritis e

invernáculos) y también para la construcción. En la construcción la madera impregnada se utiliza para pavimentos en madera, barandas, pérgolas, y productos accesorios para casas, como jardinería, uso interior, cercos y pavimentos internos (decks).

Las tablas son utilizadas para la construcción, y las columnas de alumbrado y tendido eléctrico son vendidas a empresas públicas como privadas.

La empresa ha manifestado que han sufrido inconvenientes en la comercialización del producto impregnado con CCA, ya que es resistido en algunos países como en Europa, y al tipo de madera pues el eucalipto no es muy conocido a nivel internacional.

## **6. Postura ante la reconversión**

Se ha evaluado cambiar el preservante para la impregnación, no obstante no es posible contar con un volumen de producción que lo justifique. Esto se debe a que no existe demanda suficiente dispuesta a pagar por él y los precios a pagar por utilizar las sustancias alternativas son mayores. Aseguran que para algunos usos actuales amerita utilizar el CCA que es menos costoso, además hoy en día la madera dura no es tan costosa cómo antes y compite bien con el producto que ellos utilizan, por lo que muchas personas prefieren comprar madera dura antes que madera tratada.

## **C. EMPRESA C**

### **1. Características organizacionales**

Se encuentra ubicada al este del país, siendo una empresa privada familiar que inicia sus actividades en 2001 con una barraca. Su principal actividad inicial era la venta de chapas y maderas. A partir del 2007 comienzan la impregnación de madera manteniendo de manera paralela la barraca. Hoy en día y después de un largo proceso de cambio, es la única empresa en el país que trabaja con un preservante para madera ecológico para obtener productos como tablas, tirantes-clavadores y pisos machimbrados (decks). La empresa no realiza impregnación de postes pues no le es económicamente viable.

### **2. Tecnología y proceso de producción**

El primer producto con el que comenzaron a tratar la madera fue el CCA. El proveedor de CCA plantea a la empresa comenzar a operar con un producto alternativo. A partir de 2012 comienza a producirse el proceso de transición de un producto a otro, esto es comenzar a operar con el preservante Wolman E en sus dos variantes: CA-B o CA-C. La única diferencia entre ambos se encuentra en sus activos.

La materia prima que utilizan es pino marítimo, elliotti, taeda, madera clasificada (que no tenga nudos mayores a 2,5 cm, y no más de 4 o 5 nudos por tabla, pues si estas condiciones no se cumplen la madera durante el proceso no queda impregnada) de quintas cuidadas y raleos de 12-14 años. A pesar que al tratar la madera aumenta su durabilidad, sigue teniendo las mismas propiedades

mecánicas, por lo que se estima una vida útil entre 25 y 30 años con mantenimiento (con protector al agua, recomendándose el Setol para dar 3 manos, lo que estira dos años más la durabilidad). En caso de que la madera se pudra, la empresa ofrece garantía y reemplaza la misma.

Los productos CA-C y CA-B se obtienen en estado líquido (del mismo proveedor mencionado de la Empresa B) y son transportados con transporte propio que cuenta con las debidas regulaciones para poder trasladar sustancias peligrosas y una vez en la empresa se depositan sobre pallets.

El proceso productivo consta de las siguientes etapas:

1) Tratamiento previo a la impregnación:

La madera llega a la empresa recién aserrada y verde, pasa por un baño antihongos y antimanchas además del despunte, limpieza con cepillos y pulverizaciones. Se la alistona con separadores y se la apila para secar durante 15 días. Si la madera tiene humedad inferior al 25% se considera que está lista para impregnar.

2) Impregnación de la madera:

Es exactamente el mismo proceso empleado por las empresas que utilizan CCA, vacío-presión-vacío. Se realiza sobre un área techada, sin paredes laterales que consta además de una plataforma de escurrido adyacente a la salida del autoclave y una playa de estivado o acopio de la madera ya terminada que funciona como plataforma de goteo. El tiempo de espera es de 30 a 120 minutos.

3) Depósito de la madera tratada:

La madera debe permanecer entre 24 y 48 hrs. bajo techo, cuentan con una superficie de balastro al aire libre. Se los estiva en paquetes armados que presentan separadores y el tiempo de espera dependerá de factores como el clima (15 días en verano o 40-45 días en invierno en tablas de pulgada, pues en tablas más fina demora menos) o se puede poner en secadero 3 días.

4) Tratamiento posterior a la impregnación:

Una vez que la madera es impregnada, se la máquina, y se realiza cepillado, moldurado y despuntado. Por otro lado, se efectúa control de calidad de la madera tratada por parte del proveedor del preservante, retirándose entre 2 y 3 muestras para analizar la penetrabilidad del producto.

**Tratamiento de los residuos:**

El proceso de impregnación tiene como desechos la madera impregnada y madera sin impregnar, ambas van al Basurero Municipal. Otros restos que se generan en el proceso y su tratamiento son los siguientes:

- Efluentes líquidos, que son inexistentes debido a que forman parte de un circuito cerrado y por lo tanto se reutilizan a través de un proceso de reciclaje.
- Efluentes líquidos pluviales, no hay tratamiento.
- Envases vacíos, se les aplica un triple lavado y se dejan bajo techo.
- Lodo, casi no se genera, según la empresa este tipo de residuos se genera cuando la madera no se asea con anterioridad. En el caso de la empresa no poseen inconvenientes con este tipo de residuo, y cuando existen se depositan en Basurero Municipal como bloques de portland.

- Viruta y aserrín, se aspiran, se derivan a un silo y se los deposita en el Basurero.

### **Planes de contingencia ante derrames del producto:**

Toda área de impregnación se encuentra sobre una plataforma de madera la cual contiene por debajo una fosa metálica de contención. En caso de algún accidente o derrame esta fosa contiene la solución y la misma deriva nuevamente al circuito de circulación. Los implementos que utilizan son bombas y chupones o succionadores.

### **3. Salud y seguridad**

Con respecto a los elementos de protección:

- Los operadores cuentan con protección tanto para la impregnación como para la maquinación, en el primer caso deberían usar como protección personal casco, orejera, máscara con doble filtro de carbono (principalmente en el autoclave, del tipo 3m N° 6200 y filtro 6003), guantes de látex, uniforme (mameluco desechable para autoclave, y camisa y pantalón lavable), antiparras (o lentes) y zapatos de seguridad. Mientras que para la maquinación los elementos de seguridad son pantalón, remera, zapatos de seguridad con puntera, fajas lumbares, mascarillas, casco y orejeras. Los empleados no usan todos los implementos, aunque se haga hincapié por parte de la empresa. Se busca capacitarlos a través de una comisión formada del MSP y con los manuales de seguridad correspondientes, sin embargo, la empresa identificó necesidades de capacitación en comisión de salud y seguridad laboral.

- El referente comunicó que la maquinación de la de madera una vez que fue tratada con el producto no es riesgosa, no obstante el polvillo es dañino. Comparado con el polvillo de la madera impregnada con CCA es menos, pero de todas formas el proceso se debe hacer con aspiración con turbina y con los elementos de seguridad correspondientes.
- En lo que respecta al programa de vigilancia médica los trabajadores sólo se realizan carnet de salud. No se realizan ningún otro tipo de controles médicos.
- Hay señalización de riesgo en la planta y equipamiento contra incendios, que es una bomba eléctrica con mangueras.

#### 4. Estructura de costos

RUBROS	% SOBRE COSTO TOTAL
Equipamiento/Infraestructura	34,18%
Materia prima /madera sin tratar	26,04%
Solución para impregnación	15,96%
Almacenamiento de la producción	10,0%
Sueldos personal dependiente	7,29%
Combustible	2,34%
Energía	1,30%
Seguros	0,85%
Servicios contratados y honorarios	0,62%
Gastos de limpieza y mantenimiento	0,55%
Reparación y Mantenimiento de maquinarias	0,52%
Uniformes y artículos de protección del personal	0,16%
Agua	0,13%
Control ambiental y Análisis de suelos	0,05%
Costo tratamiento de los residuos tóxicos	0,02%
Otros	0,02%
Capacitación de operarios ante contingencias	0,00%
Análisis y control sanitario del personal	0,00%
Control de calidad del producto	0,00%

Tabla VII-3. Estructura de costos en Empresa C.

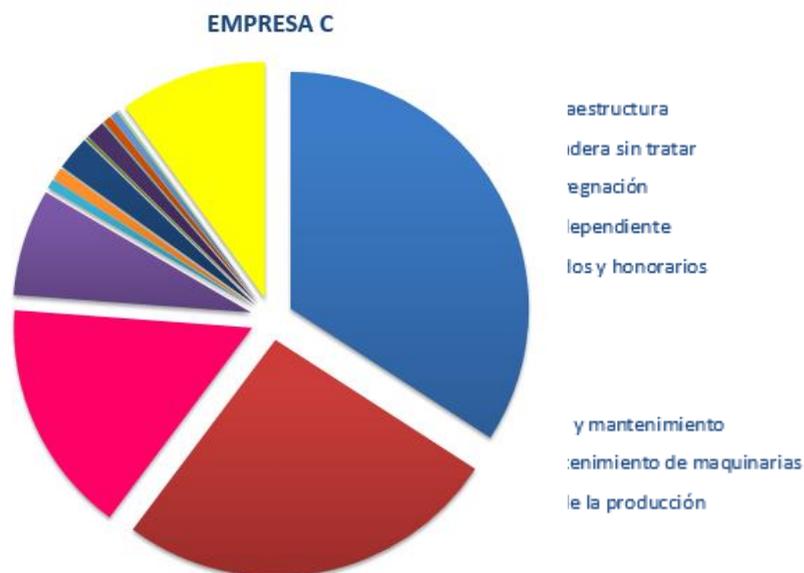
Fuente: Elaboración propia.

Claramente se puede apreciar como los tres costos principales en la empresa C, son exactamente los mismos descritos en la empresa A y cuyos porcentajes representan un peso similar en ambos casos. En esta ocasión, la infraestructura, la solución para impregnar y la materia prima son el 76,18% de los costos totales. Mientras que en la empresa A, ocupaban un 88,98% y en la empresa B, sólo la materia prima y solución para impregnar eran el 60% de los costos totales.

Por otro lado, aparecen cuatro rubros que son de menor peso, pero siguen teniendo gran relevancia en el proceso de impregnación y juntos conforman el 20,93%. Estos costos serían los relacionados al almacenamiento de la producción, sueldos del personal, combustible y energía eléctrica.

Por último, con un porcentaje mucho menor y casi insignificante tenemos costos que representan el 2,89% de los costos totales. En esta ocasión lo que a la organización le genera menos costo sería lo vinculado al personal, capacitaciones, así como el cumplimiento de los controles sanitarios y en segundo plano lo medioambiental y el tratamiento de los residuos.

En la siguiente gráfica se puede apreciar de manera más clara, la proporción de gastos de la Empresa C, como se podrá apreciar no sólo los 7 gastos principales mencionados anteriormente son visibles, sino que también figuran los relacionados a seguros, servicios contratados y honorarios profesionales, gastos de limpieza así como los referentes al mantenimiento de las maquinarias.



**Gráfico VII-3. Participación de costos en Empresa C.**

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que este producto es más costoso que CCA, ya que su costo final es un 20% superior, los dueños de las obras de construcción eligen utilizar este producto alternativo alegando su interés por la defensa del medioambiente y manifestando una cultura de responsabilidad social empresarial.

## 5. Comercialización

El destino de la producción es el mercado nacional, a particulares y privados, empresas que fabrican y barracas. Antes en una oportunidad se exportó a Brasil, pero hoy en día no lo hacen. Aseguran que los problemas para exportar están asociados a las medidas de la madera que acá no se cortan, y mandar a cortar implica cambiar la norma vigente en la actualidad para operar en Uruguay.

Algunos de los usos que se le da a sus productos tienen que ver con la vivienda, muelles en agua dulce y camineros.

En lo que respecta al preservante, las dificultades de comercialización se deben a que por ser un producto nuevo la gente no tiene conocimiento de sus propiedades.

## **6. Postura ante la reconversión**

Para proceder a la reconversión concretar esta etapa y comenzar a aplicar el Wolman E se tuvo que raspar los tanques, para así alcanzar una limpieza profunda y eliminar cualquier residuo del preservante que se utilizaba anteriormente (CCA). No se compró maquinaria nueva, sí se cambiaron bomba de agite, llave, bombas, depósitos del autoclave y mangueras. Se logró calcular un costo de cambio aproximado, el mismo se calculó de tres a cuatro mil dólares, más el costo de no utilizar la planta. A la empresa en sí le llevó un mes y medio el poder acondicionarla, durante ese período la producción se encontraba parada y no se generaron ganancias. La utilización de estos nuevos productos quedó subsidiada por la empresa proveedora durante 1 año, con el fin de que los costos finales fueran equivalentes a los gastos incurridos utilizando CCA.

El referente manifestó su opinión sobre la reconversión y por qué suponía que las empresas no se reconvertían. Resaltó de que debían adquirir un nuevo autoclave, y efectuar un triple lavado, ya que es imposible utilizar la misma maquinaria porque los compuestos de ambos preservantes son diferentes y los residuos contaminarían el proceso.

Otro inconveniente es que se está impregnando 1kg de activo CA-B por metro cúbico de retención de madera, y 1,07 del CA-C, pero para postes utilizados en la electrificación se necesitarían 5kg y sería mucho más caro que utilizar CCA.

Pero no todo es negativo con el producto alternativo, en cuanto a la sanidad y desechos es menos contaminante y la duración de la madera es exactamente igual con ambos productos. Respecto a las diferencias de aspecto es posible reconocer a ambos, si bien en un principio el tono verdusco es evidente en la madera tratada, al final el Wolman E adquirirá una tonalidad miel y el CCA se volverá más blanco.

## VIII. CONCLUSIONES

El objetivo fundamental del proyecto fue determinar si la reconversión es una alternativa hoy para las empresas que operan con CCA en Uruguay. Revelando además los motivos que estarían condicionando a las empresas que realizan impregnación de madera a continuar utilizando el preservante del tipo CCA.

Para ello, se entrevistaron tres empresas que realizan impregnación de madera en Uruguay, dos de las cuales tratan la madera actualmente con CCA, la tercera en cambio fue protagonista de un proceso de reconversión y hoy en día opera con un producto alternativo denominado Wolman E.

Actualmente en nuestro país 21 empresas que impregnan madera con el fin de extender la vida útil de la misma y protegerla del efecto de agentes externos que podrían dañarla, pero de todas ellas solamente una impregna madera con un producto diferente al CCA. El aporte de este proyecto se basa en plantear posibles explicaciones por las cuales casi la totalidad de las empresas no ven en la reconversión una alternativa de producción al menos en el corto plazo.

En este sentido las empresas no son conscientes del impacto ambiental de utilizar el CCA, y de los riesgos a los que se exponen a los trabajadores al manejar este tipo de productos. Tampoco existe preocupación acerca de los inconvenientes que se presentan a la hora de desechar la madera tratada, así como de la dificultad en el tratamiento de los residuos tóxicos que se generan del proceso productivo. Cabe mencionar que a nivel mundial existe una creciente tendencia a restringir el uso de productos tóxicos para tratar la madera, además de que cada país tiene estándares de aplicación de soluciones protectoras y se ha vuelto difícil comercializar la

madera tratada con productos reconocidos como nocivos para la salud. Hay una predisposición mundial a utilizar preservantes de baja toxicidad como el cobre el zinc y biocidas orgánicos.

En Uruguay no existe un control exhaustivo de la operación de empresas que impregnan con el producto ni restricciones para el uso de la madera tratada con CCA, ni en utilización de la misma ni en concentración del producto, únicamente está disponible un manual de buenas prácticas en el tratamiento de madera. Esta situación de vacío legal no es exclusiva en nuestro país sino que también ocurre en América Latina.

Si bien se reconocen – en mayor o menor medida - los riesgos y consecuencias sobre la salud ocupacional de operar con CCA, la legislación en Uruguay no es estricta en los controles y seguimiento, que son efectuados por DINAMA y por el Ministerio de Salud Pública.

A raíz de la investigación, se puede concluir que si bien la reconversión es una alternativa conocida por las empresas, no existe interés manifiesto ni se plantean realizar la reconversión de sus procesos productivos a la operación con productos alternativos al CCA. Los argumentos tienen que ver con factores de tipo económico, siendo la variación de los costos un factor determinante en la decisión de reconversión. El precio del CCA actualmente es inferior al de otros preservantes y existen escasos antecedentes en el mercado de empresas que lo hayan implementado con resultados positivos y que sean suficientes para incentivar la reconversión. Por otro lado los mercados a los cuales venden las

empresas que utilizan CCA, siguen siendo rentables como para incurrir en un cambio cuyo futuro parece ser incierto.

Realizando un análisis comparativo de los costos obtenidos resultó en que si bien el costo de reconversión no es insignificante, las empresas carecen de incentivo para reconvertirse por lo anteriormente expuesto. Es prudente comentar las limitaciones que generaron al análisis la disposición de información aproximada y sensible como lo son los costos para las empresas, arrojando resultados en esa línea.

Las empresas que operan con CCA tienen una visión cortoplacista que no tienen en cuenta las restricciones que el operar con CCA podría generarles para acceder al mercado exterior (por existencia de reglamentaciones o restricciones al acceso a empresas que operen con CCA), y para acceder al mercado nacional en tanto este establezca restricciones normativas.

Sería conveniente determinar y analizar qué tratamiento se le dará efectivamente a los residuos tóxicos que se originan del proceso de impregnación de madera con CCA, ya que los mismos son significativos por empresa y tienen un gran impacto medioambiental.

En tanto no exista un incentivo de tipo económico o legal que regule y controle efectivamente el desempeño de las empresas que realizan impregnación de madera con CCA en Uruguay, no se vislumbra un panorama muy favorable para la reconversión.

A raíz del análisis se recomienda:

- La regulación y control efectivo de la operación de empresas con CCA, en este sentido y en particular en lo que hace al:
  - Tratamiento de residuos de empresas que realizan impregnación de madera en Uruguay con CCA, ya que los mismos tienen un gran impacto tanto sobre las personas que operan con el preservante como sobre el medioambiente.
  - Seguridad y salud ocupacional (utilización de elementos protectores, control médico de trabajadores), que obligue al uso de elementos de seguridad ocupacional y que a su vez exija un estricto control médico de cada uno de los trabajadores que operan con este producto a diario.
- Generación de conciencia en la población del impacto medioambiental y sobre la salud de las empresas que operan con CCA, en pro de un desarrollo sostenible y sustentable. En este sentido Uruguay debería ser precursor en políticas en este sentido.
- Dado que los costos de la reconversión parecen ser uno de los factores determinantes para el cambio, podría estudiarse la posibilidad de financiar esa reconversión, por ejemplo con exoneraciones fiscales que incentiven a las empresas a reconvertirse. Analizar qué postura tiene el resto de las empresas que operan con CCA frente a la reconversión.
- Analizar qué impactos tendría sobre las exportaciones del país y el acceso a nuevos mercados que las empresas del sector se reconvirtan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreiro, S. e Hirsch, T. (2011) *Protección de la madera*. Tesina. Universidad de la República, Uruguay. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/4703/1/BAR44.pdf> [Consultado 26-8-2016].
- Calderón, D. A. (2010) *Preservación de maderas*. Disponible en: [http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/9336/mod\\_resource/content/0/Preservacion\\_de\\_maderas.pdf](http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/9336/mod_resource/content/0/Preservacion_de_maderas.pdf) [Consultado 26-8-2016].
- Dieste, A. (2014) *Mitigación del impacto ambiental de madera tratada químicamente*. Disponible en: [https://gp.gub.uy/sites/default/files/documentos/consejo\\_sectorial\\_forestal\\_madera\\_-\\_mitigacion\\_del\\_impacto\\_ambiental\\_de\\_madera\\_tratada\\_quimicamente.pdf](https://gp.gub.uy/sites/default/files/documentos/consejo_sectorial_forestal_madera_-_mitigacion_del_impacto_ambiental_de_madera_tratada_quimicamente.pdf) [Consultado 26-8-2016].
- DINAMA. Dirección Nacional de Medio Ambiente (2007) *Guía de buenas prácticas en impregnación de madera. Tomo 1: seguridad y salud ocupacional*. Disponible en: [http://catalogo.latu.org.uy/doc\\_num.php?explnum\\_id=2089](http://catalogo.latu.org.uy/doc_num.php?explnum_id=2089) [Consultado 26-8-2016].
- DINAMA. Dirección Nacional de Medio Ambiente (2007) *Guía de buenas prácticas en impregnación de madera. Tomo 2: gestión ambiental y producción más limpia*. Disponible en: [http://catalogo.latu.org.uy/doc\\_num.php?explnum\\_id=2090](http://catalogo.latu.org.uy/doc_num.php?explnum_id=2090) [Consultado 26-8-2016].
- Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica y Fundación Copec-UC. (2008) *Seminario: Impregnación de Pino Radiata en Chile*. Santiago, 8 enero 2008. Disponible en: <http://www.corma.cl/file/material/seminario-8-enero-08-biblioteca.pdf> [Consultado 26-08-2016].
- Gonzalez, E. (2014) *¿Y después qué?: ventajas y desventajas de la madera tratada con químicos como material para la construcción*. Disponible en: <http://www.ccu.com.uy/sitio/attachments/article/1068/02-10-LD-DF-p05.pdf> [Consultado 12-7-16].
- IET. Instituto de Estructuras y Transporte. Departamento de Estructuras. Facultad de Ingeniería. (2014) *Normativa y mercado de la madera estructural en Uruguay*. Disponible en: <https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2016/25086/2014-Informe%202001.pdf> [Consultado 12-7-16].
- Lebow, S. (2004) *Alternatives to chromated copper arsenate (CCA) for residential constructions*. Disponible en: [http://www.woodcenter.org/docs/fpl\\_rp618.pdf](http://www.woodcenter.org/docs/fpl_rp618.pdf) [Consultado 12-7-16].

Lichtfouse, E., Schwarzbauer, J. y Robert, D. eds. (2005) *Environmental chemistry: green chemistry and pollutants in ecosystems*. Disponible en: [https://books.google.com.uy/books?id=y576WcY07c0C&pg=PA235&lpg=PA235&dq=countries+with+cca+prohibited&source=bl&ots=epbdnHGJe8&sig=iHe\\_6S kibR1wXcVa9NOHJD53CUg&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6zu3J0sbOAhXMfZAKHVW-CuAQ6AEIPjAF#v=onepage&q=countries%20with%20cca%20prohibited&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=y576WcY07c0C&pg=PA235&lpg=PA235&dq=countries+with+cca+prohibited&source=bl&ots=epbdnHGJe8&sig=iHe_6S kibR1wXcVa9NOHJD53CUg&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6zu3J0sbOAhXMfZAKHVW-CuAQ6AEIPjAF#v=onepage&q=countries%20with%20cca%20prohibited&f=false) [Consultado 16-8-16].

Nordic Council of Ministers (1999) *Arsenic in impregnated wood: a compilation of data from Nordic reviews*. Disponible en: <https://books.google.com.uy/books?id=w8sLW8P9u6wC&pg=PA72&lpg=PA72&dq=from+cca+preservative+to+alternative+experience&source=bl&ots=lt13S5ifRm&sig=KRp0DkqUR7bHaSM2zpa7jLIGJzM&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigopjLsMnOAhWCD5AKHVNCddIQ6AEIJDAB#v=onepage&q=from%20cca%20preservative%20to%20alternative%20experience&f=false> [Consultado 17-8-16]

Real Academia Española. *Definición lixiviado*. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=NT2erac> [Consultado 16-8-16].

Urrutia, A. (2013) *La madera tratada con CCA ¿solución o problema?*. Tesina. Universidad de la República, Uruguay. Disponible en: <http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2016/01/Tesina-Adriana.-Urrutia.pdf> [Consultado 26-08-2016].

## ANEXOS

### ANEXO A

#### I. Entrevista a Empresa A

##### Tecnólogo en Administración y Contabilidad

##### Entrevista: Proyecto Final 2016 con Ingeniería Forestal

Recomendación: el cuestionario tiene carácter confidencial y será utilizado a los solos efectos de la investigación del Proyecto Final 2016.

**Fecha de la entrevista:**    /    /

#### OBJETIVO

Obtención de información directa de empresas impregnadoras de madera, acerca de sus características organizacionales, tecnológicas, ocupacionales y estructura de costos para la realización del Proyecto Final 2016 del Tecnólogo en Administración y Contabilidad – Universidad de la República.

#### Información de la encuesta

##### I. DATOS GENERALES DE IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Empresa:	<b>EMPRESA A</b>
Nombre y cargo del entrevistado:	

##### II. CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONALES

- 1) ¿Podría describirnos la actividad que desarrolla la empresa?
- 2) ¿Podría hacernos una breve reseña histórica? ¿Cuándo fue creada? ¿Cuál fue el objetivo de la creación? ¿Dónde funciona?

##### III. TECNOLOGÍA Y PROCESO DE PRODUCCIÓN

- 3) ¿Con qué producto tratan la madera y qué compuestos tiene?

- 4) ¿Ese producto se obtiene localmente o es importado?
- 5) ¿En qué estado se obtiene (líquido, polvo, pasta/sólido)?
- 6) ¿Qué tipo de almacenamiento es necesario para este producto?
- 7) ¿Cómo es el proceso productivo?
- 8) ¿Cómo tratan los residuos de la producción?
- 9) ¿Disponen de Planes de Contingencia ante derrames del producto (CCA o alternativo)?
- 10) ¿Qué tipo de capacitación necesita el personal para trabajar con el producto?
- 11) ¿Cómo es el tratamiento de impregnación de la madera con este producto?

#### **IV. SALUD Y SEGURIDAD**

- 12) ¿Disponen de medidas de Salud y Seguridad?
  - Ingeniería
  - Diseño y mantenimiento
  - Administrativas
  - Higiene personal
  - Elementos de protección personal
- 13) ¿Aplican medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos?
  - Criterios de inclusión para la vigilancia
  - Plan de monitoreo biológico
  - Algoritmo de intervenciones según resultados
  - Programa de vigilancia médica, ¿con qué frecuencia?
- 14) ¿La maquinación de la madera es riesgosa una vez que fue tratada con CCA o con el alternativo?

#### **V. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

- 15) ¿Cuál es la estructura de costos de la empresa? Por citar algunos (o en aquellos rubros que la empresa pueda aportar el % de participación en los costos):
  - Equipamiento/Infraestructura

- Solución para impregnación (concentrado de CCA o el producto que utilicen)
- Productos de limpieza
- Mantenimiento y limpieza
- Transporte (de CCA a la planta, transporte interno en la planta)
- Capacitación de operarios ante contingencias
- Agua
- Energía
- Materia Prima/madera sin tratar
- Control de calidad del producto

## **VI. COMERCIALIZACIÓN**

24) ¿Cuál es el destino de la producción?

25) ¿Qué usos se le puede dar a la madera tratada con este producto a nivel nacional e internacional?

26) ¿Tienen dificultades de comercialización del producto, esto es existe/n alguna/s restricción/es en el mercado internacional para vender el producto con la impregnación realizada?

**MUCHAS GRACIAS.**

## II. Entrevista a Empresa B

### Tecnólogo en Administración y Contabilidad

#### Entrevista: Proyecto Final 2016 con Ingeniería Forestal

Recomendación: el cuestionario tiene carácter confidencial y será utilizado a los solos efectos de la investigación del Proyecto Final 2016.

Fecha de la entrevista:    /    /

#### OBJETIVO

Obtención de información directa de empresas impregnadoras de madera, acerca de sus características organizacionales, tecnológicas, ocupacionales y estructura de costos para la realización del Proyecto Final 2016 del Tecnólogo en Administración y Contabilidad – Universidad de la República.

#### Información de la encuesta

##### I. DATOS GENERALES DE IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Empresa:	<b>EMPRESA B</b>
Nombre y cargo del entrevistado:	

##### II. CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONALES

- 1) ¿Podría describirnos la actividad que desarrolla la empresa?
- 2) ¿Podría hacernos una breve reseña histórica? ¿Cuándo fue creada?  
¿Cuál fue el objetivo de la creación? ¿Dónde funciona?

##### III. TECNOLOGÍA Y PROCESO DE PRODUCCIÓN

- 3) ¿Con qué producto tratan la madera y qué compuestos tiene?
- 4) ¿Ese producto se obtiene localmente o es importado?
- 5) ¿En qué estado se obtiene (líquido, polvo, pasta/sólido)?
- 6) ¿Qué tipo de almacenamiento es necesario para este producto?

- 7) **¿Cómo tratan los residuos de la producción?**
- 8) **¿Disponen de Planes de Contingencia ante derrames del producto (CCA)?**
- 9) **¿Qué tipo de capacitación necesita el personal para trabajar con el producto?**
- 10) **¿Cómo es el tratamiento de impregnación de la madera con este producto?**

#### **IV. SALUD Y SEGURIDAD**

- 11) **¿Disponen de medidas de Salud y Seguridad?**
  - Ingeniería
  - Diseño y mantenimiento
  - Administrativas
  - Higiene personal
  - Elementos de protección personal.
- 12) **¿Aplican medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos?**
  - Criterios de inclusión para la vigilancia
  - Plan de monitoreo biológico
  - Algoritmo de intervenciones según resultados
  - Programa de vigilancia médica, ¿con qué frecuencia?
- 13) **¿La maquinación de la madera es riesgosa una vez que fue tratada con CCA?**

#### **V. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

- 14) **¿Cuál es la estructura de costos de la empresa? Por citar algunos (o en aquellos rubros que la empresa pueda aportar el % de participación en los costos):**
  - Equipamiento/Infraestructura
  - Solución para impregnación (concentrado de CCA o el producto que utilicen)
  - Productos de limpieza
  - Mantenimiento y limpieza
  - Transporte (de CCA a la planta, transporte interno en la planta)

- Capacitación de operarios ante contingencias.
- Agua
- Energía
- Materia Prima/madera sin tratar:
- Control de calidad del producto

Estructura de costos - MATRA					
	Rubros	Unidad de medida	Alternativamente		% participación en los costos totales
			Costo en USD	Costo en \$	
1	Equipamiento/Infraestructura				
2	Solución para impregnación				
3	Otros productos utilizados para impregnación (detallar AQUÍ)				
4	Productos de limpieza				
5	Mantenimiento y limpieza				
6	Transporte (del producto a la planta, transpoe interno en la planta)				
7	Costo para quien les vende el producto (del manejo del mismo)				
8	Capacitación de operarios ante contingencias				
9	Agua potabilizada				
10	Agua para consumo personal				
11	Energía				
12	Combustible - gas				
13	Combustible - gasoil				
14	Combustible - nafta				
15	Oxigeno				
16	Materia prima /madera sin tratar				
17	Control de calidad del producto				
18	Vigilancia				
19	Mecánico				
20	Control ambiental				
21	Análisis de suelos				
22	Seguro de la planta				
23	Seguro de accidentes del personal				
24	Seguro de las plantaciones (si existen)				
25	Almacenamiento de la producción (previa impregnación)				
26	Almacenamiento de la producción (post impregnación)				
27	Reparación y Mantenimiento de maquinarias				
28	Servicios contratados/ Servicios de terceros (incluye personal contratado)				
29	Sueldos personal dependiente				
30	Costo tratamiento de los residuos tóxicos				
31	Honorarios profesionales (por ej, médicos, contadores, escribanos, abogados)				
32	Análisis y control sanitario del personal				
33	Uniformes y artículos de protección del personal				
34	Análisis de condiciones del suelo, del agua, etc.				
35	Otros (detallar AQUÍ)				

## VI. COMERCIALIZACIÓN

**24) ¿Cuál es el destino de la producción?**

**25) ¿Qué usos se le puede dar a la madera tratada con este producto a nivel nacional e internacional?**

**26) ¿Tienen dificultades de comercialización del producto, esto es existe/n alguna/s restricción/es en el mercado internacional para vender el producto con la impregnación realizada?**

**MUCHAS GRACIAS.**

### III. Entrevista a Empresa C

#### Tecnólogo en Administración y Contabilidad

#### Entrevista: Proyecto Final 2016 con Ingeniería Forestal

Recomendación: el cuestionario tiene carácter confidencial y será utilizado a los solos efectos de la investigación del Proyecto Final.

**Fecha de la entrevista:**

#### OBJETIVO

Obtención de información directa de empresas impregnadoras de madera, acerca de sus características organizacionales, tecnológicas, ocupacionales y estructura de costos para la realización del Proyecto Final del TAC 2016.

**Información de la encuesta**

#### I. DATOS GENERALES DE IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Empresa:	<b>EMPRESA C</b>
Nombre y cargo del entrevistado:	

#### II. CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONALES

15) ¿Podría describirnos la actividad que desarrolla la empresa?

16) ¿Podría hacernos una breve reseña histórica? Esto es: ¿La empresa es familiar? ¿Cuándo fue creada? ¿Cuál fue el objetivo de la creación? ¿Dónde funciona?

#### III. TECNOLOGÍA Y PROCESO DE PRODUCCIÓN

17) ¿Tratan la madera con CCA o con algún otro producto? ¿Qué compuestos tiene?

18) ¿Ese producto se obtiene localmente o es importado?

- 19) **¿En qué estado se obtiene (líquido, polvo, pasta/sólido)?**
- 20) **¿Qué tipo de almacenamiento es necesario para este producto?**
- 21) **En caso que no trabajen con CCA, ¿en qué se diferencia este producto del CCA?**
- 22) **¿Cómo tratan los residuos de la producción?**
- 23) **¿Disponen de Planes de Contingencia ante derrames del producto?**
- 24) **¿Qué ventajas tiene el tratamiento de la madera con este producto alternativo respecto al tratamiento con CCA?**
- 25) **¿En qué varía el producto final obtenido respecto al tratado con CCA?**
- 26) **¿Qué adaptaciones de infraestructura son necesarias para trabajar con el mismo?**
- 27) **Esas adaptaciones en la infraestructura, ¿las realizan técnicos extranjeros o uruguayos?**
- 28) **¿Qué tipo de capacitación necesita el personal para trabajar con el producto?**
- 29) **¿Cómo es el tratamiento de impregnación de la madera con este producto?**

#### **IV. SALUD Y SEGURIDAD**

- 30) **¿Disponen de medidas de Salud y Seguridad?**
- Ingeniería
  - Diseño y mantenimiento
  - Administrativas
  - Higiene personal
  - Elementos de protección
- 31) **¿Aplican medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos?**
- Criterios de inclusión para la vigilancia
  - Plan de monitoreo biológico

- Algoritmo de intervenciones según resultados
- Programa de vigilancia médica, ¿con qué frecuencia?

**32) ¿Los protocolos de seguridad respecto a personal e infraestructura requeridos son diferentes si se trata la madera con CCA que con un producto alternativo?**

**33) ¿La maquinación de la madera es riesgosa una vez que fue tratada con CCA o con el alternativo?**

## **V. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

**34) ¿Cuál es el costo de producir con este producto en relación a la producción con CCA? (Inferior, igual o superior)**

**35) ¿Cuál es la estructura de costos de la empresa? Por citar algunos (o en los rubros que pueda aportar la empresa el % de participación de los costos):**

- Equipamiento/Infraestructura
- Solución para impregnación (concentrado de CCA o el producto que utilicen)
- Productos de limpieza
- Mantenimiento y limpieza
- Transporte
- Capacitación de operarios ante contingencias
- Agua
- Energía
- Materia Prima/madera sin tratar
- Control de calidad del producto

Estructura de costos - ASBAIN SRL					
	Rubros	Unidad de medida	Alternativamente		% participación en los costos totales
			Costo en USD	Costo en \$	
1	Equipamiento/Infraestructura				
2	Solución para impregnación				
3	Otros productos utilizados para impregnación (detallar AQUÍ)				
4	Productos de limpieza				
5	Mantenimiento y limpieza				
6	Transporte (del producto a la planta, transpoe interno en la planta)				
7	Costo para quien les vende el producto (del manejo del mismo)				
8	Capacitación de operarios ante contingencias				
9	Agua potabilizada				
10	Agua para consumo personal				
11	Energía				
12	Combustible - gas				
13	Combustible - gasoil				
14	Combustible - nafta				
15	Oxígeno				
16	Materia prima /madera sin tratar				
17	Control de calidad del producto				
18	Vigilancia				
19	Mecánico				
20	Control ambiental				
21	Análisis de suelos				
22	Seguro de la planta				
23	Seguro de accidentes del personal				
24	Seguro de las plantaciones (si existen)				
25	Almacenamiento de la producción (previa impregnación)				
26	Almacenamiento de la producción (post impregnación)				
27	Reparación y Mantenimiento de maquinarias				
28	Servicios contratados/ Servicios de terceros (incluye personal contratado)				
29	Sueldos personal dependiente				
30	Costo tratamiento de los residuos tóxicos				
31	Honorarios profesionales (por ej, médicos, contadores, escribanos, abogados)				
32	Análisis y control sanitario del personal				
33	Uniformes y artículos de protección del personal				
34	Análisis de condiciones del suelo, del agua, etc.				
35	Otros (detallar AQUÍ)				

## VI. COMERCIALIZACIÓN

**36) ¿Cuál es el destino de la producción?**

**37) ¿Qué usos se le puede dar a la madera tratada con este producto a nivel nacional e internacional?**

**38) ¿Tienen dificultades de comercialización del producto, esto es existe/n alguna/s restricción/es en el mercado internacional para vender el producto (impregnado con CCA o con el producto que ellos usan).**

**MUCHAS GRACIAS.**

**ANEXO B**

**I. Cuadro comparativo entre empresas de los factores relevados en las encuestas**

<b>FACTOR</b>	<b>EMPRESA A</b>	<b>EMPRESA B</b>	<b>EMPRESA C</b>
<b>Características organizacionales</b>	<p>Inicia en 1978.</p> <p>Radicada en el norte del país.</p> <p>Impregna madera de eucalipto y rolliza,</p> <p>Uso final: columnas y tablas utilizadas como postes de electrificación.</p>	<p>Inicia en 1972.</p> <p>Ubicada al sur del país.</p> <p>Impregna madera de eucalipto, rolliza y pino,</p> <p>Uso final: postes y madera aserrada</p>	<p>Inicia en el 2001.</p> <p>Radicada al sur del país.</p> <p>A partir de 2007, impregna pino marítimo, elliotti, etc.</p> <p>Uso final: tablas, tirantes-clavadores, y pisos machimbrados.</p>
<b>Tecnología y proceso de producción</b>	<p>Utiliza CCA Tipo C.</p> <p>Etapas del proceso de producción:</p> <p>1- Producción en bosque</p> <p>2- Cosecha de postes</p> <p>3- Recepción de postes</p> <p>4- Depósito de la madera en planta</p> <p>5- Impregnación luego de 6 meses.</p> <p>6- Se guarda la</p>	<p>Utiliza CCA-C</p> <p>Etapas del proceso de producción:</p> <p>1- Tratamiento previo: cepillado y maquinado</p> <p>2- Impregnación de la madera</p> <p>3- Depósito de la madera tratada</p> <p>4- Tratamiento posterior: cortarlas, para obtener una determinada</p>	<p>Utiliza CA-B O CA-C</p> <p>Etapas del proceso de producción:</p> <p>1- Tratamiento previo</p> <p>2- Impregnación</p> <p>3- Depósito de madera tratada</p> <p>4- Tratamiento posterior</p> <p>Residuos: de madera</p>

FACTOR	EMPRESA A	EMPRESA B	EMPRESA C
	<p>madera por 6 meses</p> <p>7- Un tercero los transporta a destino</p> <p>Residuos: se resguardan en tanques de metal y luego en un depósito hasta que se llevan al Sanitario Industrial.</p> <p>Planes de contingencia: Fosa en caso de pérdidas o derrames de la solución.</p>	<p>medida.</p> <p>Residuos:</p> <p>El lodo se neutraliza con cemento.</p> <p>Planes de contingencia: fosa que contiene derrames.</p>	<p>impregnada y sin impregnar, se envían al Basurero Municipal.</p> <p>El lodo se evita que se generen, si no se logra Se depositan en el basurero como bloques de portland.</p> <p>Planes de contingencia: fosa para contener derrames.</p> <p>Bombas y chupones.</p>
<p><b>Salud y seguridad</b></p>	<p>Ingeniería: se producen los elementos que se necesitan, en las cantidades y momentos oportunos</p> <p>Diseño y mantenimiento: de maquinaria, equipos y control ambiental.</p> <p>Higiene personal: vestuarios</p> <p>Protección personal: casco, mameluco,</p>	<p>Señalización contra riesgos de contacto.</p> <p>Equipamiento contra incendio.</p> <p>Protección personal: guantes de nitrilo, delantal, protectores auditivos, etc.</p> <p>Análisis de cromo y arsénico en la orina y sangre. Desde 2014,</p>	<p>Protección personal para impregnación: casco, orejera, máscara de doble filtro de carbono, guantes de látex, etc.</p> <p>Polvillo que surge de maquinación es menos dañino que el de madera impregnada con CCA.</p> <p>Señalización de</p>

<b>FACTOR</b>	<b>EMPRESA A</b>	<b>EMPRESA B</b>	<b>EMPRESA C</b>
	<p>guantes, etc.</p> <p>Vigilancia trabajadores expuestos.</p>	<p>audiometrías tonales.</p> <p>Capacitación al personal en riesgo toxicológico, seguridad e higiene personal.</p>	<p>riesgo y equipamiento contra incendio: bomba eléctrica con mangueras.</p>
<b>Comercialización</b>	<p>Destino: mercado interno.</p> <p>No vende ni se propone vender al mercado internacional.</p> <p>Usos de la madera: sólo para postación.</p>	<p>Antiguamente se exportó.</p> <p>Actualmente el 95% se destina al mercado interno.</p> <p>Usos de la madera tratada: postes para uso rural, para alambrados, viñedos, invernáculos. En la construcción; para pavimentos, barandas, etc.</p> <p>Inconvenientes debido a que el producto de impregnación es resistido.</p>	<p>Antiguamente se exportó a Brasil.</p> <p>Destino: Mercado Nacional; a particulares y a privados, empresas que fabrican y barracas.</p> <p>Usos: vivienda, muelles de agua dulce y camineros.</p> <p>Dificultades de comercialización debido al preservante: producto nuevo no conocido por la gente.</p>
<b>Costos de Producción</b>	<p>Equipamiento/ infraestructura: 46,32%</p> <p>Materia prima: 29,41%</p> <p>Solución impregnación: 13,25%</p>	<p>Sueldos personal dependiente: 40%</p> <p>Materia prima: 30%</p> <p>Solución impregnación: 30%</p>	<p>Equipamiento/ infraestructura: 34,18%</p> <p>Materia prima: 26,04%</p> <p>Solución impregnación: 15,96%</p>

