



Universidad de la República

Facultad de Ingeniería

Instituto de Ingeniería Química

Proyecto de grado de la carrera de Ingeniería Química

# Diseño de una planta de tratamiento de madera por impregnación

Autores: Cecilia Cabrera  
Aldí López  
Sofía Rosso  
Nicolás Spinelli

Tutores: Ing. Quím. César Michelotti  
Ing. Quím. Norberto Cassella

Setiembre 2012  
Montevideo, Uruguay

## Resumen ejecutivo

El presente trabajo es un anteproyecto de una planta de tratamiento de madera por impregnación donde se estudia la factibilidad técnica y económica, utilizando CA-C como preservante sobre madera de pino y eucalipto.

El objetivo principal se basa en la posibilidad de producir madera impregnada, previendo la necesidad de ajustarse a reglamentaciones internacionales, manteniendo viabilidad financiera y económica.

La industria del tratamiento de madera por impregnación comenzó en nuestro país en el año 1973, impregnando madera de eucalipto para tendido eléctrico, a cargo de la empresa estatal de generación de energía eléctrica. Con el crecimiento en la actividad forestal, y el desarrollo de la industria de la construcción, a partir del año 2005 el número de emprendimientos aumentó significativamente. Ésta tendencia continúa, y la madera tratada gana terreno en diversas aplicaciones. Sin embargo, se trata de un sector industrial poco desarrollado tecnológicamente, fundamentalmente a base de CCA, y con procesos productivos carentes de estándares de calidad definidos.

Se establece la producción anual en 14.200 m<sup>3</sup> de madera impregnada, esto fue definido en base al desarrollo de un estudio de mercado donde se evalúa la actual situación, se cuantifica la demanda y la oferta de madera impregnada y su posible evolución.

El emprendimiento se ubica en el departamento de Canelones, en la localidad de Soca, considerando que dicha ubicación es estratégica desde el punto de vista logístico tanto en el suministro de materia prima como en el despacho de producto.

En el proceso de impregnación de madera existen tres etapas imprescindibles para la obtención de un producto uniforme y de calidad: secado, impregnación, fijación. El secado de la madera se realiza según la especie: el pino en cámara y el eucalipto es estibado al aire. La impregnación se realiza de forma automatizada en un autoclave según el método Bethell, alternando ciclos cerrados de vacío y presión que permiten recuperar y reutilizar la solución preservante. Por último, la madera impregnada es llevada a una cámara de fijación donde, a humedad y temperatura constante, finalizan las reacciones entre el preservante y la madera.

Cabe destacar que el diseño contempla un grado de automatización que busca optimizar el gasto de energía, minimizar tiempos, garantizando la homogeneidad del producto.

La definición de los procesos involucrando nuevas tecnologías para el país, y el seguimiento y registro de las variables operativas a lo largo de todo el proceso, hacen que este trabajo intente ser un modelo a seguir en plantas similares.

La evaluación del impacto ambiental hace de este emprendimiento un proyecto beneficioso a nivel social y económico para la localidad de Soca, sin presentar impactos ambientales negativos ya que se contempla un conjunto de medidas y cuidados, que junto con la ingeniería propuesta lo hacen posible.

Del estudio económico y financiero del proyecto, se concluye que la viabilidad económica y financiera es positiva. Sin embargo, cabe mencionar la fuerte incidencia del precio del preservante en los resultados obtenidos, ya que el costo del mismo representa alrededor del 50% de los costos totales del funcionamiento de la planta. Esto sumado a la incertidumbre en la evolución del precio del mismo, quita seguridad a la inversión, y genera la necesidad de considerar alternativas a este insumo.

Por último, la concreción de este proyecto aporta valor agregado al país, ya que genera puestos de trabajo e ingresos por utilidad y pago de intereses. Además, normaliza el proceso de producción de madera tratada, contribuyendo a la mejora de la calidad del producto y fomentando la utilización de un preservante menos nocivo.

## Agradecimientos

En este pasado año y medio de trabajo, hemos contado con el continuo apoyo de los tutores designados, a quienes agradecemos profundamente por su dedicación y paciencia.

Paralelamente agradecemos y valoramos, la excelente disposición encontrada en diferentes profesionales consultados a lo largo de todo este proceso. Organismos, empresas públicas y privadas, han colaborado aportando en distintos aspectos y momentos del trabajo.

Como grupo de trabajo que somos, nos reconocemos y agradecemos mutuamente la compañía, valorando el aprendizaje que ha supuesto trabajar juntos.

Estamos profundamente agradecidos con nuestras familias y amigos, que sin ellos no hubiese sido posible culminar el desafío que la carrera supone, y que finaliza con la concreción de este trabajo.

# Contenido general

## Capítulo 1: Comercialización

1. Introducción .....	9
2. Estudio de mercado.....	13
3. Comercialización del producto.....	42
4. Conclusión.....	60

## Capítulo 2: Tamaño y Localización

1. Tamaño .....	65
2. Localización.....	66

## Capítulo 3: Tecnologías

1. Introducción .....	90
2. Materia prima.....	91
3. Manejo de materia prima y producto.....	105
4. Secado.....	112
5. Preservación .....	142
6. Manejo y disposición de soluciones.....	152
7. Tratamiento de agua para calderas.....	160

## Capítulo 4: Ingeniería

1. Introducción .....	179
2. Distribución en planta .....	180
3. Área 1: Manejo de materia prima y producto .....	183
4. Área 2: Secado y fijación.....	190
5. Área 3: Generación de vapor y agua tratada .....	205
6. Área 4: Impregnación y manejo de soluciones.....	215
7. Sistema de protección contra incendios .....	248
8. Consumo de energía eléctrica.....	252
9. Cronograma de obras.....	254

## Capítulo 5: Prevención de los riesgos y Seguridad Industrial

1. Introducción .....	261
2. Maniobras y almacenamiento.....	262

3. Sistema de protección y defensa contra siniestros.....	268
4. Medidas de salud y seguridad .....	286
5. Elementos de protección individual .....	289
6. Programa de vigilancia de la salud.....	291
 Capítulo 6: Organización de la empresa	
1. Introducción .....	296
2. Organización externa .....	296
3. Organización interna.....	298
 Capítulo 7: Estudio de Impacto Ambiental	
1. Introducción .....	305
2. Marco legal .....	306
3. Situación actual en la industria de nuestro país.....	308
4. Breve descripción del proyecto .....	309
5. Descripción del medio receptor.....	319
6. Identificación y evaluación de impactos ambientales y sociales .....	327
7. Plan de seguimiento, vigilancia y auditoría .....	333
8. Conclusiones .....	336
 Capítulo 8: Estudio Económico y Financiero	
1. Introducción .....	340
2. Análisis con capital propio.....	341
3. Análisis con capital mixto .....	370
4. Conclusión.....	378
 Capítulo 9: Evaluación	
1. Introducción .....	382
2. Evaluación desde el punto de vista del empresario .....	383
3. Evaluación desde el punto de vista de la institución financiera.....	390
4. Evaluación desde el punto de vista nacional.....	392
5. Conclusión.....	396
 Apéndice .....	 397
 Anexo.....	 416