



**Universidad de la República
Facultad de Ingeniería-Instituto de Ingeniería Química**

**Proyecto de grado de la carrera de Ingeniería
Química**

Separación de lignina del licor negro resultante del Proceso kraft

Autores:

**Rafael Alberti
Leonardo Bruno
Lucía Cabillón
Ignacio Oyarbide**

Tutores:

**Ing. Norberto Cassella
Ing. Carina Oddone**

**Diciembre 2014
Montevideo, Uruguay**

Resumen ejecutivo

El presente trabajo es un anteproyecto de evaluación técnica y económica de una planta de extracción de lignina del licor negro resultante de la producción de pulpa de celulosa kraft.

El interés de este estudio, radica en la posibilidad de obtener un producto que puede ser utilizado como materia prima en diversos procesos productivos. El uso como aditivo en la formulación de resinas para tableros contrachapados, la utilización como dispersante en la fabricación de concreto y su aplicación como antioxidante en la producción de asfaltos, son las principales utilidades estudiadas para la lignina en este trabajo. Además del ingreso del producto a estos mercados, existen beneficios adicionales para la planta de la cual se extrae la lignina, como ser la utilización de ésta como combustible y el aumento de producción de pasta de celulosa que la instalación de este sistema trae aparejado (18% extra).

En el estudio de mercado se diferenciaron dos escenarios de demanda, uno más conservador (escenario A), cercano a 2500 toneladas por año, y otro más auspicioso (escenario B), del orden de 5600 toneladas por año. En base a esto y a los porcentajes recomendados de extracción de lignina, el diseño se realizó para una planta de celulosa de pequeña escala, específicamente FANAPEL, en la ciudad de Juan Lacaze, Colonia.

La planta tendrá una capacidad instalada de 4200 toneladas de lignina por año, destinadas en su totalidad al mercado interno.

El proceso consiste en la precipitación en batch de la lignina con ácido sulfúrico al 50% en peso, a pH 9, 80°C, con agitación mecánica constante, durante un tiempo de reacción de una hora. Se parte de licor negro parcialmente evaporado, con una concentración de sólidos de 25%. Posteriormente, el contenido del reactor atraviesa una etapa de sedimentación, en la que el sobrenadante es retornado a la unidad de evaporación debido al alto contenido de sólidos que aún presenta. El lodo es filtrado a 75°C en un filtro prensa ($\Delta P=2$ bar), obteniendo un sólido de baja pureza (Klason 74%). Se purifica el mismo mediante un lavado por desplazamiento dentro del filtro (a pH=2, con una

resuspensión previa para ajuste de pH), utilizando como licor de lavado una mezcla de composición $0.055 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{SO}_4,98\%}/\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}$, luego del cual se obtiene un contenido de lignina Klason de 99%. Los filtrados obtenidos son devueltos a la unidad de evaporación. Finalmente, el producto es secado con aire caliente en un secador rotatorio, hasta alcanzar un valor de humedad de 10%.

Se trata de un proceso limpio, con baja generación de residuos sólidos, emisiones gaseosas y efluentes, con mínimo impacto sobre el entorno. Además, en el diseño fueron contempladas todas las recomendaciones referentes a seguridad y salud ocupacional, lo que convierte a la planta en un ambiente seguro y confortable para los trabajadores.

La inversión total se sitúa en una cifra cercana a los U\$S 6.000.000, previéndose la finalización de las obras en nueve meses. Se evaluó la financiación con capital propio y con capital mixto. Para el último caso, se consideró un préstamo que cubra el 70% de las inversiones amortizables tangibles, a una tasa de interés anual del 10%, con un período de gracia de dos años.

La evaluación económica y financiera arroja resultados positivos. Tanto para la financiación con capital propio como con capital mixto, se obtienen valores de Tasa Interna de Retorno superiores a las de otras posibles inversiones en el mercado (situándose entre 18.6% y 52.5%, dependiendo del escenario de venta y la forma de financiamiento), y períodos de repago inferiores a la vida útil del proyecto (entre 4.7 y 1.7 años), tratándose entonces de una inversión atractiva.

Se constató que la rentabilidad depende en gran medida del precio de la pulpa de celulosa y, en menor medida, del precio de venta de la lignina. Esto hace que el proyecto no presente un alto grado de seguridad.

Por último, se trata de un proyecto de interés nacional, que genera 27 nuevos puestos directos de trabajo, fuentes renovables de energía y un flujo de divisas positivo para el país.