



**DEPARTAMENTO DE PROYECTO INDUSTRIAL
INSTITUTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍA - UdelaR**



Obtención de bioetanol a partir de hemicelulosas separadas del licor negro del proceso Kraft

Marzo 2012 – Noviembre 2013

Tutores:

Ing.Quím. Francisco Cassella

Ing.Quím. Carina Oddone

Lucía Estrade Soba

Ignacio Fontaiña Reyes

Patricia Franzoni Armstrong

Hugo Mirabal Álvarez

Ana Paula Pereira Rosas

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de inversión consiste en la obtención de bioetanol para ser utilizado como aditivo en las naftas a nivel nacional a partir de hemicelulosas extraídas de chips de eucalipto previo a la producción de pulpa de celulosa, mediante modificaciones en el proceso Kraft, sin alterar la calidad de la pulpa de celulosa obtenida. Se valoriza de esta forma las hemicelulosas, componente de la madera que actualmente es incinerado a pesar de su bajo poder calorífico.

El uso de etanol como combustible puro o como agregado en las gasolinas convencionales es una práctica a nivel mundial. En Uruguay, particularmente, la Ley Nº 18.195 del 28 de noviembre de 2007 dota de un marco legal a la producción y comercialización de agrocombustibles y establece que, a partir del 31 de diciembre de 2014, será obligatorio el agregado de un 5% de etanol a las naftas, si bien esto ya se está cumpliendo desde hace un tiempo. Esto hace que la producción de etanol modifique la matriz energética nacional de forma sustentable, diversificándola y permitiendo al Uruguay independizarse parcialmente del petróleo.

Con estas perspectivas, el proyecto en estudio produce anualmente 78.590 m³ de etanol utilizando aproximadamente 3,6 millones de m³ de madera al año. La totalidad del etanol producido se venderá a ANCAP. Paralelamente se obtendrán 66.660 m³ de ácido acético y 99.990 toneladas de yeso anuales que se venderán en plaza y en el exterior.

El proceso de producción de etanol consta principalmente de las siguientes etapas: pre-tratamiento, hidrólisis, fermentación y destilación. Para la producción de ácido acético luego de la hidrólisis siguen las etapas de extracción líquido-líquido y destilación. En primer lugar, los chips precalentados ingresan al extractor donde se da la impregnación con licor verde (químico proveniente del proceso Kraft) y posterior extracción de una porción de hemicelulosas y lignina. La corriente obtenida es hidrolizada mediante ácido sulfúrico teniendo como resultado azúcares, lignina precipitada y ácido acético. La lignina es separada y enviada a la caldera de recuperación; a la corriente restante se le extrae el ácido acético mediante una extracción líquido-líquido que luego es purificado al 99%. El flujo obtenido en el fondo de la columna es neutralizado con CaO, proceso en el cual se obtiene el yeso. Los azúcares son fermentados mediante la levadura *Pichia Stipitis* obteniéndose así etanol, el cual será llevado finalmente al 95% mediante destilación.

El emprendimiento se ubica en Fray Bentos en el departamento de Rio Negro, integrado a la planta de UPM. Éste ocupará un área de 2.000 m², generando alrededor de 60 nuevos puestos de trabajo directos y otros tantos indirectos.

Por estar el emprendimiento anexado a la planta de UPM, se usan los servicios con los que cuenta dicha planta. Es importante destacar que los efluentes que se generan son tratados y reutilizados dentro de la misma planta. Esto tiene dos grandes ventajas: por una parte no hay impactos adversos sobre el medio ambiente, y por otra parte se recuperan los químicos de proceso para volver a ser utilizados en el mismo.

La inversión necesaria para la ejecución del proyecto es de aproximadamente U\$S 87.000.000, de los cuales las inversiones amortizables representan un 77% aproximadamente. La factibilidad del proyecto se evalúa en dos casos: Capital Propio y Capital Mixto. Para el segundo caso se considera un préstamo que abarca el 50% de la inversión total, con una tasa de interés fija del 5% anual y sin período de gracia.

En lo que respecta a la viabilidad financiera del proyecto financiado con capital propio resulta una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 49%, mientras que para capital mixto resulta una TIR de 78% (sin pérdidas en el rendimiento de pulpa en ambos casos). Sin embargo, resulta fundamental destacar que el caso que se considera más cercano a la

realidad es el de una pérdida de rendimiento de pulpa del 2,5% arrojando por lo tanto una TIR de 10% y 12% para Capital Propio y Mixto respectivamente, ambos casos con un VAN positivo para una tasa de interés del 5%; se obtuvo un período de repago de 9,2 años para el primer caso y 8,9 años para el segundo.

De lo anterior se concluye por lo tanto que el proyecto es viable desde el punto de vista económico y financiero, aún para la situación con un 2,5% de pérdidas en el rendimiento de pulpa.

Cabe destacar que desde el punto de vista nacional este proyecto es de gran interés, ya que contribuye entre otras cosas al desarrollo en el sector de los Biocombustibles introduciendo en nuestro país el concepto de biorefinería que se encuentra en pleno auge a nivel mundial. La integración de industrias de celulosa con biorefinerías que permitan la producción de productos con mayor valor agregado (como el bioetanol y ácido acético) son vistas como la solución a la ecuación económica de estas industrias.

Es de destacar también que la materia prima no compite con la producción de alimentos como otras matrices. Se introduce además un proceso innovador, fuentes de trabajo y formación de mano de obra en el área de energías renovables.