



# OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIUIOS CÍTRICOS

Proyecto Industrial

Instituto de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Diciembre 2016

## Tutores

I.Q. Mónica Loustaunau  
I.Q. Cesar Michelotti  
I.Q. Carina Oddone

## Autores

Valeria Lozano  
María Mariño

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe, es un anteproyecto de factibilidad técnica y económica de una planta de obtención de etanol, utilizando residuos cítricos como materia prima.

Los residuos cítricos, son residuos lignocelulósicos. La experiencia en nuestro país en la producción de etanol es reciente y no contempla el uso de materia prima de este origen.

La materia prima lignocelulósica es más difícil y costosa de extraer e hidrolizar a azúcares fermentables que los productos a base de azúcar o almidón (maíz, caña de azúcar, remolacha azucarera), lo cual provoca una disminución en la rentabilidad en su producción. Sin embargo, existe una tendencia mundial de cambiar las materias primas de producción de etanol de origen alimenticio hacia materiales celulósicos, especialmente desechos.

El uso de materias primas de origen alimenticio para obtener etanol compite por los alimentos elevando sus precios, lo cual presenta un problema político y ético. Como contrapartida, la producción de etanol a partir de residuos le agrega valor a un desecho, generando un impacto ambiental positivo.

Evaluando distintos factores locacionales (disponibilidad de materia prima, mercado de consumo, transporte, disponibilidad de mano de obra, costo del terreno y marco institucional), se decide instalar la planta de producción de etanol en el departamento de Paysandú, en un predio lindero a la planta de Azucitrus (planta de mayor producción del país), cuyos residuos serán el único abastecimiento para el proyecto. La decisión de no considerar los residuos de otras plantas como Nolir, Milagro y Dayrico, se basa en que el costo de su traslado versus el porcentaje de materia seca de los mismos (o sea, la materia prima para obtener azúcares fermentables), implica grandes egresos que no justifican el aumento de producción por la utilización de los mismos.

La ley 18.195 del 28 de noviembre de 2007 dota de un marco legal a la producción y comercialización de agrocombustibles (incluyendo el bioetanol) y desde el 31 de diciembre de 2014, es obligatorio el agregado de al menos un 5% de etanol a las naftas. Actualmente la producción nacional de etanol, está abocada a cubrir dicha demanda. Dado que los volúmenes proyectados de producción de etanol a partir de residuos cítricos son bajos (875 m<sup>3</sup> por año), no resultan atractivos para este mercado ya que la demanda actual es de 45.000 m<sup>3</sup>/año y la capacidad instalada de ALUR es de más de 100.000 m<sup>3</sup>/año.

Por otra parte, existe en el mercado nacional una demanda de etanol industrial que se abastece íntegramente de la importación. Se decide producir etanol para atender la demanda de este mercado, debido a que los precios de mercado de este producto son más atractivos (910 USD/m<sup>3</sup> vs. 750 USD/m<sup>3</sup>), y es posible atender un mayor porcentaje de la demanda de mercado (aproximadamente un 30% luego del primer año).

El proceso de obtención de etanol se divide en las siguientes etapas: acondicionamiento de la materia prima, hidrólisis, detoxificación, fermentación y destilación.

La materia prima previamente triturada, es enviada a un tanque donde se hidroliza con ácido sulfúrico a alta temperatura. En esta etapa se separa la lignina, dejando expuestas las cadenas de celulosa que son hidrolizadas en medio ácido a azúcares fermentables.

Una vez hidrolizada la pasta, la misma es detoxificada en un tanque con hidróxido de calcio (*overliming*). Se retira el sulfato de calcio producido y se ajusta el pH previo a la fermentación. El objetivo de esta etapa, es eliminar sustancias tóxicas y/o inhibitorias que pudieran haberse originado durante la hidrólisis y evitar su repercusión negativa en la fermentación de los azúcares.

La mezcla con azúcares fermentables (previamente detoxificada y neutralizada), es fermentada por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y transformada en etanol. El etanol resultante es purificado y concentrado mediante destilación hasta la concentración azeotrópica.

Por último, el etanol resultante es almacenado en tanques y comercializado a granel o en tarrinas de 200L.

La planta opera de abril a noviembre debido a la disponibilidad de materia prima. Durante el mes de diciembre, se realizan las actividades de mantenimiento de la planta. Los restantes meses sólo se realizan actividades de envasado y comercialización. Los meses de alta zafra serán junio, julio y agosto y se trabajará con 24 personas.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto no presenta impactos graves e irreversibles que afecten el medio ambiente, por lo que puede ser clasificado bajo la categoría "B", según el marco legal vigente de la Dirección Nacional de Medio Ambiente. Los efectos negativos más significativos, pueden ser minimizados mediante medidas de control bien conocidas.

En lo que respecta a la seguridad laboral, los riesgos más significativos pueden ser controlados hasta niveles aceptables.

Del estudio económico financiero se deduce que el proyecto no es económicamente ni financieramente viable, obteniéndose un Valor Actual Neto negativo y una Tasa Interna de Retorno menor a la tasa de descuento fijada. Por otra parte, considerando el nivel de materia prima disponible y el precio fijado se encuentra que no se alcanza el punto de equilibrio, dado que –entre otros factores-, el nivel de ventas representa solo un 37% de costos. Para alcanzar dicho punto, el precio del etanol debería ser 2.75 veces mayor al fijado lo cual se encuentra muy por encima de los precios razonables de mercado.

Analizados los aspectos positivos y negativos del presente proyecto, el resultado global indica que los aspectos negativos desde el punto de vista del empresario superan a los aspectos positivos desde el punto de vista nacional.

Incluso considerando eventuales escenarios de promoción de la inversión por parte del estado para emprendimientos en biocombustibles, la evaluación económica financiera sigue siendo desfavorable, dada la escasa producción y los altos costos de inversión y operación del proyecto.