



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR

Producción de biogás a partir de vinaza

Nicolás Baudean
Santiago Freire
Andrés Guarino
Matías Luján
Xenia Vázquez

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República
en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniería
Química

Tutores

Nikolai Guchin
Eduardo Testorelli

Montevideo, Uruguay
Diciembre de 2025

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto evalúa la viabilidad de la producción de biogás a partir de la vinaza generada en el proceso de fabricación de bioetanol de caña de azúcar de la empresa Alcoholes del Uruguay S.A. (ALUR), en Bella Unión, con el fin de transformarlo en energía eléctrica para su comercialización. La vinaza es un subproducto que contiene materia orgánica, cuya valorización mediante digestión anaerobia permite no solo mitigar los impactos ambientales, sino también generar energía renovable, contribuyendo a los objetivos nacionales de sostenibilidad, diversificación de la matriz energética y descentralización productiva.

El proyecto se enmarca en un contexto global y nacional de incremento sostenido en la demanda de energía eléctrica y promoción de fuentes renovables. A nivel mundial, la generación eléctrica a partir de biomasa ha aumentado significativamente debido a los compromisos ambientales establecidos en el Acuerdo de París. En Uruguay, el uso de biomasa representa el 26% de la generación eléctrica y ha mostrado una tendencia creciente. Adicionalmente, se proyecta un aumento de la demanda energética con una tasa anual del 4,5% para el período 2023-2027, lo que abre oportunidades para la incorporación de nuevos generadores privados. El marco normativo vigente permite que productores privados vendan energía a UTE o a terceros mediante contratos energéticos, posicionando al biogás como un recurso con potencial para su integración al mercado eléctrico.

Desde el punto de vista técnico, se selecciona la tecnología de digestión anaerobia en reactor tipo UASB operando con microorganismos mesófilos, por su relación entre eficiencia, estabilidad operativa y costo de inversión. El proceso contempla la recepción y homogeneización de la vinaza, su tratamiento anaerobio para producir biogás y su posterior utilización como combustible en un motor de cogeneración de 1 MW de potencia, el cual permite generar energía eléctrica y aprovechar la energía térmica. La planta operará de forma continua durante once meses al año, utilizando piletas de almacenamiento de vinaza para procesar el remanente generado durante la zafra. La producción anual estimada es de 3,3 millones de metros cúbicos de biogás, lo que permite generar aproximadamente 7 GWh de energía eléctrica, que se inyectará a la red mediante la subestación de ALUR. El diseño incluye las operaciones unitarias necesarias para la producción y control de forma segura del biogás y su posterior transformación a energía eléctrica.

En materia ambiental, el proyecto contribuye a la reducción de la carga contaminante de la vinaza, convirtiéndola en un recurso energético, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y genera un digestato apto para su uso como fertilizante, cerrando el ciclo de nutrientes. De esta forma se enmarca en la política nacional de economía circular y promueve el uso eficiente de los recursos. La localización en Bella Unión refuerza el impacto positivo en cuanto a la descentralización industrial y la creación de empleo directo e indirecto permanentemente.

Desde el punto de vista económico-financiero, se evaluó el escenario base del proyecto original, el cual considera como única fuente de ingreso la venta de energía eléctrica. En este

escenario, la inversión inicial asciende a 9,2 millones de dólares, considerando los costos necesarios en infraestructura, equipamiento, montaje, ingeniería y servicios auxiliares. El precio de venta de la energía se fijó en 61 USD/MWh, (equivalente al precio promedio que UTE aplica a clientes con generación propia). Los indicadores financieros obtenidos muestran que el proyecto presenta un Valor Actual Neto negativo, lo que indica que el proyecto no es económicamente viable, por lo tanto, se realiza la evaluación económica- financiera de trabajar durante la zafra de ALUR, disminuyendo la inversión y se obtiene un VAN negativo, por lo tanto, este escenario tampoco es económicamente viable.

Con el fin de obtener un VAN positivo, considerando un ingreso adicional por tratamiento de vinaza de 1 USD por tonelada, se obtuvo que el precio de venta de la energía debería ser de 300 USD/MWh, lo que representa un incremento del 392% respecto al valor base, operando únicamente en zafra. No obstante, este escenario no parece ser viable en el corto y mediano plazo.

En conclusión, el proyecto no alcanza una rentabilidad económica que justifique la inversión en el contexto actual.