



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



INSTITUTO DE
INGENIERÍA QUÍMICA



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR

Revalorización de Suero de Queso: Planta de elaboración de Concentrado de Proteína de Suero

Autores:

Juliana Barrios Núñez de Moraes	(IA)
Manuela Gallo Pérez	(IA)
Matias Edgardo Altamirano Barboza	(IQ)
Santiago Andrés Da Fonte Carrete	(IQ)

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 Ingeniero Químico e Ingeniero en Alimentos.

Tutores:

Ing. Raúl García
Ing. Soledad Gutierrez

Consultor especialista:

Ing. Alfredo Belo

Montevideo, Uruguay
Junio 2026

Agradecimientos

Hoy culminamos una etapa que recordaremos con enorme gratitud, orgullo y emoción. El camino transitado no sería tal sin el acompañamiento de algunos pilares fundamentales a los cuales queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento:

A **nuestras familias y seres queridos**, por acompañarnos en cada paso, por su comprensión en los momentos difíciles y por su aliento constante. Este logro también es de ustedes, porque sin su amor, confianza y apoyo incondicional, nada de esto habría sido posible.

A nuestros tutores por su tiempo, su paciencia y por guiarnos con dedicación en cada etapa del proyecto.

A la Facultad de Ingeniería y a la Facultad de Química de la Universidad de la República, por habernos formado no solo como profesionales, sino también como personas críticas, comprometidas y capaces de enfrentar nuevos desafíos.

A la educación pública, por abrirnos las puertas, por ser sinónimo de oportunidad y por permitirnos recorrer este camino de aprendizaje y crecimiento personal.

Y a todos los docentes universitarios, quienes dejaron marcas imborrables en nuestro camino de aprendizaje desde el primer hasta el último día.

Descargo de Responsabilidad

Este informe de Proyecto de Grado ha sido desarrollado como parte de un ejercicio didáctico en el marco del programa de Ingeniería Química/de Alimentos en Facultad de Ingeniería, UdelaR. El objetivo principal de este proyecto es demostrar la capacidad del estudiante para aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos durante su formación académica. La Propiedad Intelectual del presente informe pertenece a la Universidad de la República y los autores y tutores, de acuerdo a la Ordenanza de los Derechos de la Propiedad Intelectual de la Universidad de la República (Res. No 91 de C.D.C. de 8/III/1994 – D.O. 7/IV/1994)

Aviso legal

Los contenidos, conclusiones y recomendaciones presentadas en este informe son resultado del trabajo académico del estudiante, basados en datos y supuestos disponibles hasta la fecha de finalización del proyecto. La institución y los supervisores del proyecto no asumen responsabilidad alguna por la exactitud, integridad o actualidad de la información proporcionada. Este informe está destinado únicamente para fines educativos y de evaluación dentro del ámbito académico del programa de Ingeniería Química /de Alimentos. No debe interpretarse como un asesoramiento profesional, técnico o especializado en ninguna materia.

Advertencia de uso

Cualquier lectura, interpretación o aplicación de los resultados y conclusiones de este informe por parte de terceros, queda bajo su propia responsabilidad. La institución, los autores y los supervisores del proyecto no asumen responsabilidad por cualquier pérdida, daño o consecuencia que pudiera surgir directa o indirectamente del uso de la información proporcionada en este informe. Los resultados presentados en este informe pueden estar sujetos a limitaciones y restricciones derivadas de la naturaleza didáctica del proyecto, incluyendo pero no limitándose a la disponibilidad de recursos, tiempo y alcance del ejercicio. Se prohíbe cualquier reproducción, distribución o divulgación total o parcial de este informe sin el consentimiento expreso por escrito de los autores y de la institución. Quien continúa con la lectura de este informe, acepta y comprende los términos y condiciones establecidos en este descargo de responsabilidad.

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto evalúa la viabilidad técnica y económica para el desarrollo de una planta de procesamiento de suero de queso, destinada a la obtención de concentrado de proteína de suero (WPC 80) y permeado concentrado. Esta iniciativa busca brindar una solución al problema de la disposición y valorización del suero proveniente de la industria quesera de pequeño y mediano porte en Uruguay.

El suero de queso es un subproducto que se genera en volúmenes comparables a la leche utilizada en la elaboración de queso, en el cual permanece una importante fracción de los nutrientes inicialmente disponibles. Actualmente, el principal destino del suero generado por las pymes lácteas es la alimentación animal. Sin embargo, esta práctica presenta grandes dificultades: la especie más apta para su consumo (porcinos) está en declive en Uruguay, y su uso en bovinos requiere manejos especiales. Además, debido a su alta carga orgánica (con una Demanda Biológica de Oxígeno de entre 30.000 y 50.000 ppm), el suero constituye un efluente complejo que supera ampliamente los límites legales de vertido vigentes en Uruguay. En conjunto, esta situación representa un obstáculo estructural para el crecimiento de las industrias queseras. Por estas razones, la búsqueda de alternativas de valorización del suero resulta imperativa para el desarrollo sostenible del sector.

La planta recibirá suero de cuatro empresas representantes de la Asociación Uruguaya de pymes lácteas (AUPYL): Lácteos Pippo's, El Piamontés, Don Santi y Mobari, mediante transporte en dos camiones cisterna propios de 30 m^3 . El proceso incluye pretratamiento (centrifugación y pasteurización), seguido de ultrafiltración para concentrar la fracción proteica, secado por aspersión para obtener WPC 80 en polvo, y nanofiltración seguida de evaporación para concentrar el permeado rico en lactosa. La planta opera en régimen semicontinuo, 2 turnos diarios, 260 días al año con una capacidad de diseño de 92.500 L de suero/día y una utilización inicial del 80 % (74.000 L/día), produciendo 200 ton/año de WPC 80 y 965 ton/año de permeado concentrado con una concentración del 75 % de lactosa (19.240 m^3 de suero procesados al año). El WPC 80 tiene alta demanda en suplementos deportivos, alimentos funcionales y fórmulas infantiles. No existe producción nacional, por lo que la planta sustituirá las importaciones (aproximadamente 20 ton/año) y exportará principalmente a China (precio de exportación: USD 8.000/ton; mercado interno: USD 10.000/ton). El permeado concentrado se destina a feedlots como sustituto de la melaza (USD 1.260/ton). Esta combinación supera en un 80 % los ingresos de la alternativa considerada de producción de suero en polvo convencional.

La planta se ubicará en las cercanías de Ecilda Paullier (Dpto. San José), localización seleccionada por minimizar las distancias de transporte de suero desde las plantas proveedoras mediante el método del centro de gravedad. El área construida total asciende a 930 m^2 : 175 m^2 correspondientes al sector administrativo y 755 m^2 al sector de operaciones (zona de producción, depósitos, laboratorio, sala de caldera y taller de mantenimiento). La planta generará 30 puestos de trabajo directos en las áreas de operaciones, calidad, comercial, finanzas y administración, con un costo anual de mano de obra de USD 900.000. Los principales insumos operativos son agua tratada (140 m^3 /día de pozos propios), leña para caldera (producción de vapor para el secador spray) y energía eléctrica de red.

La inversión total asciende a USD 9.715.000 (capital propio) o USD 10.250.000 (capital mixto con préstamo BID al 6 % a 10 años). Los principales rubros son equipos e instalación (USD 4.200.000), obra civil (USD 1.700.000) e ingeniería y gastos preoperativos (USD 2.000.000).

El costo total de operación en el año 1 alcanza los 3.800.000 USD (capital propio), equivalente a USD 200/ m^3 de suero procesado, siendo los rubros más significativos los costos asociados a la compra de equipos de proceso, la mano de obra de producción, la leña y los insumos de producción.

Los ingresos anuales proyectados suman USD 5.300.000: WPC 80 exportación (USD 1.400.000), WPC 80 mercado interno (USD 200.000), permeado concentrado (USD 1.600.000) y servicio de tratamiento de suero facturado a las empresas proveedoras a USD 110/ m^3 (USD 2.120.000). Cabe destacar que este último ingreso es un supuesto teórico: sin él, el VAN del proyecto se vuelve negativo, siendo la principal condición de viabilidad a resolver.

Con financiamiento mixto, los indicadores financieros (horizonte 10 años, tasa de descuento 14 %) son: TIR 50 %, período de repago 1,5 años, VAN USD 3.100.000 y ROI 2,90. Con capital propio: TIR 15 %, repago 5 años, VAN USD 400.000 y ROI 0,99. El punto de equilibrio se ubica en 13.700 m^3 /año (mixto), frente a una producción proyectada de 19.240 m^3 /año. El análisis de sensibilidad identificó el volumen de suero procesado y el precio del WPC 80 como las variables de mayor impacto sobre la rentabilidad del proyecto.

El proyecto presenta viabilidad técnica y económica bajo los supuestos modelados, constituyendo una solución sustentable que resuelve un problema estructural de las pymes lácteas uruguayas, genera 30 empleos directos, fortalece la cadena láctea nacional mediante el agregado de valor y reduce la carga orgánica vertida al ambiente. Su implementación, estimada en 17 meses, posicionaría a la planta como primer productor nacional de WPC 80 y abriría oportunidades de exportación. No obstante, la viabilidad financiera depende de manera crítica del cobro del servicio de tratamiento de suero a USD 110/ m^3 ; avanzar con la implementación requeriría revisar este modelo o ampliar la base de proveedores para incrementar el volumen procesado.