

Comunicación Corta

***APLICACIÓN DE PLANES EXPERIMENTALES PARA LA
DETERMINACIÓN DE CAPACIDADES ÓPTIMAS
DE INVERSIÓN EN LA INDUSTRIA LÁCTEA***

***APPLICATION OF EXPERIMENTAL PLANS FOR THE DETERMINATION OF
OPTIMAL INVESTMENT CAPACITIES IN THE DAIRY INDUSTRY***

Maura Serrano Rodríguez¹ <https://orcid.org/0009-0006-0916-4521>
Dianeya Morales Arbolaez² <https://orcid.org/0000-0003-3914-117X>
Acnamaily Pérez Medina³ <https://orcid.org/0009-0003-5581-1230>
Isabel Cabrera Estrada⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5307-1502>
Erenio González Suárez^{4*} <https://orcid.org/0000-0001-5741-8959>

¹Empresa Cárnica de Villa Clara, MINAL Santa Clara, Cuba

²Departamento de Ingeniería Hidráulica, Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de La Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³Empresa Láctea La Villareña, MINAL, Santa Clara, Cuba.

⁴Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central "Marta Abreu" de La Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Noviembre 12, 2025; Revisado: Diciembre 4, 2025; Aceptado: Diciembre 23, 2025

RESUMEN

Introducción:

No hay tecnologías de aprovechamiento en Villa Clara, de la crema de la leche fresca, existiendo solo una instalación en la provincia con la tecnología.

Objetivo:

Determinar capacidades óptimas de inversión en descremado y procesamiento hasta mantequilla de la leche fresca en Villa Clara.

Materiales y Métodos:

Evaluar con planes factoriales saturados, posibilidades de utilizar la crema contenida en la leche fresca, en las pasteurizadoras de Santa Clara y Sagua, empleando como



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Erenio González, Email: erenio@uclv.edu.cu



parámetro de optimización los costos por peso producido.

Resultados y Discusión:

La inclusión de inversiones en líneas de descremado de leche fresca y producción de mantequilla, en Sagua y Santa Clara, mostró disminución en costos por peso, mediante capacidades no existentes que se recuperan en 1 año.

Conclusiones:

La combinación de análisis económicos y diseños experimentales ofrece un marco robusto para evaluar alternativas desde el punto de tecnológico y económico.

Palabras clave: descremado; inversiones; mantequilla; planes experimentales.

ABSTRACT

Introduction:

There are no technologies in Villa Clara for utilizing the cream from fresh milk; there is only one facility in the province equipped with such technology.

Objective:

To determine the optimal investment capacities for skimming and processing fresh milk in Villa Clara.

Materials and Methods:

Evaluate, using saturated factorial designs, the possibilities of utilizing the cream contained in fresh milk at the pasteurization plants of Santa Clara and Sagua, employing cost per unit of weight produced as the optimization parameter.

Results and Discussion:

The inclusion of investments in fresh milk skimming lines and butter production in Sagua and Santa Clara showed a decrease in cost per unit weight, through previously non-existent capacities that are recovered in one year.

Conclusions:

The combination of economic analysis and experimental designs offers a robust framework for evaluating technological and economic alternatives.

Keywords: skimming; investments; butter; experimental plans.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la provincia de Villa Clara depende de una única instalación para el descremado de leche fresca y su utilización (Pérez et al., 2024), lo que limita la capacidad de extraer y comercializar la crema, un subproducto de alto valor agregado. Siendo el objetivo de esta investigación determinar capacidades óptimas de inversión en descremado y procesamiento hasta mantequilla de la leche fresca en Villa Clara.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de experimento tiene un importante papel en el Análisis de Procesos (González et al., 2021), así, se han utilizado planes experimentales en el estudio económico de la sensibilidad a diferentes variables de una inversión (Iraola et al., 2024), o la incidencia de variables tecnológicas en sus indicadores (Alemán et al., 2021).

En la tarea planteada, primero se hizo un estudio en el Lácteo de Santa Clara, siendo las variables a considerar y los niveles los mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Variables consideradas y sus niveles

<i>Variable</i>	<i>Nivel</i>
X1. Cantidad de leche procesada	(bajo -) procedente de Santa Clara (alto +) procedente de Manicaragua
X2. Cantidad de leche procesada de Remedios	(bajo -) ninguna (alto +) toda
X3: Cantidad de leche procesada de Santo Domingo	(bajo -) ninguna (alto +) toda
X4: Línea de producción	(bajo -) a crema (alto +) a mantequilla

Para determinar la capacidad de inversión se propone el parámetro de optimización $Y_3 =$ Costo por peso de producción, que es Y_1/Y_2 , siendo: Y_1 : Valor de la producción anual (VPA) y Y_2 : Costo de producción anual (CTPA).

Para estimar los costos de inversión y de producción se utilizan tablas en Peters et al. (2003), la regla de la punto seis y la oferta disponible (INDOV-MM LTD, 2024).

Para esta primera parte de la investigación se utilizó un diseño de Plackett-Bürman y el procesamiento de resultados de ocho experimentos con cuatro variables reales y tres falsas variables (Isaccson, 1970). Las variables reales son X_1, X_2, X_3, X_4 y las falsas X_{f1}, X_{f2} y X_{f3} . Los consecuentes E_i de variables reales y E_f de las falsas indican su significación. El error estándar se obtiene del efecto de las falsas variables según la ecuación 1.

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(E_f)^2}{No.falsas\ variables}} \quad (1)$$

La significación de cada efecto se verifica mediante el cotejo del valor tabulado de la t de Student a f (cantidad de falsas variables) y el calculado, de acuerdo a la expresión 2.

$$t = \frac{E(I)}{SE} \quad (2)$$

Si el valor calculado es mayor que el tabulado (Eilon, 1962), el efecto del cambio de la variable origina impactos en el parámetro de respuesta, el test de Student será de probabilidad (P) y grados de libertad (f) igual a la cifra de falsas variables.

Para evaluar el impacto de producir mantequilla en todas las instalaciones de Villa Clara, se usó una segunda matriz, propuesta con la idea de aprovechar la primera y así minimizar costos de investigación. En esta matriz la variable considerada como falsa en la primera (columna 5), será una variable real llamada X_5 : cantidad de leche a mantequilla considerando como nivel bajo ninguna, y nivel alto toda en Sagua.

El paso final para determinar la decisión o no de realizar una inversión son el comportamiento de los indicadores dinámicos de VAN, TIR, PRD.

3.2. Evaluación de los indicadores económicos de inversión

3.2.1 Evaluación de los indicadores económicos de la inversión en Santa Clara

En la figura 1 se muestran los valores de VAN: 1 269 560 978,28 CUP, TIR: 48 % y PRD: 1 año, en las inversiones a realizar en Santa Clara para el descremado y producción de mantequilla.

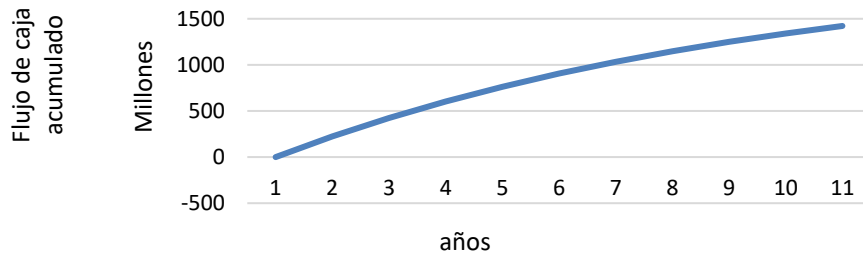


Figura 1. Valores de los indicadores dinámicos en Santa Clara para el descremado y la producción de mantequilla

3.2.2 Evaluación de los indicadores económicos de la inversión en Sagua

En la figura 2 se muestran los valores de VAN: 1 223 994 422,93 CUP, TIR: 63 % y PRD: 1 año, en las inversiones a realizar en Sagua para el descremado y producción de mantequilla.

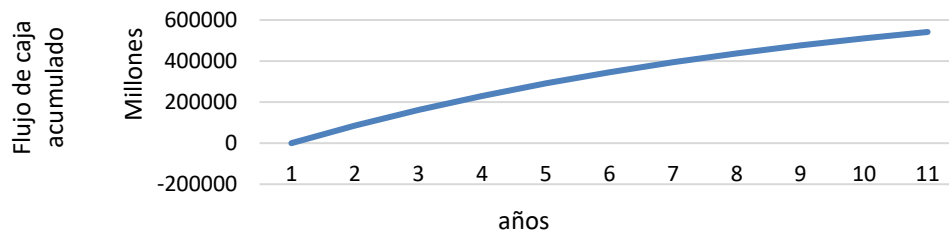


Figura 2. Valores de los indicadores dinámicos de las inversiones en Sagua

4. CONCLUSIONES

1. La combinación de análisis económico y diseños experimentales ofrece un marco robusto para evaluar alternativas tecnológicas y económicas como precisan las experiencias.
2. Al ser el período de recuperación de la inversión de 1 año se justifican las inversiones para descremado y mantequilla, tanto en Santa Clara como en Sagua.

REFERENCIAS

- Alemán, L. A., Mamady, B., González, E., Albernas, Y., & Fleites Ávila, Y. (2021). Planes Experimentales para medir la incidencia de variables tecnológicas en los indicadores de una inversión. *Centro Azúcar*, 48(3), 75-87. <https://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centrozucar/article/view/668?articlesBySameAuthorPage=9>
- Eilon, S. (1962). *Industrial Engineering D*. Von Nostrand Company, London, UK.

<https://www.abebooks.com/first-edition/Industrial-Engineering-Tables-S-Samuel-Eilon/32090531141/bd>

- González, E., Concepción, D. N., Pérez, A., Cerda, V. R., & Miño, J. E. (2021). *Gestión del conocimiento en la industria de procesos con apoyo de herramientas matemáticas*. Editorial Feijoo. <https://hdl.handle.net/20.500.12219/>
- INDOV-MM LTD. Oferta Comercial. (2024) Strelbishte. bl.97. entr.B. Sofía. Bulgaria.
- Iraola, T. C., Castillo, J., Muto, D., & González, E. (2024). Estudio de sensibilidad do investimento de uma instalacao para producao de superfosfato triplo. *Universidade y Sociedad*, 16(3), 537-545. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4512>
- Isaccson, W. B., (1970). Statistical Analyses for Multivariable Systems. *Chemical Engineering*, (6) 69-75. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Isaccson%2C+W.+B.+%281970%29.+Statistical+Analyses+for+Multivariable+Systems.+Chemical+Engineering%2C+%286%29+69-75>
- Pérez, D., Pérez, O., & Pérez, D. (2024). Evaluación del incremento de la eficiencia material asociada al descremado de leche fresca en la "Pasteurizadora Cubanacán". *Centro Azúcar*, (51)4, e1095. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/827
- Peters, M. S., Timmerhaus, R., & West, E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill Education. https://books.google.com.cu/books/about/Plant_Design_and_Economics_for_Chemical.html?id=3uVFkBBHyP8C&redir_esc=y

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Ing. Maura Serrano Rodríguez. Investigación, redacción - primera redacción.
- M.Sc. Dianeya Morales Arbolaez. Gestión de proyecto, análisis formal.
- Ing. Acnamaily Pérez Medina. Recursos, conservación de datos.
- Dr.C. Isabel Cabrera Estrada. Validación, redacción - revisión y edición.
- Dr.Sc. Erenio González Suárez. Conceptualización, metodología, supervisión.