


Proceso de optimización de producción del queso Dambo en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

Process for optimizing the production of Dambo cheese in Santa Cruz de la Sierra, Bolivia


Norberto Justiniano Gallardo

Docente Investigador
Universidad Privada Domingo Savio (UPDS), Bolivia
norberjust@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-0231-4210> 

Carlos Elio Céspedes Jiménez

Docente investigador Universidad Privada Domingo Savio (UPDS), Bolivia
ccarlos.eliocspedes@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-1959-3056> 

Fernando Canavire Castillo

Docente investigador
Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM), Bolivia
fernandocanavirecastillo@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-6163-4138> 

Recibido: 17/02/2025

Aceptado: 01/08/2025

Publicado: 05/08/2025

Referencia

Justiniano Gallardo, N., Céspedes Jiménez, C. E. y Canavire Castillo, F. (2025). Proceso de optimización de producción del queso Dambo en Santa Cruz de la Sierra, Boliviae. *Revista Científica del Sistema de Estudios de Postgrado*. 8(2). 57-77. DOI: <https://doi.org/10.36958/sep.v8i2.341>

Resumen

OBJETIVO: optimizar el tiempo de producción en el proceso de fabricación de queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. **MÉTODO:** aplicación sistemática de técnicas de análisis exhaustivo del proceso productivo actual, mediante un estudio de tiempos en la elaboración del queso Dambo y el desarrollo de una técnica de procedimientos operativos orientada a la optimización del proceso. **RESULTADOS:** se logró incrementar la productividad, evaluada en función de la cantidad de queso producido por obrero-hora, lo que refleja una mejora sustancial en la eficiencia operativa y una disminución de los costos laborales, contribuyendo directamente a la rentabilidad del proceso productivo. Paralelamente, se introdujeron ajustes en diversas etapas

Las opiniones expresadas en el artículo son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente representan la posición oficial de la USAC y sus miembros. La obra está protegida por la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos emitida en el decreto No. 33-98 por el Congreso de la República de Guatemala.

del proceso, los cuales permitieron reducir el tiempo total de fabricación sin comprometer la calidad del producto final. **CONCLUSIÓN:** el análisis de productividad reflejó un incremento del 16.67% en la producción de queso por obrero-hora y una disminución del 15% en los costos de mano de obra (0.0003 \$us/Kg de queso).

Palabras clave

producción de queso, reducción de costos, eficiencia del proceso, optimización, queso Dambo

Abstract

OBJECTIVE: to optimize production time in the Dambo cheese manufacturing process at the dairy company in Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. **METHOD:** systematic application of comprehensive analysis techniques to the current production process, through a study of the time required to produce Dambo cheese and the development of a set of operating procedures aimed at optimizing the process. **RESULTS:** productivity was increased, as measured by the amount of cheese produced per worker-hour, reflecting a substantial improvement in operational efficiency and a reduction in labor costs, directly contributing to the profitability of the production process. At the same time, adjustments were made at various stages of the process, which made it possible to reduce the total manufacturing time without compromising the quality of the final product. **CONCLUSION:** the productivity analysis showed a 16.67% increase in cheese production per worker-hour and a 15% decrease in labor costs (\$0.0003/kg of cheese).

Keywords

cheese production, cost reduction, process efficiency, optimization, Dambo cheese

Introducción

En la industria láctea, la eficiencia en los procesos de producción constituye un factor clave para garantizar la competitividad y sostenibilidad de las empresas. En este contexto, la elaboración de queso Dambo —un producto semiduro de origen danés, elaborado con leche pasteurizada de vaca— demanda una gestión rigurosa de tiempos y recursos. Este queso se caracteriza por su textura elástica, sabor suave con notas lácticas, buena capacidad de fundido y una maduración que oscila entre 4 y 12 semanas, atributos que lo hacen altamente valorado tanto en el consumo cotidiano como en aplicaciones gastronómicas especializadas. Su creciente demanda exige optimizar el rendimiento productivo sin comprometer la calidad, lo que plantea desafíos operativos relevantes.

Para abordar esta problemática, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo del proceso productivo actual. A través de un estudio sistemático de tiempos y la implementación de estrategias orientadas a la eficiencia, se busca incrementar la producción por obrero-hora y reducir costos de mano de obra, contribuyendo a una operación más ágil y efectiva.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran avances significativos en la productividad, destacando un incremento del 16.67% en la producción de queso por obrero-hora. Este aumento evidencia la efectividad de una gestión optimizada del proceso productivo. Además, se logró una reducción del 15% en los costos laborales, lo que contribuye a una mejora notable en la rentabilidad de la empresa.

Materiales y métodos

Para optimizar el proceso de producción del queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz de la Sierra, se realizó un análisis exhaustivo del flujo de trabajo con el objetivo de identificar oportunidades de mejora que permitieran reducir los tiempos de fabricación sin comprometer la calidad del producto. La metodología cuantitativa empleada se basa en el registro y análisis estadístico de datos para cada etapa de la producción, desde la preparación de los ingredientes hasta el almacenamiento del queso final. Se documentaron minuciosamente los tiempos y las interacciones entre los operarios y las máquinas.

El primer paso fue la realización de un estudio de tiempos, utilizando cronometraje preciso para medir cuánto tardaba cada fase del proceso. Con los datos obtenidos detallados en la tabla 1 se analizaron los momentos en los que el flujo de trabajo se veía ralentizado, ya sea por esperas innecesarias, movimientos poco eficientes o tareas que podían ajustarse para ser más ágiles. Para complementar esta observación, se entrevistó a los trabajadores, quienes compartieron su experiencia sobre los desafíos y oportunidades dentro de la producción diaria.

A partir de los resultados del proceso, se estableció la mejora del sistema de producción implementando cambios en la dosificación de la levadura que permite acelerar el tiempo de coagulación, la sustitución de una bomba centrífuga de 10 a 20 m³/h y en el uso de los equipos, de manera que las transiciones entre las etapas fueran más fluidas. Otro punto importante fue la capacitación in-situ del personal, asegurando que todos comprendieran y aplicaran las mejoras en sus actividades diarias.

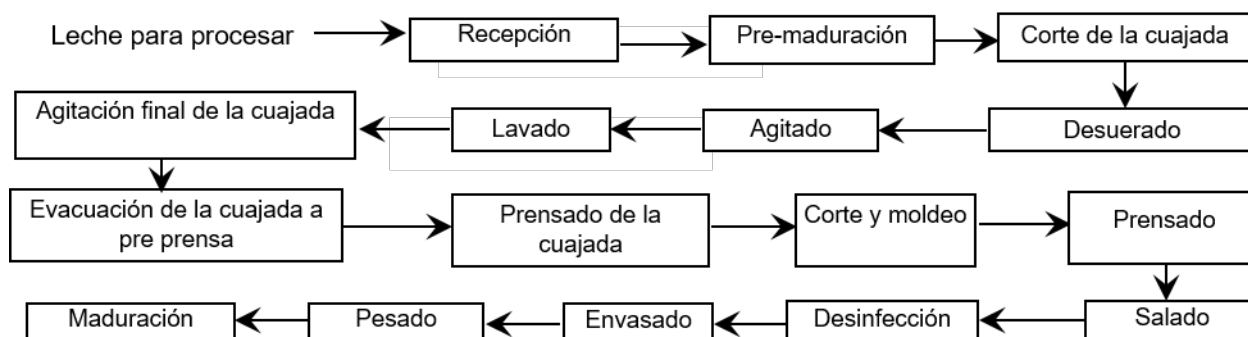
Para evaluar la efectividad de estos cambios, se hizo una comparación entre los tiempos de producción antes y después de la optimización. Al finalizar el estudio, se logró una reducción notable en el tiempo total de producción y una mejora en la productividad por trabajador, demostrando que una gestión eficiente puede hacer una diferencia tangible en la industria láctea.

Resultado y Discusión

Se describe a continuación el proceso de producción del queso Dambo, resaltando las etapas clave involucradas en la elaboración de este producto lácteo. En la Figura 1, se presenta un diagrama de bloques que ilustra en detalle cada una de las fases del proceso de fabricación.

Figura 1

Descripción del proceso de producción de queso Dambo



Nota: Diagrama de bloques del proceso de producción de queso Dambo

En la tabla uno se detalla los datos de cinco mediciones que implica el proceso actual de un lote de producción.

Como se puede apreciar el tiempo empleado de un lote de producción requiere de 24 días, nueve horas y nueve minutos. Basado en el tiempo detallado en el cuadro anterior.

Toda la información y datos presentados en las tablas uno y dos, Tallón (2019) señala que corresponden al trabajo de campo, realizado durante la presente investigación.

La optimización de los procesos productivos es una prioridad en cualquier industria, ya que la implementación de metodologías eficientes contribuye significativamente a mejorar la rentabilidad (Baquero-Castillo et al., 2024).

Tabla 1

Tiempos de lotes de producción de queso Dambo en condiciones no optimizadas

| Nº | Descripción | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₆ | T _{prom} | Operación ¿Qué se hace? |
|---------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Minutos | | | | | | | | | |
| 1 | Preparación de la línea de producción | 18 | 22 | 19 | 20 | 18 | 21 | 19,67 | Preparación del equipo y línea de producción con la esterilización con agua caliente a una temperatura de 85 ° C durante 20 minutos. |
| 2 | Recepción de leche | 38 | 45 | 42 | 41 | 39 | 40 | 40,83 | Recepción de la leche a procesar empleando una bomba de 10.000 litros/h. |
| 3 | Premaduración | 28 | 29 | 31 | 32 | 30 | 29 | 29,83 | Calentamiento de la leche en el tanque enchaquetado por medio de vapor hasta que alcance la temp. de 33 ° C (Temp. de inoculación) y adición del cultivo. El tiempo empleado actualmente es de 30 minutos, empleando 4 sobres de cultivo homofermentativos mesófilos. |
| 4 | Corte de la cuajada | 8 | 9 | 11 | 12 | 10 | 11 | 10,17 | El tiempo de corte de la cuajada es de 10 minutos, logrando una separación del suero y homogeneidad en tamaño de los granos (aprox. 5 a 6 mm). Proceso que depende de la experiencia del operador para lograr un tamaño uniforme de granos. |
| 5 | Desuerado | 8 | 7 | 11 | 13 | 11 | 10 | 10,00 | Es un proceso en el cual se da la separación de fases, el suero por tener mayor densidad queda en la superficie y la cuajada sedimenta en el fondo de la tina quesera, |
| 6 | Agitado | 4 | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4,67 | Una vez finalizado la separación del suero se efectúa una agitación rápida durante 5 minutos, con la finalidad de uniformizar el tamaño de los granos de la cuajada, evitando así la aglutinación. |
| 7 | Lavado | 32 | 31 | 29 | 31 | 26 | 26 | 29,17 | Posteriormente se efectúa un lavado con agua caliente a una temperatura de 62 ° C en un volumen similar al del suero eliminado, la misma que se vierte en forma gradual durante 30 minutos, llegando tener una masa final con una temperatura de 38 ° C. |
| 8 | Agitación final de la cuajada | 44 | 42 | 46 | 44 | 46 | 47 | 44,83 | Se efectúa una agitación en a tina quesera de la cuajada durante un tiempo de 45 minutos, proceso por el cual los granos adquieren mayor consistencia y con ello soportar la presión a ejercer en el pre prensado. |
| 9 | Evacuación de la cuajada a preprensa | 4 | 5 | 5 | 4,5 | 6 | 4 | 4,75 | Concluida la agitación final de la cuajada, se procede a la evacuación de la masa a la tina de preprensa con una distribución uniforme y posteriormente ser sometida a presión. |
| 10 | Prensado de la cuajada y control | 28 | 32 | 30 | 29 | 29 | 30 | 29,67 | Posteriormente se procede a la apertura de la válvula neumática que permita el ingreso el flujo de aire en el sistema a una presión de 6 bares por un tiempo de 30 minutos. |

| Nº | Descripción | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ | T ₅ | T ₆ | T _{prom} | Operación ¿Qué se hace? |
|----|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Minutos | | | | | | | |
| 11 | Corte y moldeo | 32 | 31 | 29 | 30 | 29 | 31 | 30,33 | En el proceso de corte simultáneamente se efectúa el moldeo que está dado por la longitud de corte de las cuchillas del sistema que permiten obtener una masa fraccionada en tamaños uniformes. En la cual se obtienen quesos con pesos aproximados de 2.500 gramos. |
| 12 | Prensado | 125 | 120 | 118 | 118 | 119 | 121 | 120,17 | Este proceso se efectúa con el propósito de eliminar la mayor parte del suero por presión (4 bares en un tiempo de una hora), obteniendo a través de este procedimiento una masa de sólidos y una masa contenida en el producto final de suero líquido. |
| 13 | Salado del queso Dambo | 1440 | 1440 | 1440 | 1440,0 | 1440,0 | 1440,0 | 1440,0 | Concluido el proceso de prensado el queso es sometido a un baño de salmuera con la finalidad de lograr la incorporación de ClNa en toda la masa, lo cual se logra en un tiempo de 24 horas, empleando una disolución de sal de 26 ° Be. |
| 14 | Desinfección | 41 | 39 | 40 | 38 | 39 | 41 | 39,67 | El queso una vez que ha incorporado el ClNa en la masa es sometido a una solución de Natamicina (Delbosit) que tiene la finalidad de inhibir el desarrollo de mohos y otros microorganismos, constituyéndose en un preservante del producto. |
| 15 | Oreo | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | 2.880 | En un tiempo de 48 horas el queso es expuesto al oreo, que consiste en la eliminación de la humedad superficial en forma natural. |
| 16 | Pesado | 15,2 | 15,3 | 14,8 | 14,6 | 14,4 | 15,6 | 14,98 | El pesaje se efectúa con una balanza digital de 4 dígitos en la cual se imprime el peso en un adhesivo y se coloca en cada barra de todo el lote de producción para posteriormente pasar al envasado. |
| 17 | Envasado | 118 | 119 | 122 | 121 | 120 | 121 | 120,17 | Concluido el proceso de oreo el queso es sometido a un proceso de envasado en vacío. El tiempo de envasado es de dos horas del lote de producción equivalentes a 600 Kg de queso |
| 18 | Almacenaje a cámara Maduración | 30.240 | 30.240 | 30.240 | 30.240 | 30.240 | 30.240 | 30.240 | El producto es almacenado en la cámara de maduración por un espacio de 21 días en la cual el queso adquiere las características organolépticas del queso que llega al consumidor. |
| | Tiempo total en minutos | 35.103 | 35.112 | 35.113 | 35.112 | 35.100 | 35.113 | 35.109 | |
| | Tiempo en días | 24,377 | 24,38 | 24,38 | 24,38 | 24,38 | 24,38 | 24,38 | |
| | Días enteros | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | 24,00 | |
| | Horas | 9,05 | 9,21 | 9,21 | 9,20 | 9,01 | 9,21 | 9,15 | |
| | Horas enteras | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | 9,00 | |
| | Minutos | 3,20 | 12,30 | 12,80 | 12,10 | 0,40 | 12,60 | 8,90 | |

Nota. Datos de trabajo de campo en procesos productivos.

La transformación digital en plantas lácteas ha facilitado una gestión más eficiente de recursos, optimizando la planificación estratégica y mejorando el rendimiento operativo mediante el uso de tecnologías avanzadas, tal como lo indica Alarcón-Rincón (2024). Esta es una tarea pendiente para la planta de lácteos santa cruz de la sierra, debido al uso de tecnología al igual que el uso de simulaciones de eventos discretos.

La simulación de eventos discretos se ha consolidado como una herramienta efectiva para evaluar mejoras en la capacidad de producción y la eficiencia de procesos dentro de la industria alimentaria (Peña-Ariza & Felizzola-Jiménez, 2020).

En la tabla 2, se detalla un resumen de los datos de medición de los tiempos registrados en seis mediciones de producción de un lote de producción de queso Dambo registrados entre los meses de septiembre a octubre del 2023 .

Tabla 2

Tiempos de lotes de producción de queso Dambo de 6 lotes

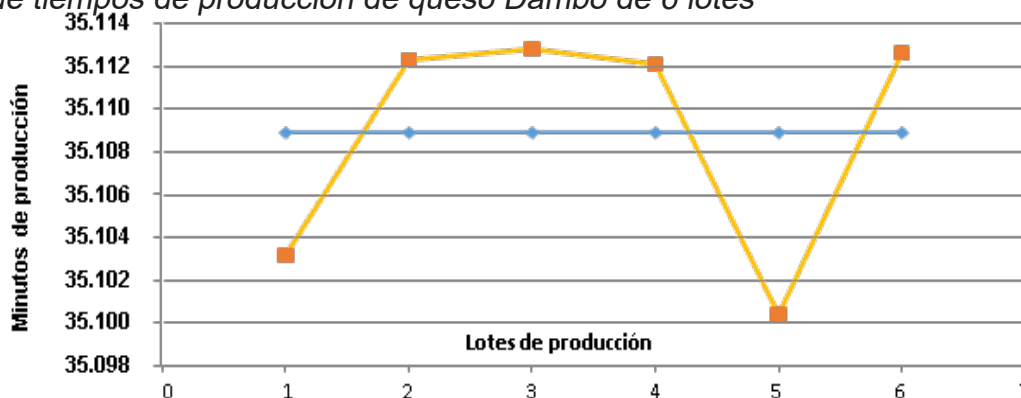
| Datos | Tiempo en minutos | |
|-------|-------------------|----------|
| | Lotes | Promedio |
| T_1 | 35.103,2 | 35.108,9 |
| T_2 | 35.112,3 | 35.108,9 |
| T_3 | 35.112,8 | 35.108,9 |
| T_4 | 35.112,1 | 35.108,9 |
| T_5 | 35.100,4 | 35.108,9 |
| T_6 | 35.112,6 | 35.108,9 |

Nota: Datos obtenidos de la tabla 1.

La figura dos resume mediciones de producción de queso Dambo (septiembre-octubre 2023), con dos lotes por debajo del promedio.

Figura 2

Diagrama de tiempos de producción de queso Dambo de 6 lotes



Nota: Diagrama obtenido en base a tabla 2.

Propuesta para la optimización del proceso de producción de queso Dambo

En la tabla cuatro se detalla la propuesta para la optimización del tiempo en el proceso de producción de queso Dambo.

Tabla 3

Detalle de tiempos empleado y propuesto

| Operación | Proceso actual | Propuesta |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación de la línea de producción | El proceso de saneamiento actual emplea agua caliente a 85 ° C, la cual fluye en el sistema durante 20 minutos aproximadamente para garantizar la inocuidad de la línea de flujo de la leche a emplear en la producción de queso. | Para disminuir el tiempo de saneamiento de la línea se propone incrementar la temperatura del agua caliente a 90 ° C y disminuir el tiempo de flujo a través de la línea en 10 minutos. |
| Recepción de leche | En la actualidad el flujo de la leche que se emplea tiene una temperatura de 4 ° C en los silos de almacenamiento, posteriormente pasa al intercambiador de placas de 4 etapas donde se estandariza a 3 % de materia grasa y posteriormente se pasteuriza para pasar por las etapas de enfriamiento de donde sale a 24 ° C y ser depositada en la tina quesera. El tiempo empleado depende de la bomba de flujo que tiene un caudal de 10.000 litros/h, empleando un tiempo de 40 minutos. | La sustitución de la bomba de flujo actual por una bomba de 20.000 litros/h, permitirá la disminución en el tiempo de bombeo de los silos al sistema compuesto por el intercambiador de placas de cuatro etapas, pasteurizador y descremadora empleando 20 minutos, prueba efectuada en una ocasión que, por fallas en la bomba, no se instaló en el sistema. Resultados que fueron verificados por medio de toma de muestras y cultivos microbiológicos. |
| Premaduración | La inoculación se efectúa en la tina quesera cuando la leche está a la temperatura de 32 a 33 ° C, en este proceso en la cual se inocula un cultivo que da lugar al desarrollo de microorganismos lácticos que sintetizan la lactosa en ácido láctico. Proceso que se interrumpe en el momento adecuado antes que la leche coagule, en la cual se desea alcanzar una acidez de 14 ° D. El tiempo empleado actualmente es de 30 minutos, empleando 4 sobres de cultivo homofermentativos mesófilos. | Para disminuir el tiempo de premaduración se puede acelerar el proceso de acción de los microorganismos mediante el uso de tres sobres de cultivos homofermentativos mesófilos y un cultivo homofermentativos termófilo cuya especie tiene las características de comportamiento en relación a otras especies de microorganismos. Prueba efectuada a escala piloto empleando un tiempo de 20 minutos sin alterar la calidad del queso. |
| Lavado del cuajo | El lavado de la cuajada consiste en la incorporación de agua caliente a una temperatura de 62 ° C con la finalidad de eliminar por absorción el ácido láctico empleando actualmente 30 minutos. | Este proceso se puede reducir a 20 minutos por medio de empleo de agua a 65 ° C sin afectar la concentración deseada de los componentes del cuajo. |
| Agitado de la cuajada final | El tiempo de agitado de 45 minutos. | Se puede disminuir el tiempo de agitado de 45 minutos a 15 minutos logrando alcanzar la misma consistencia de los granos, ya que está relacionada a la temperatura del agua empleada en el proceso de lavado, logrando alcanzar la temperatura final de toda la masa de 39 ° C. |

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Tabla 4
Análisis comparativo de tiempos empleado y propuesto

| Nº | Descripción | Tiempo | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| | | Actual | Propuesto | Reducción |
| 1 | Preparación de la línea de producción | 19,67 | 9,67 | 10 |
| 2 | Recepción de leche | 40,83 | 20,83 | 20 |
| 3 | Premaduración | 29,83 | 19,83 | 10 |
| 4 | Corte de la cuajada | 10,17 | 10,17 | 0 |
| 5 | Desuerado | 10,00 | 10,00 | 0 |
| 6 | Agitado | 4,67 | 4,67 | 0 |
| 7 | Lavado | 29,17 | 19,17 | 10 |
| 8 | Agitación final de la cuajada | 44,83 | 14,83 | 30 |
| 9 | Evacuación de la cuajada a pre prensa | 4,75 | 4,75 | 0 |
| 10 | Prensado de la cuajada y control | 29,67 | 29,67 | 0 |
| 11 | Corte y moldeo | 30,33 | 30,33 | 0 |
| 12 | Prensado | 120,17 | 120,17 | 0 |
| 13 | Salado del queso Dambo | 1.440,00 | 1.440,00 | 0 |
| 14 | Desinfección | 39,67 | 39,67 | 0 |
| 15 | Oreo | 2.880,00 | 2.880,00 | 0 |
| 16 | Pesado | 14,98 | 14,98 | 0 |
| 17 | Envasado | 120,17 | 120,17 | 0 |
| 18 | Almacenaje a cámara Maduración | 30.240,00 | 30.240,00 | 0 |
| Tiempo total en minutos | | 35.108,9 | 35.028,9 | 80 |
| Tiempo total en horas | | 585,15 | 583,82 | |
| Tiempo en días totales | | 24,381 | 24,326 | |
| Días enteros | | 24,00 | 24,00 | |
| Horas | | 9,15 | 7,82 | |
| Horas enteras | | 9,00 | 7,00 | |
| Minutos | | 8,90 | 48,90 | |

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Análisis de tiempo optimizado

Para apreciar el tiempo optimizado por lote de producción y considerando que en la planta de producción de queso se trabaja en las 24 horas de producción por día, en la tabla 5, se puede apreciar que en un día de producción se optimizan 240 minutos, que equivalen a 4 horas.

Tabla 5
Tiempo optimizado en un día de producción

| Detalle | Tiempo | |
|----------------------|--------------|--------------|
| Un día de producción | Optimizado | |
| Primer turno | 80,0 | min |
| Segundo turno | 80,0 | min |
| Tercer Turno | 80,0 | min |
| Tiempo total | 240,0 | Min |
| | 4 | Horas |

Tabla 6
Tiempo de proceso actual

| Nº | Descripción | Tiempo de proceso actual | | | | | |
|----|---------------------------------------|--------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 7:00-8:00 | 8:00-9:00 | 9:00-10:00 | 10:00-11:00 | 11:00-12:00 | 12:00-13:00 |
| 1 | Preparación de la línea de producción | ■ | | | | | |
| 2 | Recepción de leche | ■ | ■ | | | | |
| 3 | Premaduración | | ■ | ■ | | | |
| 4 | Corte de la cuajada | | ■ | ■ | | | |
| 5 | Desuerado | | ■ | ■ | | | |
| 6 | Agitado | | ■ | ■ | | | |
| 7 | Lavado | | ■ | ■ | | | |
| 8 | Agitación final de la cuajada | | | ■ | ■ | | |
| 9 | Evacuación de la cuajada a pre prensa | | | ■ | ■ | | |
| 10 | Prensado de la cuajada y control | | | | ■ | ■ | |
| 11 | Corte y moldeo | | | | ■ | ■ | |
| 12 | Prensado | | | | | ■ | ■ |

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Tabla 7
Tiempos de proceso optimizado

| Nº | Descripción | Tiempos de proceso optimizado | | | | |
|----|---------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| | | 7:00-8:00 | 8:00-9:00 | 9:00-10:00 | 10:00-11:00 | 11:00-12:00 |
| 1 | Preparación de la línea de producción | ■ | | | | |
| 2 | Recepción de leche | ■ | | | | |
| 3 | Premaduración | | ■ | | | |
| 4 | Corte de la cuajada | | ■ | | | |
| 5 | Desuerado | | ■ | | | |
| 6 | Agitado | | ■ | | | |
| 7 | Lavado | | ■ | | | |
| 8 | Agitación final de la cuajada | | | ■ | | |
| 9 | Evacuación de la cuajada a pre prensa | | | ■ | | |
| 10 | Prensado de la cuajada y control | | | | ■ | |
| 11 | Corte y moldeo | | | | ■ | |
| 12 | Prensado | | | | | ■ |

Nota: Tabla comparativa datos de procesos experimentales y propuesta para cada etapa de producción

Reducir cuatro horas diarias genera una disminución mensual de hasta tres días laborables, equivalente a 4-20 horas de producción, optimizando significativamente el rendimiento en todos los meses evaluados.

Tabla 8

Tiempo optimizado en un año de producción

| Mes | Días | | Tiempo optimizado | | |
|--------------|------------|--------------|-------------------|--------------|------------|
| | Lab. | Horas | Días | Días enteros | Horas |
| Enero | 23 | 92 | 3,83 | 3 | 20 |
| Febrero | 19 | 76 | 3,17 | 3 | 4 |
| Marzo | 20 | 80 | 3,33 | 3 | 8 |
| Abril | 21 | 84 | 3,50 | 3 | 12 |
| Mayo | 22 | 88 | 3,67 | 3 | 16 |
| Junio | 21 | 84 | 3,50 | 3 | 12 |
| Julio | 23 | 92 | 3,83 | 3 | 20 |
| Agosto | 21 | 84 | 3,50 | 3 | 12 |
| Septiembre | 22 | 88 | 3,67 | 3 | 16 |
| Octubre | 23 | 92 | 3,83 | 3 | 20 |
| Noviembre | 22 | 88 | 3,67 | 3 | 16 |
| Diciembre | 20 | 80 | 3,33 | 3 | 8 |
| Total | 257 | 1.028 | 42,83 | 36 | 164 |

Nota: Datos de tiempos registrados en base a la tasa de rendimiento global (TRG)

En la tabla 9 se detalla la nómina de personal de un turno de producción de la planta de producción de queso.

Tabla 9

Personal del área de producción de quesos

| Mes | Días | | Tiempo optimizado | | |
|---------|------|-------|-------------------|--------------|-------|
| | Lab. | Horas | Días | Días enteros | Horas |
| Enero | 23 | 92 | 3,83 | 3 | 20 |
| Febrero | 19 | 76 | 3,17 | 3 | 4 |
| Marzo | 20 | 80 | 3,33 | 3 | 8 |
| Abril | 21 | 84 | 3,50 | 3 | 12 |
| Mayo | 22 | 88 | 3,67 | 3 | 16 |

| | | | | | |
|--------------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|
| Junio | 21 | 84 | 3,50 | 3 | 12 |
| Julio | 23 | 92 | 3,83 | 3 | 20 |
| Agosto | 21 | 84 | 3,50 | 3 | 12 |
| Septiembre | 22 | 88 | 3,67 | 3 | 16 |
| Octubre | 23 | 92 | 3,83 | 3 | 20 |
| Noviembre | 22 | 88 | 3,67 | 3 | 16 |
| Diciembre | 20 | 80 | 3,33 | 3 | 8 |
| Total | 257 | 1.028 | 42,83 | 36 | 164 |

Nota: Datos de personal de la planta de producción de queso

Con ocho personas por turno y tres turnos diarios, 24 empleados operan en la producción de quesos. La productividad se mide como la relación entre resultados obtenidos y recursos utilizados, optimizando procesos dentro de este esquema de producción.

Incremento de la producción por disminución del tiempo de procesos

Empleando la misma cantidad de trabajadores por turno, se puede apreciar que la producción por queso equivale a tres lotes y medio de producción por día, aclarando que en realidad se procesa 4 lotes y que al segundo día el primer turno completa la producción total del cuarto lote.

Tabla 10

Incremento de la producción de quesos por día

| Detalle | Kg de queso | |
|-----------------------------------|-------------|------------|
| | Actual | Optimizado |
| Un día de producción | | |
| Producción de queso diario | 1.800 | 2.100 |

Nota: Datos de producción para un día de producción con y sin optimización

Tabla 11

Incremento anual de la producción por año

| Mes | Días | Kg de queso | |
|---------|------|-------------|------------|
| | Lab. | Actual | Optimizado |
| Enero | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Febrero | 19 | 34.200 | 39.900 |

Nota: Datos de producción mensual de producción con y sin optimización

La producción se conforma de 3 turnos de 8 horas y 8 operarios por turno; el horario de los turnos es de 07:00 a 15:00, 15:00 a 23:00, y, 23:00 a 07:00 horas.

Con base en el cuadro anterior se puede determinar que, empleando la misma mano de obra en los tres turnos con la optimización se logra incrementar la productividad del personal empleado, tal como se aprecia en la tabla 12.

La Tabla 12 ofrece un análisis detallado de los turnos de trabajo en la producción del queso Dambo en la empresa láctea de Santa Cruz de la Sierra, días laborables por mes y la eficiencia operativa, así como su impacto en la productividad.

Tabla 12

Incremento de la productividad por mano de obra

| Mes | Días | Kg de queso | |
|--------------|------------|----------------|----------------|
| | Lab. | Actual | Optimizado |
| Enero | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Febrero | 19 | 34.200 | 39.900 |
| Marzo | 20 | 36.000 | 42.000 |
| Abril | 21 | 37.800 | 44.100 |
| Mayo | 22 | 39.600 | 46.200 |
| Junio | 21 | 37.800 | 44.100 |
| Julio | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Agosto | 21 | 37.800 | 44.100 |
| Septiembre | 22 | 39.600 | 46.200 |
| Octubre | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Noviembre | 22 | 39.600 | 46.200 |
| Diciembre | 20 | 36.000 | 42.000 |
| Total | 257 | 462.600 | 539.700 |

Nota: Datos de producción mensual de producción con y sin optimización

Tabla 13

Resumen del incremento de la productividad por mano de obra

| Detalle | Días | Kg de queso | |
|----------------|------------|----------------|----------------|
| | Lab. | Actual | Optimizado |
| Total | 257 | 462.600 | 539.700 |
| Mano de obra | | 24 | 24 |
| Kg/persona-año | | 19.275,0 | 22.487,5 |
| Kg/persona-día | | 75 | 87,5 |

Nota: Análisis comparativo de los indicadores de productividad en la producción de queso Dambo, antes y después de la implementación de mejoras en el proceso.

$$P_{\text{inicial}} = \frac{462.600 \text{ Kg de queso}}{24 \text{ hombres} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 257 \text{ días}} = \frac{37,5 \text{ Kg de queso}}{\text{hombre} - \text{h}}$$

$$P_{\text{optimizada}} = \frac{539.700 \text{ Kg de queso}}{24 \text{ hombres} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 257 \text{ días}} = \frac{43,75 \text{ Kg de queso}}{\text{hombre} - \text{h}}$$

$$\Delta P = \frac{P - P_{\text{anterior}}}{P_{\text{anterior}}} \times 100 = \frac{43,75 - 37,5}{37,5} \times 100 = 16,67\%$$

Estimándose un incremento de la productividad en 16,67 %

Costo de productividad alcanzada por disminución de tiempo de procesos

El análisis muestra que dividir los haberes anuales de 24 trabajadores entre la producción alcanzada reducen el costo laboral en un 15 %, optimizando el precio de producción significativamente.

Tabla 14
Disminución de costo de producción por mano de obra

| Mes | Días | Kg de queso | |
|--------------------------|------------|----------------|----------------|
| | Lab. | Actual | Optimizado |
| Enero | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Febrero | 19 | 34.200 | 39.900 |
| Marzo | 20 | 36.000 | 42.000 |
| Abril | 21 | 37.800 | 44.100 |
| Mayo | 22 | 39.600 | 46.200 |
| Junio | 21 | 37.800 | 44.100 |
| Julio | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Agosto | 21 | 37.800 | 44.100 |
| Septiembre | 22 | 39.600 | 46.200 |
| Octubre | 23 | 41.400 | 48.300 |
| Noviembre | 22 | 39.600 | 46.200 |
| Diciembre | 20 | 36.000 | 42.000 |
| Total | 257 | 462.600 | 539.700 |
| Mano de obra | | 24 | 24 |
| Kg/persona-año | | 19.275,0 | 22.487,5 |
| Kg/persona-día | | 75 | 87,5 |
| Sueldo anual \$us | | 910,71 | 910,71 |
| Costo \$us/Kg | | 0,0020 | 0,0017 |
| Costo Bs/Kg | | 0,014 | 0,012 |

$$P_{\text{inicial}} = \frac{462.600 \text{ Kg de queso}}{24 \text{ hombres} \times 24 \frac{h}{\text{día}} \times 257 \text{ días}} = \frac{37,5 \text{ Kg de queso}}{\text{hombre} - h}$$

$$P_{\text{optimizada}} = \frac{539.700 \text{ Kg de queso}}{24 \text{ hombres} \times 24 \frac{h}{\text{día}} \times 257 \text{ días}} = \frac{43,75 \text{ Kg de queso}}{\text{hombre} - h}$$

$$\Delta P = \frac{P - P_{\text{anterior}}}{P_{\text{anterior}}} \times 100 = \frac{43,75 - 37,5}{37,5} \times 100 = 16,67\%$$

La optimización del tiempo de producción en la fabricación de queso Dambo es clave para mejorar la eficiencia y rentabilidad en la industria láctea. Los resultados obtenidos nos muestran un incremento del 16.67% en la producción por obrero-hora y una reducción del 15% en costos laborales, lo que evidencia la importancia de una gestión estratégica del proceso productivo.

La reducción del tiempo total de fabricación sin comprometer la calidad del producto es un factor clave en la optimización de procesos industriales. En este sentido, Morillo-Cuasquén (2018) señala que el uso de herramientas de simulación, como FlexSim, permite identificar oportunidades de mejora y optimizar la utilización de recursos en la producción de lácteos.

Así también, la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en la empresa "Proalim" en Riobamba permitió reducir el tiempo estándar de producción de 4 a 3.6 minutos por unidad, aumentando la productividad laboral en un 42% (Yambi-Guzmán, 2023). De manera similar, en Lácteos Huacaríz en Cajamarca, la implementación de Lean Manufacturing mejoró la productividad de la línea de quesos en un 92.59% (Soto-Herrera, 2021).

La integración de Lean Manufacturing con otras metodologías también ha demostrado ser eficaz. Cabrera et al. (2020) combinaron Lean Manufacturing, Control Estadístico de Procesos (SPC) y el sistema HACCP para mejorar la calidad en una empresa alimentaria, logrando una reducción del 89.2% en las devoluciones de productos.

En el contexto de la producción de queso Dambo, investigadores del Instituto Nacional de Alimentos de la Universidad Técnica de Dinamarca desarrollaron un método que reduce el tiempo de maduración en 3-4 semanas, haciendo la producción más rápida y económica DTU (2023a). Además, desarrollaron un cultivo láctico que libera enzimas de maduración de manera más eficiente, permitiendo reducir el tiempo de maduración del queso Dambo de aproximadamente 25 a 13 semanas sin comprometer la calidad sensorial del producto (DTU, 2023b).

La aplicación de Lean Six Sigma en la industria láctea ecuatoriana permitió reducir la variabilidad del peso neto de los quesos en un 83%, mejorando la capacidad del proceso (Guerrero-Segovia et al. 2022). Asimismo, la implementación de un sistema de producción Lean en una empresa alimentaria resultó en mejoras significativas en la productividad y la eficiencia (De-La-Fuente-Aragón & Ros-McDonnell, 2015).

El uso de tecnologías avanzadas también ha sido explorado. Uthayaseelan (2024) aplicó técnicas de aprendizaje automático para optimizar la calidad y producción del queso Noruega, mientras que Passos et al. (1999) desarrollaron un sensor de termistor calentado para predecir el tiempo de corte de la leche coagulante, mejorando la precisión en el proceso de producción.

Además, la implementación de tratamientos térmicos suaves y bioconservantes ha demostrado ser eficaz para reducir el deterioro microbiano y extender la vida útil de los quesos artesanales de leche cruda (Silva et al, 2023). En pequeños establecimientos rurales, las condiciones tecnológicas de corte y cocción afectan significativamente el rendimiento del queso y las pérdidas de compuestos en el suero (PubMed, 2019).

Por último, la aplicación de mapas de flujo de valor ha sido efectiva para identificar operaciones con mayor riesgo de contaminación cruzada en la cadena de suministro de productos lácteos (Kumar & Shankar, 2022). La implementación de sistemas de producción Lean también

ha demostrado mejorar la productividad en pequeñas empresas de producción de queso (Samamé et al, 2020).

La optimización de procesos en la industria láctea ha sido objeto de muchos estudios en los últimos años (Hernández-Terrones, 2022), señala que el diseño de planes de mejora en la producción de quesos permite incrementar la productividad y reducir costos operativos.

Asimismo, estudios han resaltado la importancia de la automatización y digitalización en la producción de alimentos. Morillo-Cuasquén (2018) menciona que la simulación computacional facilita la toma de decisiones y optimiza la planificación de actividades en la industria láctea.

Otros estudios han demostrado que la implementación de tecnologías avanzadas en la fabricación de queso Dambo podría representar una oportunidad para incrementar la productividad y reducir costos operativos (Hernández Terrones, 2022).

Por consiguiente, la aplicación de modelos de simulación ha sido clave para identificar cuellos de botella y optimizar la planificación de actividades en la producción de lácteos (Morillo-Cuasquén, 2018).

Conclusiones

El estudio analiza la producción de quesos en la planta industrializadora de productos lácteos de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, destacando la importancia de controlar cada etapa para garantizar calidad. Limitado a optimizar tiempos en el proceso, se excluye el análisis de tecnología y movimientos, ya que la planta opera con lotes de 6,000 litros de leche. El enfoque se centra en reducir tiempos en etapas específicas del proceso para mejorar la eficiencia sin modificar la tecnología existente, estos tiempos se detallan de la manera siguiente:

| | |
|------------------------------------------|---------|
| 1. Preparación de la línea de producción | 10 min. |
| 2. Recepción de leche | 20 min. |
| 3. Pre-maduración | 10 min. |
| 4. Lavado | 10 min. |
| 5. Agitación final de la cuajada | 30 min. |

Reducir 80 minutos por lote genera cuatro horas adicionales diarias en tres turnos, aumentando la productividad anual un 16,67 % (queso/obrero-hora) en 257 días laborables. Además, el análisis revela una reducción del 15 % en costos laborales, como se pudo ver durante el presente trabajo, optimizando significativamente la relación entre productividad y mano de obra.

Referencias

- Alarcón-Rincón, M. T. (2024). Propuesta de mejora de procesos en una planta de lácteos mediante transformación digital [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86139>
- Aldalur, Ane et al. (2019). Effects of technological settings on yield, curd, whey, and cheese composition during the cheese-making process from raw sheep milk in small rural dairies: Emphasis on cutting and cooking conditions. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 7752–7763. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16401>
- Baquero-Castillo, M., Rojas-Aldana, J., & Sánchez-Parra, A. (2024). Optimización de los procesos de la industria alimentaria a través del uso de la metodología Lean Manufacturing [Trabajo de grado, Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/bitstreams/cd95f82f-1845-40a0-ac3c-2c487cb8de16/download>
- Cabrera, J., Corpus, O., Maradiegue, F., & Alvarez-Merino, J. C. (2020). Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC, and HACCP in the food industry: A case study. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 31(4), 194–207. <https://doi.org/10.7166/31-4-2363>
- De-La-Fuente-Aragón, M. V., & Ros-McDonnell, L. (2015). Implementing a lean production system on a food company: A case study. *International Journal of Engineering Management and Economics*, 5(2), 129–142. <https://doi.org/10.1504/IJEME.2015.069904>
- DTU. (2023a). Production of Danbo cheese can be accelerated with a new solution. Technical University of Denmark. <https://www.food.dtu.dk/english/newsarchive/2023/02/production-of-danbo-cheese-can-be-accelerated-with-a-new-solution>
- DTU. (2023b). New cheese culture can halve ripening time and improve taste. Technical University of Denmark. <https://www.food.dtu.dk/english/newsarchive/2023/08/new-cheese-culture-can-halve-ripening-time-and-improve-taste>
- Guerrero-Segovia, Y. N., Herrera, C., Trujillo, R., & Burneo, P. (2022). Application of Lean Six Sigma in the Ecuadorian Dairy Industry: Variability Reduction of the Net Weight of Cheeses. 3rd South American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. <https://doi.org/10.46254/SA03.20220035>

- Hernández-Terrones, A. R. (2022). Diseño de un plan de mejora del proceso de producción de quesos para incrementar la productividad en la empresa de productos lácteos San Mateo S.R.L. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
<https://hdl.handle.net/11537/31758>
- Kumar, U., & Shankar, R. (2022). Application of Value Stream Mapping for Lean Operation: An Indian Case Study of a Dairy Firm. *Global Business Review*, 23(1), 1–17.
<https://doi.org/10.1177/09721509221113002>
- Morillo-Cuasquén, D. D. (2018). Optimización de recursos en la producción de quesos de la industria de lácteos San Luis [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8136/3/ART%c3%8dCULO.pdf>
- Passos, E. F., Monteiro, P. S., Oliveira, R. C., Martins, J. G. O., Alves, H. G., & Brandão, S. C. C. (1999). Predicting the cutting time of coagulating milk for cheese production using a heated thermistor. *Journal of Food Science*, 64(5), 879–882.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15932.x>
- Peña-Ariza, L. V., & Felizzola-Jiménez, H. A. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(2), 277–290.
<https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000200277>
- Samamé, C. E., Macassi, I. A., & Alvarez, J. C. (2020). Improving productivity in small cheese production enterprises. In *Handbook of Research on Increasing the Competitiveness of SMEs* (pp. 20). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9425-3.ch019>
- Silva, B. N., Teixeira, J. A., Cadavez, V., & Gonzales-Barron, U. (2023). Mild heat treatment and biopreservatives for artisanal raw milk cheeses: Reducing microbial spoilage and extending shelf-life through thermisation, plant extracts and lactic acid bacteria. *Foods*, 12(17), 3206.
<https://doi.org/10.3390/foods12173206>
- Soto-Herrera, M. P. (2021). Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la línea de quesos en Lácteos Huacaríz E.I.R.L. - Cajamarca 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/119691>

Tallón, I. (2019). Sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia en la industria alimentaria con el uso de tecnologías inteligentes. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/246342-Sostenibilidad-rentabilidad-eficiencia-industria-alimentaria-uso-tecnologias-inteligentes.html>

Uthayaseelan, M. (2024). Data-driven optimization of an industrial cheese production process [Tesis de maestría, Norwegian University of Life Sciences]. <https://hdl.handle.net/11250/3148064>

Yambi-Guzmán, A. R. (2023). Implementación de herramientas Lean Manufacturing en la línea de quesos para el mejoramiento productivo de la Empresa “PROALIM” ubicada en la ciudad de Riobamba [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) y la Universidad Privada Domingo Savio (UPDS), por el apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Sobre los autores Norberto Justiniano Gallardo

Docente investigador Universidad Privada Domingo Savio. Ingeniero químico Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno con experiencia en procesos industriales con 25 años como docente universitario.

Carlos Elio Céspedes Jiménez

Docente investigador Universidad Privada Domingo Savio. Ingeniero Industrial, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno consultor independiente, docente universitario, para UTEPSA, (Universidad Técnica Privada de Santa Cruz), UPDS, (Universidad Privada Domingo Savio), docente investigador, con 13 años de experiencia docente. ex Gerente general, de YPFB Aviación-Nacionalizada.

Fernando Canavire Castillo

Ingeniero industrial de la UMSS, con Maestría en dirección estratégica, con maestría en finanzas corporativas, docente por más de 20 años, director de carrera de ingeniería industrial 2002 al 2026, director de investigación en la unidad de postgrado en la UAGRM 2013 al 2016,

director de carrera de industrial 2021 al 2025, Tutor de más de 30 tesis de pregrado y diez de postgrado.

Financiamiento de la investigación

Proyecto de investigación, sin financiamiento institucional, se hizo con recursos propios.

Declaración de intereses

Declaramos no tener ningún conflicto de intereses, que puedan haber influido en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

Declaración de consentimiento informado

El estudio se realizó respetando el Código de ética y buenas prácticas editoriales de publicación.

Derecho de uso

Copyright (c) (2025) Norberto Justiniano Gallardom Carlos Elio Céspedes Jiménez y
Fernando Canavire Castillo

Este texto está protegido por la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](#)



Este texto está protegido por una licencia
[Creative Commons 4.0](#).

Es libre para compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar el documento, remezclar, transformar y crear a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente, siempre que cumpla la condición de atribución: debe reconocer el crédito de una obra de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace.