



Evaluación y estudio de tiempos muertos en la industria alimentaria de productos lácteos, para diseñar la metodología six sigma como opción de mejora en la productividad y rendimiento

Estudiante
Ana Maria Soto Corredor

Tutor
Jorge Iván Hinojosa Calderon

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano
Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2026

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	5
PALABRAS CLAVE	6
KEYWORDS	6
1. TITULO DE LA PROPUESTA:	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	7
3. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo General:.....	9
3.2 Objetivos Específicos.....	10
4. JUSTIFICACIÓN:	10
5. MARCO TEÓRICO.....	13
5.1 Estado Del Arte:.....	13
5.2 Marco Conceptual:.....	14
5.3 Marco Legal	17
5.3.1 Ley 09 De 1979 “Código Único Sanitario”	17
5.3.2 Decreto 3075 De 1997 (23 de Diciembre)	18
5.3.3 Decreto 616 De 2006 (Febrero 28)	19
5.3.4 Resolución 2674 De 2013 (Julio 22)	20
6. METODOLOGÍA:.....	22
6.1 Propuesta de aplicación metodológica.....	24
7. RESULTADOS.....	25
7.1 Estudio de campo: Realizar un diagnóstico que permita identificar los cuellos de botella y/o tiempos muertos en los procesos productivos de la industria láctea.	25
7.1.1Aplicación metodología six sigma a nivel nacional (Colombia)	25

7.1.2 Proceso de producción detallada en la industria láctea.....	27
7.2 Analizar las causas y efectos de los tiempos muertos que impactan la productividad del sistema productivo.	30
7.2.1 Procesos de producción.....	31
7.2.2 Equipos de frío.	32
7.2.3 Logística y transporte.....	32
7.2.4 Mano de obra y métodos.....	32
7.2.5 Medición y control.....	33
7.3 Diseñar la metodología Six Sigma coherente con los hallazgos del diagnóstico para orientar la mejora continua.	33
7.3.1 Evaluar Mano de Obra	33
7.3.2 Revisar Maquinaria	33
7.3.3 Analizar Métodos	34
7.3.4 Fortalecer Medición	34
7.3.5 Controlar Medio Ambiente	34
7.3.6 Optimizar Materiales	34
7.4 Implementar estrategias de mejora basadas en Six Sigma en el proceso productivo.	36
7.4.1 Ciclo PDCA aplicado a la industria láctea.....	36
7.4.3 Documentación de KPIs	38

7.5 Evaluar los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología Six Sigma .	41
7.5.1 Aplicación modelo Six sigma industria láctea a nivel nacional (Colombia) ...	43
7.5.2 Cuadro conceptual para auditar y tener control de la aplicación de la metodología con opción de recomendaciones para mantener la mejora.....	48
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	50
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

INDÍCE DE TABLAS

Tabla 1.Propuesta de trabajo metodológica según objetivos planteados	23
Tabla 2.Informe detallado estudio Six sigma en la industria láctea	35
Tabla 3. Aplicación Matriz DOFA en la industria láctea	37
Tabla 4. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs).....	39
Tabla 5. Procesos productivos Colanta	44
Tabla 6. Matriz estratégica de operaciones Alpina	45
Tabla 7.Entradas elementos y salidas para el producto Alquilería	47
Tabla 8. Tabla de inspección y seguimiento Six sigma	49

INDÍCE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación industrias lácteas que aplican metodología six sigma en Colombia año 2026(Copilot, 2026).	27
Figura 2. Flujo de proceso productivo industria láctea.	30
Figura 3. Diagrama espina de pescado de causa-efecto para la industria láctea.....	31
Figura 4. Dashboard visual Tablero de KPIs – Industria Láctea Colombia 2026.	40
Figura 6. Índice de producción real de productos lácteos en Colombia. 2018-2024.....	42

Figura 7. Aplicación metodológica six sigma durante 6 meses.....	48
--	----

RESUMEN

El presente proyecto busca realizar un análisis y una evaluación de los tiempos muertos en la industria alimentaria, enfocándose específicamente en el sector lácteo. El propósito es determinar los motivos principales que afectan negativamente la eficiencia operativa y la productividad del proceso de manufactura.

Mediante la recopilación y el examen de datos en las distintas etapas de producción, se espera identificar interrupciones, demoras y tareas que no agregan valor, lo cual genera desperdicio de tiempo y recursos. Este diagnóstico aportará una perspectiva clara sobre las deficiencias existentes en el sistema de producción.

Como medida de optimización, se plantea el diseño y la implementación de la metodología Six Sigma, que es una herramienta de gestión orientada a reducir la variabilidad y eliminar fallos en los procesos. Empleando el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), donde se tiene objetivo optimizar tiempos en las operaciones, acortar los periodos de inactividad y aumentar significativamente tanto el rendimiento a nivel productivo tanto como la calidad de los productos.

Finalmente, el objetivo principal del proyecto es contribuir a reforzar la competitividad de la industria láctea, promoviendo una mentalidad de mejora continua y eficacia en la producción, lo que se traduce en mayores niveles de productividad, una disminución de los costos de operación y un incremento en la satisfacción del cliente.

ABSTRACT

This project aims to analyze and evaluate downtime in the food industry, specifically focusing on the dairy sector. The purpose is to determine the main reasons that negatively affect the operational efficiency and productivity of the manufacturing process.

By collecting and examining data at different stages of production, the project expects to identify interruptions, delays, and non-value-adding tasks, which generate wasted time and resources. This diagnosis will provide a clear perspective on the existing deficiencies in the production system.

As an optimization measure, the design and implementation of the Six Sigma methodology is proposed. This management tool is geared towards reducing variability and eliminating process defects. Using the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), the objective is to optimize operational times, shorten downtime, and significantly increase both production output and product quality.

Finally, the main objective of the project is to contribute to strengthening the competitiveness of the dairy industry, promoting a mindset of continuous improvement and efficiency in production, which translates into higher levels of productivity, a decrease in operating costs and an increase in customer satisfaction.

PALABRAS CLAVE

Six Sigma, Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, Mejora continua, Tiempo de inactividad, Productividad, Rendimiento, Logística, Industria alimentaria, Gestión de la calidad.

KEYWORDS

Six Sigma, Define, Measure, Analyze, Improve, Control, Continuous Improvement, Downtime, Productivity, Performance, Logistics, Food Industry, Quality Management.

1. TITULO DE LA PROPUESTA:

Evaluación y estudio de tiempos muertos en la industria alimentaria de productos lácteos, para diseñar la metodología six sigma como opción de mejora en la productividad y rendimiento

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Actualmente se incrementa la necesidad de mejorar la competitividad para las empresas, debido a que se enfrentan a una rivalidad sin fronteras, donde existe la necesidad urgente de cambiar la forma tradicional de operar las compañías, optimizar los procesos y reducir los desperdicios de tiempo, costo y espacio que se generan dentro de los mismos, al igual se busca incrementar la satisfacción del cliente y rentabilidad de las empresas. (Barcia, 2007, como se citó en Balerio et al,2022).

Constantemente se busca una mejora continua a partir de las fallas que suelen encontrarse en el proceso productivo, las cuales nos generan los llamados cuellos de botella o tiempos muertos (paradas no programadas, averías, esperas), interpretados como deficiencias en el rendimiento y productividad de las industrias, que representan pérdidas puesto que afecta en los compromisos empresariales, incumpliendo con la demanda del mercado e impacto negativo a nivel comercial y económico.

Las causas raíz de esta situación radica en la inactividad de maquinaria, personal, fallos en la logística de planificación, falta de mantenimientos, escasez suministros y gestión inadecuada del personal. A medida que aumentan los tiempos muertos, se afecta el compromiso de la empresa ante la calidad de los productos debido a que van incrementado cada vez más los costos durante una producción y no cumple con la demanda del mercado, lo que reduce la eficiencia y la productividad de la industria en cualquier ámbito global.

Ante esta problemática, surge la necesidad de analizar cuidadosamente los tiempos muertos de manera sistemática, con el fin de identificar sus causas raíz y establecer estrategias de mejora. La metodología Six Sigma, reconocida por su enfoque en la reducción de la variabilidad y la optimización de procesos, se presenta como una opción viable para diseñar un plan de mejora que incremente la productividad y el rendimiento en la industria láctea.

El impacto de los tiempos muertos como los temas logísticos dentro de una organización radica en su frecuente necesidad de colaboración y vinculación con proveedores, distribuidores y socios externos.

En este contexto, resulta indispensable adquirir materias primas desde fuentes externas, delegar a empresas especializadas las labores de transporte para garantizar el traslado eficiente de bienes, e incluso, en muchos casos, recurrir a terceros para gestionar servicios como almacenamiento, acondicionamiento y embalaje de productos.

Estos elementos externos, junto con las fluctuaciones económicas y las condiciones del mercado que los influyen, suelen introducir riesgos e inconvenientes potenciales en el desarrollo de las actividades logísticas. La disrupción en cualquiera de los eslabones que conforman la cadena de suministro puede desencadenar trastornos operativos que impactan directamente en el desempeño empresarial.

Dichas complicaciones generan efectos adversos tanto en la experiencia del cliente—manifestados en aspectos como retrasos en las entregas o una disminución en la calidad del producto—como en la estabilidad financiera de la organización. Afrontar desafíos logísticos no solo requiere de una asignación considerable de tiempo y recursos económicos, sino que también puede comprometer significativamente la rentabilidad y viabilidad del negocio.

No solo eso también las paradas no programadas son un cuello de botella que afecta de manera potencial la industria. Estas interrupciones no programadas en las plantas industriales afectan a toda la cadena de producción, desde la avería de las máquinas hasta la pérdida de rentabilidad y eficiencia.

Esto supone soportar costes inesperados de reparación y reinicio. La industria alimentaria láctea se encuentra regulada estrictamente por estándares de seguridad e higiene en todas las etapas de producción, distribución y logística. Las interrupciones no programadas pueden causar retrasos en la entrega de los productos, pérdida o deterioro de los mismos debido a su naturaleza perecedera, así como el incumplimiento de contratos logísticos.

Según el informe económico presentado por la FIAB en 2022, las paradas imprevistas representan un impacto promedio del 5% al 8% sobre el coste operativo anual. Este porcentaje podría duplicarse en situaciones donde las líneas de producción estén altamente automatizadas.

¿Con el diseño e implementación de la metodología six sigma se podrán encontrar y reducir las causas raíz de los tiempos muertos y así optimizar los procesos productivos de la industria alimentaria láctea?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

Diseñar la metodología de procesos six sigma para lograr aumentar la productividad y rendimiento en la industria alimentaria de lácteos, analizando causas y efectos de los tiempos muertos que afectan la operación.

3.2 Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico que permita identificar los cuellos de botella y/o tiempos muertos en los procesos productivos de la industria láctea.

Analizar las causas y efectos de los tiempos muertos que impactan la productividad del sistema productivo.

Diseñar la metodología Six Sigma coherente con los hallazgos del diagnóstico para orientar la mejora continua.

Implementar estrategias de mejora basadas en Six Sigma en el proceso productivo.
Evaluar los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología Six Sigma.

4. JUSTIFICACIÓN:

El siguiente trabajo se realiza reconociendo el impacto de la industria láctea debido a su manifestación en el ámbito económico y social, destacando los siguientes aspectos:

En primer lugar, la generación de empleo. Desde las actividades iniciales relacionadas con la producción primaria en las explotaciones agrícolas hasta las etapas finales de distribución y comercialización al consumidor, esta industria emplea a millones de personas, tanto de forma directa como indirecta. Las oportunidades laborales abarcan sectores como la agricultura, la manufactura, el transporte, la logística y la venta al por menor. (Franz & Franz, 2022)

En segundo lugar, la contribución a la producción de ingresos. Dentro de su cadena de valor, la industria láctea es una fuente importante de ingresos económicos para varias partes involucradas, como los agricultores, las compañías procesadoras, los distribuidores y los minoristas. Estos ingresos no solo posibilitan la dinamización de las economías a nivel local y regional, sino que además ayudan a robustecer el tejido económico en las comunidades donde se lleva a cabo su operación. (Franz & Franz, 2022)

Asimismo, se destaca su aportación al Producto Interno Bruto (PIB). Por su capacidad para producir riqueza y por ser un motor productivo, la industria láctea es un elemento esencial en el desarrollo económico de muchos países. (Franz & Franz, 2022)

Al final, el comercio mundial de productos lácteos tiene un rol crucial en las economías globales. Las exportaciones y las importaciones, en conjunto, ayudan a que se mantengan equilibradas las balanzas comerciales de los países implicados y a que fluyan los capitales. No obstante, los precios globales y las políticas de regulación pueden tener un impacto importante en el rendimiento y la estabilidad de esta industria. (Franz & Franz, 2022)

A partir del impacto social se buscan alternativas de mejora para la industria láctea, ya que en todo esto influye el sistema de producción, donde diariamente se presentan novedades durante sus procesos, generalmente llamados cuellos de botella o tiempos muertos los cuales representan bajas en toda su cadena productiva, influyendo así en costos, mano de obra, entre otros factores, para esto se buscan alternativas de mejora continua donde se estudia y se propone la metodología six sigma que debido a su enfoque maneja todos los aspectos importantes a estudiar en un proceso productivo, donde nos permite analizar, reconocer y proponer acciones

que eviten las diferentes variaciones en todas las cadenas operacionales que puedan llegar a interferir en los procesos.

Six Sigma constituye una metodología orientada a la mejora continua de los procesos organizacionales, cuyo objetivo principal es optimizar las dinámicas empresariales. Específicamente, su aplicación se centra en establecer uniformidad en los procedimientos, lo que permite reducir al máximo las variaciones en el producto final y, en consecuencia, minimizar los defectos asociados. (Laoyan, 2026)

La filosofía subyacente de Six Sigma se basa en la premisa de que todos los procesos pueden ser definidos, medidos, analizados, mejorados y controlados, siguiendo el enfoque conocido como DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control). De acuerdo con esta estructura teórica, cada proceso tiene dos componentes esenciales: las entradas y las salidas. Las acciones que realiza el equipo se corresponden con las entradas, en tanto que las salidas son los resultados de esas acciones. El principio fundamental es que, si se tiene un control apropiado sobre las entradas, se podrá tener un control más amplio sobre las salidas, lo cual beneficiará la obtención de metas operativas y una mayor estabilidad en los resultados. (Laoyan, 2026)

En el libro Gemba Kaizen (Imai, 2012) el autor resalta la relevancia de las visitas gemba en los distintos procesos que pueden existir en las empresas. Estas visitas deberían llevarse a cabo diariamente, para anticipar y/o prevenir inconvenientes en los procesos debido a que generalmente solo se solicitan cuando ya se identifica un problema o cuello de botella. Esto incluye desde fallos en las máquinas hasta la falta de materias primas en las líneas de producción. Este tipo de visitas le pueden brindar a la alta gerencia la oportunidad de comprender las causas raíz de las deficiencias en todos los procesos en diferentes aspectos como

producción, calidad, rendimiento y eficiencia. Esto permite sugerir y diseñar opciones de mejoras continuas que se pueden implementar antes de que surjan problemas con la producción y evitar interrupciones que puedan afectar la entrega de productos a los diversos clientes.

La aplicación de la metodología Six sigma dentro de la industria alimentaria permite generar valor agregado y muchas ventajas importantes al proceso productivo. Siendo una de ellas lograr procesos con un enfoque más estructurado, permitiendo así analizar y mejorar las actividades, siendo estas mejoras más sostenibles a largo plazo. Esto a la vez permite reducir el nivel de variabilidades del producto final, lo cual mejora la calidad del producto, con ello, las empresas logran cumplir con las estandarizaciones y las regulaciones dentro de la industria de alimentos, además de reducir sus pérdidas económicas, lo cual implica tener clientes satisfechos con el producto y la empresa. Entonces, la aplicación de la metodología six sigma permite mejoras continuas constantes, permitiendo mejorar la mano de obra, lo que a la vez acelera y elimina tiempos muertos en los procesos.

El lograr eliminar tiempos muertos en una producción, genera ventajas para la empresa incrementando el nivel de eficiencia en las líneas de producción y de la mejora de productividad de las operaciones, reduciendo costes de fallos y problemas logísticos, de la misma manera se genera prevención en las posibles fallas.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Estado Del Arte:

En la actualidad, la industria láctea enfrenta desafíos significativos en términos de eficiencia operativa, control de calidad y sostenibilidad. La implementación de diversas metodologías de mejora continua como Six Sigma se plantea como una opción efectiva para

suplir y eliminar las problemáticas que se presentan en todos los procesos, Six Sigma tiene como objetivo eliminar desperdicios y reducir la variabilidad en los procesos productivos.

Acosta (2006) menciona que el Six sigma es una metodología de gestión de la calidad que busca mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos mediante la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos, combinando herramientas estadísticas con principios de gestión de calidad para alcanzar niveles óptimos de desempeño.

Para Socconini, y Escobedo (2021), la metodología Six Sigma se basa en el ciclo DMAIC (por sus siglas en inglés): Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, consiste en la aplicación proyecto a proyecto de un proceso estructurado en cada una de estas etapas.

En los últimos años, diversas empresas del sector lácteo han implementado la metodología Lean Six Sigma con resultados positivos en la optimización de sus procesos productivos.

En un contexto similar, Rodriguez et al. (2022) analizaron una planta procesadora de leche para la fabricación de quesos en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, a través de la metodología Lean Seis Sigma se evidencia la mejora en la producción de quesos y el control de los parámetros de calidad con el consecuente incremento de sus ventas y ganancias.

La falta de un método sistemático para detectar y examinar los motivos fundamentales de esta la implementación de soluciones eficaces dentro de la empresa se ha visto obstaculizada por la variación. Por esta razón, el proyecto tiene como objetivo no solo elevar la calidad del producto, sino también instaurar un marco estructurado fundamentado en la metodología Lean Six Sigma. Esto posibilitará optimizar los procesos de producción, disminuir las variaciones y aumentar la eficiencia operativa, estableciendo así los fundamentos para una cultura de mejora continua en la organización.

5.2 Marco Conceptual:

Six sigma: metodología de mejora de procesos que ayuda a las organizaciones a perfeccionar sus procesos de negocios. Six Sigma se aplica, fundamentalmente, para establecer la uniformidad en los procesos a fin de reducir la cantidad de variaciones del producto final. En definitiva, con este método se minimizan los defectos de un producto. Laoyan, S. (2026, 10 febrero).

Definir: es la etapa que se centra en la identificación del problema y el establecimiento de los objetivos del proyecto, el cual está basado en la mejora, al mismo tiempo se debe de establecer el alcance y los recursos necesarios, las funciones y los roles del equipo de trabajo. (Sánchez et al., 2020).

Medir: es la etapa donde se hace la recolección de información y de los datos del actual proceso de trabajo, el cual permite definir la línea base de trabajo, esta etapa permite también cuantificar el problema, medir las variabilidades y el rendimiento del proceso en sí. Para este paso se pueden aplicar herramientas como el mapa de proceso detallado, el análisis de capacidad del proceso, los estudios de repetibilidad y reproducibilidad. (Donderis et al., 2019).

Analizar: Comprensión y descomposición de conceptos complejos, describe un proceso, objeto, concepto o situación con el objetivo de comprender sus componentes, relaciones y características. Identificación de las causas raíz de los problemas o los factores que producen variabilidad dentro de los procesos. (Santillan, 2019). Para esta etapa se usan herramientas como el análisis de causa raíz, basado en Diagramas Ishikawa, análisis de regresión y diagrama de Pareto (Rodas, 2020).

Mejorar: es la etapa donde se desarrollan e implementan las mejoras, que permiten la reducción o eliminación de las causas raíces de los problemas identificados, esto con fines de

optimizar los procesos para la reducción de variabilidades y el mejoramiento del rendimiento del proceso. En esta etapa se aplican herramientas como brainstorming, análisis de costo beneficio o el diseño de experimentos, entre otros (Cruz, 2019).

Controlar: es la etapa donde se hace el aseguramiento de las mejoras implementadas con el fin de mantenerlas a largo plazo, esto para establecer los mecanismos de control y seguimiento que permiten detectar y modificar las desviaciones o variabilidades (Donderis et al., 2019).

Durante esta etapa se pueden aplicar herramientas como los planes de control, cartas de control o las autorías programadas.

Mejora continua: enfoque sistemático y proactivo para identificar y aprovechar oportunidades que permitan incrementar la eficiencia, la eficacia y la calidad en una organización. Este concepto es una pieza clave dentro de la filosofía de la ISO 9001, que enfatiza la importancia de evolucionar continuamente para cumplir con los requisitos de los clientes y superar sus expectativas. (Barrera, 2024).

Tiempos muertos: períodos durante los cuales un sistema de producción está inactivo. Es decir, se producen paradas de producción durante las cuales la cadena se detiene y, lógicamente, no produce y empiezan a generarse pérdidas. (Altertecnia, 2024).

Productividad: concepto fundamental en el mundo empresarial que alude a la habilidad de una compañía para producir la máxima cantidad de productos o servicios utilizando la menor cantidad de recursos posibles. Consiste en evaluar la eficacia de la producción en relación con cada recurso utilizado durante un tiempo específico. (Arenas, 2025)

Rendimiento: es la capacidad de obtener el máximo provecho de los recursos disponibles, ya sean materiales, humanos o financieros. El rendimiento se puede medir y evaluar

desde diferentes perspectivas, dependiendo del objetivo que se persiga y del contexto en el que se aplique. (Staff, 2023).

Logística: proceso en el que se planifican, ejecutan y controlan todas las actividades relacionadas con la obtención, el almacenamiento y el traslado de materiales para brindarle al cliente el mejor servicio posible, además de conseguir completar el trabajo con el mínimo costo. Esto, sumado a la logística inversa, que se encarga de procesos determinantes como devoluciones o reciclaje, entre otros. (Universidad Europea en Colombia, 2025)

Industria alimentaria: sector productivo responsable de la cadena alimentaria, que incluye la producción, selección, procesamiento, transporte y venta de alimentos de origen animal y vegetal. Su principal objetivo es satisfacer las necesidades alimenticias de la población, ofreciendo productos elaborados y semielaborados, mientras busca garantizar la conservación de los alimentos durante su recorrido hacia el consumidor. (Aprendix, 2024)

Gestión de calidad: El Sistema de Gestión de Calidad (SGC) es una manera ordenada y sistemática de dirigir todos los elementos relacionados con la calidad en una empresa. Su finalidad primordial es garantizar que los productos y servicios satisfagan las necesidades de los clientes, las normativas, y otros criterios relevantes, todo ello con un enfoque en la mejora constante. El SGC ofrece una estructura para supervisar, regular y optimizar los procedimientos, creando un efecto beneficioso en la eficiencia y en la satisfacción del cliente. (Barrera,2024)

5.3 Marco Legal

5.3.1 Ley 09 De 1979 “Código Único Sanitario”

Es la norma base en Colombia que establece medidas sanitarias generales para proteger la salud pública, el ambiente y regular la producción, manipulación y consumo de alimentos, aguas

y otros factores relacionados con la higiene y la salubridad. República de Colombia. Gobierno Nacional. Bogotá, D. E., (Enero 24, 1979).

Ámbitos principales regulados:

Protección del medio ambiente

- Normas para preservar y mejorar condiciones sanitarias.
- Normativa para la descarga de residuos y sustancias contaminantes.

Saneamiento y agua

- Vigilancia sanitaria de los usos del agua: para el ser humano, el uso doméstico, la agricultura, la ganadería, el ocio, la industria y el transporte.
- Poderes otorgados al Ministerio de Salud para determinar las propiedades que el agua debe tener y que son deseables o aceptables.

Comida y bebida

- Normas sobre la producción, el procesamiento, el almacenaje y la venta.
- Condiciones sanitarias y de higiene requeridas en las fábricas de alimentos.

Desechos y residuos

- Regulación de la disposición de desechos líquidos y sólidos para prevenir peligros sanitarios.

Control de vectores y salud ocupacional

- Acciones para resguardar a los empleados en entornos industriales.
- Manejo de plagas y vectores que impacten la salud pública.

Marco para la industria de los productos lácteos: Regula de forma particular la leche y sus derivados, en adición a otras normas, como el Decreto 616 de 2006. Colombia. Gobierno Nacional. Bogotá, D. E., (Enero 24, 1979).

5.3.2 Decreto 3075 De 1997 (23 de Diciembre)

Es la norma base en Colombia que establece los requisitos sanitarios para la industria alimentaria, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos y proteger la salud pública.

Es la norma que reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 y establece los requisitos sanitarios para toda la cadena de producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos en Colombia. Es la base legal de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y un requisito indispensable para obtener registros sanitarios ante el INVIMA. Presidencia de la República de Colombia. (Diciembre 23, 1997).

Ámbito de aplicación:

- Fábricas y plantas de alimentos.
- Equipos y utensilios utilizados en la producción.
- Personal manipulador de alimentos.
- Actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización, importación y exportación de alimentos y materias primas.

Artículo 5.- Leche. La producción, procesamiento, almacenamiento, transporte, envase, rotulación, expendio y demás aspectos relacionados con la leche se regirán por la Ley 9 de 1979 y los Decretos reglamentarios 2437 de 1983, 2473 de 1987 y los demás que lo modifiquen, sustituyan o adicionen. Presidencia de la República de Colombia. (Diciembre 23, 1997).

5.3.3 Decreto 616 De 2006 (Febrero 28)

Por el cual se promulga un Reglamento Técnico que establece los requisitos que tiene que cumplir la leche para el consumo humano, ya sea que se obtenga, procese, envase, mueva, venda al por mayor o al menudeo, importe o exporte en el país.

El propósito del presente decreto es determinar el reglamento técnico que establece los requerimientos que la leche de animales caprinos, bufalinos y bovinos debe satisfacer si va a ser destinada al consumo humano, con el objetivo de salvaguardar la salud, la vida y la seguridad de las personas y evitar prácticas que puedan llevar a los consumidores a confusión, error o engaño. (Decreto 616 de 2016, Republica de Colombia)

Establece qué se entiende por leche cruda, leche pasteurizada, leche en polvo, leche UHT, entre otros derivados lácteos, estableciendo parámetros físico-químicos (grasa, proteína, acidez, densidad, etc.)

Se tienen en cuenta parámetros microbiológicos para definir alimentos aptos para consumo (ausencia de patógenos como Salmonella, Listeria, E coli), manteniendo unos estándares de producción como lo es que la leche debe de provenir de animales sanos, libres de enfermedades que puedan ser transmitidas al ser humano y poner en riesgo su vida.

Se establecen procedimientos de conservación como normativas específicas de pasteurización, esterilización, refrigeración y almacenamiento, así mismo se tiene en cuenta un rotulado y empaque que el cliente pueda identificar y reconocer fácilmente llevando un nombre de producto, fecha de vencimiento, lote, registro sanitario y demás especificaciones técnicas; Teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados la industria láctea está regida por una autoridad encargada de vigilar y otorgar registros sanitarios , además de ejecutar inspecciones y auditorias periódicas llamada Invima.

5.3.4 Resolución 2674 De 2013 (Julio 22)

Por la que se establecen otras disposiciones y se regula el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012. El secretario de salud y protección social

Que, de acuerdo con el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012, los alimentos que se producen, embalan o importan para venderse dentro del país necesitan una notificación sanitaria, un permiso sanitario o un registro sanitario, dependiendo del riesgo que representen para la salud pública, según las normativas que establezca el Ministerio de Salud y Protección Social.

Ministerio de Salud y Protección Social (22 de julio de 2013).

La Resolución 2674 establece de forma resumida los siguientes requisitos para la industria lechera:

Cumplir con las normas de sanidad básicas: Asegurar que las herramientas, los métodos y las instalaciones se adecuen a las pautas de higiene establecidas en la Resolución 2674 del año 2013.

Aplicar buenas prácticas de manufactura: Emplear normas de limpieza y control en la producción, manejo y almacenamiento de productos lácteos.

Clasificar el grado de riesgo: Determinar si el producto lácteo supone un riesgo elevado para la salud pública, lo que afecta el tipo de permiso requerido.

Pedir al Invima el registro sanitario: Proporcionar la información legal y técnica necesaria para obtener el registro sanitario, que es un requisito previo a la venta.

Adoptar el sistema HACCP: Implementar un sistema de prevención para gestionar riesgos y puntos críticos que garantice la seguridad de los productos lácteos.

Capacitación del personal manipulador: Capacitar al personal de forma constante en higiene, buenas prácticas de manufactura y monitoreo de seguridad, con un mínimo de 10 horas anuales.

Vigilancia y control: Hacer chequeos periódicos por parte del Invima y autoridades locales para asegurar que los productos sean seguros y de calidad.

Instalaciones y equipos: Deben garantizar la higiene y evitar la contaminación cruzada.

Agua y saneamiento: Uso de agua potable, así como sistemas adecuados para limpiar.

Control de materias primas: Inspección segura y almacenamiento.

Manipulación alimentaria: Personal capacitado, con exámenes médicos e higiénicos.

Documentación y trazabilidad: Registro de procesos, lotes e inspecciones de calidad.

Transporte y distribución: Condiciones que mantengan el producto inocuo.

Inspección y vigilancia: Invima

La Resolución 2674 de 2013 es la base legal de las Buenas Prácticas de Manufactura en Colombia, y su cumplimiento es indispensable para cualquier empresa del sector alimentario. Además de ser un requisito para la comercialización, es una herramienta clave para garantizar la seguridad alimentaria y la salud pública. Ministerio de Salud y protección social (Julio 22, 2013).

6. METODOLOGÍA:

- **Naturaleza:** Mixta
- **Diseño de la investigación:** Aplicada
- **Corte temporal:** Longitudinal
- **Alcance de la investigación:** Exploratorio con diagnóstico y propuesta metodológica

Tabla 1. Propuesta de trabajo metodológica según objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDADES Y/O METODOLOGÍA	ENTREGA
Realizar un diagnóstico que permita identificar los cuellos de botella y/o tiempos muertos en los	Hacer análisis de ingeniería de métodos a cada una de las áreas correspondientes al proceso productivo, con el fin de identificar tiempos muertos o cuellos de botella,	Diagrama de análisis/flujo de procesos, con las variaciones identificadas.

procesos productivos de la industria láctea.	utilizando herramientas de optimización.	
Analizar las causas y efectos de los tiempos muertos que impactan la productividad del sistema productivo.	Desarrollar un diagrama de espina de pescado, que permita identificar las causas que conllevan a unos posibles efectivos, con el fin de identificar puntos críticos del proceso y proponer mejoras.	Diagrama de espina de pescado con causas – efectos.
Diseñar la metodología Six Sigma coherente con los hallazgos del diagnóstico para orientar la mejora continua.	Diseñar un informe detallado donde se plantee cada etapa de la metodología Six sigma teniendo en cuenta todos los planes definidos como posibles oportunidades de mejora.	Informe de diagnóstico detallado de cada uno de los cuellos de botella evaluados en las 5 etapas six sigma.
Implementar estrategias de mejora basadas en Six Sigma en el proceso productivo.	Disminución de la variabilidad en los tiempos muertos que se examinan a través de ciclos PDCA y DOFA. Realizar un análisis estadístico de todo el proceso productivo, en lo que respecta a los trabajos y tiempos programados. Definir tableros de seguimiento y KPIs (indicadores clave de desempeño). Promover una cultura de mejora a través del reconocimiento y la capacitación de los empleados. Control y sustentabilidad Elaborar estrategias de control que incluyan límites de tolerancia y alertas anticipadas. Incorporar el perfeccionamiento en la estrategia de la organización.	Ciclo PDCA. Matriz DOFA. Documentación de KPIs.
Evaluar los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología Six Sigma.	Informe final Six Sigma con: Gráficos comparativos antes/después. Análisis estadístico de impacto.	Gráfico de barras comparativo. Cuadro de revisión de aspectos mejorados en

	Establecer cuadro conceptual para auditar y tener control de la aplicación de la metodología con opción de recomendaciones para mantener la mejora. Revisión de KPIs.	los procesos intervenidos.
--	--	----------------------------

Nota: Fuente propia

6.1 Propuesta de aplicación metodológica

Este trabajo de grado está orientado hacia la creación y ejecución de una metodología que sea capaz de detectar y, en gran medida, eliminar los períodos de inactividad en un sistema productivo. Esto resulta en un incremento en la calidad y eficiencia que las empresas lácteas brindan a los consumidores. Se propone una metodología fundamentada en las etapas del six sigma, donde se identificarán las posibles razones de estos cuellos de botella que pueden ser ignoradas o poco evidentes en el proceso.

Fase definir: Realización de un análisis exhaustivo utilizando diagramas de Pareto para identificar y medir las problemáticas a través de un estudio de la organización. De esta manera, se pueden asignar tareas y elaborar planes que detallen las mejoras en el rendimiento, logrando así estandarizar los procesos de manera adecuada.

Fase medir: Examen del proceso y diseño de una estrategia para recolectar información durante cada paso de las operaciones. Para esto se necesita desglosar la información sobre la receptibilidad y reproducibilidad con el fin de localizar el estado actual del proceso, de tal manera que se instauren las mejoras necesarias para cumplir con las especificaciones esperadas.

Fase analizar: En esta fase, se lleva a cabo un examen de los datos recolectados para identificar las fuentes de variación utilizando herramientas como diagramas de causa y efecto, que ayudan a localizar los problemas raíz de los procesos no estandarizados. Además, se evalúa todo el

proceso productivo en busca de posibles cuellos de botella que puedan estar afectando la estabilidad, rentabilidad y capacidad del proceso para producir un producto final que cumpla con las especificaciones requeridas.

Fase mejorar: Se fijan los niveles de funcionamiento del proceso para asegurar un rendimiento adecuado, junto con la elaboración de diagramas de procesos que clasifiquen las deficiencias durante la producción, priorizando aquellas que puedan impactar significativamente la efectividad de los procesos. Las mejoras implementadas pueden resultar en un aumento del rendimiento, lo cual se verifica mediante la utilización de pruebas estadísticas, como los diagramas de caja, que ayudan a entender el comportamiento del proceso y cómo los parámetros de calidad lo influyen. Además, el análisis financiero presenta detalles sobre la inversión, pérdidas, ganancias o ahorros generados por las mejoras sugeridas.

Fase controlar: Como se mencionó anteriormente, six sigma se enfoca en la mejora del proceso a través de su monitoreo, con el objetivo de lograrlo a largo plazo. Para ello, se elaboran procedimientos que faciliten el seguimiento y la operación. Esto se puede lograr mediante el uso de estadísticas para vigilar el proceso, como por ejemplo con las cartas de control, que permiten supervisar el estado del proceso a lo largo del tiempo.

7. RESULTADOS

7.1 Estudio de campo: Realizar un diagnóstico que permita identificar los cuellos de botella y/o tiempos muertos en los procesos productivos de la industria láctea.

7.1.1 Aplicación metodología six sigma a nivel nacional (Colombia)

En Colombia, la aplicación de la metodología Six Sigma (y Lean Six Sigma) es impulsada por grandes industrias del sector lácteo para optimizar su cadena de valor, reducir la

variabilidad y minimizar desperdicios. Cinco de los principales referentes que aplican estos modelos en sus plantas de producción son:

Alpina: Pionera en la implementación de Lean Six Sigma y metodologías 5S en el país para la optimización de procesos en su cadena de valor. Ha logrado una notable estandarización y reducción de desperdicios en sus líneas de lácteos.

Alquería: Utiliza estándares de excelencia operacional y mejora continua. Su enfoque se respalda con personal certificado en herramientas Six Sigma (como Green Belts y Black Belts) y sellos internacionales de calidad.

Colanta (Cooperativa Lechera): Emplea esta filosofía basada en datos para asegurar estándares de calidad consistentes en productos como quesos, yogures y leche, minimizando defectos de fabricación y mermas.

Nestlé Colombia: Implementación de Lean Six Sigma en plantas de producción de alimentos y bebidas, incluyendo productos lácteos. Formación de colaboradores en niveles Yellow, Green y Black Belt, implementando proyectos prácticos en áreas de producción y logística. Logrando ahorrar anualmente entre \$50.000 y \$300.000 USD gracias a optimización de procesos y reducción de desperdicios, notablemente hay mejoras en la calidad siendo percibida por clientes y mayor rentabilidad.

Lácteos de Oriente (Antioquia): Caso práctico académico de gestión de calidad con Six Sigma haciendo uso de herramientas como 5S, Six Sigma y Lean Management enfocados en la mejora continua y competitividad, donde lo que se busca es incrementar los estándares de calidad organizacional y productiva.



Figura 1. Ubicación industrias lácteas que aplican metodología six sigma en Colombia año 2026(Copilot, 2026).

Nota. Imagen adaptada usando la instrucción “Ubicación industrias lácteas que aplican metodología six sigma en Colombia año 2026”, por Microsoft 365, Copilot 2026 (<https://copilot.microsoft.com/>).

7.1.2 Proceso de producción detallada en la industria láctea

7.1.2.1 Obtención de la leche.

- Ordeño de vacas (manual o mecánico)

- Se realiza en condiciones higiénicas
- Filtrado inicial para quitar impurezas
- Control de calidad básico (color, olor, temperatura)

7.1.2.2 Enfriamiento y almacenamiento.

- La leche se enfría rápidamente a 4 °C
- Se almacena en tanques refrigerados
- Evita el crecimiento de bacterias

7.1.2.3 Transporte.

- Transporte en cisternas refrigeradas
- Manteniendo la cadena de frío
- Desde la finca hasta la planta procesadora

7.1.2.4 Recepción y análisis en planta.

- Pruebas de calidad: Acidez, grasa, presencia de antibióticos determinando si cumple normas, para finalmente pasar a procesamiento.

7.1.2.5 Estandarización.

- Ajuste del contenido de grasa donde se obtiene: Leche entera, semidescremada y descremada.

7.1.2.6 Pasteurización.

- Tratamiento térmico para eliminar microorganismos con métodos comunes: HTST: 72 °C por 15 segundos donde se asegura que la leche sea segura para consumo

7.1.2.7 Homogeneización.

- Se reduce el tamaño de las partículas de grasa, evitando que la crema se separe y de ese modo mejorando su textura y sabor

7.1.2.8 Procesamiento según producto.

- Leche líquida: Solo pasteurización + envasado
- Queso: Coagulación (cuajo), corte de cuajada, moldeo, prensado y por último su acorde maduración
- Yogurt: Adición de cultivos lácticos, fermentación controlada y su adecuado enfriamiento
- Mantequilla: separación de crema

7.1.2.9. Envasado.

- Envases esterilizados (cartón, plástico, vidrio)
- Sellado automático
- Etiquetado

7.1.2.10 Almacenamiento y distribución.

- Conservación en frío (cadena de frío)
- Transporte a supermercados y tiendas

A continuación, en la Figura 2, se muestra el flujo de proceso de las actividades mencionadas:

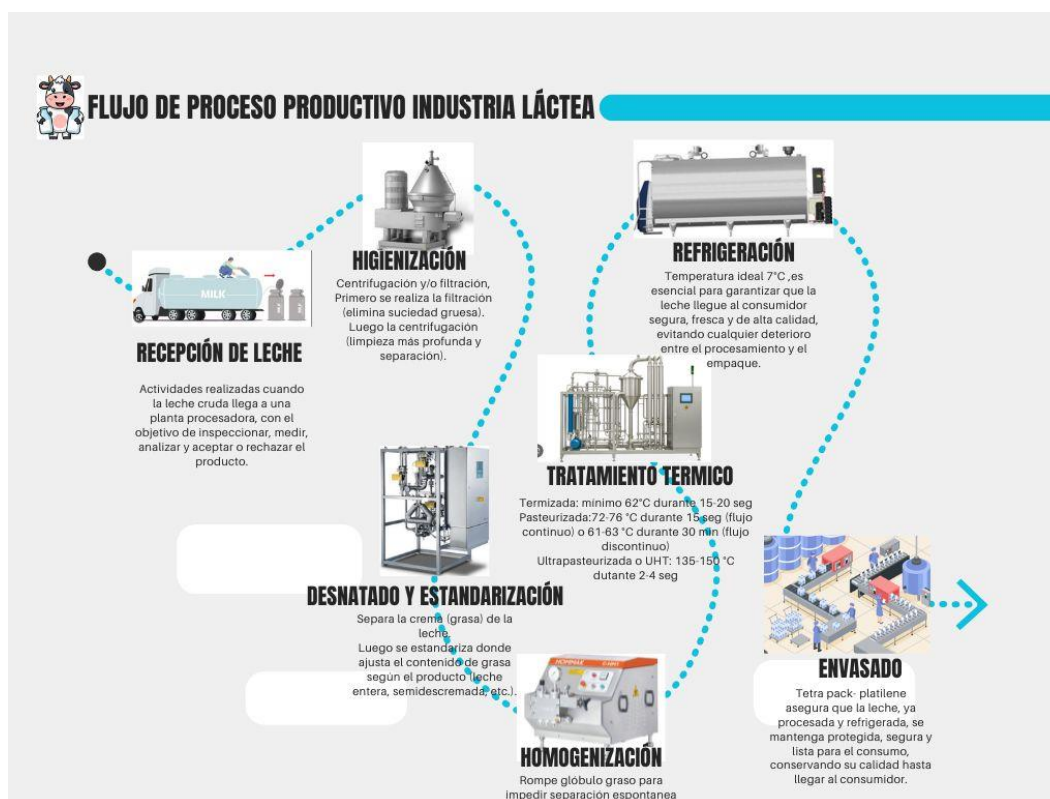


Figura 2. Flujo de proceso productivo industria láctea.

Nota. Fuente propia.

Durante el flujo constante de las actividades se denota que las posibles causas que pueden generar tiempos muertos se darían en la maquinaria, debido a que todos los procesos son de vital importancia en todo el flujo de proceso, pero dependen de factores críticos como temperatura, impidiendo la productividad continua entre procesos donde se evalúan flujos, productos, cantidades, logística, mano de obra, métodos entre otros.

7.2 Analizar las causas y efectos de los tiempos muertos que impactan la productividad del sistema productivo.

Según Latam (2025) el diagrama de Ishikawa, también denominado "diagrama espina de pescado", es una herramienta visual con un diseño gráfico. Asimismo, su función principal es asistir en los análisis organizativos. Con frecuencia se usa para identificar la raíz de un problema.

Así, el diagrama tiene como propósito asistir al equipo en la identificación de las verdaderas causas de los cuellos de botella que afectan a los procedimientos organizacionales y operativos de la compañía. En otras palabras, podemos afirmar que su objetivo es revelar situaciones indeseadas al exponer su causa real.

A continuación, en la figura 2 se presenta la espina de pescado para el proceso productivo de la industria láctea.



Figura 3. Diagrama espina de pescado de causa-efecto para la industria láctea.

Nota: Fuente propia

A continuación, se especifican las actividades que más generan tiempos partiendo de los puntos críticos de todo el proceso productivo de la industria láctea.

7.2.1 Procesos de producción.

Pasteurización y esterilización UHT: Generalmente se presentan averías y desviaciones en los intercambiadores de calor lo que genera problemas críticos en todo el paso de producción, debido a que cada producto tiende a tener especificaciones de proceso para garantizar la calidad de los productos, si estos no están regulados por estos ciclos se determina como producto no conforme lo cual genera demoras para producción, almacenamiento y despacho.

Líneas de envasado: bloqueos en las bandas o envasadoras que requieren limpieza completa antes de reiniciar para evitar contaminaciones.

CIP (Cleaning in Place): interrupciones eléctricas en los ciclos de limpieza impiden la puesta en marcha de la producción.

7.2.2 Equipos de frío.

Grupos frigoríficos y cámaras de refrigeración: fallas en sistemas de enfriamiento retrasan la conservación de la leche y derivados, afectando su vida útil e incumplimiento de su cadena de frío.

Túneles de enfriamiento: paradas prolongadas afectan la calidad y seguridad del producto.

7.2.3 Logística y transporte.

Retrasos en la recepción de leche cruda por problemas de transporte o almacenamiento.

Falta de sincronización en distribución interna dentro de la planta, generando acumulación de inventario.

7.2.4 Mano de obra y métodos.

Capacitación insuficiente del personal en manejo de opresiones, protocolos de BPM y Six Sigma.

Errores en la manipulación de equipos y daños en tableros de proceso que obligan a detener la producción.

7.2.5 Medición y control.

Retrasos en el análisis de calidad de la leche previo a su procesamiento de parte de laboratorio.

Fallas en sensores o instrumentos de medición

7.3 Diseñar la metodología Six Sigma coherente con los hallazgos del diagnóstico para orientar la mejora continua.

Para el diseño de la metodología Six sigma se presenta a continuación la evaluación, revisión, análisis, fortalecimiento, control y optimización de los procesos que más tienen influencia en la aparición de tiempos muertos, también ilustrados en la tabla 1. Informe detallado estudio Six sigma en la industria láctea.

7.3.1 Evaluar Mano de Obra

Identificar problemas de capacitación y rotación.

- Revisión detallada del historial de la rotación del personal en las áreas
- Evaluar capacitaciones de todo el personal para el manejo y control de puntos críticos en proceso
- Implementación de programas de formación para todo el personal de forma continua, dejando constancia para evitar riesgos en la operación

7.3.2 Revisar Maquinaria

Detectar fallas mecánicas y mantenimiento deficiente.

- Analizar frecuencia, y causas potenciales de averías
- Examinar el historial de mantenimiento
- Hacer la transición hacia el mantenimiento predictivo/preventivo

7.3.3 Analizar Métodos

Estandarizar procesos para reducir variabilidad.

- Mapear los procesos existentes
- Identificar las rutinas obsoletas
- Diseñar de nuevo bajo el enfoque Lean-Six Sigma

7.3.4 Fortalecer Medición

Mejorar captura de datos y KPIs.

- Instalar sensores y software para seguimiento detallado mes a mes
- Definir indicadores de productividad, generando seguimiento y estandarización de procesos
- Capacitar en registro estandarizado de programas y procedimientos

7.3.5 Controlar Medio Ambiente

Estabilizar condiciones ambientales en planta.

- Hacer un seguimiento de la humedad y la temperatura
- Aplicar sistemas de control del medio ambiente
- Llevar a cabo auditorías de manera periódica

7.3.6 Optimizar Materiales

Mejorar logística y calidad de insumos.

- Revisar tiempos de entrega de pedidos de parte de proveedores externos
- Establecer estándares de calidad para todos los procesos operativos
- Implementar acuerdos de suministro confiables y oportunos

Tabla 2. Informe detallado estudio Six sigma en la industria láctea

Categoría	Etapas DMAIC afectada	Cuello de botella identificado	Impacto en tiempos muertos	Recomendaciones	Responsable
Mano de obra	Definir/ Mejorar	Rotación de personal y falta de capacitación	Incremento de errores operativos y tiempos de espera	Implementar programas de formación continua y estandarizar procedimientos	Jefe de área
Maquinaria	Medir/ Analizar	Fallas mecánicas recurrentes y mantenimiento reactivo	Paradas prolongadas en líneas de producción	Migrar hacia mantenimiento preventivo/predictivo y renovar equipos críticos	Mantenimiento
Método	Definir/ Analizar	Procesos poco estandarizados y rutinas obsoletas	Variabilidad en tiempos de ejecución y retrabajos	Rediseñar procesos bajo enfoque Lean-Six Sigma y documentar procedimientos	Jefe de área
Medición	Medir/ controlar	Registros manuales incompletos y falta de indicadores	Sesgos en datos y dificultad para evaluar mejoras	Instalar sensores, software MES y definir KPIs de productividad	Operarios e inspectores
Medio ambiente	Analizar/ controlar	Condiciones de temperatura y humedad inestables	Afectación en calidad del producto y necesidad de reprocesos	Implementar sistemas de control ambiental y auditorías periódicas	Inspectores, Jefe de área Ambiental
Materiales	Medir/ mejorar	Retrasos en suministro y variabilidad en calidad de insumos	Esperas en producción y reprocesos por defectos	Optimizar logística de abastecimiento y establecer estándares de calidad con proveedores	Materias primas y Bodega

Nota: Fuente propia

7.4 Implementar estrategias de mejora basadas en Six Sigma en el proceso productivo.

7.4.1 Ciclo PDCA aplicado a la industria láctea

7.4.1.1 Plan (Planificar): Identificar problemáticas y establecer mejoras.

- Inspeccionar a detalle de registro de paradas en maquinaria y manos de obra
- Establecer indicadores de productividad
- Fijar metas para la reducción de tiempos muertos a corto y largo plazo según corresponda.

7.4.1.2 Do (Hacer): Ejecutar las acciones planificadas en pequeña escala.

- Inspeccionar y aplicar mantenimientos preventivos debidamente documentados en equipos críticos.
- Capacitar todo el personal en un modelo de fijo en cuento a limpieza y entregas de turno de manera adecuada

7.4.1.3 Check (Verificar): Evaluar resultados frente a los objetivos.

- Comparar datos durante el transcurso de la aplicación del proyecto
- Revisar si hubo reducción alguna en los tiempos de espera para el ingreso de insumos
- Analizar y verificar la calidad del producto en cuanto a su vida útil

7.4.1.4 Act (Actuar): Estandarizar mejoras y ajustar procesos.

- Documentar procedimientos
- Ampliar y socializar las posibles soluciones en todas las líneas de producción
- Ajustar los planes de mejora estableciendo día a día nuevas metas

7.4.2. Matriz DOFA industria láctea

La matriz DOFA es un procedimiento de análisis de empresas que posibilita analizar la compañía desde fuera, como si fuéramos observadores neutrales, con el propósito de evaluar las circunstancias presentes en la empresa.

Se puede exponer gráficamente las circunstancias que fortalecen a la empresa, las que podrían ser una amenaza, las que la debilitan y las que suponen una oportunidad para capitalizar.

Así, la gestión tiene acceso al estado real de la compañía y puede dar prioridad a las decisiones que sean pertinentes, a continuación, en la tabla 3 se muestra la aplicación del DOFA en la industria láctea.

Tabla 3. Aplicación Matriz DOFA en la industria láctea

ASPECTO	DESCRIPCIÓN DETALLADA
DEBILIDADES (D)	✓ Falta de estandarización en la medición de tiempos muertos ✓ Falta de programación para debidos mantenimientos preventivos y gestión de maquinaria. ✓ Poca programación de capacitaciones del personal en gestión estadísticas. ✓ Dependencia de registros manuales, pocos registros digitales y procesos.
OPORTUNIDADES (O)	✓ Implementación de metodologías de mejora continua (Six Sigma, PDCA). ✓ Acceso a programas de innovación y desarrollo. ✓ Creciente demanda de productos lácteos con valor agregado. ✓ Posibilidad crear plantillas y programas para digitalizar registros y automatizar mediciones de tiempos muertos.
FORTALEZAS (F)	✓ Personal con experiencia técnica en procedimientos de la industria de los productos lácteos. ✓ La presencia de protocolos para gestionar la calidad y rastrear los productos. ✓ Equipos automáticos con tecnología que posibilitan la mejora continua de los ajustes.

	✓ Cultura organizacional enfocada en la inocuidad y el cumplimiento de las normas (Decreto 616).
AMENAZAS (A)	✓ La calidad de las materias primas puede variar debido a factores climáticos. ✓ Aumento de los costos logísticos y energéticos. ✓ Competencia con empresas que ya aplican metodologías Six sigma. ✓ Riesgo de incumplimiento normativo por fallas en control ambiental o sanitario. ✓ Riesgo por falta de aseguramiento de calidad.

Nota: Fuente propia.

7.4.3 Documentación de KPIs

Los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) son métricas que se pueden medir y son esenciales para evaluar el avance hacia los objetivos establecidos. Ayudan a las empresas a comprobar si sus acciones están siendo efectivas, a distribuir los recursos de forma adecuada y a centrar las mejoras en los aspectos más importantes. Los KPI ofrecen una base firme para las decisiones tanto estratégicas como operativas. Normalmente, integran indicadores anticipados (que prevén el rendimiento futuro) junto con indicadores que miran hacia atrás (que muestran los resultados obtenidos) para guiar tanto la planificación como la evaluación. (Harlow, 2025).

A continuación, en la tabla 4. Indicadores clave de desempeño KPIs , se establecen formulas establecidas donde se consolidan indicadores Clave de Rendimiento (KPI) para evaluar u optimizar la productividad, calidad y mantenimiento en la planta.

Tabla 4. Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Indicador (KPI)	Definición	Fórmula de cálculo	Unidad de medida	Frecuencia de medición	Responsable	Meta esperada
OEE (Overall Equipment Effectiveness)	Mide la eficiencia global del equipo considerando disponibilidad, rendimiento y calidad.	$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$	%	Diario / Semanal	Supervisor de producción	$\geq 85\%$
Tiempo muerto total	Suma de los periodos improductivos por causas internas o externas.	$TMT = \sum (Tiempo\ de\ parada)$	Minutos / Hora	Diario	Jefe de turno	Reducción del 15% en 6 meses
MTBF (Mean Time Between Failures)	Promedio de tiempo entre fallas de maquinaria.	$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ de\ operación}{Numero\ de\ fallas}$	Horas	Semanal	Técnico de mantenimiento	$\geq 120\ h$
MTTR (Mean Time To Repair)	Tiempo promedio para reparar una falla.	$MTTR = \frac{Tiempo}{Numero\ de\ fallas}$	Minutos	Semanal	Técnico de mantenimiento	$\leq 30\ min$
Productividad de mano de obra	Relación entre producción efectiva y horas trabajadas.	$PMO = \frac{Producción\ real}{Horas\ hombre}$	Unidades/h ora	Semanal	Coordinador de planta	+10% respecto al promedio inicial
Cumplimiento de mantenimiento preventivo	Porcentaje de actividades de mantenimiento ejecutadas según plan.	$CMP = \frac{Actividades\ realizadas}{Actividades\ programadas} \times 100$	%	Mensual	Área de mantenimiento	$\geq 95\%$
Índice de reprocesos	Porcentaje de productos reprocesados por fallas de calidad o proceso.	$IR = \frac{Unidades\ reprocesadas}{Unidades\ totales} \times 100$	%	Mensual	Control de calidad	$\leq 2\%$

Nota: Adaptada de chatGPTa versión exacta (GPT-4o), por Open AI,2026. <https://chatgpt.com>. (matriz donde se consolide

indicadores Clave de Rendimiento (KPI) para evaluar y optimizar la productividad, calidad y mantenimiento en la planta.)

7.4.3.1 Documentación complementaria KPIs.

Fuente de datos: registros de producción, software MES, hojas de control manual, reportes de mantenimiento.

Formato de registro: hoja de cálculo o sistema digital con fecha, turno, línea y responsable.

Validación: revisión semanal por comité de mejora continua.

Visualización: tablero de control con semáforo de desempeño (verde, amarillo, rojo).

Interpretación y uso

Los KPIs permiten:

Identificar desviaciones en tiempo real.

Priorizar acciones correctivas en las fases **Control** y **Mejorar** del ciclo DMAIC.

Evaluar el impacto de las estrategias PDCA implementadas.

Sustentar decisiones de inversión en maquinaria o capacitación.



Figura 4. Dashboard visual Tablero de KPIs – Industria Láctea Colombia 2026.

Nota: Imagen adaptada usando la instrucción “. *Dashboard visual Tablero de KPIs – Industria Láctea Colombia 2026*) por Microsoft 365, Copilot 2026 (<https://copilot.microsoft.com/>).

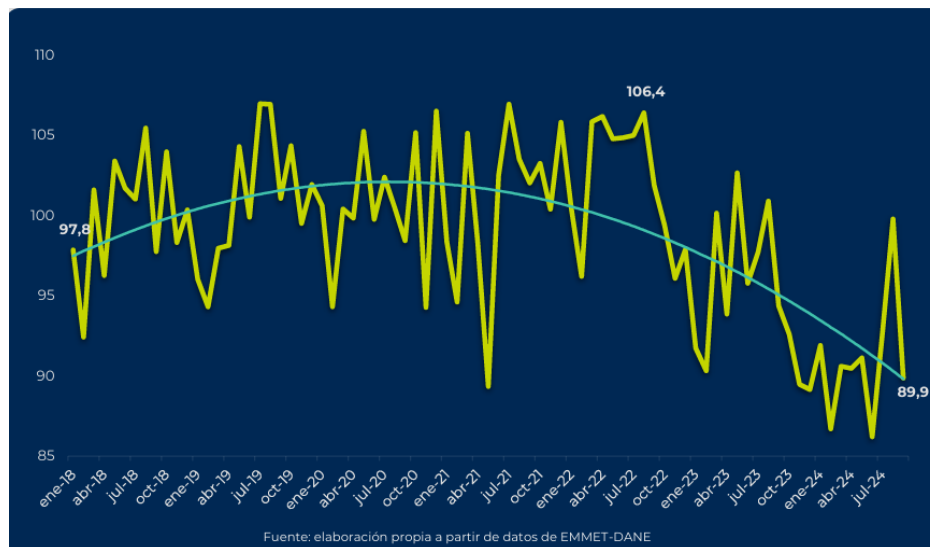
7.5 Evaluar los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología Six Sigma

El sector lácteo en Colombia conforma el 9,3% de la industria alimentaria y crea más de 20.500 puestos de trabajo; no obstante, tiene retos como los altos costos de producción y la caída del consumo. El consumo de leche per cápita se redujo un 9,3% entre 2021 y 2023, al descender de 162 a 147 litros anuales por persona; en cambio, los costos de producción crecieron un 58,1% desde el año 2020 hasta el año 2023. Asimismo, el país aumentó sus compras de productos lácteos, y Estados Unidos fue el mayor vendedor con una participación del 55% en total. Las principales importaciones de productos lácteos que realiza Colombia son queso y leche en polvo, según estadísticas del comercio mundial de la ONU. Con el fin de contrarrestar los impactos de la disminución del consumo y los altos costos, el gobierno de Colombia ha puesto en práctica tácticas como las subastas y las recompensas para almacenar. Estas medidas han sido ejecutadas por medio del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Fedegan y la Bolsa Mercantil de Colombia. El objetivo de estas medidas es dar impulso al sector lácteo, apoyar a los productores y estimular el consumo de leche nacional. (Olarte, 2025)

Colombia tiene un lugar relevante en la región. En 2021, fue el quinto productor más grande de productos lácteos en Latinoamérica. No obstante, esta industria ha mostrado una tendencia decreciente en los últimos años. Entre enero de 2018 y enero de 2024, la producción del sector lácteo disminuyó un 6,1%, mostrando fluctuaciones cíclicas con incrementos en los primeros meses del año y caídas hacia el cierre de cada periodo. (Olarte, 2025)

La figura 4 presenta los números más recientes del DANE hasta el año 2026. Desde el tercer trimestre de 2022, la producción ha seguido un camino a la baja, con una disminución

acumulada del 11,8 % entre septiembre de 2022 y septiembre de 2024. La reducción del poder adquisitivo, ante todo, la causa de este retroceso. La subida de precios de los alimentos, incluyendo los productos lácteos, y la reducción del poder adquisitivo familiar son las principales razones de este retroceso. (Olarte, 2025)



costos de transformación y prevenir que dicho aumento se traslade completamente al cliente final. (OCILAC,2025)

7.5.1 Aplicación modelo Six sigma industria láctea a nivel nacional (Colombia)

Basándome en cómo funcionan empresas como Alpina, Alquería y Colanta, que ya tienen implementada la metodología six sigma donde los tiempos muertos reales suelen estar entre 20% y 35% en procesos industriales de alimentos se dan promedios de datos estadísticos de un antes y un después en porcentaje de mejora en un lapso de seis meses donde se logran ver avances en cuanto al proceso productivo de manera unificada.

7.5.1.1 Aplicación Six sigma en Colanta

En Colanta el área de mayor oportunidad se identificó en el envasado y empaquetado, donde cada línea procesa 20,000 unidades por hora, pero ocurren tiempos muertos de hasta 40 minutos diarios por cambios de formato y ajustes. La implementación de tecnología de cambio rápido y mantenimiento preventivo podría aumentar la productividad en un 15%, representando aproximadamente 3,000 unidades adicionales por hora. El control de calidad final, que muestrea 1 de cada 200 productos y toma 45 minutos por lote, también presenta oportunidades de optimización mediante sistemas automáticos de visión artificial que podrían reducir los tiempos de inspección en un 30%, como se muestra en la tabla 5. Procesos productivos Colanta (Echenique,2026)

Tabla 5. Procesos productivos Colanta

Proceso	Tiempo Estimado	Responsable	Capacidad	Oportunidad de Mejora
Recepción de leche cruda	2 horas	Logística y Calidad	3.2 millones litros/día	Automatización de muestreo
Pasteurización y homogeneización	1.5 horas/lote	Producción	50,000 litros/hora	Optimización energética
Enfriamiento	1 hora	Producción	50,000 litros/hora	Recuperación térmica
Envasado y empaquetado	2 horas/lote	Envasado	20,000 unidades/hora	Reducción de tiempos muertos (40 min/día)
Control de calidad final	45 minutos/lote	Calidad	1 muestra/200 productos	Implementación de visión artificial
Almacenamiento	1 hora	Logística	100,000 unidades/día	Gestión automatizada de inventarios

Nota: Adaptado de *Optimización de Procesos en Colanta*, por Echenique,2026.

Recuperado de Scribd: <https://es.scribd.com/document/868575290/Analisis-de-Procesos-Empresariales-Colanta-pptx-pdf>

7.5.1.2 Aplicación six sigma en alpina

Alpina maneja una alta eficiencia en sus plantas automatizadas ubicada en Sopó, lo que maximiza el rendimiento en la elaboración de sus productos y estandariza la calidad de los mismos. Es importante implementar el mantenimiento preventivo por medio de sensores que avisan cuando una máquina va a fallar o cuando el tiempo de vida útil de sus componentes haya llegado a su final así se evitará paradas innecesarias y retrasos en la producción. (Bohorquez et al,2026)

Alpina compite principalmente en Calidad y Diferenciación (Innovación). No es el productor más económico en el mercado, pero es el que genera mayor calidad y variedad. De esta manera Alpina usa como prioridades competitivas los siguientes factores: innovación, rendimiento, calidad, costos y entregas para optimizar sus procesos y darle un servicio especial y seguro que garantice excelentes condiciones de consumo al cliente. (Bohorquez et al,2026)

Por tanto, se establece en la tabla 6 las operaciones planteadas y esperadas en los factores más relevantes en todas las plantas de Alpina, donde se sistematiza la mayoría de las operaciones esperando evitar tiempos muertos y manejando la metodología six sigma para mejorar y ser una de las industrias más competitiva y con mayor productividad.

Tabla 6. Matriz estratégica de operaciones Alpina

ID	Área	Problema Identificado	Estrategia IA Propuesta	Herramienta	Impacto Esperado (%)	Prioridad Competitiva
1	Producción	Tiempos muertos por cambio de formato	Programación APS (IA)	Chat GPT / Python	10% (Disponibilidad)	Flexibilidad
2	Mantenimiento	Gastos innecesarios en repuestos	Mantenimiento Predictivo 4.0	Sensores IoT / Power BI	15% (Ahorro Costos)	Rendimiento
3	Logística	Desperdicio por ruptura de cadena de frío	IA Geoespacial y sensores IoT	Google Data Studio	20% (Menos devoluciones)	Entrega
4	Logística	Ineficiencia en rutas de última milla	Ruteo Dinámico en tiempo real	Click Up / IA Ruteo	12% (Ahorro Combustible)	Costo
5	Inventarios	Desequilibrio oferta vs demanda de leche	Modelos Predictivos (Forecasting)	Machine Learning	8% (Eficiencia Stock)	Calidad
6	Marketing	Baja rotación de productos premium	Motor de recomendación de Mix ideal	Power BI / Chat GPT	8% (Incremento Ventas)	Innovación

Nota: Adaptado de *Optimización de procesos operativos en alpina s.a.*, por Bohorquez et al,2026. Recuperado de Studocu: <https://www.studocu.com/co/document/fundacion-universitaria-del-area-andina/gestion-de-mercadeo/optimizacion-de-procesos-operativos-en-alpina-sa-gestion-de-operaciones/160448586>

7.5.1.3 Aplicación six sigma en alquería

Alquería, una compañía con una destacada historia en Colombia, ha creado un plan completo para la administración de su producción y operaciones, lo que la ha llevado a establecerse como líder en su área. Su estrategia se fundamenta en mejorar procesos, garantizar la calidad del producto final, aumentar la eficiencia de la cadena de suministro y fomentar la innovación continua. Gracias a la aplicación de métodos modernos, Alquería ha conseguido optimizar el uso de recursos, disminuir gastos operativos y mantener altos niveles de calidad y seguridad en los alimentos. (Bustamante et al,2023)

La firma Alquería se distingue en el ámbito de la administración de producción y operaciones al ejecutar estrategias efectivas que responden a las exigencias del mercado y preservan elevados estándares de calidad y eficiencia. Su énfasis en la innovación, la calidad y la sostenibilidad la posiciona como un modelo a seguir dentro de la industria alimentaria y en el campo de la gestión empresarial en general. (Bustamante et al,2023)

A continuación, se presenta en la tabla 7 las entradas, elementos y salidas para el producto Alquería

Tabla 7. Entradas elementos y salidas para el producto Alquería

Determinar los recursos de entrada del sistema productivo.	Determinar principales elementos del sistema productivo.	Determinar las salidas del sistema productivo.
Materias primas	Abastecimiento de Materias Primas	Litro de leche Entera Alquería, sabor Original Referencia de 1000 ml para 5 porciones.
Recursos energéticos	Procesamiento y Producción	
Ordeñadoras mecánicas	Control de Calidad	
Tanques de refrigeración	Envasado	
Pasteurizador	Almacenamiento y Distribución	
Termo pasteurizador	Gestión de Inventario	
tecnólogos de alimentos	Mantenimiento de Equipos	
Operarios de planta	Recursos Humanos	
	Innovación y Desarrollo de Productos	
	Sostenibilidad y Responsabilidad Social	

Nota: Adaptado de *Gestión de Producción en Alquería*, por Bustamante et al,2023.

Recuperado de Scribd: <https://es.scribd.com/document/672144848/Aca-2-Procesos-y-Operaciones>

Teniendo en cuenta estos datos suministrados se hace una representación gráfica de un avance al implementar estrategias metodológicas con el fin de lograr aumentar la productividad y rendimiento en la industria alimentaria de lácteos teniendo en cuenta su vital relevancia a nivel nacional, donde se tuvieron en cuenta los tiempos muertos que más afectaban la operación.

Los datos utilizados fueron ajustados con base en literatura académica y reportes del sector lácteo colombiano (OCILAC, Bolsa Mercantil de Colombia) y estudios sobre la aplicación de Six Sigma en la industria de alimentos, los cuales evidencian mejoras en eficiencia productiva mediante la reducción de desperdicios y variabilidad en los procesos mostrados en la figura 7

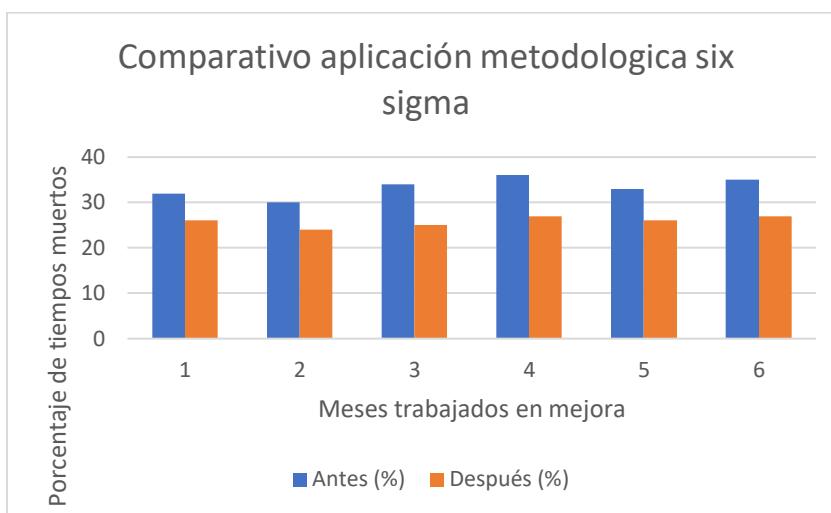


Figura 7. Aplicación metodológica six sigma durante 6 meses

Nota: Fuente propia con datos adaptados de (OCILAC, Bolsa Mercantil de Colombia)

Los cambios esperados con la aplicación de la metodología six sigma son muy notables apreciando un porcentaje de mejora de 7.5% tratado durante 6 meses que es un lapso de tiempo corto pero muy productivo, al darnos cuenta que se tratan todos los procesos productivos de la industria láctea, ya que de una u otra forma se ven afectadas y tienen incidencia en todo el proceso operativo.

7.5.2 Cuadro conceptual para auditar y tener control de la aplicación de la metodología con opción de recomendaciones para mantener la mejora.

La Tabla 8, se establece debido a que se debe tener control de la aplicación de la metodología a corto y largo plazo, pero no solo eso si no que a su vez se busca tener una mejora continua, donde con el tiempo todos los procesos sean establecidos, pero puedan ser modificados para contribuir con la calidad de los productos, así mismo se pueden detectar deficiencias de manera efectiva e inmediata.

Fase DMAIC	Aspecto	Criterios de Auditoría	Indicadores	Herramientas	Recomendaciones	Cumpl e (✓/X)	Observaciones
Definir	Identificación del problema	Claridad en objetivos y alcance	% cumplimiento de objetivos	Mapeo de negocio	Ajustar objetivos a necesidades reales		
	Enfoque al cliente	Requerimientos de calidad definidos	Nivel de satisfacción	Voz del cliente, calificación y sugerencia de parte del cliente	Fortalecer retroalimentación		
Medir	Recolección de datos	Exactitud y confiabilidad	% datos válidos	Hojas de verificación	Automatizar medición		
	Tiempos muertos	Identificación de paradas	% tiempo improductivo	Análisis de tiempos	Estandarizar registros		
Analizar	Causas raíz	Identificación de causas	# causas raíz	Ishikawa, 5 porqués	Priorizar causas críticas		
	Variabilidad	Evaluación de desviaciones	índice de Capacidad del Proceso	Análisis estadístico	Reducir variabilidad		
Mejorar	Implementación	Aplicación de soluciones	% reducción tiempos muertos	Metodologías de mejora continua	Involucrar personal		
	Optimización	Reducción desperdicios	% productividad	Lean Six Sigma	Automatizar procesos		
Controlar	Seguimiento	Monitoreo continuo	Índice estabilidad	Gráficos de control	Implementar control		
	Estandarización	Documentación	% cumplimiento estándares	SOPs	Capacitación continua		

Tabla 8. Tabla de inspección y seguimiento Six sigma

Nota: Fuente propia

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Al realizar un análisis detallado de los tiempos muertos en todo el proceso de producción de la industria láctea ha proporcionado una visión clara de los problemas que afectan la eficiencia operativa y ha sentado bases para implementar mejoras significativas. A partir de esto se ha logrado identificar puntos críticos en los procesos de producción mediante un análisis exhaustivo de los tiempos muertos. Esto ha permitido priorizar acciones correctivas donde se han detectado los mayores tiempos de inactividad.

La documentación y establecimiento de parámetros específicos ha facilitado el monitoreo continuo de los tiempos muertos y otros indicadores clave de rendimiento (KPIs). Este análisis de todo el proceso productivo en la industria láctea no solo ha proporcionado una visibilidad clara de los problemas operativos, sino también ha permitido identificar oportunidades de mejora y desarrollar planes de acción en las falencias más notorias durante los procesos. Se destaca la importancia de la comunicación entre equipos de trabajo (mantenimiento-calidad-producción), así como la participación de todo el personal operativo en la identificación y solución de problemas durante todo el proceso productivo. Esta colaboración promueve un ambiente de trabajo más consistente y efectivo para abordar los desafíos empresariales de manera integral. Se definen KPIs relevantes con posibilidad de agregar y hacer posible visión integral de la eficiencia operativa. Involucrar a los operarios en la identificación de problemas en la propuesta de soluciones. Su conocimiento práctico del día a día puede proporcionar valiosas perspectivas y soluciones efectivas. Establecer programas de incentivos para motivar a los operarios a contribuir activamente en la mejora de procesos.

Monitorear continuamente la eficacia de los procesos que se quieren estandarizar para realizar ajustes según sea necesario y mantener la consistencia y la calidad del producto.

Revisar maquinaria reiteradamente para evitar paros que provoquen retrasos en la limpieza. Se recomienda también revisar programa de planeación de la producción de manera que las referencias más complicadas no afecten de manera tan directa los indicadores de producción.

Se evidenció que los tiempos muertos son los puntos más críticos del proceso productivo evidenciando que afecta la eficiencia y calidad operativa en la industria de los lácteos.

Primero, el análisis realizado permitió detectar que las pérdidas en producción provienen principalmente de problemas como fallos en las máquinas, fallas y faltas en cuanto a tiempos en el momento de hacer la planificación diaria, semanal, mensual y anual de la producción, retrasos en la logística y la carencia de estandarización en los procesos los cuales no se comparten adecuadamente con el personal. Estas falencias repercuten directamente en la baja del rendimiento durante todos los procesos, el incremento de los costos operativos, calidad de los productos y la reducción de la competitividad empresarial.

De igual manera, el enfoque metodológico de Six Sigma se establece como una herramienta clave para el mejoramiento continuo, ya que ayuda a definir, medir, analizar, mejorar u optimizar y controlar los procesos productivos a través de un control detallado de datos y herramientas estadísticas ya planteadas dentro de la organización. Su implementación posibilita la disminución de variabilidad en los procesos, minimiza errores, controla desviaciones y mejora el aprovechamiento de los recursos dentro de la organización, asegurando mejor productividad y rendimiento de los mismos.

Adicionalmente, se concluye que la incorporación de Six Sigma en la industria láctea de Colombia no solo sirve para reducir los tiempos muertos, sino que también tiene mejoras

importantes en la calidad del producto, prometiendo una satisfacción al cliente y asegurando productos inocuos que garantizan las mejoras eficientes en la cadena de valor y fomenta una cultura en la excelencia operativa durante toda la cadena de producción.

Por otro lado, el estudio demuestra la necesidad de integrar sistematización y seguimiento regulado, capacitar a todo el personal de la empresa sin importar el área debido a que todos aportan de una u otra forma en la productividad de esta y establecer sistemas de gestión que faciliten un seguimiento continuo a los indicadores de desempeño, asegurando la continuidad constante de las mejoras logradas a corto y largo plazo.

Por último, se determina que la implementación de metodologías de mejora continua como Six Sigma es importante debido a que representa oportunidades para el sector lácteo en Colombia, detectando y atacando los puntos más críticos de los procesos y así mismo proponiendo mejoras continuas en cada uno de estos debidamente documentados, experimentando así en pro de aumentar la productividad, optimizar costos y fortalecer la competitividad en un entorno cada vez más exigente y globalizado.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Laoyan, S. (2026, 10 febrero). *Todo lo que necesitas saber sobre Six Sigma*.

Asana. <https://asana.com/es/resources/six-sigma>

manuel.barrera@esginnova.com & manuel.barrera@esginnova.com. (2024, 10 diciembre). *En qué consiste la mejora continua en el SGC*. ISO 9001:2015. <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2024/12/en-que-consiste-la-mejora-continua-en-el-sgc/>

Altertecnia. (2024, 10 enero). [*Tiempos muertos*] *Controla las paradas con la Ley de Pareto* |

ALTERTECNIA. ALTERTECNIA. <https://altertecnia.com/tempos-muertos-gestionar-paradas-ley-de-pareto/>

Definición de productividad. Finalidad, cálculo, tipos, factores.

(s. f.). <https://definicion.com/productividad/>

Staff. (2023, 21 noviembre). *El rendimiento: qué es, cómo medirlo y cómo mejorarlo* | ADN.

Asesoría Fiscal y Contable. <https://aluadn.com/insight/rendimiento/>

Universidad Europea en Colombia. (2025, 25 septiembre). *CO - ¿Qué es la logística de una empresa?* Universidad Europea Colombia. <https://colombia.universidadeuropea.com/blog/ques-logistica/>

Aprendix. (2024, 6 noviembre). *INDUSTRIA ALIMENTARIA: PROCESOS y*

CARACTERÍSTICAS CLAVE. Aprende En Casa. <https://aprendix.org/industrial-alimentaria/>

Balerio Rosas, A., Esquivias, M. T., Ripalda, M. D. H., & González, A. L. (2022, 30 noviembre).

DETECCIÓN y REDUCCIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA USANDO TÉCNICAS DE LEAN MANUFACTURING EN UN PROCESO PRODUCTIVO DE ALIMENTOS

(DETECTION AND REDUCTION OF BOTTLENECKS USING LEAN MANUFACTURING TECHNIQUES IN a FOOD PRODUCTION PROCESS). Balerio Rosas | Pistas Educativas.

<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2819>

Canónico, P. (2015). Aplicación de six sigma para la reducción de rechazos de entrega de producción terminado de una empresa multinacional de alimentos . Tesis de maestría.

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Celaya.

Franz, & Franz. (2022, 18 diciembre). *Impacto económico y social de las industrias lácteas*.

Lácteos Franz. <https://lacteosfranz.org/aspectos-economicos-y-sociales-de-las-industrias-lacteos/>

Laoyan, S. (2026, febrero 10). *Todo lo que necesitas saber sobre Six Sigma*.

Asana. <https://asana.com/es/resources/six-sigma>

Ministerio de Salud y protección social (Julio 22, 2013). Resolución 2674 de 2013. Por la cual se establece que los alimentos que se fabriquen, envasen o importen para su comercialización en el territorio nacional, requerirán de notificación sanitaria, permiso sanitario.

<https://www1.funcionpublica.gov.co/documents/418537/604808/1962.pdf/abe38fb4-e74d-4dcc-b812-52776a9787f6>

manuel.barrera@esginnova.com & manuel.barrera@esginnova.com. (2024b, diciembre

17). *¿Qué es el Sistema de Gestión de Calidad?* ISO 9001:2015. <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2024/12/que-es-el-sistema-de-gestion-de-calidad/>

Presidencia de la República de Colombia. (Febrero 28, 2016). Decreto 616 de 2016. Decreto el cual expide el reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice, expendi, importe o exporte en el país. DO. 46196. Decreto 616 de 2006 - Gestor Normativo - Función Pública

República de Colombia. Gobierno Nacional. Bogotá, D. E., (Enero 24, 1979). Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. LEY 9 DE 1979 - Colombia | SUIN Juriscol

Presidencia de la República de Colombia. (Diciembre 23, 1997). Decreto 3075 de 1997. Decreto el cual expide requisitos sanitarios para toda la cadena de producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos en Colombia. Decreto 3075 de 1997 - Gestor Normativo - Función Pública

Arenas, C. (2025, 26 febrero). Qué es la productividad, definición, tipos, herramientas. Estrategias de Inversión.

<https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/economia/que-es-la-productividad-definicion-tipos-herramientas-t-1670>

Latam, S. (2025, 4 febrero). *Diagrama de Ishikawa: qué es y cómo aplicarlo*.

Salesforce. <https://www.salesforce.com/mx/blog/diagrama-de-ishikawa/>

Harlow, J. (2025, 7 agosto). *What is a Key Performance Indicator (KPI)? - KPI.org*. KPI.org.
<https://www.kpi.org/kpi-basics/>

Bolsa Mercantil de Colombia. (2025).

Análisis del sector lácteo 2025: retos y oportunidades para un crecimiento sostenible.

<https://www.bolsamercantil.com.co>

Observatorio Colombiano de la Industria Láctea (OCILAC). (2024). *Informe de tendencias, retos y perspectivas de la industria láctea colombiana 2024–2025*.

<https://www.arteaga-latam.com>

Gómez, N. (2023). *Sector lácteo en Colombia: un análisis global y retos a futuro*. Universidad de los Andes. <https://aneia.uniandes.edu.co>

Echenique, 2026. <https://es.scribd.com/document/868575290/Analisis-de-Procesos-Empresariales-Colanta-pptx-pdf>

