

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA LA REDUCCIÓN DE PERDIDA DE PRODUCTO EN LA EMPRESA LÁCTEOS ORIÓN UBICADA EN EL BARRIO PLATEADO DE POPAYÁN

María Camila Toro González

Lina Natalia Fernández Vallejo

Facultad de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria de Popayán
Popayán, Colombia
(camila.toro.fup@mail.com)

Facultad de Ingeniería Industrial, Fundación
Universitaria de Popayán
Popayán, Colombia
(linanata32@gmail.com)

ABSTRACT - The present article introduces a proposal to address the current issue faced by Lácteos Orión in its production line, characterized by significant losses of finished products. This proposal is developed through the implementation of Lean Six Sigma methodology, leveraging the knowledge acquired during the Lean Six Sigma seminar at Fundación Universitaria de Popayán.

The Lean Six Sigma approach enables the collection, organization, processing, analysis, and interpretation of data, leading to the identification of potential solutions to reduce yogurt losses. Additionally, this methodology promotes continuous process improvement, aiming for higher efficiency and quality.

The objective is to provide effective recommendations to tackle the issue and achieve optimization in Lácteos Orión's production process. By applying Lean Six Sigma, the goal is to achieve results that benefit productivity, customer satisfaction, and the company's competitiveness in the market.

Keywords – Continuous Improvement, Criteria of Quality, Efficiency, Lean Six Sigma, Methodologies

RESUMEN – El presente artículo aborda una propuesta para solucionar la problemática que actualmente enfrenta la empresa Lácteos Orión en su línea de producción, caracterizada por significativas pérdidas de producto terminado. Para ello, se ha implementado la metodología Lean Six Sigma, aprovechando los conocimientos adquiridos en el seminario de la Fundación Universitaria de Popayán.

El enfoque de Lean Six Sigma permite recopilar, organizar, procesar, analizar e interpretar datos, lo que conduce a la identificación de posibles soluciones para reducir las pérdidas de yogurt. Además, esta metodología fomenta la mejora continua del proceso de producción, buscando una mayor eficiencia y calidad.

El objetivo es brindar recomendaciones efectivas para abordar la problemática y lograr una optimización en el proceso productivo de Lácteos Orión. A través de la aplicación de Lean Six Sigma, se espera alcanzar resultados que beneficien la productividad, la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa en el mercado.

Palabras Claves – Criterios de Calidad, Eficiencia, Lean Six Sigma, Mejora continua, Metodologías.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Popayán, en medio de los desafíos económicos surgidos durante la pandemia, se crea Lácteos Orión, una pequeña empresa dedicada a la producción de yogurt endulzado y con frutas, que busca satisfacer los gustos y preferencias de sus clientes. Con un espíritu emprendedor y una visión orientada hacia la excelencia, la empresa se embarca en la misión de brindar productos de alta calidad que deleiten a los consumidores.

Sin embargo, en los últimos meses, Lácteos Orión ha enfrentado un desafío crucial que ha afectado su línea de producción: la pérdida significativa de yogurt debido al incumplimiento de los criterios de calidad establecidos. Esta situación ha tenido un impacto negativo tanto en términos económicos como operativos, afectando la capacidad de la empresa para satisfacer la demanda del mercado y cumplir con los pedidos de los clientes.

Conscientes de la importancia de abordar esta problemática y garantizar la sostenibilidad del negocio, se ha desarrollado una propuesta de solución como parte de un proyecto de opción de grado en ingeniería industrial. Guiados por el enfoque de

mejora continua y las metodologías Lean Six Sigma, se ha emprendido una investigación en profundidad para identificar las causas fundamentales de las pérdidas y proponer soluciones efectivas.

I. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA.

En el contexto de la mejora continua y la búsqueda constante de la excelencia en los procesos, la metodología Lean Six Sigma ha demostrado ser una poderosa herramienta para identificar y resolver problemáticas que afectan la calidad y eficiencia en diversas industrias. En este sentido, el presente trabajo aplicó la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) como enfoque para abordar los desafíos que enfrentaba la empresa Lácteos Orión en su línea de producción de yogurt

La etapa de Definir fue clave para establecer un marco claro y preciso del alcance del proyecto. Mediante herramientas como Gemba walk, SIPOC y Flujograma, se analizaron minuciosamente los procesos de producción en Lácteos Orión. Esta comprensión profunda del entorno permitió identificar las variables críticas que afectaban el criterio de viscosidad y otros criterios de calidad del yogurt.

En la etapa de Medir, se implementaron técnicas estadísticas como el muestreo mediante el método OIT (Operational Inspection and Test) y la utilización de DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) para evaluar el rendimiento actual del proceso de producción. Además, se aplicaron diversas gráficas y análisis, como la gráfica de normalidad, gráficas de capacidad del proceso, gráfica de cajas y gráfica I-MR, para obtener una visión más detallada del comportamiento de las variables.

La fase de Analizar se enfocó en identificar las causas fundamentales de los problemas relacionados con el cumplimiento de los criterios de calidad. Para ello, se utilizaron herramientas como el diagrama de Pareto y el diagrama Ishikawa. Estas técnicas permitieron visualizar claramente las causas principales y sus interacciones, facilitando la toma de decisiones para futuras acciones de mejora.

En la etapa de Mejorar, se implementaron las metodologías Kaizen y Kanban. Kaizen se enfocó en promover mejoras continuas y constantes a través de pequeñas acciones que optimizaron el proceso de seguimiento y registro de las pruebas de viscosidad. Por otro lado, Kanban se utilizó para visualizar y controlar las diferentes etapas de producción, asegurando que cada lote de yogurt pasara por las mediciones necesarias.

Finalmente, en la etapa de Controlar, se establecieron indicadores clave para monitorear de manera constante el cumplimiento de los criterios de calidad. Estos indicadores proporcionaron una visión en tiempo real del rendimiento del

proceso, permitiendo ajustes rápidos y efectivos cuando fuera necesario

II. PROBLEMA.

Lácteos Orión ha enfrentado en los dos últimos meses un problema crítico en su línea de producción que consiste en la pérdida de la producción de yogurt endulzado, esto se ocasiona debido a que los productos no cumplen con las especificaciones dadas por el procedimiento. Esta pérdida tiene un impacto significativo en términos económicos y operativos para la empresa.

Lo anterior refleja una ineficiencia en los procesos de producción y control de calidad. Además de las implicaciones financieras directas; esta situación afecta la capacidad de la empresa para satisfacer la demanda del mercado y cumplir con los pedidos de los clientes, generando una posible disminución en las ventas y la pérdida de la confianza.

En los últimos dos meses la empresa Lácteos Orión ha presentado pérdida de hasta 240 litros de yogurt lo que equivale al 16% de toda la producción realizada en dos meses, debido a esto la empresa a su vez no ha logrado alcanzar su demanda que es la producción de 762 tarros de yogurt cada dos meses por el contrario su producción ha sido de 634 tarros lo que equivale a pérdidas de hasta 1.024.000

OBJETIVO GENERAL

Disminuir la pérdida de producto terminado en la empresa Lácteos Orión

Objetivos Específicos

- Determinar cuáles son los criterios de calidad para la producción de yogurt y examinar el cumplimiento de los mismos
- Identificar la causa raíz por la cual se origina la pérdida de yogurt en la empresa Lácteos Orión
- Implementar mejoras y soluciones concretas a las causas identificadas para reducir la pérdida de yogurt

A. *Etapa de Definir*

En la etapa de definición del artículo, se emplearon tres herramientas clave: GEMBA WALK, SIPOC y Flujograma del Proceso de Producción.

Gemba walk

Durante la visita, se observaron y registraron diversos defectos que afectaban la calidad y eficiencia de la producción en Lácteos Orión. Los defectos identificados incluyen:

- En el momento que se inspecciona el yogurt para detectar que cumplían con las especificaciones de calidad, lo hacen de una manera muy rápida, lo que puede traer como

- consecuencia que no se haga una revisión efectiva
- Los métodos de medición no son los adecuados debido a que los termómetros utilizados para el control de la temperatura en las distintas fases se calibran para tomar las distintas muestras, es decir los datos arrojados por la medición podría no ser claros.



- Para la incubación del producto al ser un proceso artesanal realizado con cobijas, se necesita realizar un método efectivo que permita mantener la temperatura constante de 40°C y 45°C durante un tiempo aproximado de 8 a 10 horas, dado que el operario que realiza esta actividad no lo hace siempre igual.



- Se observó un problema relacionado con los recipientes utilizados para medir la leche. Se notó que estos recipientes carecen de líneas de medición predefinidas y en su lugar se han agregado marcas con marcadores. Esta situación representa una oportunidad de mejora, ya que el uso de líneas de medición claras y permanentes en los recipientes facilitarían la obtención de mediciones más precisas y consistentes



- Durante el proceso de enfriamiento de la leche hervida para la preparación del yogurt, se observó que el operador utiliza un recipiente de mayor tamaño que la olla que contiene la leche caliente. Este recipiente se llena con agua fría y se sumerge la olla en él para reducir la temperatura de la leche. Sin embargo, esta práctica presenta algunas problemáticas.

En primer lugar, el hecho de cargar la olla llena de leche caliente en el recipiente más grande puede aumentar el riesgo de accidentes, como derrames o quemaduras.

Además, este método requiere un esfuerzo adicional por parte del operador al tener que manipular una olla pesada y mantenerla sumergida hasta que la leche se enfríe por completo.



SIPOC

Para identificar de una manera más clara el proceso y las variables que inciden en la problemática, se implementó la herramienta SIPOC (Tabla I), de manera que permita visualizar los componentes y actividades desarrolladas en el proceso de producción, para así determinar la(s) falencia(s) a corregir para dar solución al problema.

TABLA I: SIPOC Proceso de producción de Yogurt

S	I	P	O	C
Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
*Empresa proveedora de los ingredientes necesarios para la producción	*Órdenes de compra de ingredientes *Documentos de especificaciones de los ingredientes *Condiciones de almacenamiento requeridas *Personal encargado de la recepción	*Recepción y almacenamiento de ingredientes	*Ingredientes recibidos y verificados	*Etapas de producción encargada de utilizar los ingredientes para la elaboración del yogurt.
*Empresa proveedora de la leche cruda	*Leche cruda proveniente de los proveedores *Parámetros de pasteurización establecidos *Equipos y utensilios de pasteurización	*Pasteurización de la leche	*Leche pasteurizada que cumple con los estándares de seguridad y calidad	*Etapas de producción encargada de utilizar la leche pasteurizada para la elaboración del yogurt
*Proceso de recepción de ingredientes	*Leche pasteurizada proveniente del proceso de pasteurización *Cultivos activos para la fermentación *Azúcar según las especificaciones requeridas	*Mezcla de la leche con cultivos activos y azúcar	*Mezcla de leche fermentada con cultivos activos y azúcar	*Etapas de producción encargada de utilizar la mezcla de leche fermentada para la etapa de fermentación y cultivo de la mezcla
*Etapa encargada de suministrar la mezcla de leche con cultivos activos para la fermentación.	*Mezcla de leche con cultivos activos proveniente del proceso anterior. *Contenedores o recipientes adecuados para la fermentación.	*Fermentación y cultivo de la mezcla	*Mezcla fermentada con cultivos activos, transformada en yogurt	*Etapas de control de calidad responsable de evaluar la calidad del yogurt fermentado. *Etapas de envasado y empaquetado encargado de preparar el yogurt para su distribución.
*Proceso de recepción de ingredientes	*Frutas frescas de diferentes variedades y tipos. *Utensilios y equipos de calado, como cuchillos y tablas de cortar	*Calado de la fruta	*Yogurt con fruta	*Etapas de envasado y empaquetado
*Proveedor de empaques para yogurt	*Yogurt fermentado proveniente del proceso de fermentación y cultivo. *Recipientes de empaque adecuados y sellos para cerrar los envases de yogurt. *Equipos de refrigeración para mantener la temperatura adecuada	*Empacado, sellado y refrigeración	*Envases de yogurt sellados *Yogurt refrigerado y listo para su distribución	*Consumidores finales que adquieren el yogurt en los puntos de venta

FUENTE: Elaboración Propia

Procedimiento de Yogurt (Flujograma)

El proceso de elaboración de yogurt casero comienza con la recepción de los ingredientes, siendo la leche el más importante.

A continuación, se vierten los 10 litros de leche en un recipiente y se mide su densidad. Luego, se filtra la leche y se le agrega azúcar, si es necesario. La leche se hierva durante 20 minutos y se enfría hasta alcanzar una temperatura entre 40°C y 45°C. A continuación, se agrega el cultivo de yogurt, se mezcla bien y se incuba durante 8 a 10 horas a una temperatura constante entre 40°C y 45°C. Finalmente, se bate el yogurt y se deja reposar antes de refrigerarlo. Ilustración del flujograma (Anexo 1)

B. Etapa Medir

En esta fase del ciclo DMAIC se determinaron las herramientas de recolección de datos, utilizadas para obtener información sobre el proceso y se evaluó si los datos obtenidos eran suficientes para analizar el sistema.

Posteriormente, se determinaron las variables críticas de calidad (Tabla II) que deben ser consideradas para comprender el rendimiento actual y establecer una línea base para la posible implementación de mejoras.

Durante la etapa de inspección del producto final en el proceso de producción de yogurt, se consideran diversos criterios para determinar su aceptación. Estos criterios incluyen la viscosidad, el contenido de grasa, el contenido de azúcar y la acidez.

TABLA II. Variables Críticas de Calidad

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Viscosidad	La viscosidad se refiere a la consistencia o espesor del yogurt. Se puede medir utilizando un viscosímetro y establecer estándares para garantizar una textura adecuada y uniforme.
Contenido de Grasa	El contenido de grasa en el yogurt puede influir en su sabor, textura y calidad general. Se puede medir el porcentaje de grasa presente en el producto.
Contenido de Azúcar	El nivel de azúcar en el yogurt es importante, ya que puede afectar el sabor y la salud general. Se puede medir el contenido de azúcar para asegurar que cumple con los estándares establecidos.
Acidez	La acidez es una característica clave en el yogurt. Se puede medir el pH del yogurt para determinar su nivel de acidez y verificar si se encuentra dentro de los rangos aceptables.

FUENTE: Elaboración Propia

En esta ocasión, se recopilamos datos mediante la observación directa del proceso con la participación del propietario de la empresa. El proceso se realiza los lunes miércoles y viernes, y la producción es de 60 litros de yogurt por día, teniendo en cuenta que la preparación es dividida en 3 partes, debido a experiencias previas por el líder del proceso. Esta segmentación se implementó para evitar el riesgo de dañar toda la producción en caso de que algo saliera mal durante el proceso, ya que, al dividir la preparación, se minimizan los posibles daños y pérdidas, lo que traería como resultado que solo una parte de la producción se vea afectada, por eso el líder del proceso no realiza la preparación de los 60 litros de yogurt en una sola vez.

Para determinar la muestra necesaria en la recolección de datos, se utilizó el método estadístico (OIT), el cual requiere la

recopilación de observaciones previas. En este caso, se recolectaron 10 observaciones previas para determinar la cantidad de observaciones necesarias

TABLA III. Observaciones previas Producción de yogurt

N° de lectura	MEDICIONES PREVIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duración del proceso (Min)	300	470	410	480	398	480	400	396	400	415

FUENTE: Elaboración Propia

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'\sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

n= El número de lecturas necesarias
40=Constante para 95.45% de confianza
X=Cada valor de nuestra lectura previa
n'=Numero de lecturas previas

$$n = \left(\frac{40\sqrt{10(1747245) - (4149)^2}}{4149} \right)^2$$

$$n = \frac{20327}{4149}$$

$$n = 24$$

De acuerdo a lo anterior se establece que la muestra (número de observaciones a realizar es de 24 muestras

El equipo de trabajo creó un formato específico en el cual se registró la cantidad de litros de yogurt inspeccionados en cada muestra, así como la cantidad de litros de yogurt que presentaban algún tipo de daño según las variables críticas mencionadas en la (Tabla IV).

TABLA IV. Litro de Yogurt realizados por muestra y Variable que generó el daño de la Producción

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de pérdida de producto en la empresa Lácteos Orión ubicada en el barrio Plateado de Popayán. [Ingeniería Industrial], [(2023)]

Datos generales			Factor que genera el daño			
MUESTRA	LITROS DE YOGURT PRODUCIDOS	PRODUCCIÓN X (t) DAÑADA	Viscosidad	Contenido de Grasa	Contenido de Azúcar	Acidez
1	60	20	x			
2	60	0				
3	60	0				
4	60	20		x		
5	60	20				x
6	60	0				
7	60	0				
8	60	20	x			
9	60	0				
10	60	20	x			
11	60	20			x	
12	60	0				
13	60	0				
14	60	20				x
15	60	20				x
16	60	0	x			
17	60	0				
18	60	40	x			
19	60	0				
20	60	0				
21	60	20	x			
22	60	0				
23	60	20	x			
24	60	0				
TOTAL	1440	240	7	1	1	3

FUENTE: Elaboración Propia

DPMO (Cantidad de defectos)

Con el objetivo de identificar el número de litros dañados por cada millón de litros producidos en el proceso de fabricación de yogur según los datos obtenidos anteriormente se calculó:

$$\text{Proporción de defectos} = \frac{\# \text{ defectos encontrados en una muestra}}{\text{total de oportunidades de defectos en una muestra}}$$

$$\text{Proporción de defectos} = \frac{\text{litros dañados}}{\text{total litros producidos}}$$

$$\text{Proporción de defectos} = \frac{240 \text{ litros}}{1440 \text{ litros}}$$

$$\text{Proporción de defectos} = 0.1667$$

A continuación, se multiplico la proporción de defectos por 1.000.000 para obtener el DPMO

$$\text{DPMO} = \text{Proporción de defectos} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 0.1667 \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 166,700$$

Por lo tanto, el DPMO es de 166,700. Esto significa que hay aproximadamente 166,700 litros dañados por cada millón de litros producidos

NIVEL SIGMA (Capacidad del proceso para cumplir especificaciones)

Una vez calculado el DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades), se determinó el nivel sigma del proceso para

obtener una medida de su capacidad y rendimiento general. Esta evaluación se realizó utilizando la tabla de conversión de 6σ (Tabla V) que proporciona una estimación aproximada del nivel sigma correspondiente a un determinado DPMO.

TABLA V. Tabla de Conversión Nivel Sigma

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

FUENTE: Material de seminario Lean Six Sigma

En el caso específico de un DPMO de 166,700, la tabla de conversión indica que el nivel sigma es aproximadamente de 2σ . Esto significa que el proceso presenta cierta variabilidad y tiene margen para mejorar en términos de calidad y rendimiento. Un nivel sigma de 2σ indica que el proceso está por debajo del estándar de calidad y que se pueden realizar acciones de mejora para reducir los defectos y la variabilidad

Validación del Sistema de Medición

La tarea de inspección recae en el operario y sus ayudantes, quienes utilizan instrumentos de medición para llevar a cabo esta actividad una vez que el producto ha finalizado su proceso de producción. Es importante destacar que esta inspección se realiza con el objetivo de asegurar que los valores obtenidos se encuentren dentro de las especificaciones establecidas. Durante el Gemba walk se identificó que el proceso de inspección es realizado de manera muy rápida lo que conlleva que el tiempo de revisión de cada producto sea limitado, donde como consecuencia de esto se identificó producto terminado la cual no cumplía con los estándares de calidad.

Durante la observación se identificó que cada criterio de calidad en promedio se mide en 20 segundos, lo que resulta en un tiempo total de inspección de 1 minuto

Para evaluar la uniformidad y precisión del proceso de inspección en esta ocasión, se realizó un análisis de concordancia de especificaciones (Tabla VI). Teniendo en cuenta que la producción diaria está dividida en 3 partes, las cuales, contienen cada parte 20 litros de yogur, en los tres casos se estudiará 100 gramos para evaluar las variables críticas y registrar los datos obtenidos en esta medición.

TABLA VI. Estándares Físicoquímicos para producción del Yogurt

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de perdida de producto en la empresa Lácteos Orión ubicada en el barrio Plateado de Popayán. [Ingeniería Industrial], [(2023)]

ESTANDARES FISIOQUÍMICOS PARA PRODUCCIÓN DE YOGURT SEGÚN RES. 2310 de 1983	ESPECIFICACIÓN
Viscosidad Cp	10 a 30
Materia grasa %m/m	Min 2.5
Contenido de azúcar g	4 a 6
Acidez (ácido láctico) %m/m	0.70-1.50

FUENTE: Proceso de Producción Lácteos Orión

Se utilizó el método estadístico (OIT) para determinar la muestra requerida en la recolección de datos. Esto implicó recopilar 10 observaciones previas para evaluar el proceso de inspección

TABLA VII. Observaciones previas Proceso de inspección

MEDICIONES PREVIAS										
N° de lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duración del proceso de inspección por criterio(Seg)	22	23	19	23	15	20	18	16	24	23

FUENTE: Elaboración Propia

$$\left(\frac{40\sqrt{n'\sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

- n= El número de lecturas necesarias
- 40=Constante para 95.45% de confianza
- X=Cada valor de nuestra lectura previa
- n´=Numero de lecturas previas

$$n = \left(\frac{40\sqrt{10(4213) - (203)^2}}{203} \right)^2$$

$$n = \frac{1214}{203}$$

$$n = 36$$

De acuerdo a lo anterior se establece que la muestra (número de observaciones a realizar es de 36 muestras obteniendo en cada una los siguientes resultados

TABLA VIII. Medición de Especificaciones en Muestras

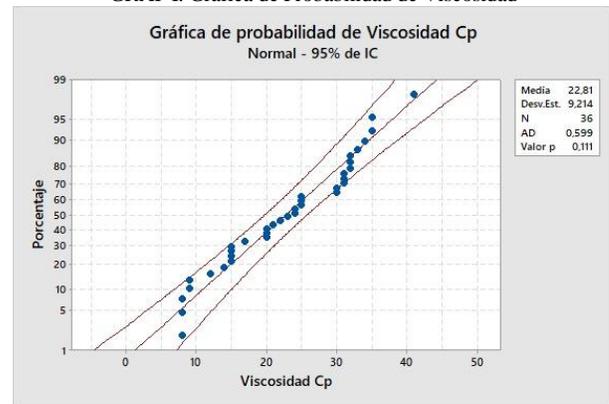
Factor Crítico	Viscosidad Cp	Materia grasa %m/m	Contenido de azúcar g	Acidez (ácido láctico) %m/m
Especificación	10 a 30	Min 2.5	4 a 6	0.70-1.50
Muestra 1	15	2.5	4.1	0.8
Muestra 2	35	2.6	4.6	1.2
Muestra 3	12	2.5	5.2	1.3
Muestra 4	11	2.4	5.3	0.9
Muestra 5	8	2.5	3.8	1.5
Muestra 6	30	2.5	5.3	1.2
Muestra 7	32	2.7	5.8	0.6
Muestra 8	12	2.5	4.6	1.4
Muestra 9	33	2.2	6	1.8
Muestra 10	15	2.5	4.2	1.4
Muestra 11	20	2.5	5.3	0.7
Muestra 12	8	2.5	4.1	1.1
Muestra 13	35	2.8	4	0.9
Muestra 14	10	2.5	6.3	1
Muestra 15	14	2.5	4.5	1.4
Muestra 16	41	2.5	5.5	0.7
Muestra 17	32	2.5	5.2	0.1
Muestra 18	31	2.8	5.7	0.8
Muestra 19	20	2.5	5.8	0.8
Muestra 20	10	2.5	4.2	0.9
Muestra 21	14	2.5	5.7	1.9
Muestra 22	9	2.7	4.1	1.4
Muestra 23	31	2.5	4.3	1.3
Muestra 24	20	2.6	4.4	0.9
Muestra 25	15	2.5	4.6	0.7
Muestra 26	12	2.5	5.7	0.8
Muestra 27	15	2.8	5.9	1.3
Muestra 28	17	2.5	6	1.5
Muestra 29	21	2.6	5.5	1.2
Muestra 30	22	2.7	4.9	1.7
Muestra 31	34	2.5	3.7	0.8
Muestra 32	30	2.5	5	0.9
Muestra 33	31	2.7	4.8	1.1
Muestra 34	32	2.3	5.1	1.4
Muestra 35	9	2.5	5.3	1.5
Muestra 36	8	2.5	4.3	0.8

FUENTE: Elaboración Propia

Gráfica de normalidad

Para determinar la normalidad de los datos en cada criterio, se usó el Software Minitab versión 2017 obteniendo las siguientes gráficas:

GRAF I. Gráfica de Probabilidad de Viscosidad



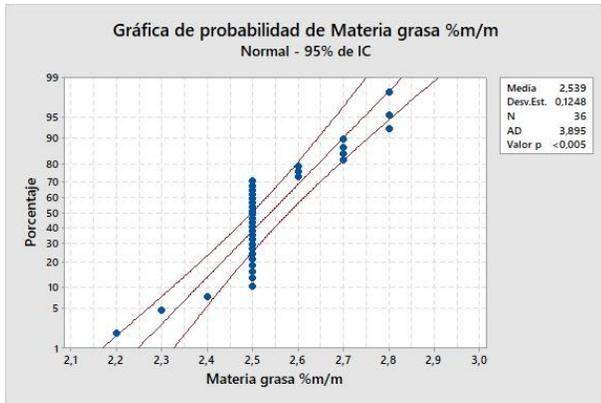
FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Basado en los resultados obtenidos en la prueba de normalidad (Graf I), se encontró un valor P de 0.111. Dado que este valor p es mayor a 0.05 se puede decir que es una hipótesis nula o sea que siguen una distribución normal.

A su vez se obtuvo una media de 22,81 lo que nos dice que en promedio la viscosidad de las muestras de yogurt se encuentra alrededor de 22,81 cP.

Por último, se tuvo una desviación estándar de 9,214 esto indica que los valores de viscosidad tienden a variar aproximadamente 9,214 cP alrededor de la media

GRAF II. Gráfica de Probabilidad de Materia Grasa

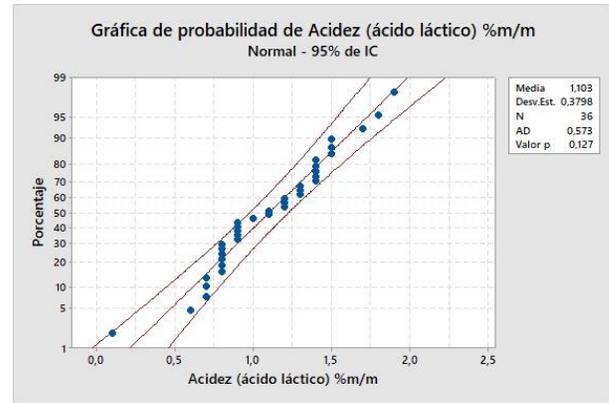


FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Basado en los resultados obtenidos en la prueba de normalidad (Graf II), se encontró un valor P de <0,005. Dado que este valor p es menor a 0.05 se puede decir que es una hipótesis alternativa osea que no siguen una distribución normal

A su vez se obtuvo una media de 2,539 lo que nos dice que en promedio el contenido de grasa de las muestras de yogurt se encuentra alrededor de 2,539% m/m

Por último, se tiene una desviación estándar de 0,1248 esto indica que los valores de contenido de grasa tienden a variar aproximadamente 0,1248% m/m alrededor de la media



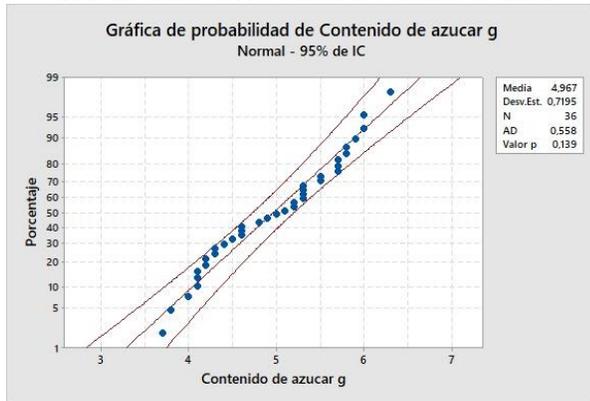
FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Basado en los resultados obtenidos en la prueba de normalidad (Graf IV), se encontró un valor P de 0,127. Dado que este valor p es mayor a 0.05 se puede decir que es una hipótesis nula osea que siguen una distribución normal

A su vez se obtuvo una media de 1,103 lo que nos dice que en promedio la acidez de las muestras de yogurt se encuentra alrededor de 1,103% m/m

Por último, se tiene una desviación estándar de 0,3798 esto indica que los valores de acidez tienden a variar aproximadamente 0,3798% m/m alrededor de la media

GRAF III. Grafica de Probabilidad de Contenido de Azucar



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Basado en los resultados obtenidos en la prueba de normalidad (Graf III), se encontró un valor P de 0,139. Dado que este valor p es mayor a 0.05 se puede decir que es una hipótesis nula osea que siguen una distribución normal.

A su vez se obtuvo una media de 4,967 lo que nos dice que en promedio el contenido de azúcar de las muestras de yogurt se encuentra alrededor de 4,967g

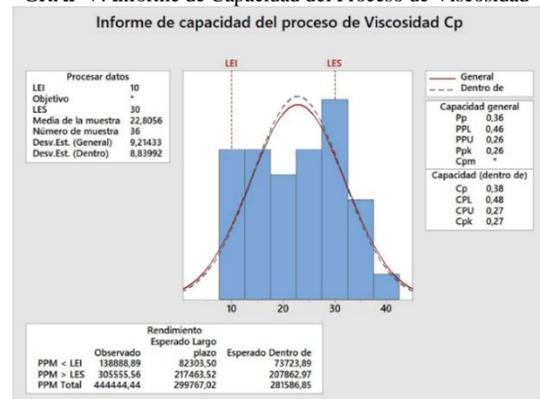
Por último, se tiene una desviación estándar de 0,7195 esto indica que los valores de contenido de azúcar tienden a variar aproximadamente 0,7195g alrededor de la media

Analizando las gráficas obtenidas, se deduce que los datos de los criterios Viscosidad, Contenido de Azúcar y Acidez siguen una distribución normal. Por el contrario, la única grafica que presenta anormalidad en sus datos es el criterio de Contenido de Grasa.

Análisis de Capacidad

A continuación, se visualizan las gráficas obtenidas por el análisis de capacidad de Minitab, cuyo objetivo es determinar en qué medida el proceso puede cumplir las especificaciones de las variables criticas (Grafica V, VI, VII, VIII).

GRAF V. Informe de Capacidad del Proceso de Viscosidad Cp



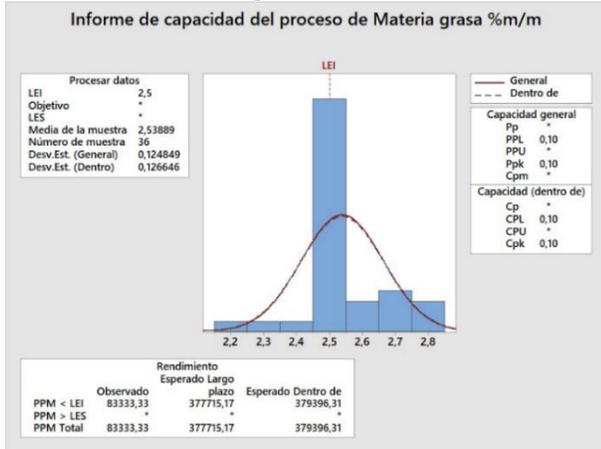
FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

GRAF IV. Grafica de Probabilidad de Acidez

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de capacidad del criterio de viscosidad (Graf V), se obtuvo un índice de capacidad Cp de 0.38. Un valor de Cp menor que 1 indica que el proceso no es capaz de cumplir completamente con las especificaciones establecidas Esto implica que el proceso tiene dificultades para mantener la viscosidad dentro de los límites requeridos

contenido de azúcar dentro de los límites requeridos

GRAF VI. Informe de Capacidad del Proceso de Materia Grasa

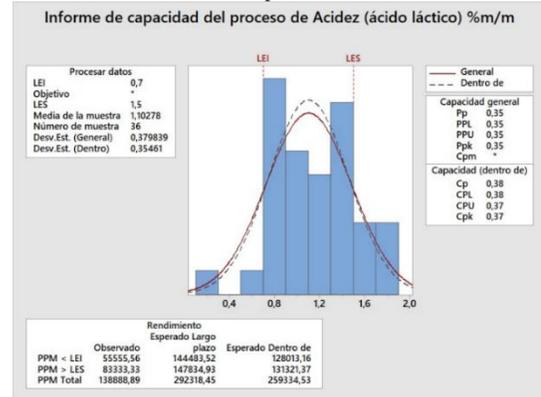


FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de capacidad del criterio de Materia Grasa (Graf VI), se puede afirmar que, la media calculada es de 2.53889% está por encima del requisito mínimo de 2.5% m/m. Esto indica que, en promedio, el proceso cumple con el criterio de contenido de grasa establecido. Por lo tanto, se puede concluir que el proceso cumple con el criterio de contenido de grasa mínimo

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de capacidad del criterio de acidez (Graf VIII), se obtuvo un índice de capacidad Cp de 0.38. Un valor de Cp menor que 1 indica que el proceso no es capaz de cumplir completamente con las especificaciones establecidas Esto implica que el proceso tiene dificultades para mantener la acidez dentro de los límites requeridos

GRAF VIII. Informe de Capacidad del Proceso de Acidez

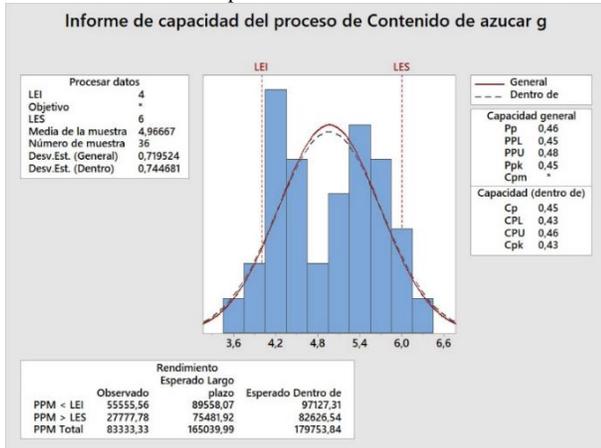


FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

El análisis de capacidad se evalúa mediante el indicador Cp, y en base a este, se llega a la conclusión de que de los criterios establecidos considerando las mediciones realizadas, solo es capaz de cumplir con las especificaciones particulares del proceso, el criterio de Contenido de grasa por otro lado los criterios de Viscosidad, contenido de azúcar y Acidez no.

Grafica de Cajas

GRAF VII. Informe de Capacidad del Proceso de Contenido de Azúcar

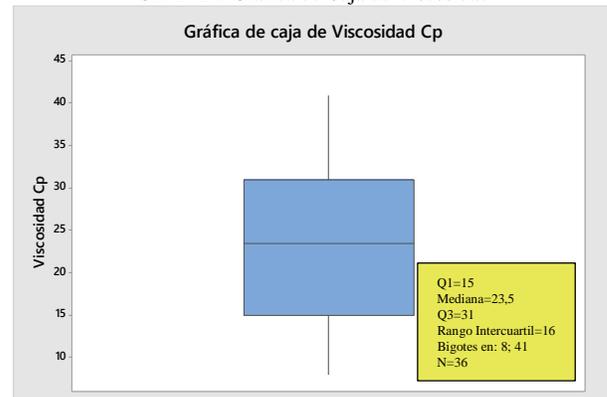


FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de capacidad del criterio de contenido de azúcar (Graf VII), se obtuvo un índice de capacidad Cp de 0.45. Un valor de Cp menor que 1 indica que el proceso no es capaz de cumplir completamente con las especificaciones establecidas Esto implica que el proceso tiene dificultades para mantener el

Con el fin de visualizar la distribución y la variabilidad de los datos, identificar valores atípicos y realizar comparaciones se implementó la herramienta diagrama de caja donde se obtuvo la siguiente información:

GRAF IX. Grafica de Caja de Viscosidad



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

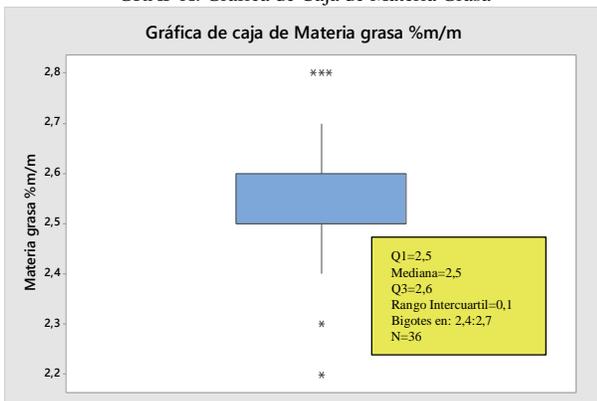
Basado en los datos obtenidos de la gráfica de caja (Graf IX), se observa que la viscosidad más baja registrada durante las

muestras recolectadas fue de 8 cP, mientras que la viscosidad más alta fue de 41 cP.

Dado que la especificación establece que la viscosidad debe estar entre 10 y 30 cP, estos datos revelan que algunas de las muestras están por debajo del límite inferior de especificación (8 cP) y otras están por encima del límite superior (41 cP). Estos resultados indican que el proceso presenta variabilidad en la viscosidad y no cumple plenamente con las especificaciones establecidas

Por otro lado, se tiene una media de 23,5 cP lo que nos permite concluir que aproximadamente 18 muestras tienen una viscosidad por encima de 23.5 cP y otras 18 muestras tienen una viscosidad por debajo de este valor. Esto implica que la mayoría de los datos tienden a agruparse en torno a esta viscosidad de 23.5 cP

GRAF X. Grafica de Caja de Materia Grasa



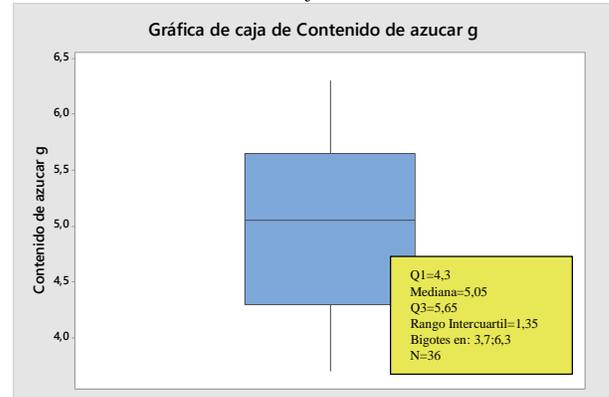
FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

La presencia de bigotes en 2.4 y 2.7 indica que la mayoría de los datos se encuentran dentro de este rango intercuartil. Esto sugiere que la mayoría de las muestras cumplen con el requisito mínimo de contenido de grasa de 2.5% m/m.

Sin embargo, también se observan valores atípicos en 2.8, 2.3 y 2.2, que se encuentran más alejados de los valores típicos. Estos valores atípicos pueden indicar la presencia de observaciones inusuales o extremas en el conjunto de datos

Por otro lado, se tiene un $Q1=2,5$ y un $Q3=2,6$ con una media igual que $Q1(2,5)$ lo que quiere decir que la mayoría de las muestras se encuentran en un rango estrecho y se concentran alrededor del valor de la media de 2.5. La diferencia entre el $Q1$ y el $Q3$ (0.1) sugiere que hay una dispersión relativamente pequeña en los datos, ya que el 50% central de las muestras se encuentra en este rango de 0.1

GRAF XI. Grafica de Caja de Contenido de Azúcar



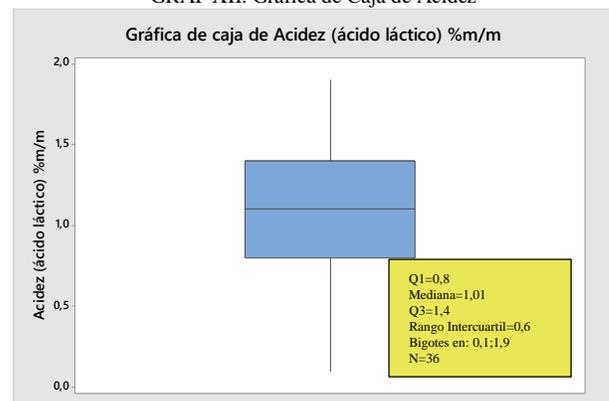
FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Basado en los datos obtenidos de la gráfica de caja (Graf XI), se observa que la muestra con contenido de azúcar más bajo registrada durante las muestras recolectadas fue de 3,7g, mientras que el más alto fue de 6,3 g.

Es importante destacar que, si bien la mayoría de las muestras cumplen con la especificación, puede haber algunas muestras que se encuentren cerca de los límites inferiores o superiores. Sin embargo, en general, se puede afirmar que la mayoría de las muestras se ajustan a la especificación de 4 a 6 g de azúcar.

Por otro lado, se tiene una mediana de 5.05 g, podemos concluir que aproximadamente la mitad de las muestras tienen un contenido de azúcar por encima de 5.05 g y la otra mitad tiene un contenido de azúcar por debajo de este valor. Esto implica que la mayoría de los datos tienden a agruparse en torno a una concentración de azúcar de 5.05 g.

GRAF XII. Grafica de Caja de Acidez



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Basado en los datos obtenidos de la gráfica de caja (Graf XII), los bigotes en 0,1% y 1,9% representan los límites del rango intercuartil y muestran que algunos valores están por debajo del límite inferior de 0,1% y otros están por encima del límite superior de 1,9%.

En relación a las especificaciones establecidas de 0,70% a

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de pérdida de producto en la empresa Lácteos Orión ubicada en el barrio Plateado de Popayán. [Ingeniería Industrial], [(2023)]

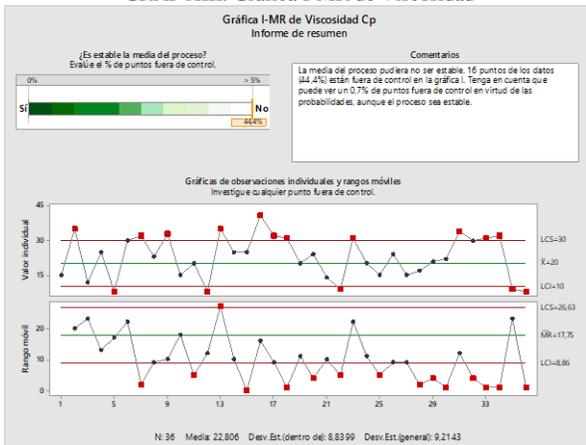
1,50% m/m de ácido láctico, podemos observar que tanto la mediana como el rango intercuartil se encuentran dentro de este rango. Esto indica que la mayoría de las muestras cumplen con la especificación de contenido de ácido láctico.

Es importante tener en cuenta que los datos proporcionados indican que hay valores que se encuentran cerca de los límites inferiores y superiores de las especificaciones. Sin embargo, en general, se puede afirmar que la mayoría de las muestras se ajustan a la especificación de 0,70% a 1,50% m/m de ácido láctico.

Gráfica I-MR

Para monitorear la variabilidad y la estabilidad de cada criterio de calidad a lo largo del tiempo, se usa la combinación de dos gráficas: la gráfica I (gráfica de individuos) y la gráfica MR (gráfica de rango móvil).

GRAF XIII. Gráfica I-MR de Viscosidad

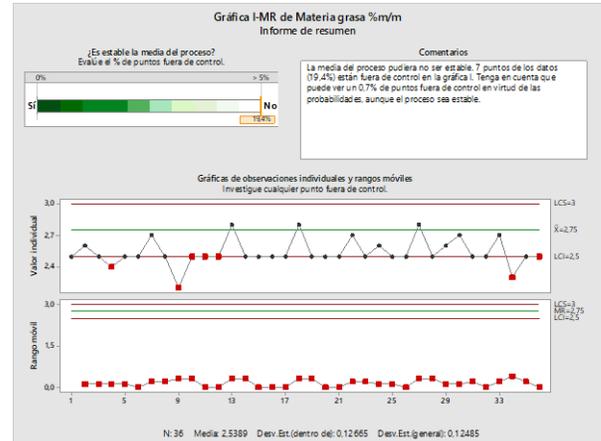


FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

En la gráfica I-MR de Viscosidad (Graf XIII), observamos que el 44,4% de los valores individuales de la muestra están fuera de control, lo que indica una variabilidad significativa en la viscosidad. Esto sugiere que el proceso de producción de las muestras de yogurt puede estar experimentando fluctuaciones en la viscosidad que no se ajustan a los límites de control establecidos.

La presencia de puntos fuera de control en la gráfica (Individuos) indica que algunos de los valores individuales de la viscosidad están cayendo por debajo o por encima de los límites establecidos. Esto indica problemas en el proceso de producción que están afectando la consistencia de la viscosidad de las muestras.

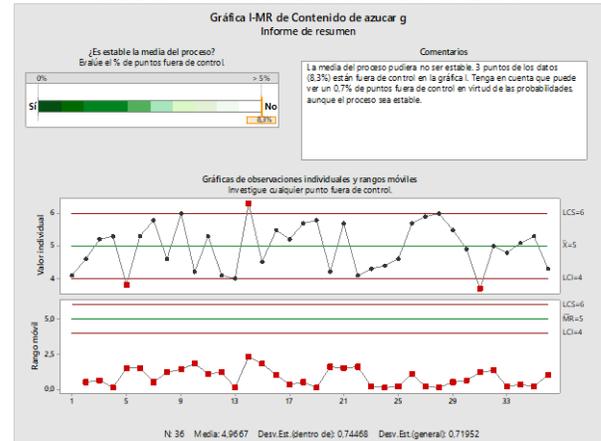
GRAF XIV. Gráfica I-MR de Materia Grasa



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

En la gráfica I-MR de materia grasa (Graf XIV), observamos que las muestras tienen un contenido de grasa de al menos 2,5%, cumpliendo así con la especificación mínima establecida. Aunque se observa un porcentaje de puntos fuera de control en la gráfica (Individuos) es importante tener en cuenta que este porcentaje puede estar dentro de los límites de probabilidad y no necesariamente indica una falta de cumplimiento de la especificación.

GRAF XV. Gráfica I-MR de Contenido de Azúcar

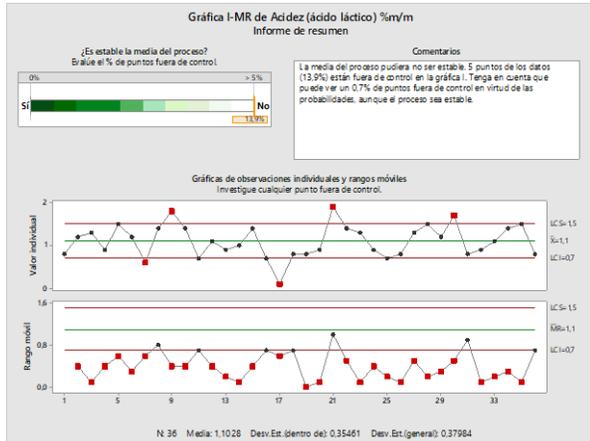


FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

En la gráfica I-MR de contenido de azúcar (Graf XV), observamos que las muestras se encuentran dentro de las especificaciones establecidas para el contenido de azúcar, que es entre 4 y 6 g. Esto indica que las muestras cumplen con los requerimientos de contenido de azúcar.

Sin embargo, al analizar la gráfica I-MR de contenido de azúcar (Graf XV), se observa que la media del proceso podría no ser estable. Además, se identifican 3 puntos (8,3% de los datos) fuera de control en la gráfica (Individuos). Es importante tener en cuenta que puede haber un porcentaje de puntos fuera de control dentro de los límites de probabilidad, incluso si el proceso es estable.

GRAF XVI. Grafica I-MR de Acidez



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

En la gráfica I-MR de acidez (Graf XVI), observamos que las muestras se encuentran dentro de las especificaciones establecidas para la acidez, que es entre 0,70 y 1,50. Esto indica que las muestras cumplen con los requerimientos de acidez.

Sin embargo, al analizar la gráfica I-MR de acidez (Graf XVI), se observa que la media del proceso podría no ser estable. Además, se identifican 5 puntos (13,9% de los datos) fuera de control en la gráfica (Individuos). Es importante tener en cuenta que puede haber un porcentaje de puntos fuera de control dentro de los límites de probabilidad, incluso si el proceso es estable

Según lo anterior, se concluye que con los datos obtenidos el orden de los factores críticos que tiene de mayor a menor capacidad para cumplir con las especificaciones es:

- Viscosidad: 44,4% debido a que 16 de los datos están fuera de los límites de especificación establecidos.
- Contenido en Grasa: 19,4% debido a que 7 de los datos están fuera de los límites de especificación establecidos.
- Acidez: 13,9% debido a que 5 de los datos están fuera de los límites de especificación establecidos.
- Contenido de Azúcar: 8,3% debido a que 3 de los datos están fuera de los límites de especificación establecidos.

Por lo anterior, se llega a la conclusión de que la principal causa que está afectando la producción de yogurt es el incumplimiento del criterio de calidad relacionado con la viscosidad. Esta inconsistencia en la viscosidad del producto se identifica como la falla más significativa en el proceso de producción

A su vez, se concluye que la pérdida de producto final por falta de control en variables críticas puede ser significativa, dado para una muestra de 36 observaciones, se encontró que 20 de ellas no cuenta con las condiciones; siendo que incumple una o más de las especificaciones dadas en las variables de Calidad, lo que equivale a una pérdida del 55,5% del producto. Estos resultados destacan la importancia de abordar estas variaciones y tomar medidas correctivas para garantizar la consistencia y la

calidad óptima del producto final.

C. Etapa Análisis

En esta etapa del ciclo DMAIC, se analizó la información recopilada en la etapa anterior, donde lo que se busca es determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento del proceso según la variable crítica, para ello se consolido los resultados de las muestras que no cumplen la(s) especificación(es) en relación al criterio de calidad.

TABLA IX. Numero de muestras que incumplen los criterios de calidad

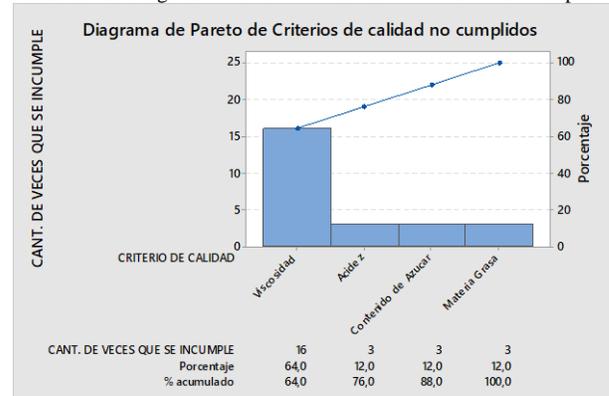
Cant muestras que incumplen la especificación	Viscosidad Cp	Materia grasa %m/m	Contenido de azucar g	Acidez (ácido láctico) %m/m
	16	3	3	5

FUENTE: Elaboración Propia

Diagrama de Pareto Primer Nivel

Para hacer una relación de causas según la frecuencia de incumplimiento se utilizó el diagrama de Pareto con el fin de determinar cuáles son las variables críticas en las que se concentra la mayoría de errores, de manera que pueda servir como punto de partida para establecer las medidas correctivas, se utilizaron los datos anteriores y se ordenan de forma descendente, luego se sacó el porcentaje acumulado obteniendo y finalmente se diagrama la información

GRAF XVII. Diagrama de Pareto de Criterios de Calidad no cumplidos



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

En el diagrama de Pareto resultante (Graf XVII), la barra más larga correspondería a la categoría de "Viscosidad" con un porcentaje acumulado del 61.5%, seguida por "Acidez" con un 19.2%, y luego tanto "Materia Grasa" como "Contenido de Azúcar" con un 11.5% cada uno.

Según el principio de Pareto, que establece que el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas, podríamos concluir que, en este caso específico, la "Viscosidad" es la variable más significativa, ya que representa el 61.5% de las incidencias. Esto sugiere que aproximadamente el 20% de las causas en este caso, la viscosidad es responsable del 80% de las incidencias en la pérdida de Yogurt. Por otro lado, las variables Acidez, Materia Grasa y Contenido de Azúcar representan el

38.5% restante, lo cual sugiere que tienen un impacto menor en comparación con la viscosidad.

En resumen, se analiza que la variable crítica de calidad “Viscosidad” es la principal causa de las incidencias registradas, mientras que las demás variables tienen un impacto menor en relación con el problema en cuestión. Esto resalta la importancia de abordar la viscosidad para disminuir la pérdida de producto.

Con el fin de analizar cuál es la causa raíz que no permite el cumplimiento del criterio de viscosidad se llevó a cabo un análisis del mismo donde se utilizó un enfoque de dos herramientas que incluye la realización de un diagrama de Pareto de segundo nivel y un diagrama de Ishikawa.

El objetivo principal es identificar las causas subyacentes que contribuyen al incumplimiento del criterio de viscosidad. Mediante el diagrama de Pareto de segundo nivel, se priorizarán y clasificarán las causas más significativas. Además, el diagrama de Ishikawa nos permitirá analizar las causas identificadas en categorías específicas.

Para obtener los datos necesarios, se realizaron observaciones directas y se recopiló datos relacionados con el criterio de viscosidad en el proceso de producción de yogurt.

Diagrama Ishikawa

GRAF XVIII. Diagrama de Ishikawa “Causas Potenciales de Variación en la viscosidad del Yogurt”



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Tras realizar el diagrama de Ishikawa para analizar las posibles causas de las variaciones en la viscosidad del yogurt casero producido, se identificaron varios factores que podrían estar contribuyendo a este problema (Graf XVIII). Las causas potenciales incluyen la falta de calibración de los instrumentos de medición, errores humanos en el proceso de producción,

variabilidad en la calidad de los ingredientes utilizados, y el ambiente de producción no controlado

A continuación, se realizó el diagrama de Pareto de segundo nivel para priorizar las causas más significativas, donde para lograrlo fue necesario plantearse un plan de trabajo que permitirá observar la frecuencia de aparición de cada factor relevante.

Por lo anterior se calculó una muestra que sería el número de veces que se tendría que observar el proceso de la producción de yogurt, y durante esos días de estudio recolectar datos que nos permitiera detectar cuantas veces se presentan las causas planteadas en el diagrama de Ishikawa.

Con base en el cálculo previo (Tabla III), se utilizó una muestra específica que consideró la duración del proceso de producción de yogurt. Esta muestra será tomada en cuenta para analizar y evaluar las causas que afectan que el criterio de calidad (Viscosidad) no se cumpla óptimamente.

MEDICIONES PREVIAS										
N° de lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Duración del proceso (Min)	300	470	410	480	398	480	400	396	400	415

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n'\sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

n= El número de lecturas necesarias

40=Constante para 95.45% de confianza

X=Cada valor de nuestra lectura previa

n'=Numero de lecturas previas

$$n = \left(\frac{40\sqrt{10(1747245) - (4149)^2}}{4149} \right)^2$$

$$n = \frac{20327}{4149}$$

$$n = 24$$

De acuerdo a lo anterior se establece que la muestra (número de observaciones a realizar es de 24 muestras (Tabla VII)

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de pérdida de producto en la empresa Lácteos Orión ubicada en el barrio Plateado de Popayán. [Ingeniería Industrial], [(2023)]

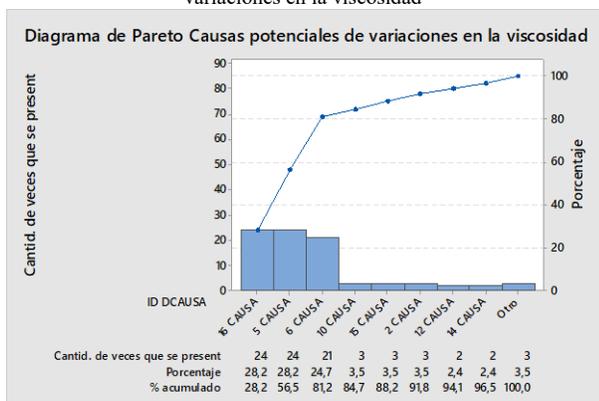
TABLA X. Frecuencia de causas potenciales de la Variación en la Viscosidad

ID CAUSA	Causas potenciales de variación	Cantid. de veces que se present
1 CAUSA	Falta de capacitación sobre la importancia de la viscosidad	0
2 CAUSA	Error humano al medir la cantidad correcta de ingredientes	3
3 CAUSA	Falta de conocimiento sobre procedimientos correctos de ajuste de la viscosidad	0
4 CAUSA	Falta de un procedimiento estandarizado para medir y ajustar la viscosidad	0
5 CAUSA	Utilización de métodos inapropiados o poco precisos para medir la viscosidad	24
6 CAUSA	Falta de seguimiento adecuado durante el proceso de producción	21
7 CAUSA	Instrumentos de medición descalibrados o inexactos	0
8 CAUSA	Utilización de utensilios de medición inapropiados o poco preciso	2
9 CAUSA	Mal funcionamiento de las máquinas utilizadas en el proceso de producción	0
10 CAUSA	Utilización de ingredientes de baja calidad que pueden afectar la viscosidad	3
11 CAUSA	Inconsistencia en la calidad y frescura de los ingredientes utilizados	0
12 CAUSA	Variaciones en la temperatura y humedad durante el encubamiento y enfriamiento	2
13 CAUSA	Contaminación ambiental que puede afectar la calidad y viscosidad del producto	1
14 CAUSA	Falta de calibración y verificación periódica de los instrumentos de medición	2
15 CAUSA	Utilización de métodos de prueba inadecuados para medir la viscosidad	3
16 CAUSA	Falta de seguimiento y registro sistemático de los resultados de las pruebas	24

FUENTE: Elaboración Propia

Diagrama de Pareto Segundo Nivel

GRAF XIX. Diagrama de Pareto Segundo Nivel "Causas potenciales de variaciones en la viscosidad"



FUENTE: Elaboración Propia Software Minitab

Al observar el porcentaje acumulado de frecuencia en el diagrama de Pareto (Graf XIX), se puede determinar que los factores que más contribuye al incumplimiento del criterio de

calidad de viscosidad en el proceso de producción de yogurt son:

- Falta de seguimiento y registro sistemático de los resultados de las pruebas
- Utilización de métodos inapropiados o poco precisos para medir la viscosidad
- Falta de seguimiento adecuado durante el proceso de producción

D. Etapa Mejora

Durante la etapa de análisis, se identificaron con precisión las problemáticas que afectan el cumplimiento del criterio de viscosidad en la producción de yogurt de Lácteos Orión. En busca de la mejora continua, se abrió paso a la etapa de mejora, donde se aplicó el ciclo de mejora continua (PDCA) en conjunto con la metodología Kaizen, la cual se fundamenta en este enfoque cíclico y pequeñas mejoras continuas y constantes. A través del PDCA, se planificaron acciones específicas para mejorar el seguimiento y registro de los resultados de las pruebas de viscosidad, así como para optimizar los métodos de medición utilizados

Para la implementación de las metodologías propuestas, se programaron reuniones con el propietario de Lácteos Orión con el objetivo de llevar a cabo sesiones de lluvia de ideas y analizar en conjunto las diversas alternativas para abordar las problemáticas identificadas. Durante estas reuniones, se evaluaron las opciones y se seleccionaron aquellas que se consideraron más viables y efectivas para resolver los desafíos presentes en la producción de yogurt

Ciclo PHVA y la Metodología Kaizen

Falta de seguimiento y registro sistemático de los resultados de las pruebas

Plan (Planificar):

- Durante la etapa de planificación, se llevaron a cabo reuniones con el propietario de Lácteos Orión para abordar la problemática de falta de seguimiento y registro sistemático de los resultados de las pruebas de viscosidad. En estas reuniones, se planificó la implementación de un formato de registro (Anexo 2) en formato de tabla en Excel para registrar los resultados de las pruebas de viscosidad. Se acordó que el propietario de la empresa sería el responsable de realizar las pruebas de viscosidad y completar el registro sistemáticamente después de cada prueba. Además, se estableció un horario de registro para llevar a cabo las pruebas de viscosidad en tres etapas clave del proceso de producción: Paso 8 (Mezcla y Aplicación de inóculo), Paso 10 (Enfriamiento a temperatura ambiente) y

Paso 19 (Empaquetado). La ubicación accesible para la plantilla de registro también se definió durante esta etapa, colocándola en un lugar visible y de fácil acceso en el área de producción.

Do (Hacer):

- En esta etapa, se procedió a implementar las acciones acordadas. Se creó la plantilla en Excel para el registro de los resultados de las pruebas de viscosidad, asegurándose de incluir los campos necesarios para la fecha de la prueba, el resultado de la viscosidad en centipoises (cps) y espacio para observaciones adicionales. El propietario de Lácteos Orión asumió su rol como responsable y comenzó a realizar las pruebas de viscosidad y a completar el registro sistemáticamente después de cada prueba. Las pruebas de viscosidad se llevaron a cabo en las etapas clave del proceso de producción, según el horario establecido (Anexo 2).

Check (Verificar):

- Para verificar la efectividad de las acciones implementadas, se realizó una verificación diaria de los registros de las pruebas de viscosidad. Se aseguró que la plantilla de registro se estuviera utilizando adecuadamente y que los resultados de las pruebas estuvieran completos y precisos. Además, se verificó que el propietario de Lácteos Orión estuviera realizando las pruebas y completando el registro de manera sistemática



Act (Actuar):

- Basado en los resultados de la verificación, se tomaron acciones adicionales para mejorar el proceso de seguimiento y registro de las pruebas de viscosidad. Si se identificaron desviaciones o problemas, se actuó de manera oportuna para corregirlos y garantizar que el registro se llevara a cabo de manera efectiva. Si se determinó que la ubicación de la plantilla de registro no era la más adecuada, se realizaron los ajustes necesarios para garantizar su accesibilidad y uso conveniente en el área de producción

Utilización de métodos inapropiados o poco precisos para medir la viscosidad

Plan (Planificar):

- Durante la fase de Planificar, se identificaron los métodos actuales utilizados para medir la viscosidad del yogurt en Lácteos Orión. Uno de los métodos empleados era el "Método del Tiempo de Flujo", que consistía en medir el tiempo que tardaba una muestra de yogurt en fluir a través de un tubo específico bajo condiciones controladas. Sin embargo, este método presentaba ciertas limitaciones que afectaban su eficiencia y precisión. La amplitud del tubo y el volumen de la muestra podían influir en los resultados, generando mediciones poco confiables y variables

Do (Hacer):

- En esta etapa, y tras un análisis conjunto con el propietario de Lácteos Orión, se llegó a la decisión de adquirir un viscosímetro especializado para medir la viscosidad del yogurt de manera más precisa y confiable. Se consideró que esta herramienta sería una inversión clave para obtener mediciones más exactas y consistentes, lo que permitiría mejorar significativamente el control del proceso de producción.



Check (Verificar):

- Una vez implementado el viscosímetro, se llevaron a cabo mediciones y verificaciones (Anexo 3) exhaustivas para asegurar su eficacia y precisión en la obtención de resultados confiables de viscosidad. Se comprobó que el viscosímetro proporcionaba mediciones consistentes y coherentes, lo que brindó seguridad sobre la calidad del producto y permitió tomar decisiones informadas para mejorar el proceso

Act (Actuar):

- Tras evaluar los resultados obtenidos con el viscosímetro y compararlos con las mediciones anteriores utilizando el "Método del Tiempo de Flujo", se concluyó que la adquisición del viscosímetro fue una decisión acertada. Las mediciones con el viscosímetro proporcionaron resultados precisos y consistentes, permitiendo asegurar que todas las muestras de yogurt se encontraran dentro del rango de viscosidad deseado (10 a 30 cp).

- En base a esta información, se determinó que el viscosímetro es una herramienta confiable y eficiente para medir la viscosidad en el proceso de producción de yogurt en Lácteos Orión. Como resultado, se adoptó el uso

continuo del viscosímetro en todas las etapas del proceso de producción, lo que garantiza un control preciso y en tiempo real de la viscosidad

Falta de seguimiento adecuado durante el proceso de producción

Plan (Planificar):

- Durante la etapa de Planificar, se identificaron los puntos críticos del proceso de producción de yogurt en Lácteos Orión que requerían un seguimiento adecuado para asegurar la calidad del producto. Se determinaron tres puntos clave en el proceso donde se mediría la viscosidad del yogurt: PASO 8 (Mezcla y Aplicación de inóculo), PASO 10 (Enfriamiento a temperatura ambiente) y PASO 19 (Empaquetado). Estos puntos fueron considerados críticos debido a su impacto directo en la viscosidad del producto final. Para asegurar un seguimiento adecuado en estos puntos clave, se decidió que el propietario de Lácteos Orión asumiría la responsabilidad de realizar las mediciones de viscosidad en cada etapa del proceso. Su conocimiento y experiencia en la producción de yogurt le permitirían llevar a cabo las mediciones de manera efectiva y tomar decisiones informadas.

Do (Hacer):

- En la etapa de Hacer, el propietario de Lácteos Orión comenzó a realizar las mediciones de viscosidad en los puntos clave del proceso de producción. Para ello, utilizó un viscosímetro, que proporcionaba mediciones precisas y confiables de la viscosidad del yogurt. En cada etapa (PASO 8, PASO 10 y PASO 19), el propietario registró cuidadosamente los resultados de las mediciones en un formato de registro diseñado previamente (Anexo 2). Además, incluyó cualquier observación relevante que pudiera afectar la viscosidad del producto.

Check (Verificar):

- Durante la etapa de Verificar, se llevó a cabo una verificación diaria de las mediciones de viscosidad realizadas por el propietario. Se revisaron los registros para asegurarse de que todas las mediciones se realizaran correctamente y estuvieran dentro del rango de viscosidad deseado (10 a 30 cp). En caso de detectar alguna desviación o inconsistencia en las mediciones, se realizaron verificaciones adicionales y se tomaron acciones correctivas de manera oportuna para mantener la calidad del producto y garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos.

Act (Actuar):

- Tras analizar los resultados y las observaciones obtenidas durante la fase de Verificar, se identificaron oportunidades

de mejora para optimizar el proceso. Se evaluaron diferentes enfoques para asegurar un seguimiento más eficiente y consistente de las mediciones de viscosidad en cada lote de yogurt.

Una decisión clave fue la implementación de un sistema de seguimiento más riguroso y estructurado, utilizando un tablero Kanban. Este enfoque visual permitió tener una visión clara y en tiempo real del estado de cada lote y su progreso a través de las etapas de producción. Además, facilitó el control y monitoreo de las mediciones de viscosidad en las etapas críticas del proceso, como en el PASO 8 (Mezcla y Aplicación de inóculo), PASO 10 (Enfriamiento a temperatura ambiente) y PASO 19 (Empaquetado).

Metodología Kanban

En el afán de buscar la mejora continua y optimización de los procesos en la empresa Lácteos Orión, se implementó la metodología Kanban para crear un tablero visual (Anexo 4) que permita monitorear y controlar la medición de la viscosidad del yogurt en sus diferentes etapas de producción. Mediante este enfoque, se ha buscado una gestión más eficiente y precisa de la calidad del producto final.

El tablero Kanban ha sido diseñado específicamente para adaptarse al proceso de producción diario, el cual se divide en tres lotes de 20 litros cada uno. Cada lote avanza a través de distintas etapas de producción, y en cada una de ellas se realiza la medición de la viscosidad. Para lograr una gestión efectiva, el tablero se ha dividido en tres secciones clave: "Pendiente", "En Proceso" y "Terminado".

En la sección "Pendiente", se colocan los 60 litros de yogurt al inicio del proceso, antes de ser divididos en sus respectivos lotes. Cada lote representa 20 litros y avanza a través de las etapas de producción.

Una vez que un lote comienza a ser procesado, se mueve a la sección "En Proceso" del tablero Kanban. Aquí se visualiza claramente qué lotes están en cada etapa del proceso. A medida que cada 20 litros de yogurt avanza, se realiza la medición de la viscosidad y, en caso de cumplir con los estándares establecidos, se desplaza a la sección "Terminado".



La implementación de esta metodología permitió agilizar y facilitar el seguimiento del cumplimiento del criterio de

viscosidad en cada lote de yogurt producido. Con el tablero Kanban, todo el equipo de producción puede tener una visión en tiempo real del estado de cada lote y asegurarse de que los productos que cumplen con los estándares de calidad sean entregados al cliente final.

E. Etapa Controlar

En esta etapa de control, se implementará un sistema de seguimiento y monitoreo para evaluar la calidad del yogurt producido, centrándonos especialmente en el criterio de viscosidad. Este criterio fue identificado previamente como la causa principal de la pérdida de producción de yogurt que no cumplía con las especificaciones de calidad.

El objetivo principal de esta etapa es verificar si las soluciones propuestas durante la etapa de mejora han tenido un impacto positivo en el cumplimiento del criterio de viscosidad. Para ello, se establecerán indicadores de control que nos permitirán medir y registrar de manera sistemática la cantidad de yogurt que cumplen con este criterio.

A través del monitoreo riguroso de la viscosidad y el análisis de los datos recopilados, podremos determinar si las acciones implementadas han sido efectivas para reducir las desviaciones y mejorar la calidad del yogurt.

Indicador

TABLA XI. Indicador para el control de viscosidad

NOMBRE DEL INDICADOR	Indicador de Cumplimiento de Viscosidad
OBJETIVO	Medir el porcentaje de yogurt producido que cumple con el criterio de viscosidad establecido
FORMULA	(Litros de yogurt que no cumplen con el criterio de viscosidad) / (Total de litros producidos) * 100

FUENTE: Elaboración Propia

III. CONCLUSIONES

En conclusión, tras un análisis exhaustivo del proceso de producción de yogurt en Lácteos Orión, se han identificado desafíos críticos relacionados con la calidad y eficiencia del proceso. Mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma y su enfoque DMAIC, se han propuesto soluciones prácticas y efectivas para abordar estas problemáticas.

Las herramientas utilizadas, como Gemba walk, SIPOC, flujogramas, muestreo estadístico, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, Kaizen y Kanban, han sido clave para analizar y mejorar cada etapa del proceso.

La implementación de estas soluciones permitirá optimizar el seguimiento y registro de los resultados de las pruebas, mejorar

la precisión en la medición de la viscosidad, y garantizar un control adecuado durante la producción de yogurt. Se espera que esto reduzca significativamente las pérdidas de producto y aumente la competitividad de la empresa en el mercado.

En definitiva, la aplicación de metodologías Lean Six Sigma ha demostrado ser una estrategia efectiva para identificar y resolver problemas operativos, impulsando así la excelencia en la producción y la calidad del yogurt en Lácteos Orión

Con el propósito de evaluar el impacto de las acciones implementadas, se llevó a cabo una nueva toma de muestras, siguiendo el tamaño de muestra establecido en la Tabla IV, para generar una línea base de comparación. De esta manera, se midió el DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) para determinar el nivel sigma resultante de dichas acciones

TABLA XII. Litros de Yogurt realizados por muestra y Variable que generó el daño de la Producción

Datos generales			Factor que genera el daño			
MUESTRA	LITROS DE YOGURT PRODUCIDOS	PRODUCCIÓN X (t) DAÑADA	Viscosidad	Contenido de Grasa	Contenido de Azúcar	Acidez
1	60	0				
2	60	0				
3	60	20	X			
4	60	0				
5	60	0				
6	60	20				X
7	60	0				
8	60	0				
9	60	20	X			
10	60	0				
11	60	0				
12	60	0				
13	60	0				
14	60	0				
15	60	0				
16	60	0				
17	60	0				
18	60	0				
19	60	0				
20	60	0				
21	60	0				
22	60	0				
23	60	0				
24	60	0				
TOTAL	1440	60	2	0	0	1

Con el propósito de evaluar el impacto de las acciones implementadas, se llevó a cabo una nueva toma de muestras, siguiendo el tamaño de muestra establecido en la Tabla IV, para generar una línea base de comparación. De esta manera, se midió el DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) para determinar el nivel sigma resultante de dichas acciones

$$\text{Proporcion de defectos} = \frac{\# \text{ defectos encontrados en una muestra}}{\text{total de oportunidades de defectos en una muestra}}$$

$$\text{Proporcion de defectos} = \frac{\text{litros dañados}}{\text{total litros producidos}}$$

$$\text{Proporcion de defectos} = \frac{60 \text{ litros}}{1440 \text{ litros}}$$

$$\text{Proporcion de defectos} = 0.04166$$

A continuación, se multiplico la proporción de defectos por 1.000.000

para obtener el DPMO

$$DPMO = \text{Proporcion de defectos} \times 1.000.000$$

$$DPMO = 0,04166 \times 1.000.000$$

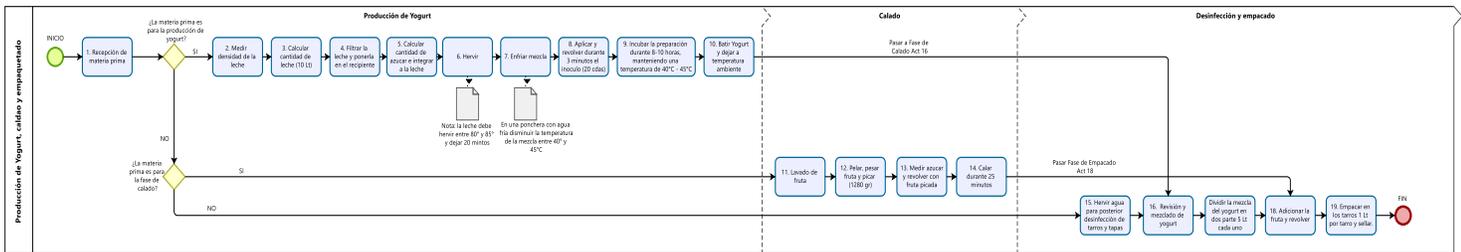
$$DPMO = 41.666,66$$

Por lo tanto, el DPMO obtenido es de 41.666,66. Este resultado indica un cambio favorable generado por las acciones de mejora, lo cual se traduce en un nivel sigma de 3σ, según se muestra en la Tabla V.

Comparando este nuevo resultado con la primera medición realizada, donde el nivel sigma fue de 2σ y el DMPO fue de 166.700 queda evidente que las acciones implementadas han tenido un impacto significativo en la mejora del proceso. La eficiencia y calidad del proceso han aumentado considerablemente, pasando de un nivel sigma de 2σ a 3σ, lo que representa una reducción significativa en los defectos por millón de oportunidades.

IV. ANEXOS

Anexo 1. Flujograma Proceso de Producción Yogurt



FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 2. Formato registro de viscosidad

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de pérdida de producto en la empresa Lácteos Orión ubicada en el barrio Plateado de Popayán. [Ingeniería Industrial], [(2023)]

Fecha de Prueba	Resultado de Viscosidad (cps)			Observaciones
	PASO 8 (Mezcla y Aplicación de inoculo)	PASO 10 (Enfriamiento a temperatura ambiente)	PASO 19(Empaquetado)	
03/07/2023	10	10	10	
05/07/2023	15	15	15	
08/07/2023	31	31	31	Se nota que la medida no cumple con el estandar de viscosidad
12/07/2023	20	20	20	
15/07/2023	24	24	24	
19/07/2023	14	14	14	

FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 3. Mediciones de viscosidad con viscosmetro y método del tiempo de flujo

Muestra	Método de Medición	Resultado cP
1	Método del Tiempo de Flujo (Anterior)	22
	Viscosímetro (Actual)	28
2	Método del Tiempo de Flujo (Anterior)	32
	Viscosímetro (Actual)	30
3	Método del Tiempo de Flujo (Anterior)	11
	Viscosímetro (Actual)	14
4	Método del Tiempo de Flujo (Anterior)	9
	Viscosímetro (Actual)	11
5	Método del Tiempo de Flujo (Anterior)	23
	Viscosímetro (Actual)	27

FUENTE: Elaboración Propia

Anexo 4 Tablero Kanban para el control de la medición del criterio de viscosidad

ETAPAS DONDE SE MIDE LAVISCOSIDAD	PASO 8 (Mezcla y Aplicación de inoculo)			PASO 10 (Enfriamiento a temperatura ambiente)			PASO 19(Empaquetado)		
	PENDIENTE	EN PROCESO	TERMINADO	PENDIENTE	EN PROCESO	TERMINADO	PENDIENTE	EN PROCESO	TERMINADO
TOTAL DE PRODUCCION DIARIA (60LT)	PRIMEROS 20 LT								
	SEGUNDOS 20 LT								
	TERCEROS 20 LT								

FUENTE: Elaboración Propia

REFERENCIAS

Diago Orozco, V y Mercado Jaramillo, V. (2013). Reducción de desperdicios en el proceso de envasado de yogurt purepak de 210 g en la máquina nimco en una empresa de lácteos, mediante la aplicación de la metodología seis sigma.

Forrest W. (1999). Implementing Six Sigma. New York, USA: John Wiley & Sons, inc.

Arriola, I. (2021). Aplicación de la metodología DMAIC para la reducción de mermas asociadas a las líneas de producción de yogurt de una empresa de lácteos [Tesis de maestría]. Escuela Superior Politécnica del Litoral

Hakimi, S., Zahraee, S.M. and Mohd Rohani, J. (2018), "Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain

yogurt production process", International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 9 No. 4, pp. 562-578.

Albino Vila, N. L. (2021). Mejorar la calidad del proceso de fabricación del yogurt mix de la línea de leche fermentada aplicando la metodología DMAIC [Tesis de Título Profesional, Universidad de Ingeniería y Tecnología]. Repositorio Institucional UTEC. <http://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/254>

Desai, D.A., Kotadiya, P., Makwana, N., Patel, S.(2015),Curbing variations in packaging process through six sigma way in a large-scale food-processing industry, Journal of Industrial Engineering International, 11 (1), 119-129

Montañez Cáliz, J. E. (2017). Desarrollo de un Plan para la Reducción de Merma Utilizando la Metodología Seis Sigma en

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de pérdida de producto en la empresa Lácteos Orión ubicada en el barrio Plateado de Popayán. [Ingeniería Industrial], [(2023)]

una Planta de Productos Lácteos. Manufacturing Competitiveness;

Olmedo Alba, N., & Castelblanco Cano, E. M. (2012). Metodología Lean Seis Sigma aplicada a un proceso de manufactura (Bachelor's thesis, Universidad EAN).

Alvines Quezada, M. D. (2021). Aplicación de DMAIC para mejorar la productividad en una línea de yogurt bebible de una empresa láctea. Lima, 2021.

Santillan Medina, B. J. (2019). Mejora del proceso de envasado de galoneras de yogurt en planta industrial de ATE para optimización de rendimientos.