

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL



TEMA:

“DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA METODLOGÍA
SIX SIGMA PARA LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS S.A.”

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
INDSTRIAL

AUTOR:

COQUE QUILO PAOLA ELIZABETH

DIRECTOR:

ING. RAMIRO VICENTE SARAGURO PIARPUEZAN, MSc.

IBARRA, 2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1727671792		
APELLIDOS Y NOMBRES:	COQUE QUILO PAOLA ELIZABETH		
DIRECCIÓN:	IBARRA – EL OLIVO		
EMAIL:	pecoqueq1@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0994412634

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS S.A.
AUTOR (ES):	COQUE QUILO PAOLA ELIZABETH
FECHA DE APROBACIÓN	30 de enero de 2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
ASESOR /DIRECTOR:	ING. RAMIRO SARAGURO, MSC.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los treinta días del mes de enero de 2024

EL AUTOR:



.....

Paola Elizabeth Coque Quilo

C.I.: 1727671792



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Ingeniero Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezán director de Trabajo de Grado desarrollado por la señorita estudiante **PAOLA ELIZABETH COQUE QUILO**

CERTIFICA

Que, el Proyecto de Trabajo de grado titulado “**DISEÑO DE UN MODELO DE CONTROL DE CALIDAD BASADO EN LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS S.A.**”, ha sido elaborado en su totalidad por la señorita Paola Elizabeth Coque Quilo, bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniería Industrial. Luego de ser revisada, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondientes.

Ibarra, 30 de enero de 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ramiro', is written over a horizontal line.

ING. RAMIRO SARAGURO, MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

A mi valiente mamá, Susanita Quilo. Esta tesis es el resultado de tu amor, sacrificio y apoyo en toda mi trayectoria estudiantil. Tus palabras de aliento, tus oraciones y tu ejemplo me han inspirado vigorosamente. Cada día trabajaste incansablemente, por eso te brindo este pequeño fruto, a ti, fuente inagotable de fortaleza, inspiración y amor. Te amo con todo el corazón y este trabajo es la forma de agradecerte todo lo que has hecho por mí.

*Con mucho amor,
Paola Coque*

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi roca eterna, por brindarme tu sabiduría en todo momento y por darme la fuerza para perseverar. Te agradezco por sostenerme fuerte con tus lazos de amor y permitirme cumplir uno de los muchos propósitos que tienes para mí.

A mi madre, Susanita, por haberme acompañado en cada paso, por su apoyo en todos los ámbitos y por inculcarme que la perseverancia tiene sus frutos.

A mi pequeña gran familia, Ani, Diego, David, Yariam, Kerly, Manuel y Germania por haber puesto su confianza en mí y brindarme su apoyo y cariño cuando más lo necesité.

A mis amigos, Dome, Les, Mel, Abi, Guille que me acompañaron en los momentos de tristeza y alegrías durante este largo y retador camino.

Al Ing. Ramiro Saraguro e Ing. Marcelo Vacas por su paciencia, compromiso y por guiarme en todo momento. Gracias por ser mentores excepcionales.

A la empresa Productos Lácteos S.A. por su ayuda brindada y por toda la información impartida que hizo posible la realización de este proyecto.

Finalmente, a la Universidad Técnica del Norte y docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial por abrirme las puertas de su casona y capacitarme de la mejor manera.

Con mucho cariño

Paola Coque.

RESUMEN

El objetivo de la investigación es ayudar a Productos Lácteos S.A. a construir un modelo de control de calidad centrado en la producción y basado en la técnica Seis Sigma. La investigación surgió del deseo de disminuir la variabilidad del peso del producto final para mejorar la calidad de la línea de producción, ahorrar recursos y aumentar el valor añadido del negocio.

Inicialmente, se hizo una recopilación bibliográfica de materiales relativos al enfoque del proceso de fabricación Seis Sigma. La variabilidad del peso se sitúa en la categoría A con un valor medio del 41,86%, según el Diagrama de Pareto utilizado para analizar la situación actual y categorizar el ABC.

Las fases de la metodología DMAIC sirvieron de base para la construcción de este modelo de control de calidad, y las cinco fases de esta herramienta sirvieron de base para la ejecución de la metodología. Tras recopilar datos, se descubrió que la variabilidad del peso es el defecto más frecuente. En la fase de Medición, se evaluó la capacidad del proceso calculando los índices de capacidad adecuados; en la fase de Análisis, se utilizó el diagrama de Ishikawa para identificar la causa principal de los defectos encontrados; en la fase de Mejora, se creó un plan de mejora para minimizar los defectos descubiertos en la fase anterior; y en la fase de Control, se creó un plan de control del proceso.

Una vez realizados los ajustes, se llevó a cabo una simulación de datos controlados, y los resultados mostraron un índice de capacidad de 0,74, un proceso estable dentro del límite central de 500 gr y un gráfico de control que cumple los requisitos del cliente.

ABSTRACT

The study's goal is to assist Productos Lácteos S.A. in developing a Six Sigma-based production-focused quality control model. The goal of the research is to reduce the end product weight's variability in order to boost the business's added value, save resources, and enhance the manufacturing line's quality.

First, a review of the literature was done on items pertaining to the Six Sigma manufacturing process strategy. The Pareto Diagram used to assess the existing circumstance and classify the ABC places the weight variability in category A with an average value of 41.86%.

This quality control model was constructed based on the phases of the DMAIC methodology, and the technique was carried out using the five phases of this instrument. Weight fluctuation was discovered to be the most common problem after data collection. The process capability was assessed in the Measurement phase by computing the relevant capability indices; the root cause of the defects found was determined in the Analysis phase using the Ishikawa diagram; an improvement plan was made to reduce the defects found in the previous phase; and a process control plan was made in the Control phase.

Following the modifications, a controlled data simulation was run. The outcomes demonstrated a capability index of 0.74, a stable process operating within the 500 g central limit, and a control chart that satisfies the needs of the client.

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	15
INDICE DE TABLAS	16
CAPITULO 1	17
1. GENERALIDADES.....	17
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Objetivos.....	18
1.2.1. Objetivo General.....	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3. Alcance	18
1.4. Justificación	18
CAPITULO 2	21
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. Calidad	21
2.1.1. Importancia de la calidad	22

2.2. Control de calidad	23
2.2.1. Importancia de Control de Calidad	24
2.2.2. Características del control de calidad.....	24
2.3. Antecedentes de Six Sigma	24
2.4. Definición de la metodología Six Sigma.....	25
2.5. Fases de la Metodología Six Sigma DMAIC	27
2.6. Características de la metodología Six Sigma	29
2.7. Métricas Six Sigma	30
2.8. Herramientas Six Sigma.....	31
2.8.1. Diagrama de flujo.....	31
2.8.2. Diagrama de Pareto	32
2.8.3. Diagrama de Ishikawa/ Causa efecto	33
2.8.4. Histogramas.....	34
2.8.5. Gráficas de control	34
2.8.5.1. Gráficas de control por variables.....	36
2.8.5.2. Gráficas de control por Atributos	36
2.8.6. Minitab	37
2.9. Fundamento Legal.....	38
2.9.1. NTE INEN 9:2015	38
2.9.2. NTE INEN 10:2012	38
2.9.3. NTE INEN 1528:2012	38

2.9.4. NTE INEN 483	39
CAPITULO 3	40
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	40
3.1. Metodología.....	40
3.1.2. Método de Investigación.....	40
3.1.3. Técnica de Investigación	41
3.1.4. Instrumentos	42
3.1.4.3. Software Minitab.....	42
3.2. Caracterización General de la empresa.....	42
3.2.1. Misión	43
3.2.2. Visión.....	44
3.2.3. Principios.....	44
3.2.4. Ubicación geográfica.....	44
3.2.5. Estructura organizacional	45
3.3. Fase Definir	46
3.3.1. Entrevista al Gerente de Operaciones.....	47
3.3.2. Principales clientes	49
3.3.3. Proveedores.....	49
3.3.4. Proceso actual de la empresa	50
3.3.4.1. Diagrama SIPOC.....	50
3.3.4.2. Diagrama de flujo.....	51

Recepción de la leche.....	51
Pasteurización	53
Adición del cuajo	54
Corte y batido.....	54
Desuerado.....	54
Descarga y Moldeado.....	54
Prensado	54
Desmoldeado y Salado	55
Almacenamiento	55
Empaquetado y codificado.....	55
Almacenamiento final	55
3.3.5. Características críticas de la calidad (CTQ's).....	56
3.3.6. Voz del cliente.....	57
3.3.7. Variables de los procesos críticos	59
3.3.8. Carta de definición.....	60
3.3.9. Descripción de Fase Definir	61
3.4. Fase Medir	62
3.4.1. Metodología de medición	62
3.4.2. Nivel Sigma	69
3.4.3. Descripción Fase Medir	70
3.5. Fase Analizar	70

3.5.1. Diagrama Causa-Efecto.....	70
3.5.2. Matriz Vester	73
3.5.3. Descripción de las causas.....	74
3.5.4. Descripción de Fase Analizar	75
CAPÍTULO 4	76
4. PROPUESTA DE MEJORA	76
4.2. Fase Mejorar.....	76
4.2.1. Control de tiempo de los procesos	76
4.2.2. Capacitaciones para conocer el proceso.....	77
4.2.3. Asignar líderes de área	77
4.2.4. Motivación al personal.....	78
4.2.5. Soluciones para disminuir el porcentaje fuera de las especificaciones	78
4.2.6. Análisis del proceso mejorado.....	78
4.2.7. Plan de mejora.....	80
4.2.8. Descripción de la Fase Mejorar.....	81
4.3. Fase Controlar	81
4.3.1. Plan de capacitaciones.....	82
4.3.2. Plan de control de la producción	82
4.3.3. Planificación.....	83
4.3.4. Plan de Control.....	83
4.3.5. Análisis económico	88

CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS	91
ANEXOS	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Importancia de la calidad</i>	22
Figura 2. <i>Gráfica de la distribución normal</i>	26
Figura 3. <i>Símbolos Utilizados en un Diagrama de Flujo</i>	31
Figura 4. <i>Ejemplo Diagrama de Pareto</i>	32
Figura 5. <i>Ejemplo de Histograma</i>	34
Figura 6. <i>Gráfica de control</i>	35
Figura 7. <i>Control de atributos</i>	37
Figura 8. <i>Ubicación geográfica de la empresa Productos Lácteos S.A.</i>	44
Figura 9. <i>Estructura Organizacional de la empresa Productos Lácteos S.A.</i>	45
Figura 10. <i>Diagrama SIPOC</i>	50
Figura 11. <i>Diagrama de flujo de recepción de leche</i>	52
Figura 12. <i>Diagrama de flujo actual del proceso de producción del queso fresco</i>	55
Figura 13. <i>Resultado de encuestas a cliente</i>	58
Figura 14. <i>Diagrama Pareto con aspectos prioritarios</i>	59
Figura 15. <i>Gráfica de puntos del peso de producto terminado</i>	66
Figura 16. <i>Índices de capacidad del proceso</i>	67
Figura 17. <i>Diagrama de capacidad de la muestra estudiada</i>	68
Figura 18. <i>Diagrama Causa-Efecto sobre variabilidad de peso</i>	70
Figura 19. <i>Diagrama de Pareto causas de variabilidad de peso</i>	74
Figura 20. <i>Capacidad del proceso después de la mejora</i>	79
Figura 21. <i>Probabilidad del peso después de la mejor</i>	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Relación entre nivel sigma, rendimiento y defectos por millón</i>	26
Tabla 2. <i>Etapas, objetivos y herramientas de la metodología Six Sigma</i>	28
Tabla 3. <i>Métricas Six Sigma</i>	30
Tabla 4. <i>Volumen de producción anual de los productos más vendidos año 2022</i>	47
Tabla 5. <i>Volumen de producción anual de variedad de quesos año 2022</i>	48
Tabla 6. <i>Volumen de producción queso fresco año 2022</i>	48
Tabla 7. <i>Proveedores</i>	50
Tabla 8. <i>Volumen de recepción de leche cruda en litros</i>	51
Tabla 9. <i>Características críticas de calidad</i>	56
Tabla 10. <i>Detalle del proceso de producción</i>	59
Tabla 11. <i>Carta de definición del proyecto</i>	60
Tabla 12 <i>Datos de muestreo (variable peso)</i>	63
Tabla 13 <i>Índices de capacidad del proceso</i>	66
Tabla 14. <i>Índices de capacidad del proceso</i>	68
Tabla 15. <i>Matriz Vester</i>	73
Tabla 16 <i>Plan de control de las mejoras del proyecto</i>	83
Tabla 17. <i>Plan de control</i>	85
Tabla 18. <i>Análisis económico</i>	88

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

La industria láctea está considerada como uno de los principales motores de la economía ecuatoriana, creando puestos de trabajo directos e indirectos a lo largo de toda su cadena de suministro, desde la industria ganadera hasta los distribuidores. Este hecho no es nuevo para el cantón Cayambe, ya que la industria ha experimentado grandes cambios en los últimos años. Sin embargo, una comparación de productividad revela que el cantón ha ido perdiendo terreno frente a otros cantones en términos de producción (Torres, 2018).

La Industria de Productos Alimenticios Inprolac S.A. se dedica a la fabricación e industrialización de leche fresca, crema de leche, yogurt, quesos, etc., siendo una empresa reconocida a nivel nacional. Mediante información preliminar, se ha evidenciado que, el queso como producto estrella, tiene un alto volumen de devoluciones, por la variabilidad del peso como causa principal y adicional existen reprocesos en la línea de producción, debido a la falta de control de calidad con herramientas estadísticas teniendo como consecuencia inconformidad de los clientes y pérdida económica en la empresa (INPROLAC S.A., 2023).

Para reducir la variabilidad del peso del producto y evitar el reprocesado, la empresa debe implantar un diseño de control de calidad basado en la estadística, utilizando la técnica seis sigmas, en la línea de fabricación de queso fresco. Esto aumentará la productividad y la eficiencia de la línea.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Mejorar la calidad en la línea de producción de queso fresco de la empresa Inprolac S.A. mediante la aplicación de la metodología Six Sigma para optimizar recursos y generar mayor valor agregado.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el estudio bibliográfico y de campo para identificar los requisitos del cliente y definir el proceso a mejorar.
- Medir y levantar información del estado actual del proceso mediante un sistema de medición para analizar estadísticamente el comportamiento y variabilidad de datos.
- Diseñar medidas de solución mediante un plan de mejora y control para alcanzar las expectativas del cliente e incrementar el beneficio de la empresa.

1.3. Alcance

A partir de una investigación de campo, el trabajo de investigación propone desarrollar el diseño de un modelo de control de calidad utilizando la metodología Seis Sigma. La metodología se aplicará en el área de producción de queso fresco de 500 gr de Productos Lácteos S.A., bajo la dirección de la Gerencia de Operaciones y tomando en consideración a los clientes internos de la empresa.

1.4. Justificación

Numerosos productos lácteos, como el queso, el yogur, las bebidas a base de leche y los postres lácteos, se producen en grandes cantidades en Ecuador debido a los diversos

sectores económicos del país. No obstante, la producción de productos lácteos está aumentando. En estos momentos, la cadena de producción del sector lácteo del país mantiene 1,2 millones de empleos directos e indirectos y aporta el 4% del PIB, según datos del Banco Central de Ecuador (CIL ECUADOR, 2021).

Al menos el 10% de los puestos de trabajo de Ecuador son creados por la industria láctea del país, que se considera la columna vertebral económica que crea un sinfín de perspectivas para el desarrollo de las numerosas regiones en las que se sitúan los distintos agentes de la cadena láctea. Según los datos disponibles, la producción, el transporte, la transformación y la comercialización de la leche y los productos lácteos dan trabajo a cerca de 1,2 millones de personas en Ecuador, por lo que la industria láctea crea un gran número de puestos de trabajo por unidad de leche producida (CIL ECUADOR, 2021).

Productos Lácteos S.A. es una empresa muy conocida en el mercado, pero al carecer de herramientas estadísticas para el control de calidad, se enfrentaba a problemas como las devoluciones de productos relacionadas con la variabilidad del peso. Por este motivo, es fundamental implantar la metodología Seis Sigma, que ayudará a reducir los residuos y las devoluciones de productos y, en última instancia, a aumentar los beneficios.

El Eje 2: "Economía al Servicio de la Sociedad" y el Objetivo 5: "Impulsar la productividad y la competitividad para un crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria" están vinculados a la labor investigativa porque las industrias modernas buscan mejorar la calidad de sus procesos. Es por ello que la labor investigativa se articula en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida (Senplades, 2017).

La metodología Seis Sigma es una herramienta para la gestión de la calidad que nos permite identificar los componentes que no agregan valor al producto y que afectan a todo el proceso. Teniendo en cuenta estas particularidades, podemos generar una propuesta que mejore los procesos y beneficie a la empresa, especialmente al área de producción, reflejando el uso de mano de obra, maquinaria y otros recursos. Estas directrices se han tenido en cuenta para la realización de la investigación (Ribas, 2022).

Dado que el control de calidad se desarrollará mediante técnicas estadísticas, eliminando el reprocesamiento y disminuyendo el desperdicio de materias primas e insumos utilizados, así como los gastos adicionales que ello genera, se considera que el sector lácteo es el beneficiario directo de esta investigación. En cambio, los usuarios finales o clientes externos se beneficiarán indirectamente, ya que recibirán productos de alta calidad que garanticen la eficacia y el cumplimiento de la normativa (Rodríguez J. , 2021).

Por consiguiente, se considera que la aplicación de la metodología Seis Sigma es esencial para reducir el reprocesamiento y mejorar los procesos y procedimientos que cumplen las normas y requisitos establecidos por los clientes; de este modo, la clientela de la empresa se vuelve más fiel y amplía su mercado, lo que aumenta la rentabilidad.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Calidad

La calidad se define como el “conjunto de propiedades inherentes de una cosa, que permite juzgar su valor”, es decir que la calidad son rasgos esenciales que hacen que un objeto se diferencie del otro, visualizando este concepto como absoluto (Real Academia Española, 2023). Existen muchas definiciones sobre el concepto de calidad. Sin embargo, no hay una definición que abarque todos los aspectos, a pesar de que este concepto empieza a manifestarse desde el momento mismo de su aparición en el vocabulario griego. A continuación, varios precursores de la calidad nos dejan claro sus puntos de vista (Bondarenko, 2007).

Deming describe la calidad como asequible, apropiada para el mercado y coherente, fiable y uniforme. Según él, la alta dirección es responsable del 94% de los problemas de calidad. También hace hincapié en el uso de estadísticas para evaluar el rendimiento de todas las divisiones de la organización y en el hecho de que la calidad se cuantifica utilizando escalas (Carro y González, 2012).

Joseph M. Juran, afirma que la calidad se debe adecuar al uso y debe cumplir con especificaciones técnicas y humanas, es decir que debe cumplir con características que el usuario reconoce como usuales o benéficas con adecuación al uso (Álvarez y Rebosa, 2004).

Philip B. Crosby, plantea la filosofía “cero defectos”, por lo tanto, propone que los servicios o productos deben cumplir con los requisitos. Considera a la calidad como una

filosofía administrativa, un proceso sistemático que nos garantiza el que todas nuestras operaciones ocurran de acuerdo con lo planteado (Álvarez y Rebosa, 2004).

Según Kauro Ishikawa, considerado uno de los pioneros de los círculos de calidad en los años sesenta, considera que el control de calidad se caracteriza por la participación de altos directivos hasta los empleados de menor rango, es decir que la calidad es una revolución de la administración, que significa desarrollar, diseñar, producir y mantener productos de calidad económicos, útiles siempre satisfactorios para el consumidor (Álvarez y Rebosa, 2004).

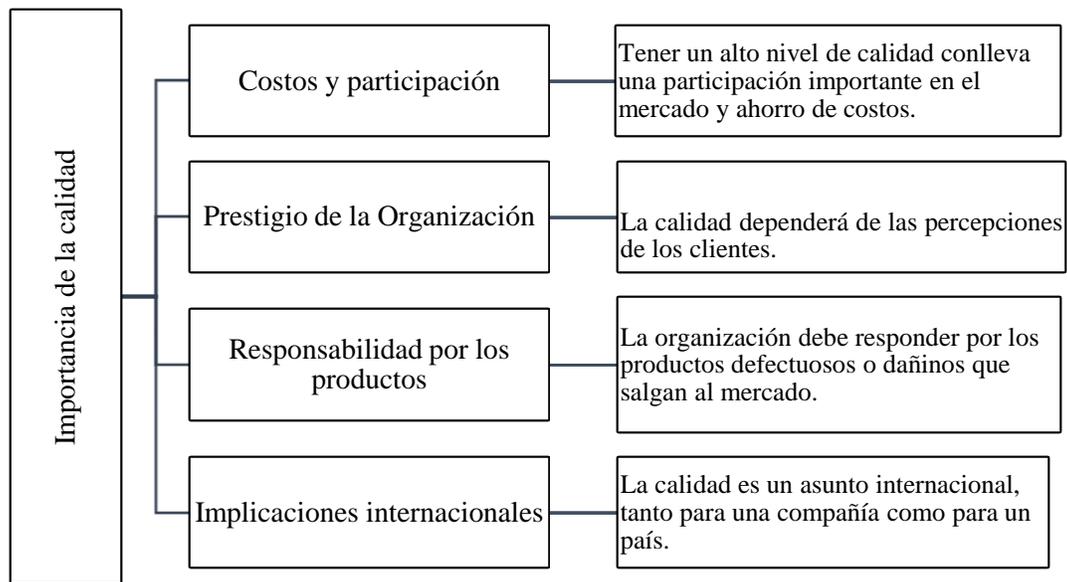
A partir de las elucidaciones aportadas por diversos autores, puede deducirse que la calidad comprende un conjunto de atributos que debe poseer un producto o servicio para satisfacer las expectativas del consumidor. En consecuencia, la calidad mide los atributos de un producto o servicio en función de la razón de su creación (Enciclopedia Significados, 2021).

2.1.1. Importancia de la calidad

Según Carro y González (2015), menciona que calidad afecta a una empresa de cuatro maneras:

Figura 1.

Importancia de la calidad



Nota. La figura 1 muestra la importancia de la calidad en distintos campos aplicables

2.2. Control de calidad

Es un seguimiento detallado de los procesos o productos dentro de la organización, con la finalidad de mejorar la calidad. El objetivo principal es garantizar la calidad de los productos elaborados, ya sea antes, durante o al final de este (Pascal et al., 2010).

Por otro lado, el control de calidad abarca un conjunto de técnicas y procedimientos, que sirve a la dirección para obtener un producto que cumpla con los requerimientos deseados, a su vez es una inversión que debe producir rendimientos adecuados y en el cual deben estar involucrados todos los miembros de una empresa (Cabezón, 2014).

De igual manera, lo definen como una estrategia fundamental que asegura la mejora continua en la calidad ofrecida, considerada una fase crucial en cualquier proceso productivo de las empresas y debe garantizar el correcto funcionamiento de estos; se prevé como un causa esencial y continuo dentro de la funcionalidad de una empresa (Cubillos y Rozo, 2009).

2.2.1. Importancia de Control de Calidad

La importancia del control de calidad radica en garantizar que todos los procesos y actividades que intervienen en la creación de un producto satisfacen tanto los requisitos de la empresa como los del consumidor. Estos incluyen, entre otros, los programas de producción, los costes y los materiales. Por lo tanto, para crear frecuencias, medidas, intervalos, rangos, probabilidades, correlaciones, características y otros datos, así como para definir variables y regular cada etapa del proceso de fabricación, debe llevarse a cabo el control estadístico (Gutiérrez y De la Vara, 2009).

La importancia de los controles radica en ofrecer productos que superan los estándares de la competencia y así se tenga mayor demanda, es importante mencionar que no es suficiente entrar sino también mantenerse y ganar posicionamiento (Díaz y Salazar, 2021).

2.2.2. Características del control de calidad

Las principales características del control de calidad son (Viana, 2022):

- Su aplicación y especificaciones las establece la organización.
- Los bienes y servicios están normalizados y cumplen las normas.
- Define los parámetros necesarios para proponer mejoras en los procesos.
- Deben gestionarse en consonancia con las actividades productivas de la empresa.
- El proceso de certificación depende de la forma específica de control.
- Dirige todos los elementos que intervienen.

2.3. Antecedentes de Six Sigma

Conocida como un enfoque de mejora del mercado y la calidad patrocinado por Motorola, esta metodología apareció por primera vez en los años ochenta. Desde que la

globalización alcanzó su punto álgido en ese año, las organizaciones industriales han mejorado su competitividad desarrollando métodos más eficaces de optimización de procesos. El objetivo principal era reducir la variabilidad de los factores que modificaban el rendimiento de los procesos, lo que permitió evaluar la desviación estándar como una métrica estadística fiable. Motorola consiguió aumentar la calidad gracias a este planteamiento. Lawrence Bossidy se inspiró en él y convirtió una empresa con graves problemas financieros en una empresa próspera (Herrera y Fontalvo, 2006).

2.4. Definición de la metodología Six Sigma

Esta metodología de trabajo y estrategia de negocios se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos, metodologías y diseños robustos, permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3 o 4 defectos por millón (DPMO) (Navarro et al., 2017).

Six Sigma busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización, reduciendo la variación, además, es posible eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, debido a que se fundamenta en herramientas estadísticas (Gutiérrez y De la Vara, 2009).

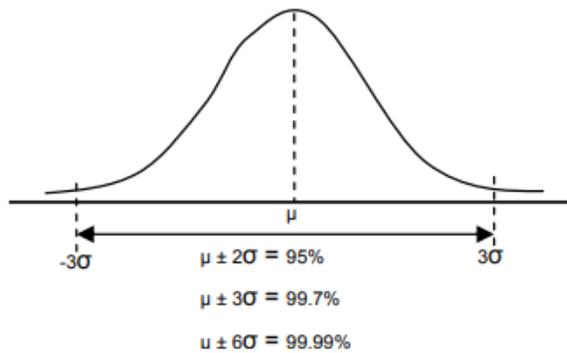
Este método se basa en cinco principios (Navarro et al., 2017):

1. Enfocado hacia el cliente.
2. Centrar los procesos productivos.
3. Metodología para realizar proyectos.
4. Estructura de la organización.
5. Lucha con la variabilidad.

Estadísticamente mide la capacidad del proceso para operar libre de defectos o fallos, ya que reconoce la correlación directa entre el número de defectos, los costos de despilfarro y el nivel de satisfacción del cliente.

Figura 2.

Gráfica del rendimiento con niveles sigma



Nota. La figura 2 muestra el rendimiento esperado en cada nivel sigma.

El valor de sigma nos indica que frecuencia de defectos o fallos pueden ocurrir en el proceso. Mientras más alto sea el nivel sigma, se encontrarán menos defectos en el proceso. De esta forma cuando el nivel sigma aumenta, disminuye la necesidad de inspecciones, costos de calidad, aumenta la fiabilidad del proceso y existe una reducción significativa de los reprocesos (Arias y Portilla, 2008).

Tabla 1.

Relación entre nivel sigma, rendimiento y defectos por millón

<i>Nivel de sigmas (Corto Plazo)</i>	<i>Rendimiento del proceso (Largo plazo)</i>	<i>PPM</i>
1	30.90%	690 000
2	69.20%	308 000
3	93.30%	66 800
4	99.40%	6 210
5	99.98%	320
6	99.9997	3.4

Nota. Fuente: (Gutiérrez y De la Vara, 2009).

2.5. Fases de la Metodología Six Sigma DMAIC

El método six sigma consta de cinco fases: DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), las cuales se detallan a continuación (Navarro et al., 2017):

2.5.1. Definir

En esta etapa se delimita los procesos productivos, principales clientes, se establece las características críticas de la calidad (CTQ's), se resume los resultados de la voz del cliente y se establece el Project Charter, en el cual se encuentra detallado el enfoque de la investigación (Rodríguez J. , 2019).

2.5.2. Medir

Esta etapa consiste en seleccionar uno o varios de los elementos cruciales de la fase anterior, analizar el proceso, determinar las acciones necesarias, registrar los resultados, evaluar los sistemas y estimar los índices de capacidad a corto plazo del proceso. Dicho de otro modo, hay que determinar el nivel sigma actual de la empresa y realizar un control estadístico de los procesos (Rodríguez J. , 2021).

2.5.3. Analizar

A partir de los datos recogidos en la segunda fase, en ésta se lleva a cabo una investigación y un diagnóstico exhaustivos del problema. Durante esta fase, identificamos los elementos que nos permiten mejorar significativamente y alcanzar un rendimiento superior del proceso (Rodríguez J. , 2021).

2.5.4. Mejorar

En esta fase se aplican todas las mejoras propuestas. Para cuantificar el impacto en las cualidades esenciales, se determinan los componentes que hay que gestionar y se crea la estrategia más eficaz para aplicar las mejoras y lograr el mayor rendimiento posible (Rodríguez J. , 2021).

2.5.5. Controlar

Una vez confirmado que se han alcanzado los objetivos de mejora, en esta etapa se registra el resultado de la mejora y se crean los instrumentos o planes de control necesarios para gestionar el procedimiento (Rodríguez J. , 2021).

Tabla 2.

Herramientas de la metodología Six Sigma.

Etapas	Objetivo	Herramientas
Definir	Identificar aspectos claves de la organización, definir requisitos de los clientes y procesos clave.	<ul style="list-style-type: none">• Diagrama de Pareto• Diagrama de flujo• Histograma• Lluvia de ideas• Árbol crítico de calidad
Medir	Identificar las causas claves del problema para la	<ul style="list-style-type: none">• Diagrama entrada/salida• Análisis de capacidad de proceso

	recopilación de datos en el proceso objeto de estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfico Pareto • Gráficos de control
Analizar	Analizar los datos y procesar para determinar cuáles son las causas del mal funcionamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama causa-efecto. • Correlación y regresión • Análisis de varianza • Muestreo
Mejorar	Generar posibles soluciones al problema detectado e implementar las más convenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas analíticas • Pruebas piloto
Controlar	Establecer un plan de controles que garanticen que la mejora alcanzará el nivel deseado.	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de control • Gráficos de control • Capacidad de proceso

Nota. Fuente: (Garza et al., 2016).

2.6. Características de la metodología Six Sigma

Las características más relevantes se mencionan a continuación (Gutiérrez y De la Vara, 2009) :

- Se centra en los procesos y se orienta al cliente. Comprueba si los procedimientos satisfacen las necesidades del cliente y si los niveles de rendimiento se ajustan a six sigma.
- Orientado a los datos. La técnica 6σ se centra en la utilización de datos y estadísticas, ya que los primeros facilitan la identificación de variables clave de calidad (VCC) y áreas o procesos que necesitan mejoras.
- Instrucción. Todos los participantes en el programa deben recibir una formación intensiva; de hecho, a todos se les exige un plan de estudios de cinturón negro.

2.7. Métricas Six Sigma

Es una escala que mide errores en partes por millón, éstas permiten entender, monitorear, controlar y predecir el rendimiento del proceso para valorar la calidad de los productos o servicios (Viana, 2022).

Las métricas Six Sigma se emplean a los defectos del proceso para sacar indicadores que miden la calidad de un proceso a través de la recopilación de datos y su respectivo análisis (Pérez et al., 2021).

Tabla 3.

Métricas Six Sigma

Nombre de la métrica	Descripción	Ecuación de cálculo
Defectos por Unidad (DPU)	Toma el número de defectos que se observan en las unidades producidas e inspeccionadas, permite saber cuál es promedio de defectos.	$DPU = \frac{D}{N}$
Defectos por oportunidad (DPO)	Toma el número de defectos que se obtienen del proceso, sobre las oportunidades que son propensas de fallar durante el proceso de producción	$DPO = \frac{D}{N \times O}$
Defectos por millón (DPMO)	Esta métrica es un complemento de la DPO y DPU en el caso de que la unidad tenga una sola oportunidad. Se obtiene al multiplicar las anteriores por un millón.	$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 10^6$
Índice Cp	Indicador de la capacidad potencial del proceso que	$Cp = \frac{ES - EI}{6s}$

<p>resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso.</p>	<p>ES: Especificación superior EI: Especificación inferior s (sigma) : Desviación estándar</p>
--	--

Nota. Fuente: (Viana, 2022)

2.8. Herramientas Six Sigma

Se trata de instrumentos estadísticos que utilizan tecnologías de alta calidad que facilitan la recogida de información, ofrecen una visualización más tangible de los problemas y permiten un análisis rápido de los datos. Examinaremos cada una de estas herramientas con más detalle en las secciones siguientes (International Lean Six Sigma, 2023):

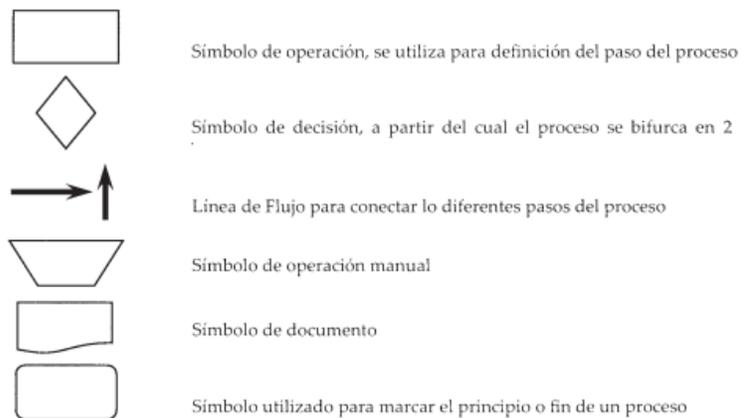
2.8.1. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de todas las actividades de un proceso, los beneficios de esta herramienta son las siguientes (Pascal et al., 2010):

- Permite entender fácilmente y modelizar el proceso.
- Permite identificar los puntos de control de un proceso.

Figura 3.

Símbolos Utilizados en un Diagrama de Flujo



Nota. La figura 3 indica los símbolos del diagrama de flujo con su respectiva función.

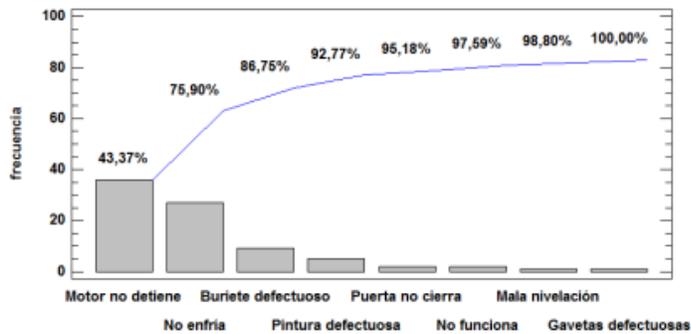
2.8.2. Diagrama de Pareto

Es una herramienta de análisis que facilita la toma de decisiones para mejorar la calidad, identificando y eliminando de forma crítica las causas, se basa en el principio de Vilfredo Pareto: “El 80% de los problemas se pueden solucionar si se eliminan el 20% de las causas que los originan”, se usa para (Cabezón, 2014):

- Prioriza los factores más fundamentales de un problema.
- Visualiza la causa raíz de la problemática.
- Ayuda a la toma de decisiones para mejorar.

Figura 4.

Ejemplo Diagrama de Pareto



Nota. La figura 4 demuestra la relación de frecuencia/defecto enfocado en el 80-20.

El gráfico se construye anotando las causas de un problema en el eje horizontal, de izquierda a derecha las de mayor incidencia y dos ejes verticales, en el lado izquierdo se representa la magnitud del efecto provocado por las causas y en lado derecho con una escala porcentual de efecto de las causas (Cabezón, 2014).

2.8.3. Diagrama de Ishikawa

La representación visual conocida como "espina de pescado" ilustra eficazmente la conexión entre los problemas y sus causas profundas. Con esta herramienta se pueden investigar los factores que contribuyen a la calidad del producto, "atacando las causas, no los efectos". Para clasificarlos hay que utilizar las 6 M: maquinaria, mano de obra, materiales, método, entorno y mantenimiento (Burgasí et al., 2021).

Según (Cabezón, 2014), menciona que las características principales del diagrama Ishikawa son:

- Mostrar la relación existente entre los efectos y sus posibles causas.
- Capacidad de comunicación, comprendiendo la causa/efecto.

Las utilidades del diagrama de Ishikawa determinan los factores involucrados en un problema, por ejemplo (Viana, 2022):

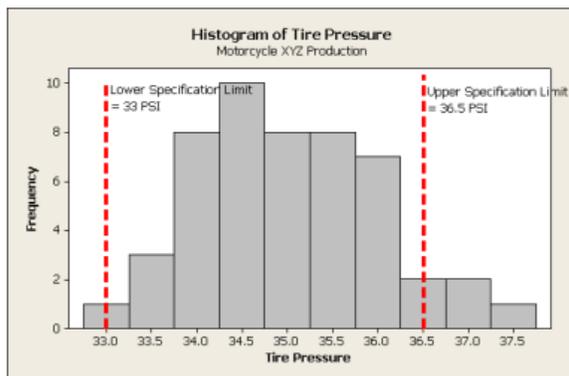
- Se puede aplicar a distintas áreas.
- Se puede encontrar las causas tanto como las soluciones.
- Permite el uso constructivo de la información.
- Expresa suposiciones sobre las causas del problema.

2.8.4. Histogramas

Estas barras ilustran la distribución de un conjunto de datos ordenados en función de una característica o frecuencia. Permiten visualizar tanto la dispersión como la variabilidad de la tendencia central o acumulación (Cerveró, 2012).

Figura 5.

Ejemplo de Histograma



Nota. La figura 5 indica un histograma en tendencia real de datos procesados.

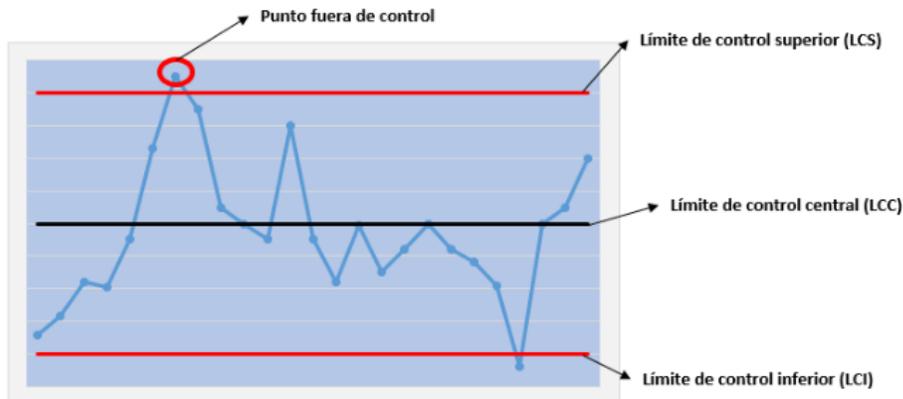
2.8.5. Gráficas de control

Es una de las herramientas que permiten analizar y solucionar problemas, este diagrama muestra los valores obtenidos de la medición de una característica de calidad, en la cual se establece una línea central o valor nominal, que suele ser el objetivo del proceso o el

promedio histórico, junto a uno o más límites de control tanto superior como inferior, los cuales permiten analizar una eventualidad (Betancourt, 2016).

Figura 6.

Gráfica de control



Nota. La figura 6 indica una gráfica de control con datos fuera de especificaciones.

Los beneficios de las gráficas de control son (Betancourt, 2016) :

- **Análisis de procesos.** Encuentra un proceso sin control estadístico, lo que permite evaluar la normalidad de los datos y si el proceso ha mejorado con el tiempo.
- **Gestión de procesos.** Permite controlar la estabilidad del proceso, la frecuencia con que se desvía del control y la capacidad de intervenir para introducir mejoras.
- **Mejora del proceso.** Se localizan los fallos y se recopilan datos de entrada para examinar las razones y sugerir soluciones mediante el diagrama de control estadístico.

2.8.5.1. Gráficas de control por variables

La característica de calidad que se mide es una variable continua (peso, pulgadas, temperatura, etc.), en este caso se encuentran los gráficos de control basados en tendencia central (\bar{x}) y en el rango (R) (Betancourt, 2016):

Gráfica \bar{x} . Permite observar que tanto se alejan las mediciones con respecto a la línea central, en este caso es la media o promedio.

Gráfica R. El rango muestra la variabilidad del proceso, el resultado permite ver si hay uniformidad.

Gráfica \bar{x} - R. Se usa ambos gráficos cuando se mide una relación de las especificaciones de calidad con la tendencia central y la dispersión.

2.8.5.2. Gráficas de control por Atributos

La característica de calidad que se mide con variables discretas, ya que muchas características de calidad no se pueden medir en una escala continua o cuantitativa, de aquí se derivan cuatro tipos de gráficos (Bernabeu et al., 2012).

Basados en la distribución Binominal

Gráfico np. Muestra las unidades defectuosas cuando el tamaño de la muestra es constante.

Gráfico p. Muestra el porcentaje de unidades defectuosas cuando el ejemplar es de tamaño variable.

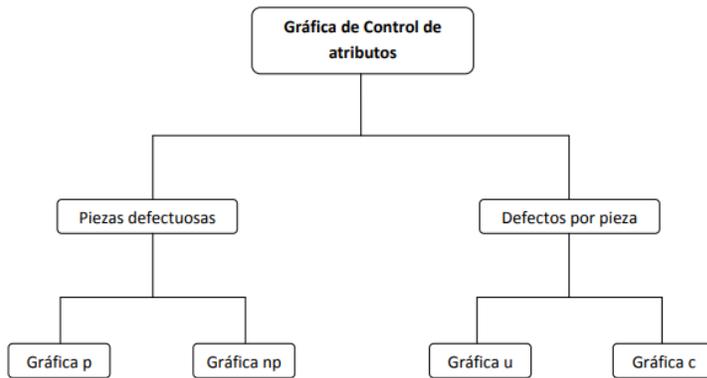
Basados en la distribución de Poisson

Gráfico c. Número de defectos por muestra en ejemplares de tamaño constante.

Gráfico u. Número de defectos por unidad en ejemplares de tamaño variable.

Figura 7.

Control de atributos



Nota. La figura 7 muestra la clasificación de las gráficas de control por atributos.

2.8.6. Minitab

Se trata de un software estadístico con una plétora de ajustes precisos y fáciles de usar que permiten controlar y mejorar los resultados del proceso de producción. Los resultados pueden visualizarse mediante diversas herramientas, como gráficos, tablas, diagramas e histogramas. Es importante destacar que Minitab es un programa que se utiliza con frecuencia en el desarrollo de proyectos Seis Sigma, ya que dispone de todos los análisis estadísticos necesarios para la estadística general (TCM, 2022).

Minitab es un programa muy fácil de instalar y manejar, muy bien diseñado didácticamente y muy válido para la enseñanza de estadística. Sin embargo, tiene un tamaño

reducido de hoja de trabajo y un número variado de análisis estadísticos multivariados (Fuentes, 2022).

2.9. Fundamento Legal

La normativa legal ecuatoriana establece requerimientos que los productos lácteos deben cumplir para asegurar la inocuidad y proteger la salud de los usuarios, evitando prácticas que puedan inducir a errores. Tomando en cuenta todo el proceso de producción, las normas vigentes se detallan a continuación:

2.9.1. NTE INEN 9:2015

Esta norma establece los requisitos para el tratamiento de leche cruda destinada al procesamiento, entre ellos se establecen los parámetros físicos, químicos, contaminantes y microbiológicos (INEN , 2015).

2.9.2.NTE INEN 10:2012

Esta norma menciona los requisitos que debe cumplir la leche pasteurizada de vaca, consumo directo o procesamiento adicional, en esta norma se mencionan la clasificación de leche pasteurizada, disposiciones generales, requisitos físicos y químicos específicos, microbiológicos, requisitos complementarios, envasado y rotulado (INEN, 2012).

2.9.3. NTE INEN 1528:2012

Esta norma establece los requisitos para la fabricación de quesos frescos, el cual está destinado al consumo directo o a posterior elaboración. En esta norma se encuentran: la clasificación, disposiciones específicas, requisitos específicos, requisitos microbiológicos, requisitos complementarios, inspección, envasado, embalado y rotulado (INEN, 2012)

2.9.4. NTE INEN 483

Esta norma menciona el error máximo permisible en la cantidad de un producto empaquetado o envasado para ser vendido de manera individual o en lote. En la normativa se encuentra: disposiciones generales, disposiciones específicas, error máximo permisible (INEN, 2015).

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Metodología

3.1.1. Tipo de investigación

La comprensión del plan a lo largo del procedimiento de recogida de datos es posible gracias al esfuerzo de investigación. A continuación, se enumeran minuciosamente los tipos de información que se recogieron:

3.1.1.1. Investigación documental

Se realizó una investigación documental para sustentar el marco teórico y los conceptos presentados en este proyecto de investigación, lo cual permitió determinar las pautas a seguir para llevar a cabo la aplicación de la metodología DMAIC que permitan reducir la variabilidad de defectos encontrados (Reyes y Carmona, 2020).

3.1.1.2. Investigación de campo

Se llevó a cabo una investigación de campo en el área de producción, en el cual se recopiló información directamente de la empresa de esta manera se identificó los procesos, el estado actual y se reconoció los inconvenientes dentro del proceso.

3.1.2. Método de Investigación

El conjunto de métodos conocido como método de investigación permite dirigir la investigación utilizando instrumentos específicos para producir un resultado deseado. A continuación, se desglosa el procedimiento utilizado:

3.1.2.1. Método

Dado que en la investigación se utilizan metodologías cuantitativas y cualitativas, se adopta un enfoque mixto que permite identificar los procesos más débiles de la organización (QuestionPro, 2024).

3.1.3. Técnica de Investigación

Las técnicas de investigación son procedimientos que permiten obtener los datos del estudio. Se utilizó de acuerdo con los protocolos establecidos en una metodología de investigación determinada. A continuación, se detallan las técnicas utilizadas:

3.1.3.1. Observación Directa

Este método permite observar de cerca el objeto de estudio, lo que facilita la recopilación de los datos necesarios para el análisis posterior. Es importante obtener la mayor parte de la información necesaria.

3.1.3.2. Entrevista

Esta técnica permite realizar preguntas que complementen la investigación, la recopilación es verbal y se obtiene un porcentaje de confiabilidad, debido a que es información verídica por la persona entrevistada.

3.1.3.3. Encuesta

Mediante las encuestas se utiliza una serie de procedimientos estandarizados y permite analizar una muestra estimada representativa y finalmente permite explorar los resultados obtenidos de las mismas.

3.1.4. Instrumentos

Las herramientas que utiliza un investigador para recopilar información, documentar hallazgos y analizar problemas y fenómenos se denominan instrumentos (de la Lama et al., 2022). A continuación, se detallan los instrumentos utilizados:

3.1.4.1. Diagrama Ishikawa

Esta herramienta permite identificar las causas y efectos de un problema, representado gráficamente en una “espina de pescado”. También se puede observar las sub-causas, para finalmente proponer acciones correctivas.

3.1.4.2. Diagrama de Pareto

Esta herramienta de calidad se complementa con el diagrama de Ishikawa y permite asignar un orden de prioridades en la toma de decisiones y reconocer los problemas más impactantes en la empresa para la resolución de estos (de Souza, 20129).

3.1.4.3. Software Minitab

Esta herramienta estadística nos permite realizar todos los cálculos estadísticos que la investigación requiere, de esta manera analizaremos la situación actual de los datos y procesaremos toda la información en la fase de medir.

3.2. Caracterización General de la empresa

3.2.1. Antecedentes

Industrias Lácteas S.A., se encuentra en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, fundada en el año 1990, con el impulso de Eduardo Cadena Fuertes, es una empresa enfocada

en la calidad, respeto hacia los clientes y sobre todo el afán de generar empleo y desarrollo para su cantón.

Se constituyó como Dulac's Cía. Ltda. el 17 de julio de 1992, y debido a su persistencia, creció rápidamente, como lo demuestra el lanzamiento de dos nuevas líneas de productos: yogur y dulce de leche. Posteriormente se crearon nuevas líneas de productos, como leches saborizadas, mermeladas, leche condensada, leche evaporada y caramelo de leche, entre otros.

En la actualidad, la empresa emplea a 120 personas directamente y crea más de 500 empleos indirectos. Como una de las tres principales empresas de la ciudad de Cayambe, es conocida en todo el país y obtiene su materia prima, la leche, de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha (INPROLAC S.A., 2023).

Productos Lácteos S.A. es una marca conocida en el país porque satisface responsablemente los requisitos de calidad y artesanía, cumpliendo las demandas de los consumidores y ganándose su confianza y fidelidad en el proceso. De este modo, se convierte en un sector competitivo capaz de dar servicio a los mercados mundiales (INPROLAC S.A., 2023).

3.2.1. Misión

Productos Lácteos S.A. se dedica a elaborar, comercializar y brindar a los clientes alimentos saludables, con altos estándares de calidad, bajo la normativa vigente, a precios competitivos, elaborados por un equipo de trabajo que son motivados por alcanzar el bienestar, confianza de sus consumidores y responder a sus requerimientos (INPROLAC S.A., 2023).

3.2.2. Visión

Productos Lácteos S.A. tiene como visión ser una empresa ecuatoriana líder en la fabricación de productos alimenticios con los más altos índices de calidad y socialmente responsable; que lidere el mercado ecuatoriano por las buenas prácticas en sus procesos, que brinde salud y bienestar a sus consumidores, que garanticen la sostenibilidad de la empresa (INPROLAC S.A., 2023).

3.2.3. Principios

3.2.2.1. Trabajo en equipo

3.2.2.2. Mejora Continua

3.2.2.3. Competencia y liderazgo

3.2.2.4. Proactividad

3.2.2.5. Innovación y Desarrollo

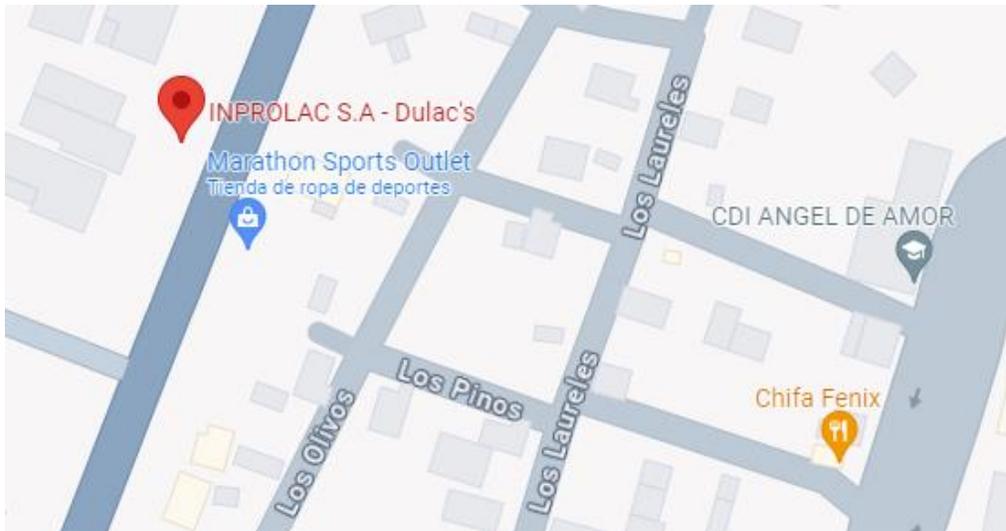
3.2.2.6. Proactividad

3.2.4. Ubicación geográfica

Como se observa en la figura 8, Productos Lácteos S.A. está ubicada en la Av. Victor Cartagena y 24 de mayo, E28B N6-37, en el cantón Cayambe, al noreste de la provincia de Pichincha:

Figura 8.

Ubicación geográfica de la empresa Productos Lácteos S.A.



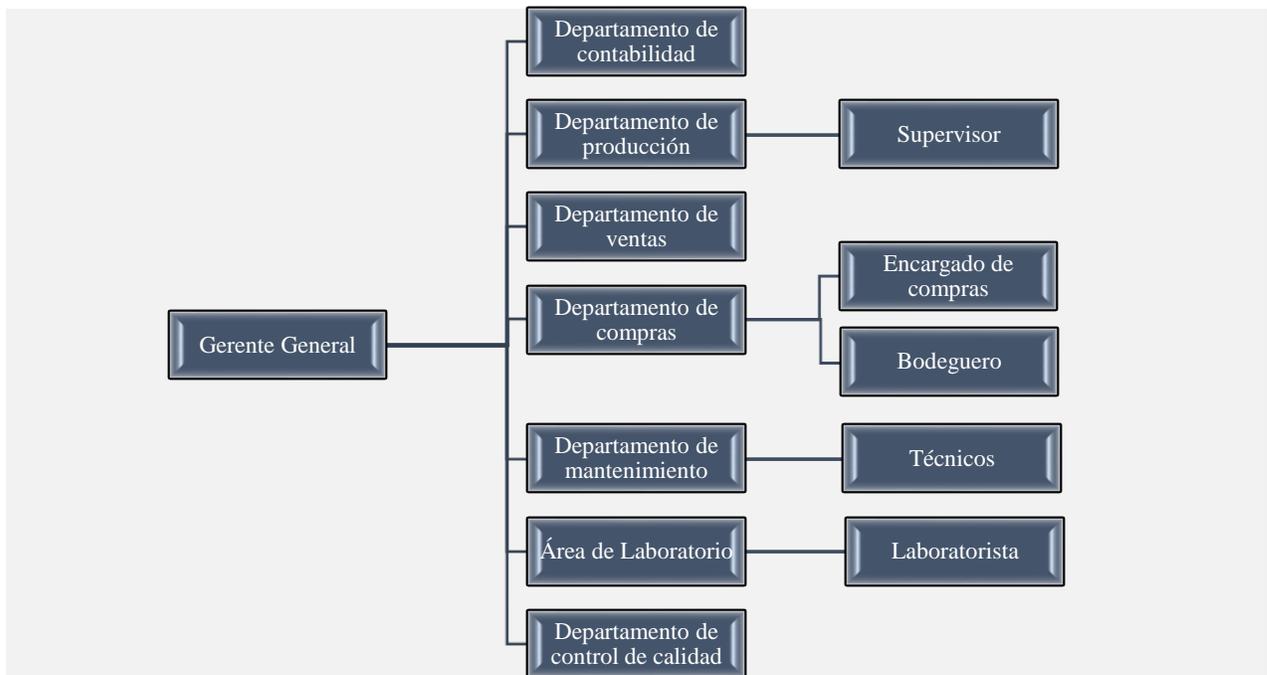
Nota. Tomada de Google Maps.

3.2.5. Estructura organizacional

A continuación, en la figura 9, se representa la estructura organizacional que maneja la Industria Láctea S.A.

Figura 9.

Estructura Organizacional de la empresa Productos Lácteos S.A.



Nota. Fuente: Elaboración propia

3.3. Fase Definir

Durante la fase de definición se examina la conducta actual de la empresa. Como resultado, se pone de manifiesto el principal problema de la organización: el aumento de las devoluciones de su producto estrella como consecuencia de la importante variabilidad del peso.

El objetivo de esta fase es identificar el campo objetivo para proponer acciones de mejora. Se examinarán las características de calidad cruciales (CTQ) como línea de base para confirmar si el proceso existente cumple las especificaciones que necesitan los usuarios. El análisis comenzará con una entrevista con el responsable de operaciones.

3.3.1. Entrevista al Gerente de Operaciones

La entrevista está dirigida al jefe de operaciones, el objetivo es determinar el “producto estrella” y conocer a breves rasgos los problemas que presenta en la empresa. Para iniciar la entrevista se dio a conocer que toda la información recolectada, será exclusivamente para uso educativo.

A partir de la entrevista realizada al jefe de operaciones, se determinó los productos más vendidos en base a su volumen de producción anual, los cuales se mencionan a continuación:

- Queso
- Dulce de leche
- Yogurt Dulac’s
- Leche condensada
- Leche evaporada

Luego de conocer los productos más vendidos de cada categoría, se realizó una revisión de datos históricos del volumen de producción del año 2022, como se muestra en la tabla 4, se pudo confirmar que el producto estrella es el queso con 83,86% en su volumen de producción.

Tabla 4.

Volumen de producción anual de los productos más vendidos año 2022.

<i>Volumen de producción anual de los productos más vendidos - 2022</i>		
PRODUCTO	CANTIDAD (kg)	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (%)
Queso	691,000	83.86%

Dulce de leche (tarrinas)	37,000	4.49%
Leche condensada	36,000	4.37%
Yogurt Dulac's	33,000	4.00%
Leche evaporada	27,000	3.28%
TOTAL		100.00%

Nota. Fuente: (INPROLAC S.A., 2023).

La entidad maneja una diversa variedad de quesos, entre ellos: fresco, mozzarella, dulcáfé y semidescremado. En la tabla 5 se identificó que el queso fresco es el que tiene mayor volumen de producción con un 57,60%.

Tabla 5.

Volumen de producción anual de variedad de quesos año 2022.

<i>Volumen de producción anual de los tipos de quesos - 2022</i>		
PRODUCTO	CANTIDAD (kg)	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (%)
Queso Fresco	398,331.00	57.60%
Queso Mozzarella	221,660.00	32.05%
Queso Dulcafé	53,158.00	7.69%
Queso semidescremado	18,449.00	2.67%
TOTAL		100.00%

Nota. Fuente: (INPROLAC S.A., 2023).

Una vez identificado que el queso fresco tiene mayor volumen de producción, se determinó que este maneja distintas presentaciones, entre ellas: 500gr, 750gr, 450gr, 350gr y 1kg. Por lo tanto, se definió mediante el volumen de producción anual año 2022, cuál de ellos tiene mayores ventas como se observa en la tabla 6, con un porcentaje del 40%.

Tabla 6.

Volumen de producción queso fresco año 2022

<i>Volumen de producción anual de los tipos de quesos frescos - 2022</i>		
PRODUCTO	CANTIDAD (kg)	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (%)

Fresco 500gr	138,912.00	40%
Fresco 750 gr	101,027.00	29%
Fresco 450gr	60,924.00	17%
Fresco 350 gr	41,106.00	12%
Fresco 1kg	8,629.00	2%
TOTAL		100.00%

Nota. Fuente: (INPROLAC S.A., 2023).

Finalmente se establece que el proyecto de investigación estará enfocado en el producto estrella, es decir el queso fresco de 500gr.

3.3.2. Principales clientes

Conocer los clientes principales es de suma importancia, ya que permiten tomar las acciones de mejora en base a sus requerimientos, entre los clientes más importantes en esta línea de negocio se encuentran:

- Sweet & Coffe,
- KFC,
- La Fabril S.A.,
- Supermercados: Gran Akí, Santa María, Mi comisariato
- Bodegas
- Tiendas locales

3.3.3. Proveedores

Los principales proveedores de Productos Lácteos S.A. son aquellos que suministran las materias primas necesarias para la elaboración de queso fresco. Los nombres de los proveedores y los bienes que suministran a la empresa figuran en la tabla 7.

Tabla 7.

Proveedores Principales

Proveedores	Productos
Productores de leche sector Cayambe	Leche fresca
Cardex	Etiquetas
IGEA	Cuajo descalci
Químicos Exportaciones	Cloruro de Sodio
Ecuasal	Sal
Printopac del Ecuador	Envases plásticos
Plásticos del litoral	Fundas
Plastiflan	Envases plásticos rígidos

Nota. Fuente: (INPROLAC S.A., 2023)

3.3.4. Proceso actual de la empresa

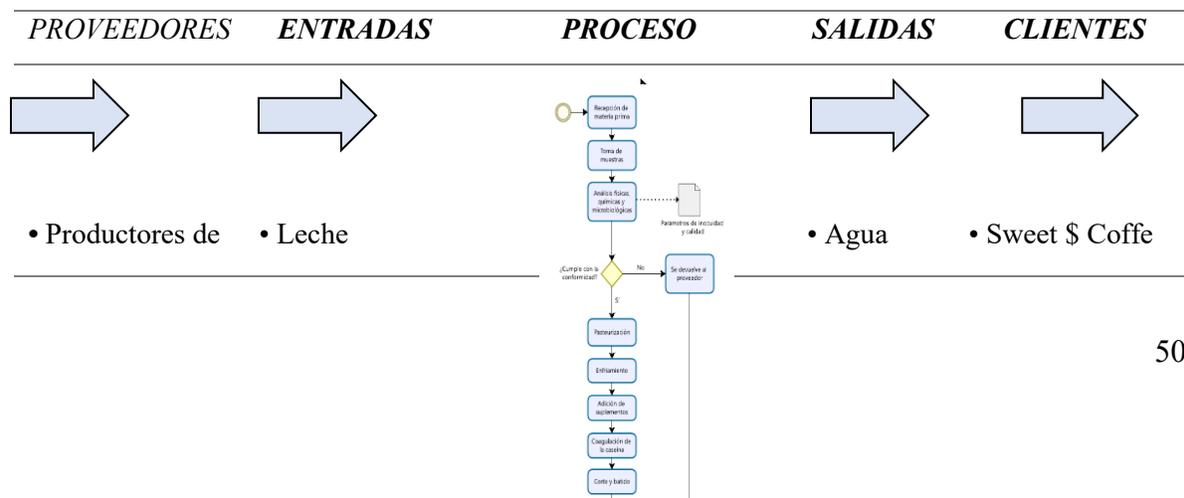
Se crea un diagrama del proceso analizando los distintos pasos de la línea de producción de queso fresco, empezando por el SIPOC.

3.3.4.1. Diagrama SIPOC

Dado que permite identificar los proveedores, procesos, productos y consumidores que son componentes cruciales del proceso de producción, el diagrama SIPOC es una herramienta esencial para comprenderlo. El objetivo de esta herramienta es mostrar los requisitos de entrada para que puedas estar seguro de que se genera lo que se necesita.

Figura 10.

Diagrama SIPOC



leche	pasteurizada	• Producto	• KFC
• Cardex	• Cuajo líquido	terminado	• La Fabril
• IGEA	• Cloruro de		• Supermercados
• Químicos	Calcio		• Bodegas
Exportaciones	• Sal		• Tiendas Locales
• Ecuasal			
• Printopac del			
Ecuador			
• Plásticos del			
litoral			
• Plastiflan			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2. Diagrama de flujo

Productos Lácteos S.A. tiene dos tipos de diagramas de flujo: recepción de materia prima (leche cruda) y proceso de elaboración del queso fresco.

Recepción de la leche

La tabla 8 muestra que Industria de productos Lácteos S.A. necesita 30.000 litros de leche cruda por semana para satisfacer la demanda de queso fresco. Antes de ser utilizada en el proceso de producción, la leche cruda es sometida a un proceso de evaluación organoléptica. Se comprueban y verifican las características físicas, químicas y microbiológicas de cada muestra para asegurarse de que se encuentran dentro del rango especificado en la norma INEN 9 para la leche cruda.

Tabla 8.

Volumen de recepción de leche cruda en litros

Días	Volumen receptado (litros)
Lunes	15 000
Miércoles	15 000
Total	30 000

Nota. Fuente: (INPROLAC S.A., 2023)

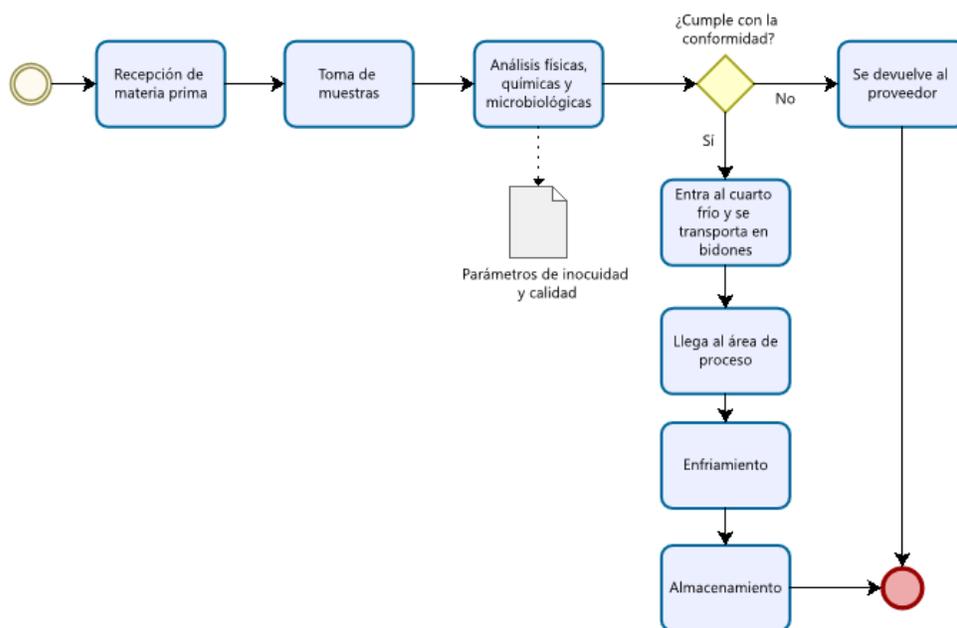
Cuando se cumplen todas las condiciones, se elige la leche cruda para iniciar el proceso de producción. Es importante tener en cuenta que los antibióticos y neutralizantes, que con frecuencia se añaden a la leche cruda para que parezca mejor, no deben estar presentes. A continuación, se indican los significados de cada componente de la leche: agua, grasa, lactosa, sales y vitaminas.

- Contenido de agua: influye en las actividades microbiológicas y enzimáticas.
- Contenido de grasa: afecta al sabor, la consistencia, el aroma y el rendimiento del queso.
- La caseína, las albúminas y las globulinas se encuentran entre las proteínas de la leche; la primera afecta al rendimiento, la textura, el sabor y el olor.

Finalmente, la leche se analiza para determinar su densidad y acidez, clasificando la materia prima en conforme o no conforme. La leche "conforme" se envía en bidones tras ser filtrada para eliminar los contaminantes, mientras que la leche "no conforme" se devuelve al proveedor. Cuando llega, la leche tiene una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. La figura 11 muestra el procedimiento de recepción de la leche cruda.

Figura 11.

Diagrama de flujo de recepción de leche



Nota. Fuente: Elaboración propia, obtenido de Bizagi Studio.

Una vez que la leche cruda pasa el control de calidad se inicia el proceso de fabricación del queso fresco, iniciando con la pasteurización y finalizando con el almacenamiento final del producto. A continuación, se detalla todo el proceso de fabricación:

Pasteurización

Para lograr una pasteurización adecuada, se tiene en cuenta la interacción de la temperatura y el tiempo. Según la norma INEN 10 para la leche pasteurizada, la leche se calienta a una temperatura comprendida entre 68°C y 94°C durante 15' a 227', y después se enfría drásticamente a 40°C. Los insumos para el siguiente procedimiento se añaden cuando baja la temperatura.

Este paso crucial en la fabricación de productos lácteos reduce la posibilidad de contaminación con bacterias peligrosas que podrían enfermar a los clientes.

Adición del cuajo

Dependiendo de la fuerza de la leche, hay que comprar enzimas coagulantes -líquidas o sólidas- para coagular cantidades significativas. En el caso de la industria hacen uso de 120 ml de enzimas coagulantes por cada 5 00 litros de leche. Una vez añadido el cuajo se espera un tiempo aproximado de 25-30 minutos para la coagulación.

Corte y batido

Para cortar completamente la cuajada, primero se introduce una lira. A continuación, la cuajada se deja en cubos y se deja reposar durante 10 minutos. Esto da más consistencia a los granos y facilita la salida del suero.

Para evitar que se rompan los granos, es imprescindible batir la cuajada suavemente con movimientos circulares continuos. La temperatura actual es de unos 37° C.

Desuerado

Este proceso dura entre 30 a 45 minutos, el procedimiento de escurrido elimina todo el suero producido durante el corte y batido de la cuajada a 37°C.

Descarga y Moldeado

Los moldes de aluminio de 500 g a 1.000 g tienen una lona en el interior para evitar pérdidas y facilitar la salida del suero, y los granos se presan con la ayuda de la prensadora.

Prensado

Consiste en presionar la cuajada para forzar la salida del suero restante; esto se hace después de que la cuajada esté en el molde, lo que ayuda a dar forma al queso. El tiempo de prensado es de 20 min.

Desmoldeado y Salado

El queso se deja reposar en la salmuera a una temperatura de 20°-22° Baume durante dos horas después de retirar el suero.

Almacenamiento

El queso se conserva durante un día entero a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ como preparación para el envasado.

Empaquetado y codificado

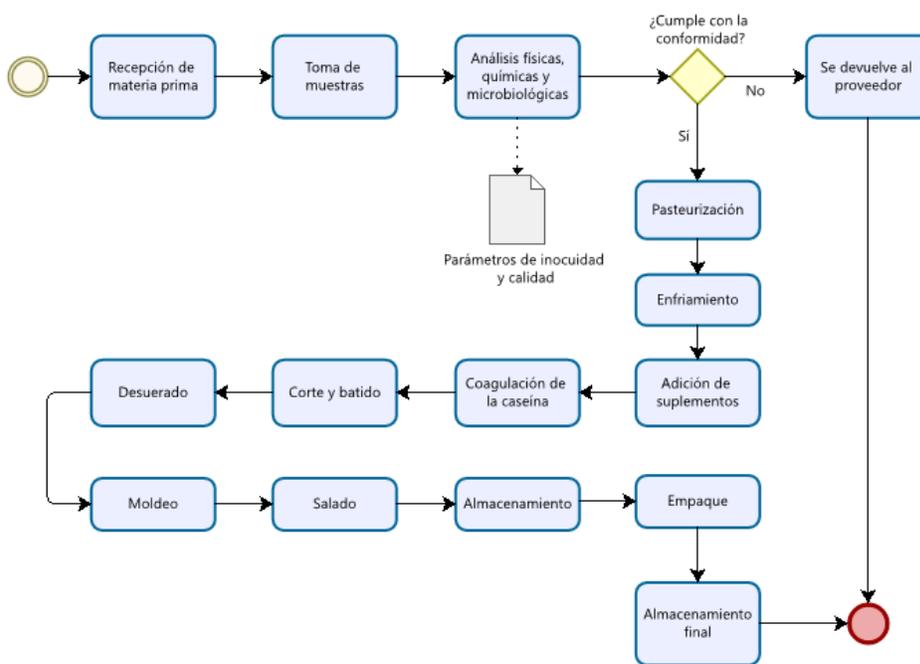
La empresa decide qué tipo de presentación es mejor para la comercialización y también dependerá de la demanda, para codificar y empaquetar.

Almacenamiento final

Finalmente se almacena el queso fresco a una temperatura menor a 8°C para su comercialización.

Figura 12.

Diagrama de flujo actual del proceso de producción del queso fresco



Nota. Fuente: Elaboración propia, obtenido de: Bizagi Studio.

3.3.5. Características críticas de la calidad (CTQ's)

Se trata de criterios importantes en las necesidades de calidad establecidas por un cliente. La idea es identificar los atributos que se evaluarán en las encuestas posteriores a los clientes, con el objetivo de clasificar y eliminar los elementos que no sean necesarios para satisfacer las necesidades del consumidor. En la tabla 9 se enumeran los atributos de calidad esenciales que deben tenerse en cuenta en la encuesta a los clientes.

Tabla 9.

Características críticas de calidad

-
- Apariencia
 - Olor
 - Cantidad de sal
 - Sabor
 - Textura
-

-
- Humedad
 - Empaque
 - Hinchazón de queso
 - Pérdida de vacío
 - Peso
 - Desuerado
 - Material Extraño
-

Nota. Elaboración propia.

3.3.6. Voz del cliente

Se ha realizado una encuesta a una población infinita con un error de muestreo del 0,05% y un nivel de confianza del 90% para recabar la opinión de los clientes en función de las características críticas de calidad previamente establecidas. Será necesario realizar un total de 223 encuestas; la ecuación 1 resume los cálculos realizados al respecto.

Ecuación 1.

Número de muestras para encuestas

N= infinita

Z = (90%) → 1.64

e = 0,05

p = 0,50

q=0,50

$$n = \frac{(Z)^2 * N * p * q}{(e)^2(N - 1) + (Z)^2 * p * q} \quad n = \frac{(1500)^2 * 1500 * 0,50 * 0,50}{(0,05)^2(1500 - 1) + (1,96)^2 * 0,50 * 0,50} = 223$$

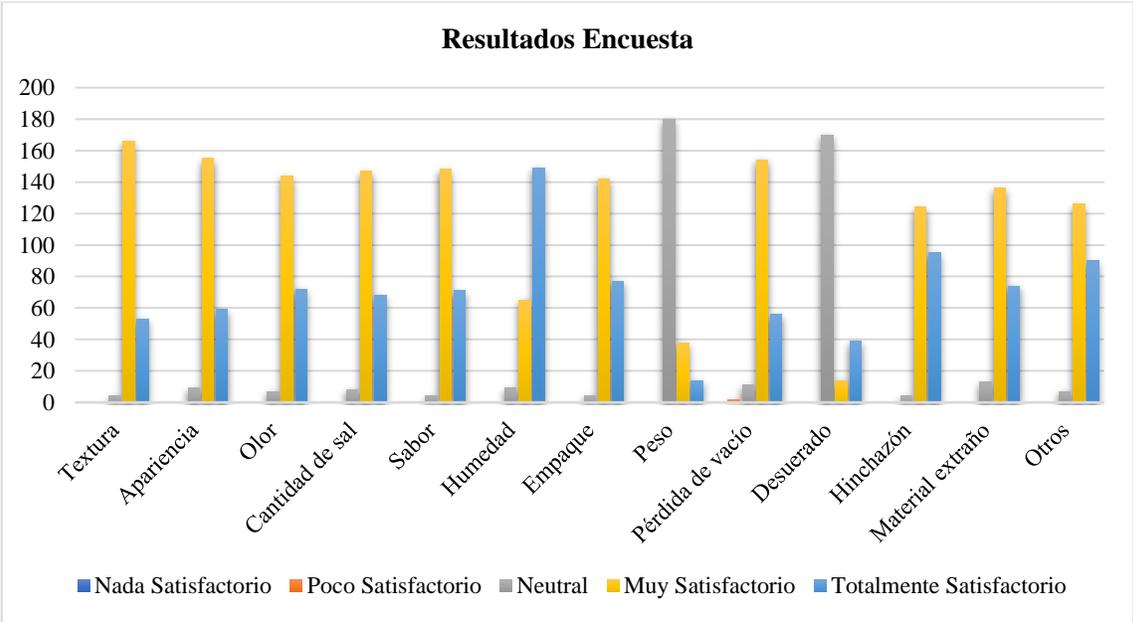
En el Anexo 1 se puede observar el resultado de las encuestas realizadas a los clientes, cabe mencionar que se utilizó una escala de Likert de cinco puntos, la cual es una escala psicométrica utilizada principalmente en la investigación de mercados para la comprensión

de opiniones y actitudes de un consumidor hacia una marca, producto o mercado meta (Vázquez, 2020).

La mayoría de los clientes calificaron las siguientes características como satisfactorias o totalmente satisfactorias con mayor frecuencia tras la realización de las encuestas, según el tratamiento de los datos. Estas características incluían sabor, textura, olor, cantidad de sal, humedad, hinchazón, drenaje y materias extrañas. Los resultados de la encuesta se muestran detalladamente en la figura 13, donde se aprecia claramente que el producto presenta una importante disconformidad en cuanto al peso.

Figura 13.

Resultado de encuestas a cliente



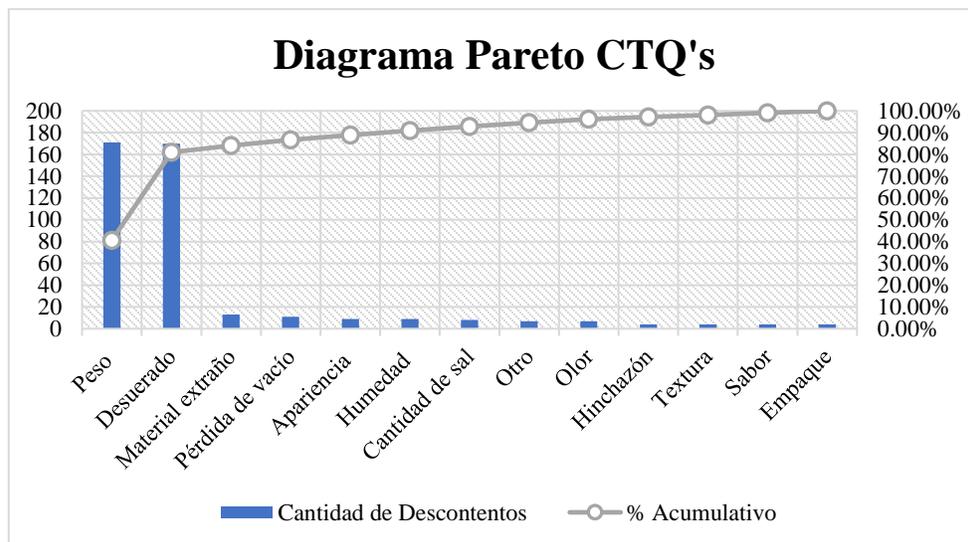
Nota. La figura muestra que el peso es la característica con mayor inconformidad en lo clientes.

De esta manera se ha establecido que el cliente requiere un producto estándar en su peso; debido a este problema la empresa ha presentado quejas y devoluciones del producto.

A continuación, en la figura 14 se observa el diagrama de Pareto que identifica cuáles son los aspectos prioritarios que se debe tratar.

Figura 14.

Diagrama Pareto con aspectos prioritarios



Nota. La figura muestra que la característica crítica, según el Pareto, es el peso.

3.3.7. Variables de los procesos críticos

El mayor problema de la empresa es devolver productos con diversidad de peso en sus atributos físicos. Dado que la calidad del producto final queda fuera de los parámetros de control, el estudio de investigación se centrará en reducir el grado de variabilidad de los quesos. Para ello, se realizarán mediciones del proceso de producción.

Según los expertos del sector, en la tabla 10 se indican los procedimientos que modifican el comportamiento del producto acabado en términos de peso.

Tabla 10.

Detalle del proceso de producción

Proceso	Detalle	Variable que mide el cumplimiento
---------	---------	-----------------------------------

Coagulación de la leche	En este proceso la leche se cuaja; la coagulación es un factor fundamental ya que interviene en el rendimiento quesero.	Temperatura pH Tiempo
Corte de cuajada	En este proceso se debe realizar cortes efectivos de la cuajada para mantener la humedad del producto, la importancia de que sea constante es que, al haber mayor humedad, mayor será su peso..	Tiempo del proceso Métodos usados
Moldeado de quesos	Durante este proceso la cuajada pasa a los moldes, previo al prensado.	Método usado
Prensado de quesos	En este proceso, la presión excesiva en el prensado puede afectar el peso estándar del queso.	Tiempo de prensado Presión aplicada
Salado de quesos	Este procedimiento es crucial porque la cantidad de sal determina el peso del producto final y su consistencia para asentarse.	Nivel de salinidad Tiempo en salmuera

Nota. Elaboración propia

3.3.8. Carta de definición

Finalmente se establece la carta de definición del proyecto, el cual se encuentra detallado en la tabla 11.

Tabla 11.

Carta de definición del proyecto

<i>Carta de definición del Proyecto</i>			
Proyecto:	Mejorar la variabilidad del peso del proceso productivo de queso fresco de 500 gr. de Productos Lácteos S.A.		
	<i>Grupo de trabajo</i>		<i>Partes interesadas</i>
Investigadora	Paola Coque	Gerente	Ing. Roberto Cadena
Gerente de Operaciones	Ing. Delaskar Morillo	Investigadora	Paola Coque
Coordinadora de calidad	Ing. Sandra Proaño		

Problema	El proceso de producción de queso fresco de 500 gramos da lugar a un peso final del producto no conforme, que supera las normas y causa pérdidas económicas a la empresa.
Objetivo	Disminuir el número de devoluciones del producto terminado por variabilidad de peso, así como también, estandarizar el peso del producto final que comprende una especificación de 498gr a 502gr.
Alcance del Proyecto	Crear un modelo de control de calidad para minimizar los fallos de producción en el área de producción de queso fresco de 500 gr.
Métricas operaciones	Porcentaje de productos devueltos por variabilidad de peso

Plan del proyecto			
Fases	Inicio	Fin	
Definir	18/04/2023	01/05/2023	
Medir	03/05/2023	19/05/2023	
Analizar	22/05/2023	31/05/2023	
Mejorar	01/06/2023	27/06/2023	
Controlar	29/06/2023	14/07/2023	

Nota. Elaboración propia

3.3.9. Descripción de Fase Definir

En base a todos los datos recogidos durante esta fase, se define lo siguiente:

- El producto estrella a mejorar en la investigación es el queso fresco de 500 gr.
- Dado que el peso es el principal motivo de las devoluciones, es la principal característica de calidad (CTQ) que hay que regular.
- El cliente interno declaró que el peso ideal del queso fresco debería oscilar entre 498 y 502 gramos, con una inexactitud máxima admisible de ± 2 .

- Para reducir el porcentaje de devoluciones de los clientes externos, se reducirá la variabilidad del peso del queso fresco de 500 gramos mediante la aplicación de la técnica Seis Sigma en el diseño del modelo de control de calidad.

3.4. Fase Medir

El objetivo de esta fase es evaluar el funcionamiento real del proceso, por lo que se realizan mediciones de las operaciones integradas. A partir de los datos sobre la duración del proceso, la temperatura y el pH, el peso del producto acabado será el principal objetivo de estas mediciones. Se utilizará el software Minitab para realizar los análisis correspondientes una vez medido el proceso en tiempo real.

Para medir el proceso, se hará el uso de una balanza, termómetro, cronómetro, y medidor de pH.

3.4.1. Metodología de medición

Tras medir el peso del producto, se determinó el tamaño de la muestra para una población finita. La dirección de la empresa determinó que la población eran los cuatro lotes de queso fresco producidos, cada uno de los cuales constaba de 1.300 quesos. El resultado de la muestra se muestra en la ecuación 2:

Ecuación 2.

Número de muestras para muestras de lote de producción.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{1300 * 1,96^2 * 0,50 * 0,50}{0,05^2 * (1300 - 1) + 1,96^2 * 0,50 * 0,50} = 306$$

El número de muestras (306), se lo divide para los 4 subgrupos de queso fresco, es decir, la presentación de los distintos pesos (500gr, 750gr, 450gr, 350gr) mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{n}{n'} = \frac{306}{4} = 77$$

En donde n es el número de muestras y n' es el tamaño del subgrupo. Por lo tanto, las muestras a tomar serán de 77 por cada lote de producción, teniendo un total de 308 muestras de queso fresco de 500gr, éstas serán tomadas mediante un muestreo sistemático, como muestra la siguiente fórmula:

$$k = \frac{N}{n} = \frac{1300}{306} = 5$$

Para estudiar el nivel de variación del peso, se midió el peso del producto final, tomando en cuenta parámetros operativos. En la tabla 12, se puede visualizar los resultados de las mediciones por cada lote de producción. Cabe mencionar que el queso fresco tiene una media de 500gr y un error máximo permisible, establecido por la empresa de ± 2 gr.

Tabla 12

Datos de muestreo (variable peso)

<i>Toma de muestras (Peso del producto final)</i>						
<i>N° de muestra</i>	<i>Observaciones</i>				<i>Media</i>	<i>Rango</i>
	<i>Lote 1</i>	<i>Lote 2</i>	<i>Lote 3</i>	<i>Lote 4</i>		
1	505.58	505.81	502.72	505.35	504.87	0.23
2	503.18	505.29	505.84	501.80	504.03	1.38
3	504.30	507.83	501.97	501.77	503.97	2.53
4	503.09	506.27	504.26	501.77	503.85	1.31
5	506.60	505.14	502.24	506.03	505.00	0.58

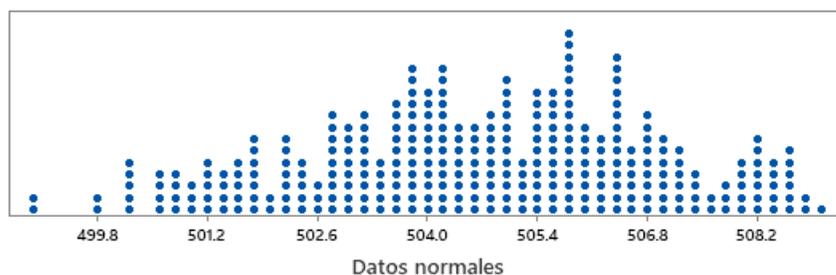
6	507.45	504.62	503.65	506.63	505.59	0.82
7	505.43	506.84	501.25	502.43	503.99	3.00
8	504.09	506.24	508.25	500.70	504.82	3.40
9	507.06	503.55	503.14	505.51	504.81	1.54
10	501.30	505.88	504.66	506.39	504.56	5.09
11	505.67	503.73	504.07	503.75	504.31	1.92
12	501.74	507.18	508.35	505.80	505.77	4.05
13	507.22	504.18	504.25	508.21	505.97	0.99
14	502.77	505.47	505.01	505.67	504.73	2.90
15	503.40	504.97	501.70	499.06	502.28	4.34
16	502.11	506.73	506.34	506.20	505.35	4.09
17	502.96	504.62	505.76	502.62	503.99	0.34
18	503.79	508.13	506.46	505.84	506.05	2.05
19	506.75	500.74	508.59	504.01	505.02	2.74
20	505.81	506.70	506.42	505.55	506.12	0.26
21	508.19	505.77	507.35	507.08	507.10	1.11
22	503.70	504.24	504.25	504.76	504.24	1.05
23	502.24	507.47	502.00	505.02	504.18	2.78
24	506.05	506.35	507.24	508.98	507.15	2.93
25	508.03	503.94	505.89	501.89	504.94	6.14
26	506.51	502.83	503.18	505.86	504.59	0.65
27	508.42	501.16	504.08	503.76	504.36	4.66
28	505.66	507.03	505.04	506.06	505.95	0.40
29	505.13	507.52	504.44	506.31	505.85	1.18
30	505.81	507.17	504.91	508.68	506.64	2.88
31	504.92	508.50	505.06	502.16	505.16	2.76
32	504.66	504.89	503.62	503.36	504.13	1.30
33	500.88	499.04	506.56	502.84	502.33	1.96
34	506.03	503.86	501.52	508.19	504.90	2.16
35	504.10	504.92	503.04	503.06	503.78	1.04
36	503.29	506.28	502.28	502.26	503.53	1.03
37	505.68	503.56	502.46	504.20	503.97	1.48
38	506.91	504.81	500.23	507.11	504.76	0.19
39	506.89	507.40	507.71	505.77	506.94	1.12
40	506.10	501.38	506.90	506.45	505.21	0.36
41	500.59	504.80	504.15	500.16	502.43	0.43
42	507.95	500.60	501.34	502.90	503.20	5.05
43	504.11	504.38	505.70	505.58	504.94	1.47

44	501.63	502.96	506.06	504.81	503.86	3.19
45	503.88	500.23	502.90	507.64	503.66	3.76
46	504.99	503.44	504.11	504.34	504.22	0.65
47	501.13	503.80	504.13	504.82	503.47	3.69
48	503.79	506.42	508.54	504.53	505.82	0.74
49	502.68	504.58	501.72	502.75	502.93	0.06
50	506.16	501.54	506.46	499.79	503.49	6.37
51	503.98	502.74	506.24	504.40	504.34	0.42
52	502.23	507.12	501.06	503.34	503.44	1.11
53	501.04	503.75	501.35	503.61	502.44	2.57
54	506.80	504.97	503.97	504.41	505.04	2.39
55	502.92	508.61	500.89	504.69	504.28	1.78
56	499.79	503.18	503.89	507.08	503.49	7.29
57	500.27	504.24	504.86	506.91	504.07	6.64
58	507.07	505.40	505.78	504.90	505.79	2.17
59	506.58	503.10	502.49	508.28	505.11	1.69
60	500.80	503.06	503.67	508.63	504.04	7.83
61	501.21	503.29	503.21	503.87	502.90	2.66
62	505.30	504.83	503.72	507.80	505.41	2.50
63	503.69	505.50	506.38	501.39	504.24	2.30
64	503.03	508.78	505.65	503.50	505.24	0.47
65	505.33	503.51	505.42	506.71	505.25	1.38
66	504.43	506.08	505.37	506.75	505.66	2.32
67	505.72	502.62	508.37	504.01	505.18	1.71
68	505.15	505.60	505.31	501.74	504.45	3.41
69	504.45	505.78	506.49	504.25	505.24	0.20
70	500.57	501.02	503.62	502.31	501.88	1.75
71	508.67	506.01	502.46	506.72	505.96	1.95
72	506.23	505.05	508.35	506.40	506.51	0.17
73	507.97	504.53	505.36	505.64	505.88	2.33
74	503.17	507.92	501.58	508.22	505.22	5.05
75	507.97	503.69	508.75	503.97	506.10	4.00
76	504.71	506.46	504.24	502.85	504.56	1.86
77	504.03	500.29	505.35	505.29	503.74	1.26

Mediante una gráfica de puntos, se visualiza brevemente, que el peso del producto terminado está por encima de la media establecida. En la figura 15, se observa el resultado:

Figura 15.

Gráfica de puntos del peso de producto terminado



Nota. La figura muestra los pesos tomados en cada lote de producción. Fuente: Minitab.

En la tabla 13 se resume, el resultado de la media de las muestras reales del proceso, así mismo, se muestra los límites reales encontrados y los límites de especificación que debería regirse la empresa, de esta manera se realiza una comparación de ambos límites para determinar la variabilidad del peso.

Tabla 13

Índices de capacidad del proceso

Datos para análisis del proceso	
Media	504.65
Desviación estándar	2.19
Promedio de Rango	2.3
Límites reales del proceso actual	
N (población)	308
LRS (Límite real superior)	511.37
LRI (Límite real inferior)	497.94
Límites de especificación establecidos	
Especificación superior	502 g
Valor nominal	500 g
Especificación inferior	498 g

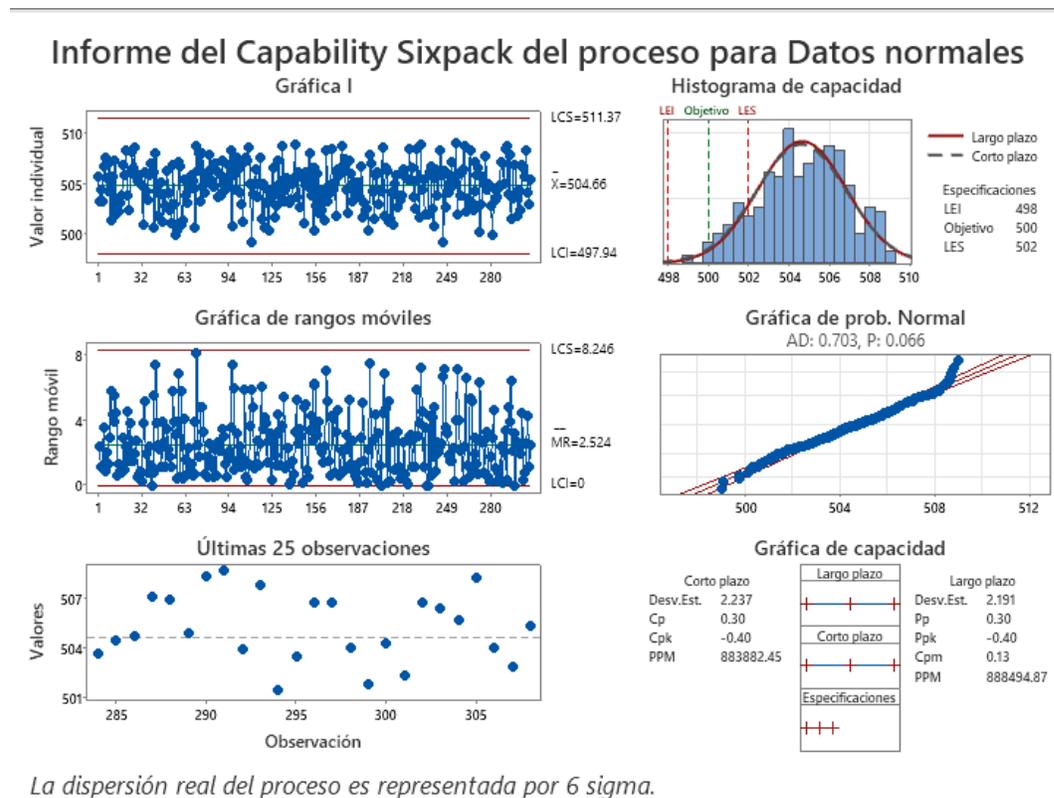
Nota. Elaboración propia.

Con la ayuda del software Minitab, se creará un informe de capacidad de seis envases para el proceso con el fin de analizar los índices de capacidad. La aplicación analiza estadísticamente el proceso actual, y los resultados se utilizarán para buscar formas de mejorar el proceso de fabricación del queso.

La figura 16, muestra el histograma de capacidad, la gráfica de probabilidad y la gráfica normal, en el cual se observa los índices a corto y largo plazo.

Figura 16.

Índices de capacidad del proceso



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Nota. La figura muestra la capacidad real del proceso. Fuente: Minitab

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los índices a corto y largo plazo obtenidos del procesamiento de datos:

Tabla 14.

Índices de capacidad del proceso

Corto plazo		Largo plazo	
Cp	0.30	Pp	0.30
Cpk	0.40	Ppk	0.40
PPM	883 882.45	Cpm	0.13
		PPM	888 494.97

Nota. Elaboración propia. Fuente: Minitab.

La tabla 14 indicó la capacidad potencial del proceso (Cp.) es de 0,30, lo que corresponde a la categoría 4, en el Anexo 2 se observa detalladamente la interpretación del índice Cp. Como resultado, se determina que el proceso no es apto para el uso previsto; debe realizarse un análisis del proceso e introducir cambios para proporcionar el nivel de calidad deseado.

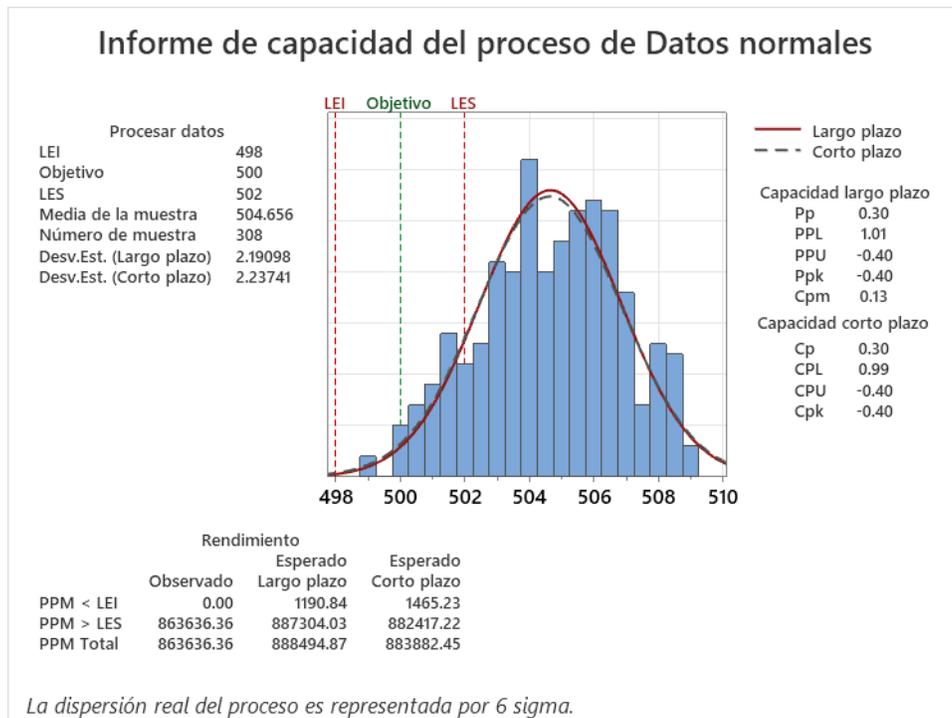
Contrastando lo anterior mencionado, se observa que el índice a corto plazo \hat{C}_{pk} es de 0.40 y el índice a largo plazo \hat{C}_{pm} , es de 0.13, ambos menores que 1. Como el proceso no está centrado, se confirma que no se ajusta al pliego de condiciones.

El procedimiento se representa visualmente en la figura 17, que también muestra que la distribución de los datos está sesgada a la derecha, lo que indica que la mayoría de las muestras son mayores que el peso predeterminado.

Es importante señalar que la industria ha especificado límites de control inferior y superior como medida de control. Como resultado, nos ayudan a crear quesos que se adhieren a la especificación sirviendo como línea de base y punto de referencia.

Figura 17.

Diagrama de capacidad de la muestra estudiada



Nota. La figura muestra que el proceso no está centrado con la media establecida. Fuente: Minitab

3.4.2. Nivel Sigma

Para calcular el nivel sigma del proceso se lo realiza de la siguiente manera:

Nivel Sigma: $Cpk \times 3$

Nivel Sigma: $0.40 \times 3 = 1.20$

Esto indica que la ejecución del proceso provoca una serie de problemas durante el funcionamiento, lo que dará lugar a una producción inferior a las normas. En el anexo 4 se indica que, en este momento, hay 690.00,00 fallos por millón de oportunidades, es decir, el 30,85% de los artículos cumplen las especificaciones.

3.4.3. Descripción Fase Medir

A partir de los datos recogidos durante esta fase, se define lo siguiente:

- El método actual de fabricación de queso de 500 gramos carece de estabilidad debido a su alto grado de imprevisibilidad.
- El valor del C_p es de 0.30, el cual es muy bajo para satisfacer un proceso eficiente.
- El nivel sigma actual es de 1.22, el porcentaje fuera de las especificaciones es de 69.15%.

3.5. Fase Analizar

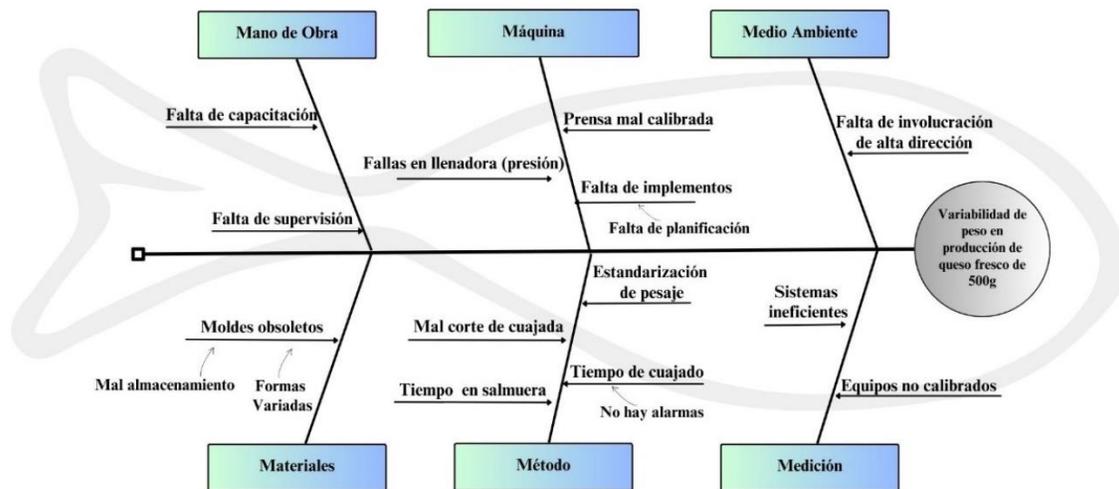
Se crea un diagrama de Ishikawa para enumerar todas las posibles causas del principal problema del proceso de fabricación, y se utilizan una matriz de Vester y un diagrama de Pareto para clasificar estos problemas por orden de importancia.

3.5.1. Diagrama Causa-Efecto

Con el objetivo de examinar de manera breve los resultados obtenidos, se realiza el diagrama Ishikawa, en la figura 18 se evidencian las diferentes causas de variabilidad de peso del producto enfocada en las 6M.

Figura 18.

Diagrama Causa-Efecto sobre variabilidad de peso



Nota. Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.1. Análisis de causas

Mano de obra: El proceso de producción no cuenta con líderes de cada área, además no se realiza de manera precisa el control del peso del producto durante el proceso, debido a que no cuentan con el tiempo necesario para realizar dichas inspecciones. Además, varios de los operadores no conocen de manera precisa las actividades a realizar en cada área. Por lo tanto, es necesario eliminar acciones innecesarias por parte de los operarios para destinarlo a medir el producto durante su proceso de fabricación. La formación de los operadores debe ser organizada por la alta dirección.

Máquina: Las máquinas designadas para el llenado de los moldes, no son controladas adecuadamente y no tienen un correcto mantenimiento. Por lo tanto, son causas críticas para el proceso de moldeado.

Medio Ambiente: Se debe implementar la mejora continua para todo el personal, incluyendo la planta de producción.

Materiales: Los moldes para realizar el queso de 500gr no se encuentra estandarizados, puesto que algunos de estos se encuentran en mal estado y ocasiona que los pesos de llenado no sigan las mismas especificaciones.

Método: Los operadores realizan sus actividades por la experiencia, es decir que no hacen uso de herramientas que les permitan estandarizar las actividades. Todos los procesos son fundamentales, para determinar el peso final del producto, por lo que requieren alarmas exactas, tiempos establecidos y medidas controladas. Por lo tanto, se deben ajustar todas las operaciones.

Medición: No existe un control del peso durante el proceso, que asegure que el producto terminado se encuentre dentro de los límites de especificación. Además, existen equipos, como la llenadora y el sellador, que no son calibrados con frecuencia y no tienen la precisión adecuada.

3.5.2. Matriz Vester

La siguiente matriz permite priorizar los problemas presentes. Básicamente enfrenta problemas (variables) entre sí y se basa en criterios de calificación, de esta manera se obtiene que 0 es una muy baja relación y 3 es muy alta relación entre las causas (**Empresa, 2023**).

Tabla 15.

Matriz Vester

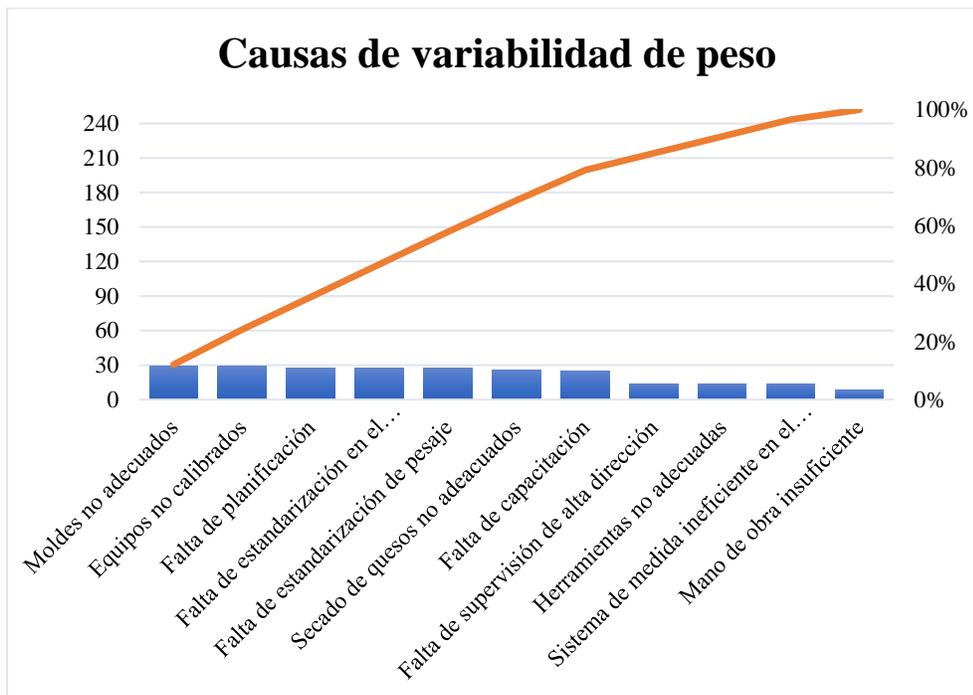
Código	Defectos	MOI	FC	FS	HNA	FCM	MNA	FEC	FEP	EMNC	FTP	SIP	Total
MOI	<i>Mano de obra insuficiente</i>		2	3	2	3	1	3	3	2	3	2	25.00
FC	<i>Falta de capacitación</i>	3		0	0	2	0	0	0	2	0	1	8.00
FS	<i>Falta de supervisión de alta dirección</i>	2	3		1	1	1	0	1	2	1	2	14.00
HNA	<i>Herramientas no adecuadas</i>	1	0	1		1	1	3	3	1	1	2	14.00
FCM	<i>Falta de planificación</i>	3	2	3	2		2	3	3	3	3	3	27.00
MNA	<i>Sistema de medida ineficientes en el pesado</i>	0	1	3	1	1		2	2	2	1	1	14.00
FEC	<i>Falta de estandarización en el tiempo de cuajado</i>	2	2	2	3	3	3		3	3	3	3	27.00
FEP	<i>Falta de estandarización de pesaje</i>	1	2	3	3	3	3	3		3	3	3	27.00
EMNC	<i>Moldes no adecuados</i>	2	3	3	3	3	3	3	3		3	3	29.00
FTP	<i>Falta de tiempo para pesar</i>	3	2	3	2	3	2	2	3	3		3	26.00
SIP	<i>Equipos no calibrados</i>	1	3	3	3	3	3	3	2	2	3		29.00
TOTAL													240

Nota. Elaboración propia

La figura 19, resume el resultado de la Matriz Vester, en la cual se evidencia, los problemas potenciales de la variabilidad de peso. El Anexo 3, muestra el porcentaje que presenta cada causa.

Figura 19.

Diagrama de Pareto causas de variabilidad de peso



Nota. Elaboración propia

3.5.3. Descripción de las causas

Moldes no adecuados: Los moldes actuales que posee la empresa, están deteriorados debido al uso constante, no han existido renovaciones de estos, lo que ocasiona que la cantidad establecida de cuajo no sea el adecuado.

Equipos no calibrados: La máquina de moldeo y pesaje requieren ser calibrados durante determinado tiempo para que no exista fallas en el pesaje.

Falta de planificación: No existe una adecuada planificación de las actividades que se deben realizar en el proceso.

Inconsistencia de las normas sobre el tiempo de cuajado: Menor rendimiento de los lotes de producción debido a una menor formación de cuajada, afectando la consistencia del producto final.

Falta de estandarización de pesaje: No pesan el producto en procesos previos al empaquetado al final, por lo que no se tiene una estandarización del peso, ni del proceso.

Falta de capacitación: Los operarios no están capacitados para realizar ciertas actividades de los distintos procesos y desconocen de las actividades reales de cada área.

3.5.4. Descripción de Fase Analizar

En resumen, las principales razones de variación del producto acabado en esta fase son las siguientes:

- Operarios que no han recibido la formación adecuada.
- Actividades inadecuadamente definidas para llevar a cabo los procedimientos.
- Ausencia de liderazgo de grupo en el lugar de trabajo.
- Herramientas de moldeo inadecuadas para el trabajo.
- Ausencia de planificación de las actividades.
- Inconsistencia en el tiempo y peso de cuajado.

Es crucial señalar que la mayoría de los problemas pueden resolverse reforzando la coordinación entre procesos y los conocimientos técnicos de los operadores. De ello se derivarán cambios sostenibles a largo plazo.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA DE MEJORA

Los empleados y trabajadores tienen la oportunidad de participar en el diseño de la mejora a través del modelo DMAIC. Esto permite reducir los defectos o fallos del proceso, aumentar los beneficios de la empresa, mejorar su competitividad y fortalecer su cartera de clientes.

4.2. Fase Mejorar

Los ajustes del proceso se realizan para aumentar el rendimiento de los lotes de producción cuando se han identificado problemas que afectan directamente a la variación del producto.

4.2.1. Control de tiempo de los procesos

En la actualidad, los operadores controlan el tiempo de cada actividad mediante un reloj de pared o por su experiencia. Esta acción se considera muy crítica ya que no aportan de manera adecuada al proceso, provocando la variabilidad de tiempos y alterando ciertos procesos.

Se propone que los procesos y actividades, sean medidas mediante cronómetros, que son más exactos en la toma de tiempos, y además implementar alarmas auditivas y visuales para tener un mejor control de tiempo en cada proceso, mencionando que el tiempo es una variable crítica que debe ser controlada.

Cada vez que se modifica una actividad, el cronómetro se pone en marcha, lo que permite a los operarios cronometrar cada procedimiento y registrarlo en una hoja de control de la producción real.

4.2.2. Capacitaciones para conocer el proceso

La producción de queso fresco carece de una metodología. Como consecuencia, la mayoría de los empleados desconocen las tareas que debe incorporar cada proceso y las acciones cruciales para la calidad, incluidas las medidas de control, que conducen a la modificación de procesos específicos.

Por tal razón, se inicia un plan de capacitaciones enfocada en impartir módulos de aprendizaje a los operadores, de esta manera conocerán las actividades que integran cada proceso y puedan controlarlo de mejor manera. Cabe mencionar que, mediante los diagramas de flujo, los operarios pueden añadir actividades que ellos consideren oportunos y que no se hayan tomado en cuenta, de esta manera quedará mejor consolidado cada proceso.

Se prevé que los operadores conozcan los procedimientos y se atengan a los controles necesarios en cada uno de ellos. Los objetivos de la formación son:

- Aumentar la productividad en el trabajo.
- Para mejorar su rendimiento, fijar objetivos operativos a corto y medio plazo.
- Ofrecer comentarios sobre las tareas que deben completarse y reconocer el trabajo excelente.
- Elevar la calidad del producto racionalizando el proceso de fabricación.

4.2.3. Asignar líderes de área

Se deben asignar líderes en cada área de producción, así se podrá controlar las actividades que se deban realizar en cada proceso y los trabajadores integrarán sus habilidades y conocimientos para generar resultados favorecedores.

Es importante señalar que los líderes tendrán diversas tareas, como medir su rendimiento, inspirar al personal, proponer mejoras y debatir los problemas cotidianos.

4.2.4. Motivación al personal

Para mejorar este aspecto, se ha integrado un plan de sugerencias, el cual se basa en la metodología Kaizen, esta sugiere tomar en cuenta las propuestas del personal, mismas que ayuden a generar soluciones a los problemas planteados.

Para animar a los funcionarios a ofrecer sugerencias creativas para mejorar los procesos, también se ha puesto en marcha un plan de incentivos.

4.2.5. Soluciones para disminuir el porcentaje fuera de las especificaciones

Entre las posibles alternativas para solucionar la variabilidad de peso y que cumplan las especificaciones establecidas, se mencionan:

Calibración de equipos: Se requiere que las máquinas sean ajustados y calibrados para lograr menos variabilidad en las mediciones.

Verificar tamaño de los moldes: Se observó que los moldes tienen mucha variabilidad debido al uso y mal trato que se le da. Por lo tanto, se deberían renovar los moldes, de manera que todos cumplan con la especificación establecida de llenado.

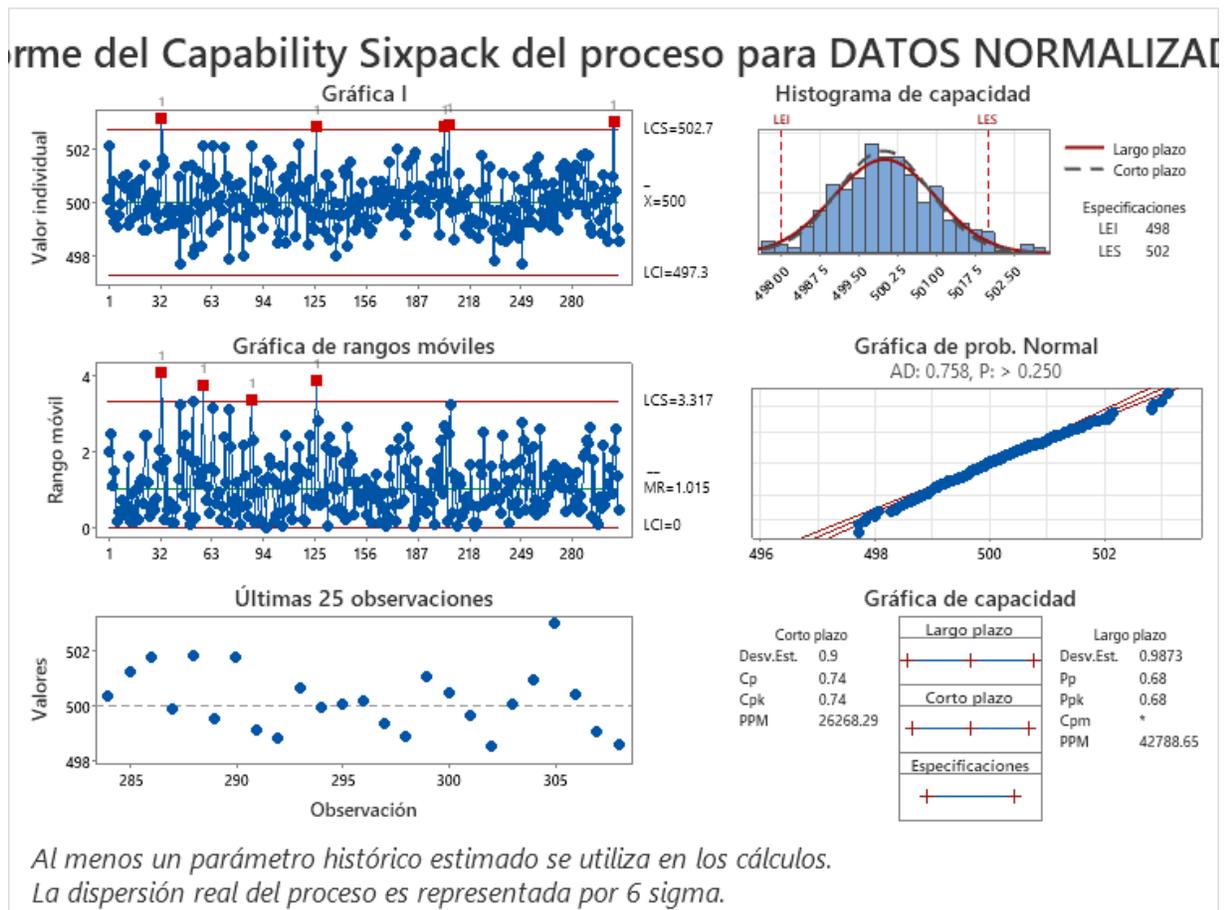
4.2.6. Análisis del proceso mejorado

Se prevé que los lotes de producción se comporten de forma más estable una vez implantadas las modificaciones. En el pasado, la variación entre lotes era considerable y la media de productos defectuosos era de 504 gramos. En la figura 20 se muestra una proyección

de los datos estables que cumple los requisitos necesarios. La media se inclina ahora hacia el centro de los límites y su capacidad ha aumentado a 0,74 desde su tendencia inicial a situarse cerca del límite superior.

Figura 20.

Capacidad del proceso después de la mejora



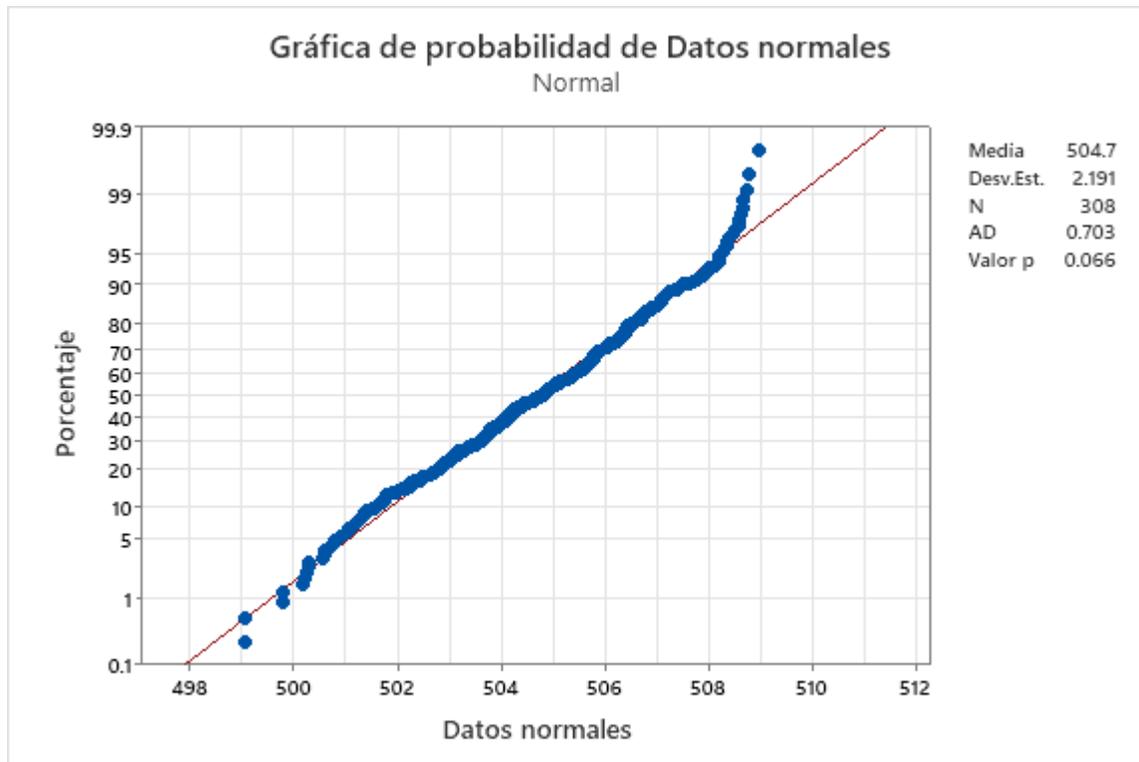
Nota. La figura muestra el proceso productivo centrado dentro de los límites de especificación.

Así como la capacidad, la probabilidad de producir quesos con los pesos dentro de los límites de especificación también aumentó. La figura 21, muestra la probabilidad de producir quesos según lo requerido. Esto indica que los lotes se distribuyen normalmente, lo que

garantiza niveles modestos de varianza en los quesos. Mediante este análisis se comprueba que las mejoras sugeridas, tienen un alto impacto en el resultado del proceso.

Figura 21.

Probabilidad del peso después de la mejor



Nota. La figura muestra la distribución normal de los pesos. Fuente: Minitab

4.2.7. Plan de mejora

En base a las mejoras propuestas se genera el siguiente plan, que tiene como objetivo lo siguiente:

- Perfeccionar el conocimiento de los operarios y fortalecer sus habilidades personales.
- Generar conocimiento sobre los procesos de las distintas áreas de la industria.
- Evaluar cada comportamiento y medir el rendimiento del procedimiento.

- Proponer soluciones de mejora.

En el Anexo 6 se encuentra detallado el plan de mejora del proceso y para el desempeño.

4.2.8. Descripción de la Fase Mejorar

Las mejoras que afectarían al proceso de producción se desarrollaron teniendo en cuenta las circunstancias existentes en la empresa. A continuación, se exponen los detalles de cada una de estas mejoras:

- Los empleados estarán muy bien informados sobre las operaciones de la instalación.
- Para abordar el problema de la fluctuación del peso, se sugiere mejorar las actividades de control de la producción.
- La creación de un programa de recogida de datos que haga la información más accesible a todos.
- Un plan de formación e incentivos que mejore la pericia de los operarios.
- Potenciar la coordinación entre áreas y el liderazgo que deben poseer los responsables de cada una de ellas.
- Proporcionar los recursos necesarios a las distintas áreas para maximizar las operaciones.

4.3. Fase Controlar

Para garantizar que las medidas correctoras sean sostenibles a largo plazo, en esta fase se evalúan las medidas de control que serán necesarias. Los planes de control se diseñan para mejorar el proceso y normalizar tareas específicas que contribuyen a su valor global. Esto garantiza que las mejoras tendrán un efecto beneficioso a largo plazo.

4.3.1. Plan de capacitaciones

La formación de los empleados da lugar a una transformación a largo plazo porque, al desarrollar este tipo de desarrollo, la cultura de los empleados es un componente crucial.

Para realizar las capacitaciones se debe establecer una plantilla para solicitar la misma, el cual debe cumplir con un índice de medida, para que la empresa evalúe si se ha cumplido con el objetivo. Las capacitaciones cumplirán los siguientes parámetros:

- Serán realizadas en un período de 40 minutos por cada sesión, en los cuales se explicará la importancia de los controles de calidad durante el proceso
- Se realizará una retroalimentación por cada sesión.
- Se realizarán reuniones mensuales para realizar una evaluación de los temas impartidos.

Los trabajadores que demuestren su conocimiento recibirán incentivos pequeños que no representen gastos a la empresa.

En el Anexo 5 se observa un plan de capacitaciones orientadas a mejorar el conocimiento de los operarios sobre el proceso existente en la línea de producción.

4.3.2. Plan de control de la producción

Es crucial medir factores como la temperatura, el pH y el tiempo durante el proceso de producción. Por consiguiente, es necesario rellenar un formulario conocido como control de producción para controlar estas métricas. La alta dirección y el jefe de producción pueden vigilar el trabajo y determinar si la producción se desarrolla según lo previsto de este modo.

4.3.3. Planificación

Para controlar la planificación de los departamentos y evaluar los resultados, es necesario celebrar reuniones mensuales. Corresponde a cada sector elegir cuáles son sus objetivos a corto y largo plazo.

4.3.4. Plan de Control

Se ha desarrollado un marco para la gestión periódica del peso de los quesos, la contabilización de los datos del proceso, los protocolos de medición y muestreo y los planes de respuesta necesarios. Es factible seguir mejorando la variedad de productos con este formato (Orejuela, 2010).

Tabla 16.

Control periódico para medir peso

Control para variabilidad de producto terminado			
Producto:	Queso fresco 500gr		Coordinadora de calidad: Ing. Sandra Proaño
Proceso:	Fabricación queso fresco	Responsable:	
Proceso			
<i>Proceso</i>	<i>Qué controlar</i>	<i>Clave</i>	<i>Entrada/Salida</i>
Sella	Pesos de los quesos	Si	Salida
Proceso de medición			
<i>Límites de especificación</i>	<i>Método de medición</i>	<i>Lugar</i>	<i>Método de control</i>
(498-502) gramos	Báscula en el área de sellado	Quesera	Carta de control
Muestreo			
<i>Tamaño de la muestra</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Quién lo mide</i>	
77 unidades	Cada 5 bandejas	Operarios de la selladora	
Toma de decisiones			
<i>Dónde se registra</i>	<i>Acción correctiva</i>		<i>Número de documento</i>
Registro de pesos	Se debe verificar la velocidad de descarga de la selladora y la distribución adecuada de la cuajada. Una vez corregido se debe realizar una muestra de cinco productos en la línea de		QF-001

producción, si el problema se mantiene, informar
a coordinadora de calidad.

Nota. Elaboración propia.

A continuación, la tabla 17, muestra detalladamente el plan de control para proceso:

Tabla 17.

Plan de control

Proceso	Característica de operación	Característica de control	Especificación de control	Frecuencia de control	Acciones correctivas	Entregables
Acidificar leche	Mide temperatura previa a los aditivos	Temperatura	Medir temperatura antes de poner aditivos	Previo a añadir los aditivos	Se debe aumentar la temperatura para alcanzar especificaciones.	Hoja de control de la producción, especificando la temperatura y pH de materia prima.
	Mide pH de materia prima	pH	Calcular pH correcto antes de aditivos		Calcular el tiempo de acidificación.	
	Mide el pH a lo largo de las operaciones para comprobar las especificaciones esperadas.	pH	Medir el pH a lo largo de las operaciones para corroborar que sea la ideal para cada proceso.	Cada 2 minutos después de añadir los aditivos	Seguir con el proceso hasta alcanzar los requerimientos establecidos.	Hoja de control de la producción con el pH de la muestra.
Coagular la leche	Controla la temperatura antes de coagulación	Temperatura	Medir la temperatura para añadir al cuajo	Cada producción previa a la coagulación	Aumentar la temperatura de la leche hasta llegar al estándar	Hoja de control de la producción. Temperatura estándar
	Controla el pH antes de la coagulación	pH	Medir el pH antes de inocular para asegurar que esté dentro de los parámetros		Mantener la leche en reposo hasta alcanzar el estándar.	Hoja de control de producción con pH establecido
Cortar la cuajada	Cortar la cuajada acorde a tamaño especificado con liras de acero inoxidable.	Tiempo del proceso	Realizar la actividad de manera minuciosa.	Cada vez que se produce el queso	Disminuir el tiempo de corte.	
	Estandarizar el tamaño de los granos	Tamaño de los cubos	Medir el tamaño de los granos.	Al realizar el corte de la cuajada.	Estandarizar el tamaño ideal del grano de 1.5 x 1 cm En caso de no cumplir el tamaño	Especificar el tamaño en la hoja de control

					especificado, realizar el corte en el proceso de batido.	
Moldeado de queso	Mide el molde los quesos de 500gr	Tamaño de quesos	Establecer los moldes antes del proceso.	Cada producción después de corte de cuajada.	En caso de no cumplir con las especificaciones realizar cambio de moldes. Los moldes deben cumplir las dimensiones de 11 x 11 x 8 cm. Verificar velocidad de la llenadora.	Hoja de control con especificación de tamaño de moldes.
Prensado de quesos	Mide el tiempo y presión de prensado	Tiempo Presión aplicada	Calcular presión de prensado y el tiempo designado	Cada producción después de moldeado de queso.	Calibrar máquina para cumplir un prensado progresivo, con una presión ligera de 1.5 a 2 kg. Tomar el tiempo del proceso para no excederse de los límites. Tiempo de prensado 20 min	Hoja de control con la toma de tiempos y frecuencia de calibración de la máquina de ser el caso
Salado de queso	Mide la cantidad de sal de los quesos	Nivel de salinidad Tiempo en Salmuera	Medir la cantidad de sal y el tiempo en la salmuera.	Cada producción, después de prensado de queso.	Disminuir o aumentar la cantidad de sal dependiendo del caso. Dejar el tiempo de 2h en salmuera a temperatura de 20-22°Baume Tomar muestras de quesos para verificar el peso.	Hoja de control con muestra de salinidad
Empacado	Estandariza el peso de los quesos	Peso del queso	Medir el peso del producto terminado.	Cada producción después del proceso de sellado.	Verificar la variabilidad del peso. El peso ideal para cada queso empacado es de 498 a 502 gr. En	Hojas de control con los pesos registrados.

caso de exceder
verificar hojas de
control de procesos
previos para corregir
el problema.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Análisis económico

La tabla 18 detalla la pérdida económica por cada lote de producción, en el cual se ha hecho el análisis en base a las 77 muestras tomadas por cada lote y el número de unidades perdidas. Se registra los gramos perdidos en cada lote y se los transforma a unidades.

Tabla 18.

Análisis económico

<i>Productos con alto peso según su lote</i>				
Tamaño por lote	77		Costo queso mercado	3.85
N° de lote	1	2	3	4
Unidades perdidas	5	2	1	3
<i>Análisis Económico</i>				
<i>Venta ideal</i>	77	77	77	77
<i>Pérdida en gr de cada lote</i>	2 360	750.96	716	1 131.99
<i>Unidades reales vendidas</i>	72	75	76	74
<i>Venta ideal (77 unidades)</i>	\$ 296.45			
<i>Venta real</i>	\$ 277.20	\$ 288.75	\$ 292.60	\$ 284.90
<i>Pérdida económica por lote</i>	\$ 19.25	\$ 7.70	\$ 3.85	\$ 11.55
<i>Total, pérdida por día</i>	\$ 42.35		Total, pérdida por 2 días de producción	\$84.70
<i>Total, pérdida económica anual</i>	\$ 1,016.40			

Nota. Elaboración propia

Se concluye que la pérdida económica anual es de \$ 1, 016. 40 cabe mencionar que el cálculo analizado es en base a la muestra tomada durante el estudio y los datos remitidos por la empresa, es decir que, tomando en cuenta la población de 1300 quesos por lote, la pérdida dependerá de la cantidad de gramos perdidos y transformados a unidades.

CONCLUSIONES

- Las necesidades solicitadas por el cliente externo se detectaron mediante la recopilación de información bibliográfica relativa a la técnica Seis Sigma, lo que permitió a la organización describir el proceso que debía mejorarse para satisfacer las expectativas del cliente. La recopilación de información sirvió de base para el diseño del sistema de control de calidad.
- Se completó el diagnóstico situacional de Producto Lácteos S.A. y se determinó el comportamiento actual de la empresa mediante un análisis estadístico, con ayuda del software Minitab, se reveló que el proceso está sesgado a la derecha, lo que significa que no existe estabilidad en el proceso actual de fabricación de queso de 500g debido a su alto nivel de variabilidad. Asimismo, se identificó un proceso deficiente con un índice de capacidad de 0,30. Finalmente, se determinó que 1,22 era el umbral sigma actual.
- Se diseñó un plan de control con el objetivo cumplir los requerimientos de cada operación, en el cual se estableció que entre las medidas más críticas es calibrar la máquina de llenado, es decir que cumpla la presión requerida, adquirir nuevos moldes para el proceso productivo de queso de 500gr, realizar capacitaciones para los operarios y estandarizar el pesaje del queso durante el proceso. Así mismo, se realizó una proyección de datos normalizados para la empresa, en el cual se obtuvo que el índice Cp aumentó a un 0.74, ubicando a la industria en un nivel sigma 3, es decir que cumple las especificaciones requeridas en un 93.3%.

RECOMENDACIONES

- Dado que la investigación se limitó a la variabilidad del peso, se debe ampliar el estudio de las demás características de calidad importantes (CTQ) que no se incluyeron en este proyecto para que la organización pueda tener un mejor control estadístico de estos factores.
- Mantener un sistema de control de las operaciones de manera que sea comprendida tanto por los operarios como la alta dirección y sean analizados frecuentemente. Para ello, se deben realizar cartas de control que son herramientas prácticas para comprender si los procesos están fuera de los límites de especificación.
- Realizar la mejora continua mediante el sistema Kaizen para obtener mejoras a largo plazo y tomando en cuenta las necesidades en la planta de producción.

REFERENCIAS

- Álvarez, R., & Reboza, L. (2004). *Calidad y Competitividad. La Administración y la Calidad*.
https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/2004/1_2004.pdf
- Arias, L., & Portilla, L. C. (2008). Aplicación de Six Sigma en las organizaciones. *Scientia et Technica*, 14(38), 265-270. Dialnet-AplicacionDeSixSigmaEnLasOrganizaciones-4749546%20(2).pdf
- Barbosa, Z. (2012). *A Review of Transactional Lean Six Sigma*.
- Bernabeu, E., Sellés, M., & Gisbert, V. (2012). Los gráficos de control por atributos. *Innovación y Desarrollo, S.L.*, 2-9. https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/2.-Graf_Atributos.pdf
- Betancourt, D. (2016). *Cómo hacer un gráfico de control: Ejemplo resuelto en calidad*.
<https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>
- Bondarenko, N. (2007). Acerca de las definiciones de la calidad de la Educación. *Artículos Arbitrados*(39), 613-621. <https://ve.scielo.org/pdf/edu/v11n39/art05.pdf>
- Burgasí, D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *TAMBARA*(84), 1212-1230. https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf

- Cabezón, S. (2014). *Control de Calidad en la Producción Industrial*.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/13153/TFG-I-174.pdf;jsessionid=395F4FE3D6AF740E1D429BF116FE320A?sequence=1>
- Carro, R., & González, D. (2012). *Administración de la Calidad Total*.
https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1614/1/09_administracion_calidad.pdf
- Cerveró, F. (2012). *Implementación de la filosofía Six Sigma en la construcción*. Universidad Politécnica de Valencia.
<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18241/TFM%20SIX%20SIGMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cheng, C., & Kuan, C. (2012). Research on product reliability improvement by using DMAIC process. *Asian Journal on Quality*, 13(1), 67-76.
- CIL ECUADOR. (9 de Diciembre de 2021). *Centro de la Industria Láctea del Ecuador*.
<https://www.cil-ecuador.org/post/el-sector-l%C3%A1cteo-ecuatoriano-se-reactiva-con-miras-positivas-para-el-2022#:~:text=La%20actividad%20de%20la%20industria,relaci%C3%B3n%20a%20septiembre%20de%202020>.
- Cubillos, M., & Rozo, D. (2009). El concepto de calidad: Historia, evolución e importancia para la competitividad. *Revista de la Universidad de La Salle*(48).
- de la Lama, P., de la Lama, M., & de la Lama, A. (2022). Los instrumentos de la investigación científica. Hacia una plataforma teórica que clarifique y gratifique. *Investigación en*

<https://doi.org/https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.18.403>

de Souza, I. (20129). *Descubre qué es el diagrama de Pareto y sus múltiples utilidades.*

Díaz, G., & Salazar, D. (2021). La calidad como herramienta estratégica para la gestión empresarial. *Podium(39)*, 19-36.

Empresa, I. (2023). *Matriz de vester para la priorización de problemas.*
<https://www.ingenioempresa.com/matriz-de-vester/>

Enciclopedia Significados. (7 de diciembre de 2021). *Calidad.*
<https://www.significados.com/calidad/>

Fuentes, P. (2022). MINITAB. *Revista de investigación educativa, RIE*, 7(14), 83-88.

Garza, R., González, C., & Rodríguez, E. H. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la empresa*, 22, 19-35.
<https://www.redalyc.org/pdf/2331/233148815002.pdf>

Gerges, M. (30 de Abril de 2020). *Izertis.* <https://www.izertis.com/es/-/blog/lean-six-sigma-una-metodologia-aplicada-a-procesos-reales>

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma.* McGRAW-HILL, Editores S.A. <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>

Hernández, H., & Reyes, P. (2007). *Capacidad y Desempeño del Proceso.*

Herrera, R., & Fontalvo, T. (2006). *Seis Sigma: métodos estadísticos y sus aplicaciones*. Colombia. http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55821.pdf

INEN . (2012). *Productos empaquetados o envasados. Error máximo permisible*.

INEN . (2015). *Leche cruda. Requisitos*.

INEN. (2012). *Leche pasteurizada. Requisitos*.

INEN. (2012). *Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos*.

INEN. (2015). *Productos empaquetados o envasados. Error máximo permisible*.

INPROLAC S.A. (2023). *Inprolac S.A.* <https://inprolac.com.ec/somos-inprolac/>

International Lean Six Sigma. (26 de febrero de 2023). *Herramientas de Lean Six Sigma para la mejora continua*. <https://internationalleansixsigma.org/las-principales-herramientas-de-lean-six-sigma/>

Jácome, E. (2015). *Implementación de la metodología DMAMC en la empresa INPROLAC S.A. en la línea de producción de queso fresco de productos DULAC'S para el mejoramiento de proceso y la de la productividad*.

Lee, K., Tai, C., & Sheen, G. (2013). Using LSS to improve the efficiency and quality of a refund process in a logistics center. . *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(4), 409-424.

Mishra, P., & Sharma, R. (2014). A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network. *International Journal of Quality and Reliability Management.*, 31(5).

- Monje, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Neiva.
<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. I. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *Innovación y Desarrollo*, 73-80.
<https://doi.org/https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/metodologia-e-implementacion-six-sigma/>
- Norma INEN. (2015). *Leche cruda. Requisitos*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/9-5.pdf>
- Orejuela, C. (2010). “*Elaboración de un Plan de Control de Procesos Operativos en Empresas Industriales*”.
- Pascal, O., Pelayo, M., Serra, D., & Casalins, M. (2010). *Introducción a la Ingeniería de la Calidad*. <https://docplayer.es/79924278-Introduccion-a-la-ingenieria-de-la-calidad.html>
- Pérez, M., Peláez, J., & Carrión, A. (2021). La capacidad de procesos como métrica de calidad para características cualitativas. *Universidad Politécnica de Valencia España*.
https://www.rlcu.org.ar/recursos/ponencias_IX_encuentro/Perez_Urrego_Pelaez_Zuniga_Carrion_Garcia.pdf
- QuestionPro. (2024). *Investigación mixta. Qué es y tipos que existen*.
<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/>
- Ray, S., & John, B. (2033). Lean Six-Sigma application in business process outsourced organization. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 371-380.

Real Academia Española. (2023). *RAE*. <https://dle.rae.es/calidad>

Reyes, L., & Carmona, F. (2020). *Investigación documental*. <https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6630/La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20para%20la%20compresi%C3%B3n%20ontol%C3%B3gica%20del%20objeto%20de%20estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20>

Ribas, E. (agosto de 2022). *IEBS*. Qué es Six Sigma: la metodología para mejorar los procesos de una empresa: <https://www.iebschool.com/blog/metodologia-six-sigma-mejorar-procesos-empresa-tecnologia/>

Rodriguez, J. (29 de octubre de 2019). *Consulting Group*. <https://spcgroup.com.mx/dmaic-las-5-fases-para-la-mejora-de-los-procesos/>

Rodriguez, J. (4 de noviembre de 2021). *Blog Hubspot*. Qué es el control de calidad y para qué sirve: <https://blog.hubspot.es/sales/control-de-calidad>

Senplades. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/siteal_ecuador_0244.pdf

TCM. (28 de julio de 2022). *TC Metrología*. <https://www.tcmetrologia.com/blog/minitab-que-es-y-para-que-sirve/>

Torres, X. (5 de Marzo de 2018). Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe en el período 2009-2015. Quito, Pichincha.

<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6052/1/T2544-MAE-Torres-Estudio.pdf>

Vázquez, J. (2020). *Universidad Anáhuac*.
https://www.anahuac.mx/mexico/biblioteca/sites/default/files/inline-files/escala_Likert.pdf

Ventura. (1950). *Fuerza y cálculo del cuajo*.
https://www.academia.edu/8573508/FUERZA_Y_CALCULO_del_cuajo

Viana, B. (2022). *Diseño de un modelo de control de calidad basado en la metodología Six Sigma para la Florícola "Flores Mágicas CIA. Ltda"*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12919/2/04%20IND%20362%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Resultado de encuesta realizado a clientes externos.

CTQ	Nada Satisfactorio	Poco Satisfactorio	Neutral	Muy Satisfactorio	Totalmente Satisfactorio
Textura	0	0	4	166	53
Apariencia	0	0	9	155	59
Olor	0	0	7	144	72
Cantidad de sal	0	0	8	147	68
Sabor	0	0	4	148	71
Humedad	0	0	9	65	149
Empaque	0	0	4	142	77
Peso	0	0	180	38	14
Pérdida de vacío	0	2	11	154	56
Desuerado	0	0	170	14	39
Hinchazón	0	0	4	124	95
Material extraño	0	0	13	136	74
Otros	0	0	7	126	90
Total	0	2	430	1559	917

Anexo 2. Clasificación ABC de características críticas de calidad.

CTQ	Cantidad de Descontentos	%	% Acumulativo	
Peso	180	41.86%	41.86%	A
Desuerado	170	39.53%	81.40%	B
Material extraño	13	3.02%	84.42%	
Pérdida de vacío	11	2.56%	86.98%	
Apariencia	9	2.09%	89.07%	
Humedad	9	2.09%	91.16%	
Cantidad de sal	8	1.86%	93.02%	
Otro	7	1.63%	94.65%	
Olor	7	1.63%	96.28%	C
Hinchazón	4	0.93%	97.21%	
Textura	4	0.93%	98.14%	
Sabor	4	0.93%	99.07%	
Empaque	4	0.93%	100.00%	

Anexo 3. Causas de variabilidad de peso en el queso fresco de 500gr.

<i>DEFECTOS</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>F. Acumulada</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>P. Acumulado</i>
Moldes no adecuados	29	29	12%	12%
Equipos no calibrados	29	58	12%	24%
Falta de planificación	27	85	11%	35%
Falta de estandarización en el tiempo de cuajado	27	112	11%	47%
Falta de estandarización de pesaje	27	139	11%	58%
Falta de capacitación	26	165	11%	69%
Falta de supervisión de alta dirección	14	204	6%	85%
Herramientas no adecuadas	14	218	6%	91%
Sistema de medida ineficiente en el pesado	14	232	6%	97%
Secado de quesos no adecuado.	8	240	3%	100%
	240		100%	

Anexo 4. Interpretación de índice de capacidad (C_p).

VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Anexo 5. Nivel Sigma con defectos por millón de oportunidades y rendimiento del proceso.

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 %

Anexo 6. Plan de capacitaciones

<i>Plan de capacitaciones</i>			
<i>Nombre de Curso:</i>	<i>Responsable:</i>		
<i>Ubicación:</i>	<i>Número total de participantes:</i>		
<i>Solicitante:</i>	<i>Área:</i>		
<i>Fecha:</i>			
<i>Objetivos:</i>			
<i>Metodología de capacitación</i>			
<i>Capacitación:</i>	Dirigido a operarios		
<i>Modalidad:</i>	Teórico/práctico		
<i>Metodología:</i>	Participativa / Práctica		
	MODULO I : Identificación de errores y evaluación de entrada		
	MODULO II: Reconocimiento de actividades en proceso de fabricación		
	MODULO III : Elaboración de queso fresco		
	MODULO IV: Evaluación de lo impartido		
Resultado esperado:	Personas capacitadas aprendan los módulos en 95%		
<i>Cronograma de actividades</i>			
<i>Actividad</i>	<i>Marzo</i>		
	<i>SEMANA 1</i>	<i>SEMANA 2</i>	<i>SEMANA 3</i>
<i>MODULO I</i>			
<i>MODULO II</i>			
<i>MODULO III</i>			
<i>MODULO IV</i>			

Anexo 7. Calidad de corto y largo plazo en términos de Cp.

TABLA 5.3 Calidad de corto y largo plazo en términos de C_p , Z_c , Z_L y PPM.

CALIDAD DE CORTO PLAZO (SUPONIENDO UN PROCESO CENTRADO)				CALIDAD DE LARGO PLAZO CON UN MOVIMIENTO DE 1.5σ		
ÍNDICE C_p	CALIDAD EN SIGMAS Z_c	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA DE ESPECIFICACIONES	ÍNDICE Z_L	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES	PPM FUERA DE ESPECIFICACIONES
0.33	1	68.27	317 300	-0.5	30.23	697 700
0.67	2	95.45	45 500	0.5	69.13	308 700
1.00	3	99.73	2 700	1.5	93.32	66 807
1.33	4	99.9937	63	2.5	99.379	6 210
1.67	5	99.999943	0.57	3.5	99.9767	233
2.00	6	99.9999998	0.002	4.5	99.99966	3.4

Nivel de calidad en sigmas: $Z_c = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(\text{PPM}_L)}$ $\text{PPM}_L = \exp\left[\frac{29.37 - (Z_c - 0.8406)^2}{2.221}\right]$

Anexo 8. Plan de mejora

PLAN DE MEJORA						
<i>Descripción del proceso</i>	<i>Tarea</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Meta</i>	<i>Acciones</i>	<i>Responsable</i>	
Proceso de Producción	Coagulación de la leche	Realizar el control detallado de las especificaciones necesarias para iniciar el proceso de coagulación	Temperatura de la leche	Aumento de 10% rendimiento del queso	Programa de productividad	Operarios responsables del proceso
			Cantidad de cuajo			
	Corte de la cuajada	Realizar corte y batido de cuajada con material específico, y cumplir el tamaño de los granos	Tamaño de granos	Estandarizar el tamaño de los granos en un 30%	Programa de carta de control	Operarios responsables del proceso
	Moldeado de quesos	Verificar velocidad de llenadora	Velocidad de llenadora	Mejora del 30% en la calidad del producto.	Programa de carta de control	Operarios responsables del proceso
		Verificar tamaño de los moldes de acuerdo a la planificación	Tamaño de moldes			
	Prensado de quesos	Verificar presión de prensadora	Tiempo de prensado	Aumento de 10% rendimiento del queso	Programa de productividad	Operarios responsables del proceso
Controlar el tiempo de prensado		Presión de prensado				
Salado de quesos	Controlar la cantidad de sal	Tiempo en salmuera	Aumento del 15% del	Programa de carta de control	Jefe de producción	
	Verificar el tiempo correcto en la salmuera					

Realizar muestras del peso
antes de empaquetar

Cantidad de sal

rendimiento del
queso
