

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: Caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla

Gabriela Joseth Serrano Torres

Fausto Paul Ruiz Coba

Danny Navarrete MSc.

Director de Trabajo de Titulación

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito para la obtención del título de Magíster en Ingeniería Industrial, Mención Calidad y Productividad

Quito, diciembre de 2018

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS**

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en una empresa de lácteos: Caso de estudio en la fabricación de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla

Gabriela Joseth Serrano Torres

Fausto Paul Ruiz Coba

Firmas

Danny Navarrete, MSc.

Director del Trabajo de Titulación

Carlos Suárez, Ph.D.

Director del Programa de Maestría en
Ingeniería Industrial

Cesar Zambrano, Ph.D.

Decano del Colegio de Ciencias e Ingenierías

Hugo Burgos, Ph.D.

Decano del Colegio de Posgrados

Quito, diciembre 2018

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certificamos que hemos leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estamos de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizamos a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombre:

Gabriela Joseth Serrano Torres

Código de estudiante:

00204192

C. I.:

060445263-1

Lugar, Fecha:

Quito, 5 de diciembre del 2018

Firma del estudiante:

Nombre:

Fausto Paul Ruiz Coba

Código de estudiante:

00204193

C. I.:

060411532-9

Lugar, Fecha:

Quito, 5 de diciembre del 2018

DEDICATORIA

A mi madre,

con mucho cariño le dedico todo el esfuerzo puesto en este proyecto,
ya que con su amor y dedicación me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

Fausto Paul Ruiz Coba

Este proyecto se lo dedico a mi madre,

pilar fundamental en mi vida.

Sin ella, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora.

Sin duda es mi gran ejemplo a seguir y destacar.

Gabriela Joseth Serrano Torres

AGRADECIMIENTOS

Para la realización del presente Trabajo de titulación queremos agradecer primero a Dios, ya que este proyecto ha sido una gran bendición en todo sentido, y porque nos ha permitido alcanzar este sueño tan anhelado con salud, fuerza y empeño.

Agradecemos a la Universidad San Francisco de Quito por habernos permitido formarnos en ella y mejorar como profesionales con conciencia académica y social.

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que de alguna forma, son parte de su culminación. A nuestro tutor de tesis, Danny, gracias por su tiempo, esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia y motivación ha puesto a prueba nuestras capacidades y conocimientos en el desarrollo de este proyecto, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas. También nos gustaría agradecer a nuestros profesores porque todos han aportado de buena manera a nuestra formación, y en especial a Carlos y Pablo, gracias por sus aportes hacia este proyecto.

Nuestros agradecimientos a Klever, por la confianza, apoyo, tiempo, dedicación y acompañamiento en este trabajo y por ser un ejemplo como persona y profesional.

De igual manera expresamos nuestro agradecimiento a la empresa Productos Alimenticios “San Salvador”, presidida por el Ing. Luis Mármol e Ing. Sonia Rodas, quienes nos brindaron la apertura necesaria para la realización del tema de nuestro proyecto. Gracias también a todo el personal que labora en esta empresa, por habernos colaborado en todo momento con información y motivación para la culminación de esta meta.

Gracias a nuestras familias, quienes cada día nos impulsaron a ser mejores y nunca pusieron en duda nuestras capacidades para la consecución de este objetivo.

Son muchas las personas que han formado parte de este proyecto, a las que nos encantaría agradecer sus consejos, apoyo y el haber compartido sus conocimientos con nosotros en este proceso académico. ¡A todos, muchas gracias y éxitos en sus vidas!

Fausto Paul Ruiz Coba,

Gabriela Joseth Serrano Torres

RESUMEN

Lean Six Sigma (LSS) es una metodología que proporciona los métodos y herramientas para mejorar el rendimiento de los procesos, por lo que podría aplicarse tanto en compañías de fabricación como de servicios. La industria alimentaria se está expandiendo constantemente para satisfacer las demandas de una población mundial en crecimiento, por lo que la aplicación de LSS en industrias como la industria láctea puede presentar grandes beneficios.

El presente estudio aplica el ciclo DMAIC y varias herramientas LSS en una pequeña industria láctea ecuatoriana. Primero se identificaron los productos mediante un diagrama Pareto, de donde se eligió trabajar con queso fresco, queso mozzarella y mantequilla, y sus problemas a través de la Voz del cliente y del negocio. Para la fase de medición, se mapearon los procesos, se realizó un análisis R&R y se obtuvieron datos sobre las métricas de los procesos. Para analizar, se encontraron las causas raíz a través de un diagrama de causa - efecto y una matriz de interrelación, las cuales fueron el exceso de desperdicio y el uso de herramientas obsoletas, además se detectó que los procesos no podían cumplir con las especificaciones. En la fase mejorar, se llevó a cabo un evento Kaizen que buscaba mejoras para reducir los desperdicios, como transportes, movimientos y esperas, y así aumentar el rendimiento del queso; también se utilizó un diseño experimental 2^3 con 2 réplicas para mejorar el rendimiento de la mantequilla; y a través de la estandarización de procesos y un mecanismo Poka-yoke fue posible reducir la excesiva variabilidad en los pesos de los productos terminados; donde todas las mejoras fueron analizadas mediante pruebas de hipótesis. Finalmente, en función de pequeñas mejoras con esfuerzos continuos, se lograron procesos más estables y más capaces, que representan un ahorro económico de \$580,52 semanales para la empresa y satisfacen los requisitos del cliente. Por lo tanto, el presente estudio pudo mejorar el rendimiento de la materia prima en 2,9% para queso fresco y 3,7% para mantequilla; además se redujo la alta variabilidad en el peso de los productos terminados en $700+11$ gramos para queso fresco, $1000+12$ para queso mozzarella y $50+0,5$ kilogramos para mantequilla.

Palabras clave: Lean; Six Sigma; Lean Six Sigma; industria láctea; aplicación en la industria alimentaria; reducción de desperdicios; calidad; DMAIC.

ABSTRACT

Lean Six Sigma (LSS) is a methodology that provides methods and tools to improve the performance of processes, so it could be applied in both manufacturing and service companies. The food industry is constantly expanding to meet the demands of a growing world population, hence the application of LSS in industries such as the dairy industry may present great benefits.

The present study applies the DMAIC cycle and several LSS tools in a small Ecuadorian dairy industry. First the products were identified using a Pareto diagram, from where the fresh cheese, mozzarella cheese and butter were chosen, and their problems were defined through the Voice of the customer and the business. For the measure phase, the processes were mapped, an R & R analysis was carried out and data on the metrics of the processes were obtained. To analyze, the root causes were found through a cause - effect diagram and an interrelation matrix, which were the excess waste and the use of obsolete tools, besides it was detected that the processes were incapable of complying with the specifications. To improve, a Kaizen event was carried out to reduce waste such as transportation, movement and waiting, and thus increase the performance of the cheese; also an experimental design 2^3 with 2 replications was used to improve the performance of the butter; and through the standardization of processes and a Poka-yoke mechanism it was possible to reduce the excessive variability in the weights of the finished products; where all improvements were tested by hypothesis testing. Finally, based on small improvements with continuous efforts, more stable and more capable processes were achieved, representing an economic saving of \$580.52 per week for the company and satisfying the requirements of the customer. Thus, the present study was able to improve the yield of the raw material by 2.9% for fresh cheese and 3.7% for butter; in addition, the high variability in the weight of the finished products was reduced by $700 + 11$ grams for fresh cheese, $1000 + 12$ grams for mozzarella cheese and $50 + 0.5$ kilograms for butter.

Keywords: Lean; Six Sigma; Lean Six Sigma; dairy industry; application in food industry; waste reduction; quality; DMAIC.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 6 |
| ABSTRACT | 7 |
| INTRODUCCIÓN..... | 21 |
| Objetivos..... | 21 |
| Empresa | 22 |
| Industria láctea en el Ecuador..... | 23 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 24 |
| METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 28 |
| Fase Definir | 28 |
| Fase Medir | 28 |
| Fase Analizar | 29 |
| Fase Mejorar | 29 |
| Fase Controlar | 30 |
| DESARROLLO..... | 31 |
| Fase Definir | 31 |
| 1. Selección de productos. | 31 |
| 2. Diagramas de flujo de los procesos. | 33 |
| 2.1. Diagrama Cross – Functional. | 33 |
| Queso fresco “San Salvador”. | 34 |
| Queso fresco “Rickooo”. | 35 |
| Queso mozzarella. | 36 |
| Mantequilla..... | 37 |
| 2.2. Diagramas de alto nivel SIPOC..... | 38 |
| 3. Análisis de Voz del cliente. | 39 |
| 3.1. Consumidores finales. | 39 |
| 3.2. Clientes..... | 44 |
| 3.3. Consumidores mayoristas..... | 47 |
| 3.4. Conclusión del Análisis de la Voz del cliente. | 52 |
| 4. Análisis de Voz del negocio. | 53 |
| 4.1. Cumplimiento de normativa nacional..... | 53 |
| Normativa INEN. | 53 |
| Otras reglamentaciones..... | 53 |
| Organismos de control..... | 54 |

| | |
|--|-----|
| Sanciones..... | 54 |
| Cumplimiento..... | 54 |
| 4.1.1. Conclusión de los análisis químicos, físicos y bromatológicos en los productos..... | 58 |
| 4.2. Análisis del rendimiento de la materia prima..... | 59 |
| 4.2.1. Rendimiento teórico del queso..... | 59 |
| 4.2.2. Rendimiento teórico de la mantequilla..... | 61 |
| 4.2.3. Rendimiento real de los productos..... | 63 |
| 4.2.3.1. Conclusión de los valores obtenidos del rendimiento de las materias primas..... | 65 |
| 4.3. Análisis del peso en el producto terminado..... | 65 |
| 4.3.1. Conclusión de los valores obtenidos de pesos de los productos terminados..... | 67 |
| 5. CTQ`s..... | 68 |
| 6. CTP`s..... | 69 |
| 7. Descripción del enunciado del problema y metas..... | 70 |
| 7.1. Problema de falta de rendimiento de la materia prima..... | 70 |
| 7.2. Problema de falta de estandarización en los pesos de los productos terminados..... | 71 |
| 8. Project Charter..... | 71 |
| 9. Plan de comunicación..... | 73 |
| 10. Plan de riegos..... | 75 |
| Fase Medir..... | 78 |
| 1. Plan de recolección de datos..... | 79 |
| 2. Diagramas de valor agregado (VSM)..... | 85 |
| 3. Diagramas Espaguetti..... | 89 |
| 4. Análisis del sistema de medición R&R..... | 95 |
| 4.1. R&R para la acidez de la leche cruda..... | 96 |
| 4.2. R&R para la grasa de la leche cruda..... | 96 |
| 5. Análisis de modo y efectos de fallos AMEF..... | 97 |
| 6. Cartas de control..... | 108 |
| 6.1. Cartas de control para parámetros de recepción de leche cruda..... | 108 |
| 6.1.1. Conclusión sobre las cartas de control para parámetros de recepción de leche cruda..... | 111 |
| 6.2. Cartas de control para el rendimiento de la materia prima..... | 111 |
| 6.2.1. Conclusión sobre las Cartas de control para el rendimiento de la materia prima..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| 6.3. Cartas de control para el peso de los productos terminados..... | 115 |
| 6.3.1. Conclusión de las cartas de control para el peso de los productos terminados. | 120 |
| 7. Límites de especificación de los procesos..... | 121 |
| 7.1. Conclusión de los límites de especificación..... | 124 |
| Fase Analizar | 125 |
| 1. Análisis Causa – Efecto..... | 125 |
| 1.1. Análisis de causalidad para el bajo rendimiento de la materia prima. ... | 126 |
| 1.1.1. Análisis de causas..... | 126 |
| 1.1.2. Matriz de interrelación de causas..... | 128 |
| 1.2. Análisis de causalidad para la excesiva variabilidad del peso de los productos terminados..... | 131 |
| 1.2.1. Análisis de causas..... | 132 |
| 1.2.2. Matriz de interrelación de causas..... | 133 |
| 2. Análisis de capacidad del proceso..... | 136 |
| 2.1. Capacidad para rendimiento de la materia prima | 136 |
| 2.2. Capacidad para pesos de producto terminado. | 139 |
| 3. Análisis del tiempo de valor agregado. | 142 |
| Fase Mejorar | 147 |
| 1. Mejora y análisis en el sistema de medición R&R..... | 148 |
| 1.1. R&R con mejoras para la acidez de la leche cruda. | 150 |
| 1.2. R&R con mejoras para la grasa de la leche cruda. | 150 |
| 2. Evento Kaizen..... | 150 |
| 3. Mejoras para el rendimiento de la materia prima..... | 153 |
| 3.1. Marcado del nivel de llenado de las ollas para queso fresco..... | 153 |
| 3.1.1. Inversión para alcanzar la mejora..... | 156 |
| 3.2. Dotación de materiales a cada puesto de trabajo..... | 156 |
| 3.2.1. Inversión para lograr la mejora. | 157 |
| 3.3. Acercamiento de la mesa de moldeo de quesos a la olla de cuajado..... | 158 |
| 3.3.1. Inversión para lograr la mejora. | 161 |
| 3.4. Nuevos diagramas Espaguetti..... | 161 |
| 3.5. Nuevos diagramas VSM..... | 168 |
| 3.6. Nuevo rendimiento del Queso fresco “San Salvador”..... | 172 |
| 3.7. Impacto económico de las mejoras implementadas en el rendimiento quesero..... | 173 |
| 3.7.1. Inversión total de las mejoras..... | 173 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.7.2. | Beneficio alcanzado. | 174 |
| 3.7.3. | Propuestas para el mejoramiento del rendimiento quesero. | 174 |
| 3.7.4. | Total de inversión en mejoras implementadas y propuestas. | 177 |
| 3.8. | Diseño de experimentos para mejorar el rendimiento de la mantequilla. 177 | |
| 1. | Identificación y exposición del problema. | 177 |
| 2. | Elección de los factores, niveles y rangos. | 178 |
| 2.1. | Factores de diseño. | 179 |
| 2.2. | Factores constantes. | 180 |
| 2.3. | Factores no controlables. | 180 |
| 3. | Selección de la variable de respuesta. | 180 |
| 4. | Elección del diseño experimental. | 181 |
| 5. | Realización del experimento. | 181 |
| 6. | Análisis estadístico de los datos. | 183 |
| 7. | Conclusiones y recomendaciones del experimento. | 188 |
| 3.8.1. | Inversión para lograr la mejora del rendimiento mantequero. | 188 |
| 3.8.2. | Beneficio alcanzado en el rendimiento mantequero. | 189 |
| 4. | Mejoras para pesos de los productos terminados. | 189 |
| 4.1. | Moldes estandarizados. | 189 |
| 4.1.1. | Inversión para alcanzar la mejora. | 195 |
| 4.1.2. | Beneficio de la mejora. | 196 |
| 4.2. | Propuestas para la mejora en los pesos de los productos terminados. | 197 |
| | Fase Controlar | 200 |
| 1. | Plan de control. | 201 |
| 2. | Control del Rendimiento de la materia prima. | 204 |
| 2.1. | Control del rendimiento quesero. | 204 |
| 2.1.1. | Procedimiento para el correcto llenado de las ollas. | 204 |
| 2.2. | Control del rendimiento mantequero. | 205 |
| 2.2.1. | Procedimiento para mantener el rendimiento mantequero bajo control. 207 | |
| 3. | Control del peso de los productos terminados. | 208 |
| 3.1. | Control del peso en Queso fresco “San Salvador”. | 208 |
| 3.2. | Control del peso en Queso mozzarella. | 208 |
| 3.3. | Control del peso en Mantequilla. | 209 |
| 3.3.1. | Procedimiento para mantener bajo control la operación de pesaje de gavetas de mantequilla. | 210 |

| | |
|--|-----|
| CONCLUSIONES..... | 211 |
| RECOMENDACIONES | 216 |
| LECCIONES APRENDIDAS..... | 217 |
| LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN | 218 |
| REFERENCIAS | 219 |
| ANEXOS..... | 227 |
| ANEXO 1:..... | 227 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1: Análisis microbiológico de Queso fresco "San Salvador" | 55 |
| Tabla 2: Análisis microbiológico de Queso fresco "Rickooo" | 55 |
| Tabla 3: Análisis microbiológico de Queso mozzarella..... | 56 |
| Tabla 4: Análisis microbiológico de Mantequilla | 56 |
| Tabla 5: Humedad y contenido de grasa del Queso fresco "San Salvador" | 57 |
| Tabla 6: Humedad y contenido de grasa del Queso fresco "Rickooo" | 57 |
| Tabla 7: Humedad y contenido de grasa del Queso mozzarella..... | 57 |
| Tabla 8: Requisitos físicos y químicos para mantequillas..... | 57 |
| Tabla 9: Requisitos de la grasa de las mantequillas | 58 |
| Tabla 10: Rendimiento promedio de los productos..... | 63 |
| Tabla 11 Carta del proyecto..... | 71 |
| Tabla 12: Plan de comunicación..... | 74 |
| Tabla 13: Plan de riesgos..... | 75 |
| Tabla 14: Plan de recopilación de datos de la etapa Medir | 79 |
| Tabla 15: Distancia recorrida en el proceso productivo de Queso fresco | 90 |
| Tabla 16: Distancia recorrida en el proceso productivo de Queso Mozzarella..... | 92 |
| Tabla 17: Distancia recorrida en el proceso productivo de Mantequilla..... | 94 |
| Tabla 18: AMEF de Queso fresco “San Salvador” | 97 |
| Tabla 19: AMEF de Queso fresco “Rickooo” | 100 |
| Tabla 20: AMEF de Queso mozzarella | 103 |
| Tabla 21: AMEF de Mantequilla..... | 106 |
| Tabla 22: Límites de especificación del proceso productivo de Queso fresco "San Salvador" | 121 |
| Tabla 23: Límites de especificación del proceso productivo de Queso fresco "Rickooo" | 122 |
| Tabla 24: Límites de especificación del proceso productivo de Queso mozzarella..... | 123 |
| Tabla 25: Límites de especificación del proceso productivo de mantequilla..... | 124 |
| Tabla 26: Matriz de interrelación de causas del rendimiento de la materia prima..... | 129 |
| Tabla 27: Matriz de interrelación de causas de la alta variabilidad en los pesos de productos terminados..... | 134 |
| Tabla 28: Tiempo de valor no agregado en la producción de queso fresco “San Salvador” | 142 |
| Tabla 29: Tiempo de valor no agregado en la producción de queso fresco “Rickooo” | 143 |
| Tabla 30: Tiempo de valor no agregado en la producción de queso mozzarella..... | 145 |
| Tabla 31: Tiempo de valor no agregado en la producción de mantequilla..... | 146 |
| Tabla 32: Desperdicio de leche cruda antes de la mejora..... | 153 |
| Tabla 33: Volumen de las ollas de pasteurización de queso fresco..... | 154 |
| Tabla 34: Desperdicio de leche cruda después de la mejora | 154 |
| Tabla 35: Materiales necesarios de acero inoxidable | 157 |
| Tabla 36: Materiales necesarios de plástico | 158 |
| Tabla 37: Desperdicio de cuajada antes de las mejoras..... | 159 |
| Tabla 38: Desperdicio de cuajada después de las mejoras | 160 |
| Tabla 39: Distancias del proceso productivo de Queso fresco después de las mejoras | 163 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 40: Distancias del proceso productivo de Queso mozzarella después de las mejoras | 165 |
| Tabla 41: Distancias del proceso productivo de Mantequilla después de las mejoras . | 167 |
| Tabla 42: Rendimiento quesero antes y después de la mejoras..... | 172 |
| Tabla 43: Mejoras para elevar el rendimiento quesero | 173 |
| Tabla 44: Costo de la importación de la mesa de moldeo de queso fresco | 175 |
| Tabla 45: Número de lotes de queso fresco "San Salvador" necesarios para recuperar la inversión | 177 |
| Tabla 46: ANOVA de los datos del rendimiento mantequero..... | 185 |
| Tabla 47: Pesos del Queso fresco en la operación moldeo..... | 191 |
| Tabla 48: Pesos obtenidos con los moldes normales y los moldes prototipo de Queso fresco "San Salvador"..... | 191 |
| Tabla 49: Pesos del Queso mozzarella en la operación moldeo..... | 193 |
| Tabla 50: Pesos obtenidos con los moldes normales y los moldes prototipo de Queso mozzarella..... | 193 |
| Tabla 51: Costo de nuevos moldes en "Inoxidables Élite" | 195 |
| Tabla 52: Costos de nuevos moldes en "Industrial JC" | 196 |
| Tabla 53: Costo de la alarma cronometrada, visual y auditiva..... | 197 |
| Tabla 54: Costo total de la instalación de las alarmas cronometradas | 198 |
| Tabla 55: Costo de la importación de los estantes de almacenamiento vertical para moldes | 199 |
| Tabla 56: Plan de control de las mejoras del proyecto | 201 |
| Tabla 57: Resumen de la reducción de Distancias y Tiempos de Valor no agregado.. | 211 |
| Tabla 58: Cambio de los CTQ`s en estudio..... | 211 |
| Tabla 59: Resumen del impacto económico de las mejoras del proyecto | 212 |
| Tabla 60: Diagrama SIPOC de Queso fresco "San Salvador" | 227 |
| Tabla 61: Diagrama SIPOC de Queso fresco "Rickooo" | 232 |
| Tabla 62: Diagrama SIPOC de Queso mozzarella | 237 |
| Tabla 63: Diagrama SIPOC de Mantequilla..... | 242 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1: Familias de productos vs. ventas semestrales de Productos Alimenticios “San Salvador” | 23 |
| Figura 2: Producción láctea en el Ecuador | 23 |
| Figura 3: Diagrama de Pareto con los productos más vendidos de la Familia Quesos .. | 32 |
| Figura 4: Diagrama de Pareto con los productos más vendidos de la Familia Cremas y mantequillas..... | 32 |
| Figura 5: Equipo Milkotester para análisis de leche cruda..... | 149 |
| Figura 6: Procedimiento de análisis de acidez y grasa en leche cruda colocada en la empresa PASS | 149 |
| Figura 7: Muestra para el nuevo análisis R&R | 150 |
| Figura 8: 1° día del evento Kaizen | 151 |
| Figura 9: 2° día del evento Kaizen | 151 |
| Figura 10: 3° día del evento Kaizen | 152 |
| Figura 11: Repisa con ganchos con nuevos materiales | 156 |
| Figura 12: Repisa con ganchos para Queso fresco..... | 156 |
| Figura 13: Repisa con ganchos para Queso mozzarella | 156 |
| Figura 14: Repisa con ganchos para Mantequilla..... | 157 |
| Figura 15: Desperdicio de cuajada antes y después de la mejora..... | 160 |
| Figura 16: Cambio en la mesa de moldeo | 175 |
| Figura 17: Pala recogedora de cuajo | 176 |
| Figura 18: Guantes de poliuretano con base de nylon ultra-fino..... | 189 |
| Figura 19: Prototipo de alarma implementado | 197 |
| Figura 20: Propuesta de estante para almacenamiento vertical de moldes..... | 198 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Esquema básico del Diagrama SIPOC | 38 |
| Ilustración 2: Preguntas para Consumidores finales para Queso fresco "San Salvador" 40 | 40 |
| Ilustración 3: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "San Salvador" | 40 |
| Ilustración 4: Pregunta a los Consumidores finales sobre la forma del Queso fresco "San Salvador" | 40 |
| Ilustración 5: Preguntas para Consumidores finales para Queso fresco "Rickooo" | 41 |
| Ilustración 6: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "Rickooo" | 41 |
| Ilustración 7: Pregunta a los Consumidores finales sobre la forma del Queso fresco "Rickooo" | 42 |
| Ilustración 8: Preguntas para Consumidores finales para Queso mozzarella | 42 |
| Ilustración 9: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de sal del Queso mozzarella | 42 |
| Ilustración 10: Pregunta a los Consumidores finales sobre la forma del Queso mozzarella | 43 |
| Ilustración 11: Preguntas para Consumidores finales para Mantequilla | 43 |
| Ilustración 12: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de agua de la Mantequilla | 44 |
| Ilustración 13: Preguntas para Clientes para Queso fresco "San Salvador" | 44 |
| Ilustración 14: Pregunta a los Clientes inconformes con la cantidad de producto del Queso fresco "San Salvador" | 45 |
| Ilustración 15: Preguntas para Clientes para Queso fresco "Rickooo" | 45 |
| Ilustración 16: Preguntas para Clientes para Queso mozzarella | 46 |
| Ilustración 17: Preguntas para Clientes para Mantequilla | 46 |
| Ilustración 18: Pregunta a los Clientes inconformes con la cantidad de producto de la Mantequilla | 47 |
| Ilustración 19: Preguntas para Consumidores mayoristas para Queso fresco "San Salvador" | 47 |
| Ilustración 20: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "San Salvador" | 48 |
| Ilustración 21: Pregunta a los Consumidores mayoristas inconformes con la cantidad de producto del Queso fresco "San Salvador" | 48 |
| Ilustración 22: Preguntas para Consumidores mayoristas sobre la forma del Queso fresco "San Salvador" | 49 |
| Ilustración 23: Preguntas para Consumidores mayoristas para Queso fresco "Rickooo" | 49 |
| Ilustración 24: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "Rickooo" | 49 |
| Ilustración 25: Preguntas para Consumidores mayoristas sobre la forma del Queso fresco "Rickooo" | 50 |
| Ilustración 26: Preguntas para Consumidores mayoristas para Queso mozzarella | 50 |
| Ilustración 27: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de sal del Queso mozzarella | 51 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 28: Preguntas para Consumidores mayoristas sobre la forma del Queso mozzarella..... | 51 |
| Ilustración 29: Preguntas para Consumidores mayoristas para Mantequilla..... | 51 |
| Ilustración 30: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de agua de la Mantequilla | 52 |
| Ilustración 31: Pregunta a los Consumidores mayoristas inconformes con la cantidad de producto de la Mantequilla..... | 52 |
| Ilustración 32: VSM del Queso fresco “San Salvador”..... | 85 |
| Ilustración 33: VSM del Queso fresco “Rickooo” | 86 |
| Ilustración 34: VSM del Queso mozzarella..... | 87 |
| Ilustración 35: VSM de la Mantequilla | 88 |
| Ilustración 36: Diagrama Espaguete original de Queso fresco | 89 |
| Ilustración 37: Diagrama Espaguete original de Queso mozzarella | 91 |
| Ilustración 38: Diagrama Espaguete original de Mantequilla..... | 93 |
| Ilustración 39: Muestra para el primer análisis del sistema de medición..... | 95 |
| Ilustración 40: Carta de medias y rangos Fase I para la acidez de la leche cruda..... | 108 |
| Ilustración 41: Carta de medias y rangos Fase II para la acidez de la leche cruda..... | 109 |
| Ilustración 42: Carta de medias y rangos Fase I de la grasa de leche cruda..... | 110 |
| Ilustración 43: Carta de medias y rangos Fase II de la grasa de leche cruda | 110 |
| Ilustración 44: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de Queso fresco "San Salvador" | 111 |
| Ilustración 45: Carta de valores individuales para la Fase II del rendimiento de Queso fresco "San Salvador" | 112 |
| Ilustración 46: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de Queso fresco "Rickooo"..... | 112 |
| Ilustración 47: Carta de valores individuales para la Fase II del rendimiento de Queso fresco "Rickooo"..... | 113 |
| Ilustración 48: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de Queso mozzarella..... | 113 |
| Ilustración 49: Carta de valores individuales para la Fase II del rendimiento de Queso mozzarella..... | 114 |
| Ilustración 50: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de mantequilla | 115 |
| Ilustración 51: Carta de medias y desviación estándar Fase I para los pesos del Queso fresco "San Salvador" | 116 |
| Ilustración 52: Carta de medias y desviación estándar Fase II para los pesos del Queso fresco "San Salvador" | 116 |
| Ilustración 53: Carta de medias y desviación estándar Fase I para los pesos del Queso fresco "Rickooo"..... | 117 |
| Ilustración 54: Carta de medias y desviación estándar Fase II para los pesos del Queso fresco "Rickooo"..... | 118 |
| Ilustración 55: Carta de medias y desviación estándar Fase I para los pesos del Queso mozzarella..... | 118 |
| Ilustración 56: Carta de medias y desviación estándar Fase II para los pesos del Queso mozzarella..... | 119 |
| Ilustración 57: Carta de valores individuales Fase I para mantequilla | 119 |
| Ilustración 58: Diagrama Causa Efecto de Bajo rendimiento de la materia prima | 126 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 59: Diagrama de Pareto de las causas del bajo rendimiento de la materia prima | 130 |
| Ilustración 60: Diagrama Causa Efecto de la Excesiva variación en el peso de los productos terminados..... | 131 |
| Ilustración 61: Diagrama de Pareto de las causas del peso incorrecto en los productos terminados | 135 |
| Ilustración 62: Capacidad del proceso para el rendimiento de Queso fresco "San Salvador" | 137 |
| Ilustración 63: Capacidad del proceso para el rendimiento de Queso fresco "Rickooo" | 137 |
| Ilustración 64: Capacidad del proceso para el rendimiento de Queso mozzarella | 138 |
| Ilustración 65: Capacidad del proceso para el rendimiento de mantequilla | 139 |
| Ilustración 66: Capacidad del proceso para el peso de Queso fresco "San Salvador" . | 139 |
| Ilustración 67: Capacidad del proceso para el peso de Queso fresco "Rickooo" | 140 |
| Ilustración 68: Capacidad del proceso para el peso de Queso mozzarella | 141 |
| Ilustración 69: Capacidad del proceso para el peso de mantequilla | 141 |
| Ilustración 70: Diagrama de cajas entre el desperdicio de leche antes y después de la mejora | 155 |
| Ilustración 71: Diagrama de cajas entre el desperdicio de cuajada antes y después de las mejoras | 161 |
| Ilustración 72: Diagrama Espaguete para Queso fresco después de la mejora | 162 |
| Ilustración 73: Diagrama Espaguete para Queso mozzarella después de la mejora | 164 |
| Ilustración 74: Diagrama Espaguete para Mantequilla después de la mejora..... | 166 |
| Ilustración 75: Nuevo diagrama VSM de Queso fresco "San Salvador" | 168 |
| Ilustración 76: Nuevo diagrama VSM de Queso fresco "Rickooo" | 169 |
| Ilustración 77: Nuevo diagrama VSM de Queso mozzarella | 170 |
| Ilustración 78: Nuevo diagrama VSM de Mantequilla..... | 171 |
| Ilustración 79: Diagrama de cajas entre el rendimiento quesero antes y después de las mejoras | 173 |
| Ilustración 80: Mantequilla elaborada en PASS..... | 178 |
| Ilustración 81: Procedimiento de elaboración de mantequilla..... | 182 |
| Ilustración 82: Gráfica de residuos del rendimiento mantequero. Fuente Minitab. | 183 |
| Ilustración 83: Prueba de normalidad de los datos de rendimiento mantequero | 184 |
| Ilustración 84: Prueba de igualdad de varianzas de los datos de rendimiento mantequero | 184 |
| Ilustración 85: Diagrama de Pareto para efectos estandarizados | 186 |
| Ilustración 86: Gráficas de interacción para el rendimiento mantequero | 187 |
| Ilustración 87: Gráfica de efectos principales del rendimiento mantequero | 187 |
| Ilustración 88: Fase I de la capacidad de los moldes..... | 190 |
| Ilustración 89: Fase II de la capacidad de los moldes | 190 |
| Ilustración 90: Medidas para el nuevo molde para queso fresco..... | 191 |
| Ilustración 91: Diagrama de cajas entre los pesos con moldes antiguos y prototipo para Queso fresco | 193 |
| Ilustración 92: Medidas para el nuevo molde para queso mozzarella..... | 193 |
| Ilustración 93: Diagrama de cajas entre los pesos con moldes antiguos y prototipo para Queso mozzarella | 195 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 94: Carta de control para valores individuales del nuevo rendimiento quesero de "San Salvador" | 204 |
| Ilustración 95: Carta de control para valores individuales del nuevo rendimiento mantequero | 206 |
| Ilustración 96: Carta de control para valores individuales para los nuevos pesos de Queso fresco "San Salvador" | 208 |
| Ilustración 97: Carta de control para valores individuales para los nuevos pesos de Queso mozzarella..... | 209 |
| Ilustración 98: Carta de control para valores individuales para los nuevos pesos de gavetas de Mantequilla | 209 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|-----|
| Ecuación 1: Tamaño de muestra para población infinita | 39 |
| Ecuación 2: Rendimiento quesero según Van Slyke y Publów para quesos tipo A..... | 59 |
| Ecuación 3: Fórmula de rendimiento quesero para queso tipo Mozzarella..... | 60 |
| Ecuación 4: Cálculo del peso de la mantequilla | 62 |
| Ecuación 5: Cálculo del peso de la crema de leche | 62 |
| Ecuación 6: Intervalos de confianza con varianza de la población desconocida. | 63 |
| Ecuación 7: Intervalos de confianza con varianza de la población desconocida. | 66 |
| Ecuación 8: Fracción de unidades no conformes. | 136 |

INTRODUCCIÓN

Lean Six Sigma (LSS) es una metodología que proporciona los conceptos, métodos y herramientas para mejorar el desempeño de los procesos (Mader, 2008). Es considerada como una herramienta efectiva de desarrollo de liderazgo, de generación de valor en todas las actividades, incluso Investigación y Desarrollo (I + D) (Johnson & Swisher, 2003) y de mejoramiento o resolución de problemas, porque los procesos no mejoran solos (Snee, 2013). LSS representa dos prácticas de producción distintas que se utilizan con frecuencia juntas (Boucher, 2012); primero está Lean como un sistema promovido por Toyota para mejorar la calidad mientras se minimizan las prácticas derrochadoras (Boucher, 2012), tales como correcciones (González, 2007), sobreproducción, inventario, transportes, movimientos, espera, sobreprocesamiento (Reyes, 2002) y talento humano desperdiciado (Socconini, 2016). Luego está Six Sigma, creada por Motorola (Mitreva and Taskov, 2015), como un sistema para medir, reducir la variación y lograr robustez en los procesos de productos o servicios (Antony, Krishan, Cullen, & Kumar, 2012; Bossert, 2003; Corbett, 2011; Näslund, 2008; Reyes, 2002).

La fusión entre Lean manufacturing y Six Sigma es muy importante porque Lean no puede llevar un proceso bajo control estadístico y Six Sigma por sí solo no puede mejorar drásticamente la velocidad del proceso o reducir el capital invertido (Barbosa and Perez, 2012). Por esta razón al incorporar conceptos Lean en la metodología DMAIC, el proyecto agrega una dimensión de velocidad (tiempo de ciclo mejorado), valor agregado y flujo a lo que Six Sigma ya ofrece (Barbosa and Perez, 2012).

Objetivos

Objetivo General:

Mejorar la calidad y productividad en los procesos de elaboración de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla en la empresa Productos Alimenticios “San Salvador”, mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, para optimizar los recursos y generar mayor valor agregado a los productos.

Objetivos Específicos:

Realizar un levantamiento de información del estado actual de los procesos productivos para definir las operaciones y los parámetros a evaluar.

Medir el desempeño de los procesos mediante indicadores clave, para obtener datos que permitan comparar los resultados actuales con los requerimientos del cliente, y determinar la magnitud de las mejoras requeridas.

Analizar la información para determinar las fuentes de variación de las características críticas de la calidad y productividad, y sus posibles soluciones mediante herramientas lean y estadísticas.

Diseñar e implementar medidas que ataquen las causas raíz de los problemas para alcanzar las expectativas del cliente e incrementar el beneficio de la empresa, verificando el impacto de cada medida en los indicadores clave de los productos en estudio.

Entregar a la dirección de la empresa un plan que permita que el mejoramiento de los procesos sea sostenible, mediante información detallada de los resultados del proyecto después de un cierto periodo de operación.

Empresa

El presente trabajo investigativo se desarrolla en la empresa Productos Alimenticios “San Salvador” (PASS), la cual es una institución privada dedicada a la producción láctea y sus derivados, con el fin de satisfacer la necesidad alimenticia de los hogares riobambeños y del Ecuador (San Salvador, 2018). Esta empresa se inicia en el año 1990 con el procesamiento únicamente de queso fresco, y para el año 1997 inicia con el proceso de elaboración de yogurt, el cual se convierte en su principal producto (Ruiz, 2016). Al siguiente año se elabora nuevamente queso tipo fresco, se continúa con la producción del yogurt, y al transcurrir el tiempo se siguen incorporando otros productos como queso andino, queso maduro, queso mozzarella, manjar de leche, crema de leche, mantequilla y requesón, productos que se están procesando en la actualidad (San Salvador, 2018; Ruiz, 2016). Para el año 2010 Lácteos “San Salvador” ya se ha posicionado en el mercado de Riobamba y tiene una gran aceptación a nivel nacional, por lo que continúa con la producción (Ruiz, 2016), e inicia la distribución a ciudades como Guayaquil, Bucay, Milagro, Salinas, Galápagos, Piñas, Puyo, Ambato y Quito (San Salvador, 2018). Durante el tiempo que esta empresa ha permanecido en el mercado, se ha fijado al queso tipo fresco como el producto estrella, ya que representa alrededor del 32% de las ventas anuales, las cuales bordean los \$500.000 (San Salvador, 2018).

A través de la metodología LSS se busca ofrecer mejoras en los procesos productivos más importantes de la empresa, como son el queso fresco, queso mozzarella y mantequilla (*Ver figura 1*). El principal problema observado en estos procesos productivos es la falta de rendimiento de la materia prima, sin embargo, la gerencia ha detectado otros inconvenientes, así como, la excesiva variación en los pesos de los productos terminados y que los principales compradores de crema de leche son empresas de la competencia, quienes la transforman y venden como mantequilla (San Salvador, 2018).

La satisfacción al cliente y el mejoramiento de la rentabilidad para la empresa son los enfoques con que este proyecto trabajó, es por ello que primero se determinaron las características críticas de la calidad (CTQs), las cuales se transformaron a indicadores de desempeño medibles en el proceso (KPIs), que permitieron monitorear, mejorar y controlar el rendimiento de la materia prima mediante análisis estadísticos, además de usar herramientas lean como un enfoque 5`S y Kaizen para mejorar la distribución de la planta y reducir desperdicios. El impulso de estos productos será de beneficio para la organización, ya que es necesario ofertar productos competitivos, que cumplen con estándares de producción nacionales y que optimicen los recursos con eficiencia y calidad (Schweikhart & Dembe, 2009). Las oportunidades de mejora fueron plasmadas en un prototipo implementado mediante un proceso dinámico y en constante mejora, que dependió de un buen liderazgo del equipo de trabajo y de la participación de empleados capacitados en todos los niveles de la organización (Barbosa & Perez, 2012).

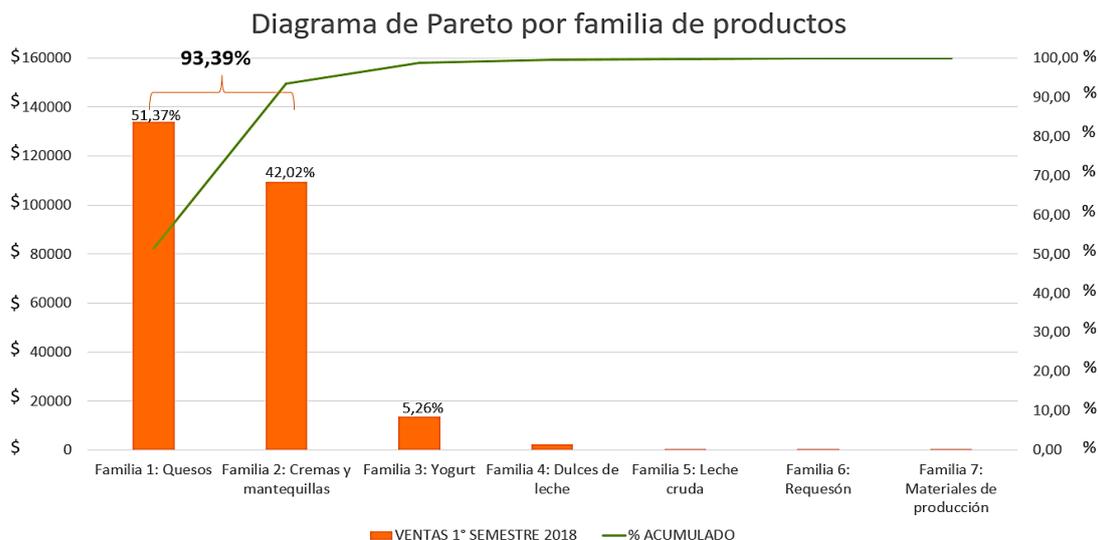


Figura 1: Familias de productos vs. ventas semestrales de Productos Alimenticios “San Salvador”

Industria láctea en el Ecuador

En el Ecuador se desarrollan diferentes eslabones de la cadena láctea, que incluyen a transportistas y comerciantes de leche, sistemas de medición de la calidad de la leche, sistemas de distribución de los productos lácteos, pequeñas, medianas y grandes industrias (Ver figura 2), dentro de las cuales la que ha tenido el mayor auge fue la Quesera, por lo que existen alrededor de 400 queseras a nivel nacional (Vizcarra, Lasso, & Tapia, 2015). En el país, el 75% de la leche cruda o no pasteurizada se destina para la elaboración de quesos, leche en cartón y leche en funda, y el 25% restante se utiliza para producir yogurt, leche en polvo y otras categorías, como la mantequilla (Ramírez, 2017).

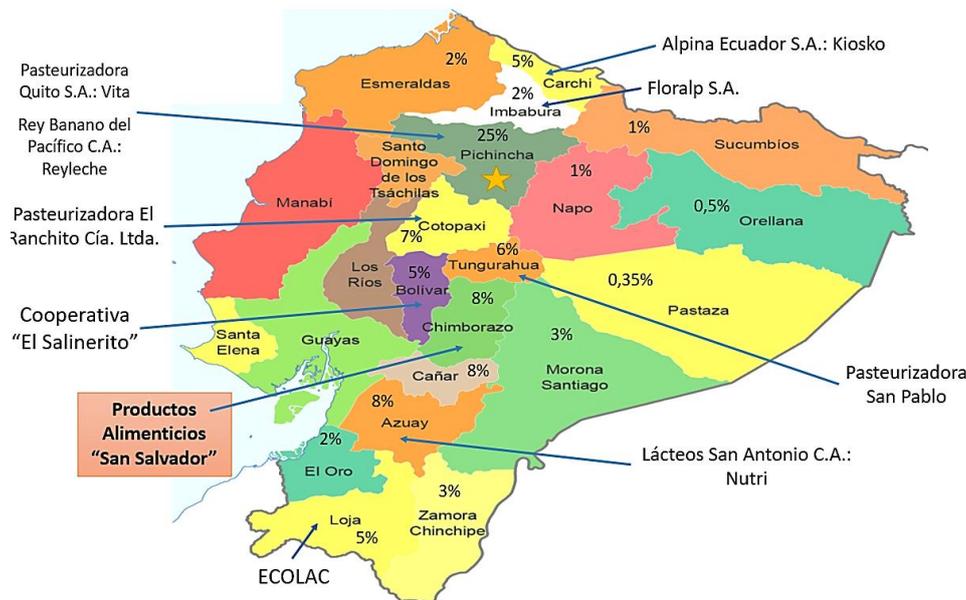


Figura 2: Producción láctea en el Ecuador

Fuente: (San Salvador, 2018; Vizcarra, Lasso and Tapia, 2015). Los % representan la contribución de cada provincia a la Producción láctea nacional diaria.

Empresas pequeñas como PASS deben ser impulsadas en el mejoramiento de la calidad y productividad de los procesos, mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, para optimizar los recursos y generar mayor valor agregado a los productos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Hoy en día, las empresas de manufactura tienen mayores requerimientos de rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación de nuevos productos, entregas en lotes pequeños más frecuentes y con mayor variedad de productos, precios con tendencia decreciente, cero defectos en calidad y confiabilidad y en ocasiones fabricación a la medida (Revere & Black, 2003; Reyes, 2002). Es por ello que las empresas buscan mejorar su posición competitiva y el rendimiento de la cadena de suministro porque de ello depende su supervivencia en el mercado (Reyes, 2002; Snee, 2013). Esto se ha logrado mediante la adopción de métodos desarrollados en Japón desde la década de los años 1970 conocidos como manufactura esbelta (Lean) (Pacheco, Pergher, Vaccaro, Jung, & ten Caten, 2015; Reyes, 2002). Por otra parte, las corporaciones también han empezado a usar métodos para el control estadístico de la calidad que empresas de alta tecnología, como Motorola, han estado aplicando desde la década de los años 1980 y que han denominado Seis Sigma (Six Sigma) (Arnheiter & Maleyeff, 2005; Mishra & Sharma, 2014; Pacheco et al., 2015; Reyes, 2002; Snee, 2013). Si bien tanto Six Sigma como Lean Management, juntas representan la excelencia del estado del arte, cada sistema da prioridad a ciertas facetas del desempeño organizacional, en donde el reto es lograr su sinergia, porque Six Sigma puede ser un programa, pero Lean es una filosofía (Arnheiter & Maleyeff, 2005; Bossert, 2003; Corbett, 2011; Ferguson, 2006).

Lean Manufacturing busca identificar el valor agregado del proceso y minimizar el uso de recursos en la empresa para lograr la satisfacción del cliente, menos esfuerzo humano, menos inversión en inventarios de materiales y herramientas, menos espacio, menos costo en gestión económica (Madueño, 2014) y menos horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto (Reyes, 2002; Bossert, 2003; Pepper and Spedding, 2010). Esta filosofía busca sistemas Pull con cero desperdicios, mediante el enfoque de mapeo y el análisis de las actividades en los procesos (Barbosa & Perez, 2012; Bossert, 2003; Näslund, 2008; Reyes, 2002) (Pepper and Spedding, 2010). Los profesionales Lean tradicionalmente han organizado proyectos de mejora de uno, cinco o hasta 30 días de esfuerzos dedicados llamados Eventos Kaizen, donde equipos trabajan bajo la supervisión de un facilitador experimentado (Glover, Farris, & Van Aken, 2014; Snee, 2013).

Six Sigma es un programa que usa métodos estadísticos para reducir la variabilidad y lograr robustez en los procesos, productos y servicios (Antony et al., 2012; Bossert, 2003; Corbett, 2011; Näslund, 2008; Reyes, 2002). Los profesionales Six Sigma emplean una estructura de proyecto que sigue una secuencia prescrita de pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC), que generalmente se completan en tres a seis meses (Maleyeff, Arnheiter, & Venkateswaran, 2012; Näslund, 2008; Snee, 2013). La meta de Six Sigma es que las mediciones de calidad de proceso o producto tengan 3.4 defectos producidos por 1,000,000 de oportunidades (DPMO), sin embargo los niveles de calidad típicos para los productos manufacturados hoy en día alcanzan cerca de 4 Sigma, es decir 6.000 DPMO (Basu, 2001; Johnson & Swisher, 2003; Yahia, 2011).

Lean manufacturing y Six Sigma forman parte de una cultura de mejora (Pacheco et al., 2015) en toda la organización para maximizar el valor para el accionista y la satisfacción del cliente (Mason-Jones D.R., 2016; Snee, 2013), en donde se cuenta con el enfoque

científico y cuantitativo de la calidad proporcionado por Six Sigma, que complementa el enfoque cualitativo de las técnicas Lean (Laureani & Antony, 2017; Pacheco et al., 2015). La primera integración de Lean y Six Sigma fue en los EE. UU. en el grupo George en 1986 (Albliwi, Antony, Abdul, & Lim, 2014; Svensson, Antony, Ba-Essa, Bakhsh, & Albliwi, 2015), aunque la metodología no se da a conocer hasta principios de la década de 2000 (Antony et al., 2012), mediante un enfoque para hacer las cosas más rápido, mejor, más barato, más seguro y más sostenible (Pacheco et al., 2015).

El sector alimentario está dominado por muchas pequeñas y medianas empresas (PYME), las cuales tienen recursos limitados para optimizar la cadena de suministros, elaborar productos que cumplan los requisitos del cliente (Zokaei & Hines, 2007) y trabajar con "procesos de calidad asegurada en alimentos" (Shokri, Oglethorpe, & Nabhani, 2014). Sin embargo, es posible realizar proyectos que observen las necesidades del consumidor como LSS, aunque con perspectiva diferente de las grandes empresas, mediante la optimización de todo tipo de recursos, incluso humanos (RR.HH) (Mason-Jones D.R., 2016; Shokri et al., 2014; Zokaei & Hines, 2007). De manera específica el sector lácteo tiene muchas más restricciones en lo que respecta a la higiene en comparación con muchas otras industrias manufactureras, además de complicaciones como perecibilidad, estacionalidad y alta incertidumbre de la demanda, que en conjunto hace que se presente un ambiente muy complejo y variable para LSS (Powell, Lundebj, Chabada and Dreyer, 2017).

En un taller organizado en Cleveland, Ohio, donde asistieron 140 profesionales LLS de varios países, se pudo determinar que el 70% de organizaciones grandes mundiales tienen un programa formal Six Sigma en su compañía, pero solo el 37% tenía un programa formal Six Sigma en su organización de I + D, el 29% tiene un programa formal de Diseño para Six Sigma (DFSS) en I + D, 50% usa métodos Six Sigma para mejorar la I + D, el 76% tiene el 25% o menos de los empleados de su compañía involucrados en Six Sigma, y el 76% tiene un 25% o menos de sus proyectos de I + D usando LSS o DFSS (Johnson & Swisher, 2003).

Como se observa, en varias empresas del mundo ya ha sido usada esta metodología con éxito. Por ejemplo, Wilson Tool, un fabricante estadounidense líder de herramientas, ha logrado ahorrar costos de \$10000 por año y obtener una mejor calidad en su taller de Amada A-Station, mediante la implementación de un nuevo accesorio que reduce la cantidad de deformaciones por golpes durante el proceso de tratamiento térmico, y el mejoramiento del método utilizado para reparar las piezas (Kumar & Sosnoski, 2009). También se destaca una compañía de pinturas ubicada en la parte norte de la India que usó un enfoque original al aplicar un marco híbrido de diagramas SIPOC + DMAIC, en donde se mejoró el rendimiento de los procesos de fabricación con acciones de mejora que incluyen una mezcla de 5S, control estadístico y actividades de mantenimiento productivo total, lo que concluyó en 6.32 DPMO, la documentación de proceso y la mejora continua, incluso de la cultura organizacional (Mishra & Sharma, 2014). Otro caso importante es que 252 organizaciones automotrices de Malasia también han aplicado LSS en el modelado de ecuaciones estructurales (SEM), de donde se concluyó que el liderazgo y enfoque al cliente son factores extremadamente importantes para una buena implementación en la industria automotriz (Habidin, 2013). Adicionalmente, es relevante para este estudio mencionar a TINE S.A., la compañía láctea más grande de Noruega,

propiedad de 15,000 productores lecheros, en donde se desarrolló un proyecto LSS con enfoque VSM-DMAIC durante 6 meses en una de las lecherías llamada Tine Tunga, en Trondheim, Noruega; en donde se logró definir KPIs para cada departamento y reducir desperdicios en aproximadamente £ 1 millón (Powell, Lundebey, Chabada and Dreyer, 2017).

El éxito en la implementación LSS no ha sido sólo en empresas manufactureras, sino también en organizaciones de servicios, como la hostelería, en donde se desarrollan actividades económicas para la prestación de alojamiento y alimentación de personas, que incluyen hospitales y centros educativos (Lameijer, Does, & De Mast, 2016; Nair & Nilakantasrinivasan, 2005), por ejemplo Ruby Hospital, una instalación multi-especializada con fines de lucro en Calcuta, India, fue la única en el país en implementar con éxito un programa de mejora LSS, en donde se aplicaron herramientas lean y DMAIC para no solo incrementar las utilidades por ventas en la farmacia, sino también mejorar la satisfacción del paciente (Mukherjee, 2008). El resultado del proyecto además formó parte de la documentación del QMS (Sistema de Gestión de la Calidad) ISO 9001 para permitir el control del proceso a través de auditorías QMS regulares (Mukherjee, 2008). En este mismo campo, la industria médica del Laboratorio Nacional de Salud Pública de Namibia, realizó un estudio del impacto de las herramientas LSS, lo que revela que herramientas Lean como procedimientos operativos estándar, el análisis de causa raíz, la efectividad general del equipo y la administración visual, se implementan de forma moderada en la mayoría de los laboratorios (Isack, Mutingi, Kandjeke, Vashishth, & Chakraborty, 2018).

Una aplicación innovadora ha sido en el sector marítimo de China, en donde se aplicó diseño de experimentos del tipo Taguchi con 15 factores y el método de análisis de deseabilidad en datos de rendimiento de un buque granelero (Besseris, 2011). Con este proyecto se mejoró el proceso de endoso en las operaciones y el servicio de transporte de graneles de doble capa de 55,000 DWT (toneladas de peso bruto) (Besseris, 2011). Además de lograr la reducción de la muda ambiental (ahorro de energía y de recursos naturales) mediante un proyecto de lean Green (Chugani, Kumar, Garza-Reyes, Rocha-Lona, & Upadhyay, 2017).

Los institutos educativos recurren a LSS para enfrentar el desafío de educar más estudiantes en un nivel más alto a menor costo (Wiegel & Hadzialic, 2015). Así organizaciones como la Universidad de Ciencia y Tecnología King Abdullah en Arabia Saudita, construyen capital humano mediante capacitación a los empleados en herramientas de gestión y mejora de procesos (Antony et al., 2012) como Mapeo de procesos (VSM), análisis de causa y efecto, gestión visual, Pareto, carta de proyectos, SIPOC, talleres de mejora rápida (RIW), 5`S, VoC, nivel sigma, CTQ's, Gauge R &R y prueba de fallos (Antony et al., 2012; Svensson et al., 2015). Es por ello, que se ha obtenido mayor eficiencia en las áreas de negocio y la certificación de 50 cinturones amarillos, 150 cinturones verdes y 2 cinturones negros (Svensson et al., 2015).

Por otro lado, la Autoridad de Autopistas Públicas de Estados Unidos decidió aplicar LSS en 2005 en la E-470, una carretera de peaje alrededor de la parte Este de Denver, como una forma de reducir costos y aumentar la productividad, logrando proyectos que ahorren

\$463,518 por año y ganen el codiciado Premio del Presidente de la Asociación Internacional de Puentes, Túneles y Autopistas (IBTTA) en 2006 (Arthur, 2014).

En base a la revisión de literatura, se observa que la aplicación de Lean Six Sigma ha sido realizada casi en su totalidad en empresas grandes o multinacionales como General Electric, DuPont, Honeywell, y Samsung (Kumar & Sosnoski, 2009), y muy poco observada en empresas micro y pequeñas a pesar de ser factible su implantación en las mismas (Furterer & Smelcer, 2007; Mason-Jones D.R., 2016; Reyes, 2002). De manera específica, hay una falta de evidencia de la aplicación de Six Sigma en PYMES del sector alimenticio (Shokri et al., 2014), lo que convierte en novedoso el presente proyecto. Además al aplicar LSS en un entorno pequeño, se presenta la oportunidad de que los vínculos del proyecto con la estrategia de la organización puedan ser cortos, directos y fuertes (Mukherjee, 2008).

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto se basará en el mejoramiento de la calidad y productividad en los procesos productivos de los siguientes productos:

- 2 tipos de queso fresco, los cuales no son madurados ni escaldados, son moldeados, de textura relativamente firme, levemente granular, preparados con leche entera o semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácticos (NTE INEN 1528, 2012).
- Queso mozzarella, el cual no es madurado, es escaldado, moldeado, de textura suave elástica (pasta filamentosa), cuya cuajada puede o no ser blanqueada y estirada, preparado de leche entera, cuajada con cultivos lácticos, enzimas y/o ácidos orgánicos o inorgánicos (NTE INEN 1528, 2012).
- Mantequilla, que es un producto graso obtenido exclusivamente de la crema de leche higienizada, sometida a un proceso de batido y amasado, con o sin la adición de cultivos lácticos específicos, principalmente en forma de emulsión del tipo agua en aceite (NTE INEN 161, 2015).

La metodología aplicada para este proyecto será DMAIC, debido a que los productos y procesos ya existen y se deben mejorar, la causa del problema es desconocida o poco clara, existe la posibilidad de ahorros significativos y el proyecto puede realizarse en 4-6 meses (Yahia, 2011).

Fase Definir

Para la realización de esta fase se creó un equipo de proyecto para emprender una investigación “gemba” (ir al área de trabajo y presenciar los procesos) (Ingrande, 2015) para observar directamente los procesos y recopilar datos de información rápida (Mukherjee, 2008). Los objetivos fueron la definición de los procesos mediante Análisis de Pareto (Kumar & Sosnoski, 2009), los problemas identificados y cuantificados (Valderrey, 2010) a través del análisis de la Voz del cliente y la Voz del negocio, para luego establecer las características críticas de la calidad (Socconini, 2016) (Lee, Tai, & Sheen, 2013; Southard, Chandra, & Kumar, 2012), y la aprobación de la dirección (Valderrey, 2010). Con esta información se pudo elaborar la Carta del proyecto, el cronograma (Kumar & Sosnoski, 2009; Lee et al., 2013; Reyes, 2002), los planes de comunicación y riesgos del proyecto (Guilcapi, 2010), en donde consta que el proyecto se enfocará en mejorar el rendimiento de la materia prima y estandarizar los pesos de los productos terminados.

Fase Medir

Durante esta fase se realizó el mapeo de los procesos (Lee et al., 2013) mediante el Value Stream mapping (VSM) (Näslund, 2008), lo cual permitió conocer las operaciones para la elaboración de quesos y mantequilla. Adicionalmente, se diseñó un plan de recopilación de datos (Mukherjee, 2008) para los parámetros de las materias primas, las características de los productos finales (Yahia, 2011) y las métricas de los procesos (Southard et al., 2012). Fue necesario examinar si los datos son confiables (Valderrey,

2010) a través de un análisis del sistema de medición Gauge R&R (repetibilidad y reproducibilidad) (Socconini, 2016) el cual no fue aceptable, posteriormente se realizaron mejoras como capacitación, calibración del equipo y procedimientos estandarizados, con lo que mejoraron los valores y ya son aceptables. Además se tomaron datos para conocer si los procesos son capaces de cumplir con las especificaciones en los parámetros estudiados (Guilcapi, 2010).

Fase Analizar

Esta fase consistió en el análisis de la información de la fase anterior para identificar las fuentes de variabilidad (Mishra & Sharma, 2014; Southard et al., 2012). Mediante diagramas causa y efecto (Lee et al., 2013) y matrices de interrelación de causas con calificaciones en una escala de 10, se pudieron obtener las causas raíz de los problemas (Andrade & González, 2010) que eran el uso de materiales obsoletos, la falta de estandarización de procesos y el exceso de desperdicios; además se analizó de donde proviene el trabajo que agrega valor y aquel que no lo hace (Guilcapi, 2010). Se evaluó la estabilidad y capacidad del proceso para producir dentro de las especificaciones establecidas (Valderrey, 2010), de donde se obtuvo que los procesos eran incapaces.

Fase Mejorar

El objetivo de esta fase fue establecer los niveles en que deben operar los procesos para tener un mejor desempeño (Mukherjee, 2008; Reyes, 2002). Es relevante mencionar que se realizó un evento Kaizen con un equipo multifuncional (Glover et al., 2014) en base a pequeñas mejoras con esfuerzos continuos (Pyzdek, 2003).

Para cumplir con el objetivo de esta fase, se realizó un diseño de experimentos 2^3 en el proceso productivo de la mantequilla (Cheng & Kuan, 2012) usando como factores la acidez con que ingresa la crema de leche, el tiempo de batido y la temperatura del agua de lavado de la mantequilla, de donde se obtuvieron las condiciones óptimas de trabajo mediante gráficas de interacción (Montgomery, 2013; Socconini, 2016). Además se tomó como referencia las 5`S para reducir desperdicios en distancias y tiempos de búsqueda (Reyes, 2002), para después crear nuevos diagramas VSM con menos desperdicios de transportes, movimientos y esperas.

Las mejoras implementadas como la dotación de materiales para la producción, marcado del nivel adecuado de llenado de las ollas y la reducción de distancias provocaron que el rendimiento en el proceso productivo del queso fresco se eleve; así también mediante el uso de moldes con dimensiones adecuadas y la reducción del tiempo de valor no agregado, se pudo disminuir la variabilidad de los productos terminados y cumplir con los límites de especificación. Las pruebas estadísticas de hipótesis (Reyes, 2002; Socconini, 2016) permitieron determinar si las mejoras fueron efectivas, y los diagramas de caja y bigotes ayudaron a entender cómo se están comportando los parámetros de calidad de los productos (Valderrey, 2010), con lo cual se probó que las mejoras fueron efectivas.

Algunas mejoras también fueron planteadas, así como un dispositivo “A prueba de error” (*Poka Yokes*) (DeCarlo, Gygi & Williams, 2005) para nivelar la cuajada en la operación de moldeo de quesos frescos, nuevas mesas de moldeo, alarmas cronometradas para controlar el tiempo de cuajado y estantes de almacenamiento vertical para los moldes, las cuales deben ser analizadas por la dirección de la empresa.

Así, se lograron procesos mejorados que son estables, previsibles y que cumplen con los requisitos del cliente (Guilcapi, 2010). Además se realizó un análisis de impacto económico después de un periodo de operación de los procesos mejorados (Reyes, 2002), en donde se detalla la inversión que la empresa debe hacer para alcanzar las ganancias esperadas de \$580,52 semanales y el periodo de recuperación.

Fase Controlar

El objetivo de Six Sigma no es solo mejorar el proceso, sino también controlarlo para continuar a largo plazo (Mishra & Sharma, 2014), para lo que se elaboró un plan de control (Guilcapi, 2010; Lee et al., 2013), procedimientos de monitoreo (Southard et al., 2012), y de operación (Ray & John, 2011). El control estadístico de los procesos mediante cartas de control (Cheng & Kuan, 2012) permitió monitorear el estado de los procesos después de un cierto tiempo de implementado el prototipo de mejoras (Reyes, 2002). Finalmente, se informó a la dirección los resultados obtenidos y se dio por terminado el proyecto (Valderrey, 2010).

En todos los productos se buscó un incremento del rendimiento de la materia prima y la reducción de la variabilidad en los pesos de los productos terminados. Cuando se trabaja con quesos frescos, uno de los factores más importantes como parámetro de control es el rendimiento quesero, puesto que determina la rentabilidad económica y sostenibilidad de la empresa; este mejora mientras mayor es el nivel de transferencia de sólidos desde la leche al queso, debido a un aumento en la recuperación de proteína, grasa, lactosa o minerales (Bedoya, España, Mora & Rosero, 2016). También se debe impulsar el rendimiento de la mantequilla por la buena acogida que se tiene del mercado y evitar pérdidas por exceso de peso en los productos para garantizar que los beneficios tanto de la empresa como de los clientes (San Salvador, 2018).

DESARROLLO

Fase Definir

El desarrollo comienza reconociendo y definiendo los objetivos, procesos y problemas a desarrollar y/o resolver (Cheng & Kuan, 2012). Es por ello que los objetivos de esta fase son:

- Definir los procesos en desarrollo (Cheng & Kuan, 2012).
- Establecer los parámetros críticos del proceso (Cheng & Kuan, 2012) o indicadores clave del negocio (críticas para la calidad – *CTQs*) (Socconini, 2016).
- Identificar los posibles proyectos que deben ser evaluados por la dirección, con una tentativa asignación de recursos (Valderrey, 2010).

Las herramientas que serán usadas son:

- Análisis de Pareto (Kumar & Sosnoski, 2009) para conocer las pocas causas que producen la mayoría de los efectos (Valderrey, 2010), que en este caso son ventas e indicarán los productos en los que se trabajará.
- Voz del cliente (VoC), de donde se derivan los CTQ o requisitos críticos del cliente (Lee et al., 2013; Southard et al., 2012).
- Voz del negocio, para definir los proyectos de mejora que tengan impacto económico en la empresa (García, 2013).

Los entregables serán:

- Carta del proyecto seleccionado, que contiene el enunciado del problema, la declaración del objetivo del proyecto, el alcance / las limitaciones del proyecto, las metas y los objetivos del proyecto, el equipo de trabajo, los beneficios esperados y la información general sobre el proyecto (Kumar & Sosnoski, 2009; Lee et al., 2013).
- El programa de trabajo en gráfica de Gantt o similar (Reyes, 2002).
- Plan de comunicación del proyecto (Guilcapi, 2010)
- Plan de riesgos del proyecto (Guilcapi, 2010).

1. Selección de productos.

Como se observó en la figura 1, un Diagrama de Pareto es muy útil para conocer que las familias Quesos y Cremas/mantequillas representan el 93,39% de las ventas de la empresa, por lo que se decide analizarlas individualmente y elegir los productos en los que se trabajará.

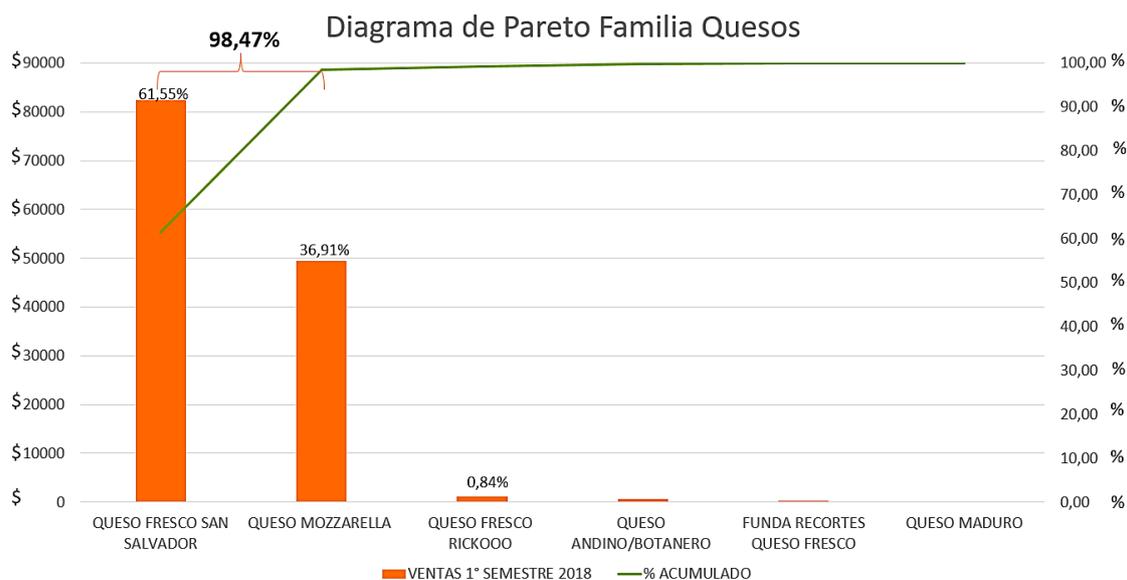


Figura 3: Diagrama de Pareto con los productos más vendidos de la Familia Quesos

En la figura III se puede observar que los productos más vendidos son el Queso fresco “San Salvador” y el Queso mozzarella.

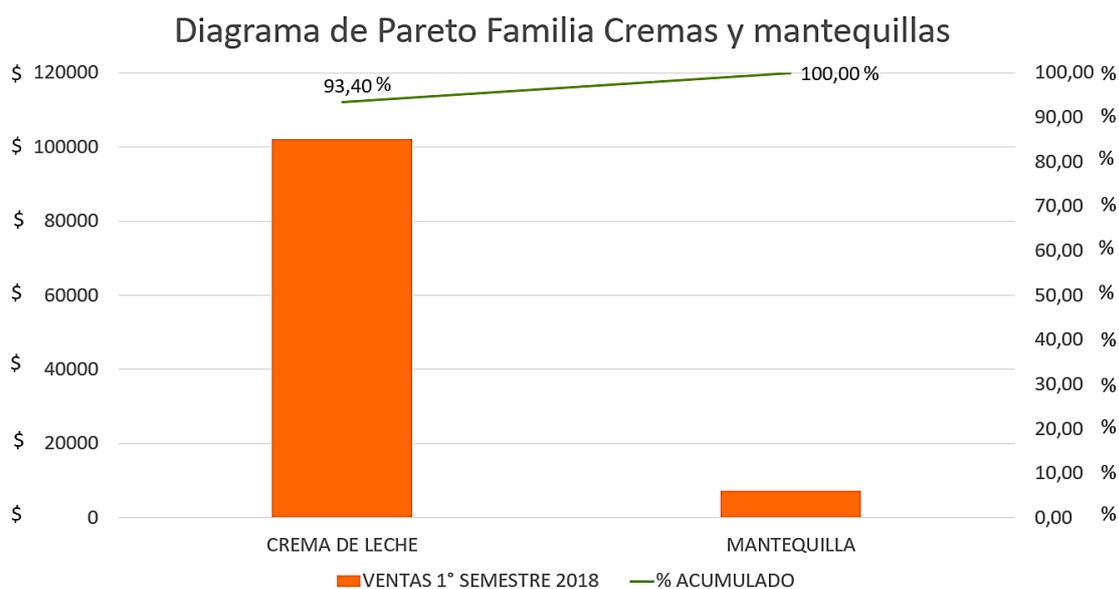


Figura 4: Diagrama de Pareto con los productos más vendidos de la Familia Cremas y mantequillas

En la Figura IV se observa que el 93,40% de las ventas son de crema de leche, producto que se obtiene de la compra a proveedores o de la producción en la planta mediante la descremación de la leche y pasteurización, para luego ser vendida a mayoristas. Sin embargo, los compradores la adquieren para empacarla y venderla al por menor, y especialmente para convertirla en mantequilla y venderla a mejor precio, lo que genera competencia para la empresa. Es por ello que se busca impulsar la producción de mantequilla ya que deja mejores ingresos y es un producto con buena acogida por el mercado.

Este proyecto trabajará para el mejoramiento de los productos que generen mayores ingresos para la empresa y que tienen buena acogida por el mercado, en las presentaciones más vendidas. Debido al análisis anterior se pudo determinar que el proyecto se limita a los procesos productivos de Queso fresco “San Salvador” de 700 gramos, Queso fresco “Rickooo” de 700 gramos (ya que es el mismo proceso productivo del queso “San Salvador”, pero con variación en la temperatura de pasteurización), Queso mozzarella 1000 gramos y Mantequilla en kilogramos; los cuales incluyen desde la recepción de la materia prima hasta el empaque de producto terminado.

2. Diagramas de flujo de los procesos.

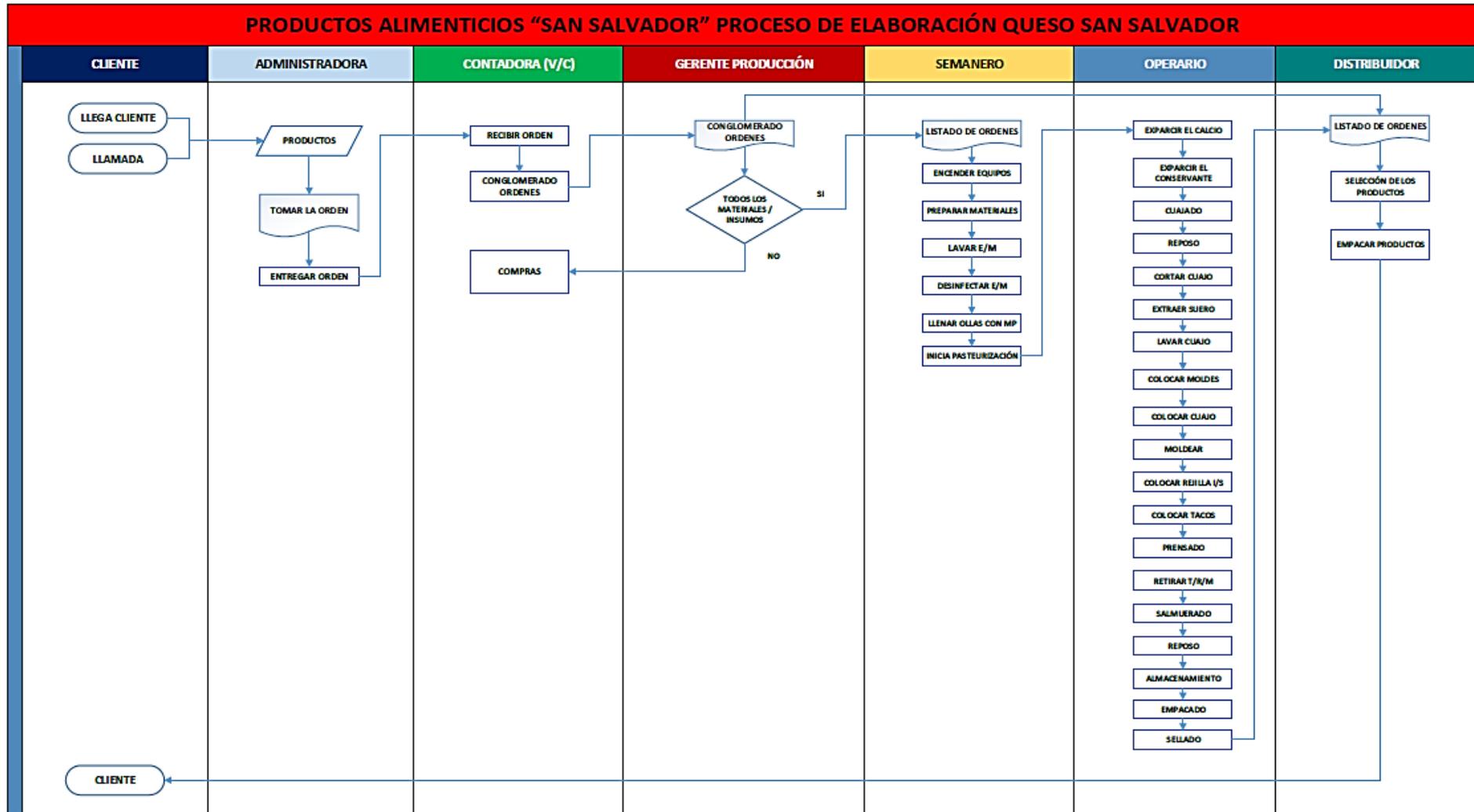
Es importante describir los procesos para comprender los puntos clave de decisión y funcionalidad de los procesos productivos (Socconini, 2016).

Un diagrama de flujo es la representación gráfica de las etapas o pasos de un proceso, que se basa en la utilización de diversos símbolos para representar operaciones específicas (MIDEPLAN, 2009). Estos generan valor agregado para la organización que los use, pues la representación gráfica de los mismos permite que sean analizados por los que tienen a su cargo su realización y además por otros actores interesados; quienes podrán aportar nuevas ideas para cambiarlos y mejorarlos (MIDEPLAN, 2009).

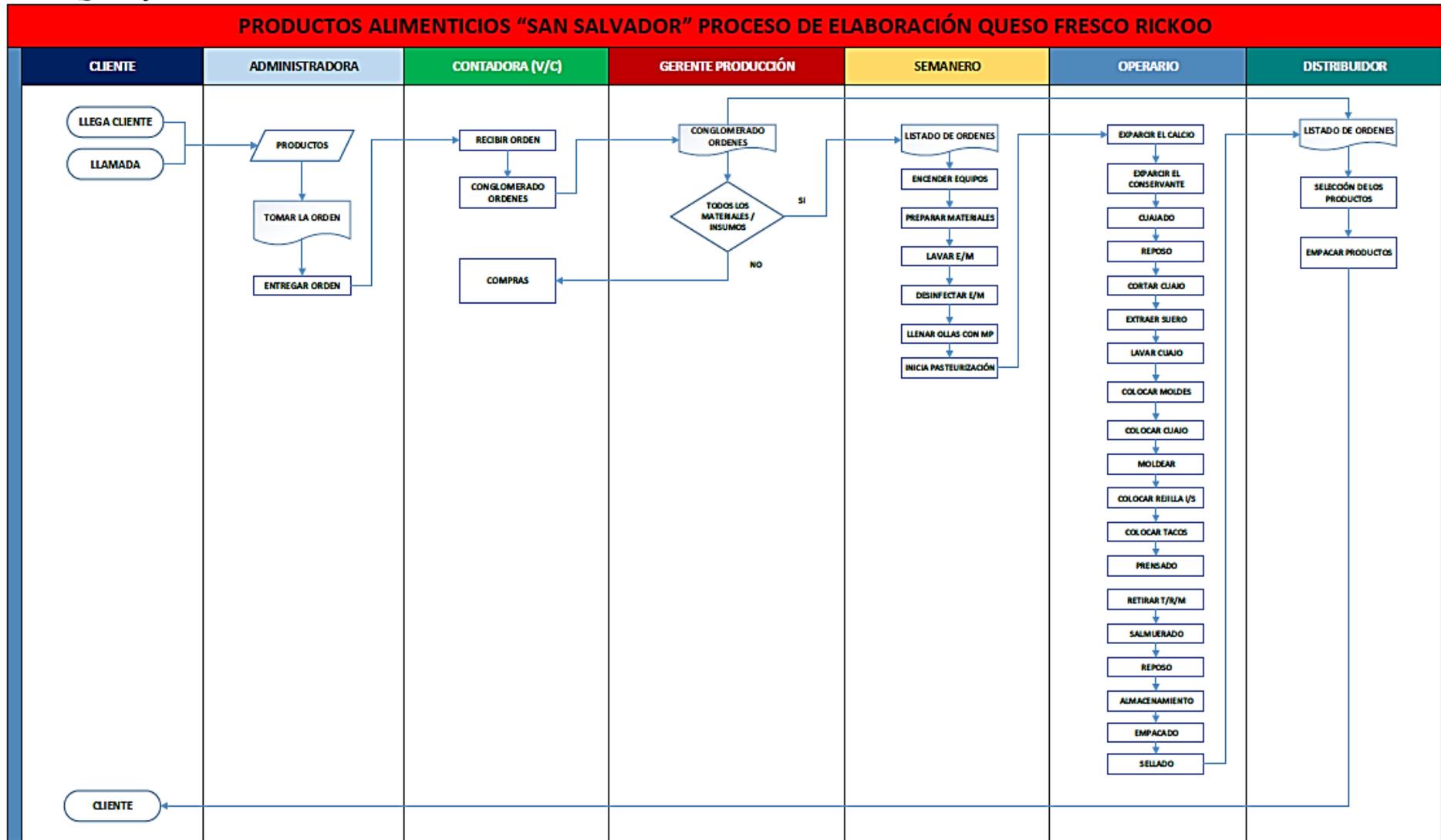
2.1. Diagrama Cross – Functional.

Un diagrama Cross – Functional Map (Socconini, 2016) o de flujo de bloques, representa las etapas de un proceso a través de una secuencia de bloques encadenados entre sí, poniendo énfasis en las responsabilidades y relaciones interdepartamentales (MIDEPLAN, 2009; Socconini, 2016). Esto nos será de ayuda para conocer el funcionamiento de la empresa, del personal y de los procesos.

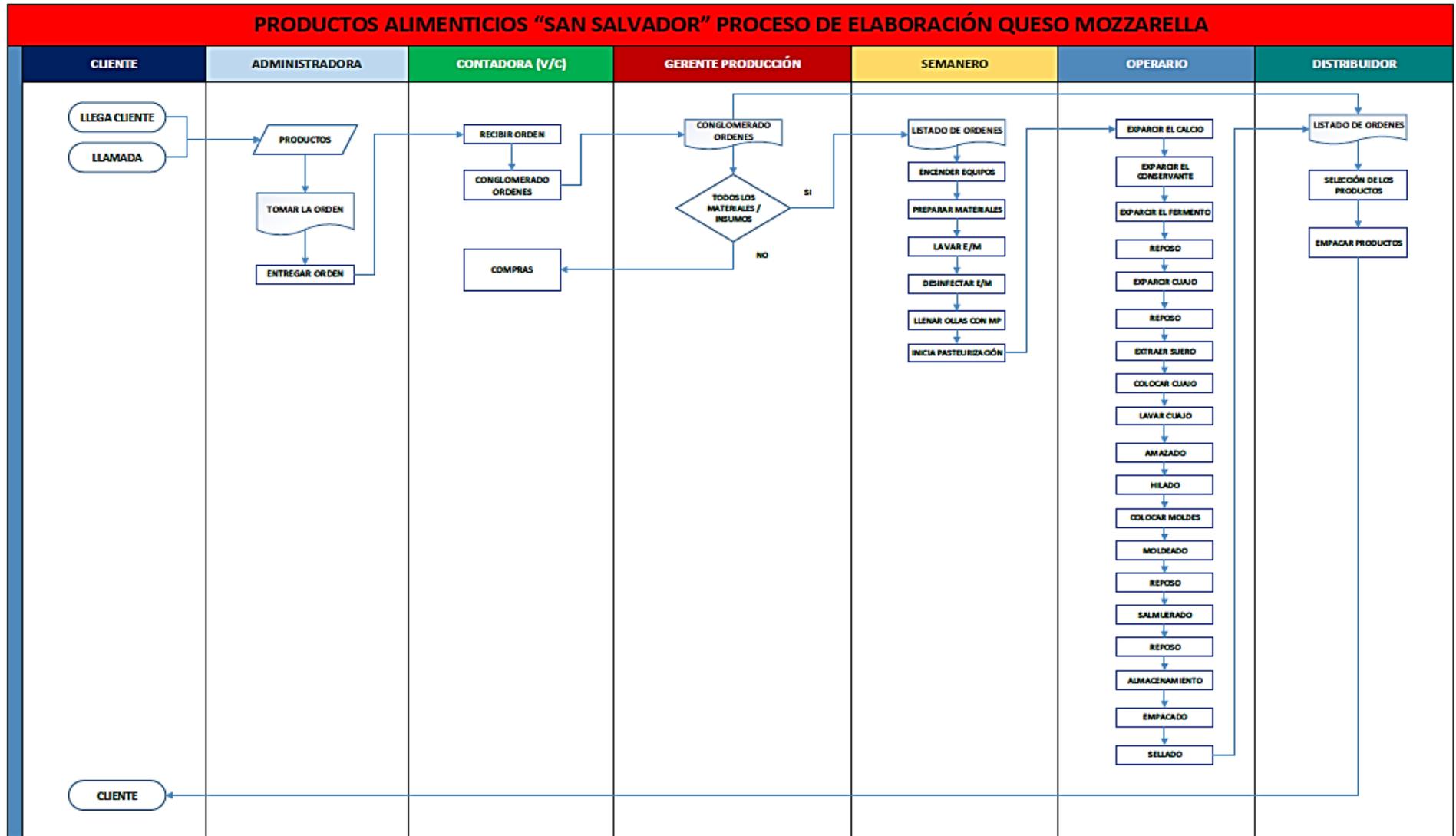
Queso fresco "San Salvador".



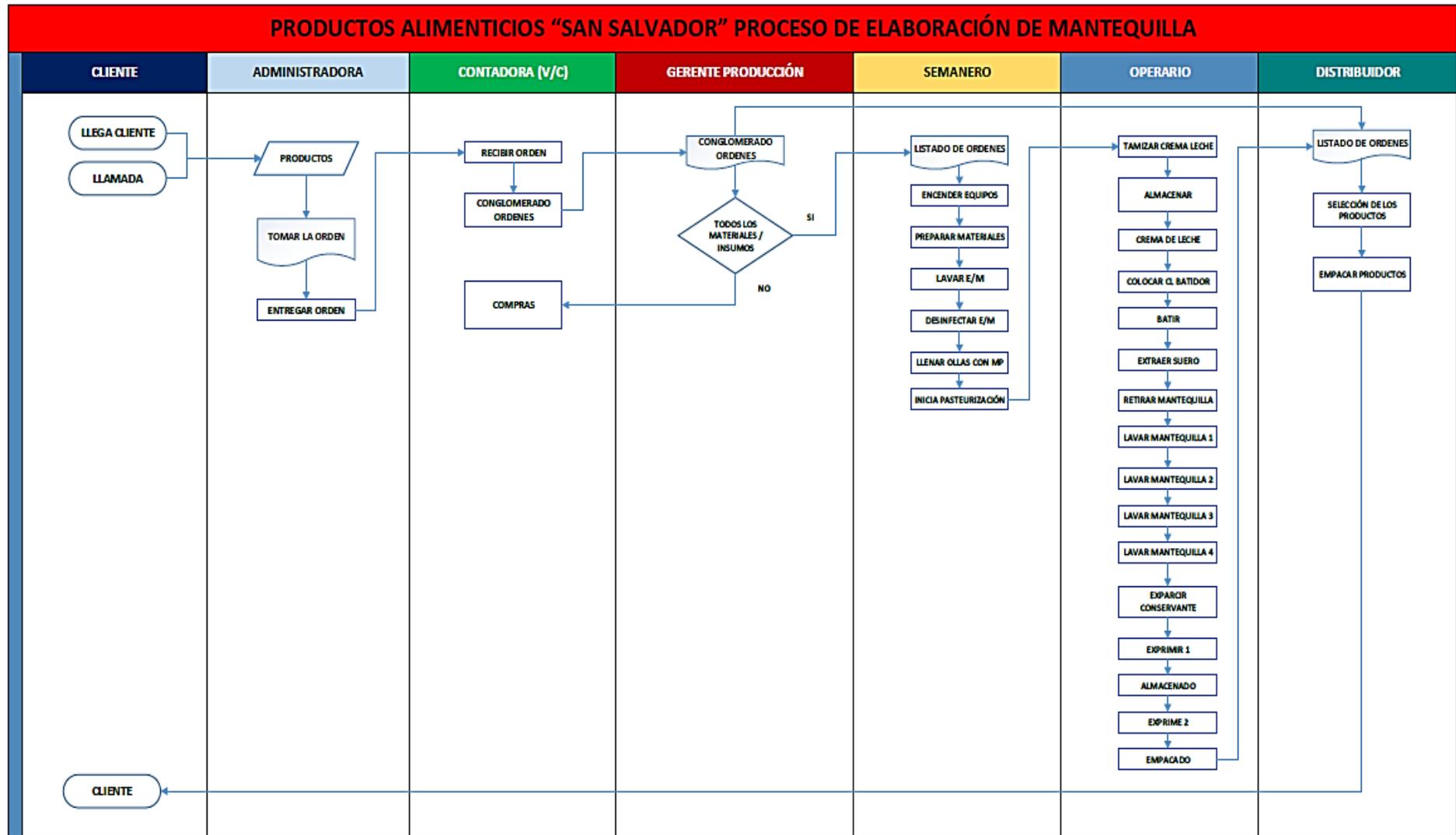
Queso fresco "Rickoo".



Queso mozzarella.



Mantequilla.



2.2. Diagramas de alto nivel SIPOC.

Es una herramienta para caracterizar los procesos productivos a alto nivel, a partir de la identificación de elementos claves, así como: Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso; Recursos (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso, como información, materiales e incluso, personas; Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido; Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso y cuyas necesidades se deben satisfacer (Cisneros, 2012).

Estos diagramas permiten tener un conocimiento consistente de los procesos analizados, proveen de una vista macro del flujo del proceso o producto y sus interrelaciones dentro del negocio, definen los límites del proceso, el punto de inicio y final del proceso que necesita una mejora (Cisneros, 2012). Además serán útiles para analizar en dónde se presentan los mayores desperdicios, lo que es importante para el rendimiento de la materia prima. Para ellos se ha creado un esquema básico para todos los procesos productivos, así:

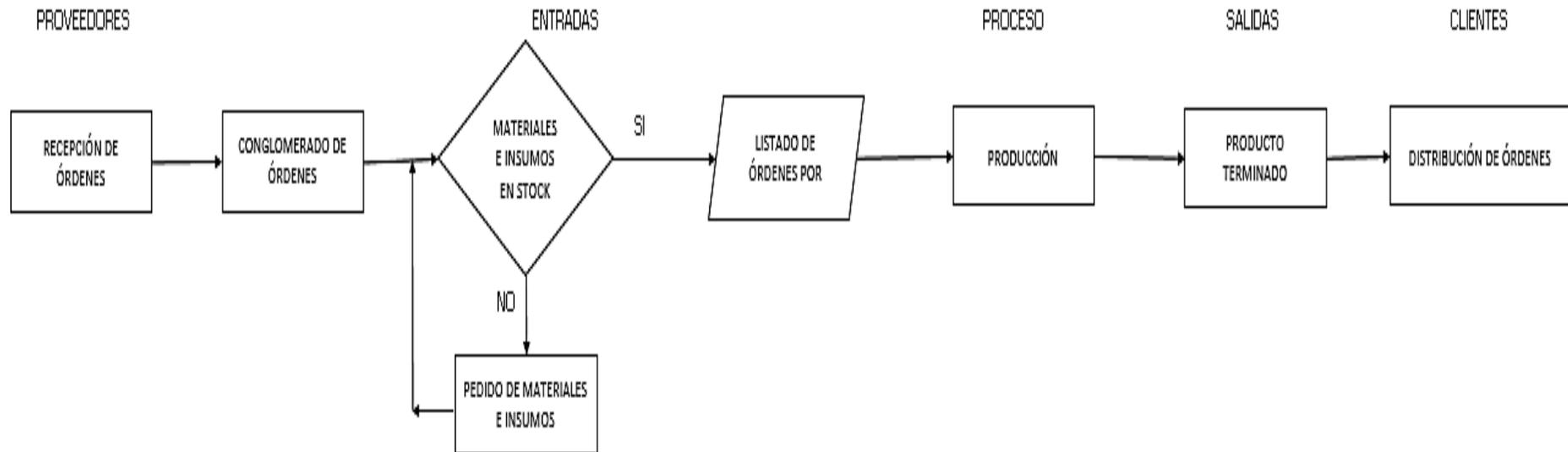


Ilustración 1: Esquema básico del Diagrama SIPOC

3. Análisis de Voz del cliente.

Es necesario realizar este análisis para obtener información sobre las necesidades y expectativas del cliente (Socconini, 2016). Una herramienta adecuada para este análisis es una encuesta (Socconini, 2016), que fue diseñada en base a parámetros que pueden ser mejorados y modificados en los procesos productivos. Para permitir la tabulación se usó la escala de Likert, que es un conjunto de preguntas referentes a actitudes, categorizadas en 5 puntos que equivalen a 1= Totalmente en desacuerdo, 2= En desacuerdo, 3= Neutral, 4= De acuerdo y 5= Totalmente de acuerdo, donde el sujeto señala con una cruz o un círculo la categoría elegida (García, Aguilera, & Castillo, 2011). Para la tabulación de respuestas se entiende que mientras más cercano sea el promedio de respuestas a 5, más satisfechos han estado los clientes con el parámetro evaluado; por el contrario, mientras más bajo sea el promedio de respuestas (cercano a 1), los clientes no se encuentran satisfechos y se debe mejorar el parámetro evaluado.

Estas encuestas fueron aplicadas teniendo en cuenta 3 mercados objetivos:

3.1. Consumidores finales.

Personas que compran y/o consumen los productos para su alimentación.

En este caso la población es infinita, es decir, de tamaño muy grande o indefinido, cuyo tamaño exacto se desconoce (Morales, 2012). Para calcular el número de personas a las que se debe aplicar la encuesta se usó la siguiente fórmula:

$$N = \frac{z^2 * pq}{e^2}$$

Ecuación 1: Tamaño de muestra para población infinita

Fuente: Morales, 2012

Donde:

z = valor de $z_{\alpha/2}$ correspondiente al nivel de confianza 95%

pq = varianza de la población, donde p = proporción de sujetos en la categoría de compra del producto. El suponer que $p = q$ quiere decir que para escoger la muestra nos ponemos en la hipótesis de que en la población hay la máxima diversidad posible: un 50% va a decir que *sí* y otro 50% va a decir que *no*, de esta manera, y por lo que respecta a la varianza de la población, no corremos riesgos de quedarnos cortos en el número de sujetos (Morales, 2012).

e = error muestral. Cuanto más bajo sea este error, aumenta la precisión pero también subirá el cociente, es decir, harán falta más sujetos y subirá el costo de la realización (Morales, 2012).

Entonces:

$$N = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2} = 384,16 \approx 385 \text{ personas}$$

Debido a la cantidad de recursos, se realizaron 130 encuestas a los consumidores finales de cada producto, en las instalaciones de la empresa y mediante llamadas telefónicas, de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Queso fresco “San Salvador”

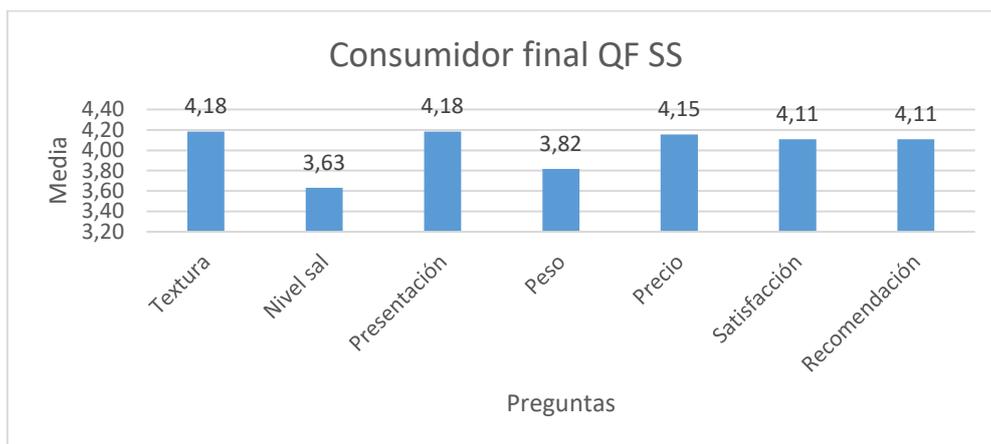


Ilustración 2: Preguntas para Consumidores finales para Queso fresco "San Salvador"

En textura, presentación, precio, satisfacción y recomendación hacia la empresa, el promedio está entre 4 y 5, lo que quiere decir que los clientes están satisfechos con estos parámetros. El promedio de respuestas de satisfacción con el nivel de sal está en 3,63, lo que implica que varios sujetos se han sentido inconformes con este parámetro. El peso también representa inconformidad porque es un valor inferior a 4, es decir, el cliente piensa que no está recibiendo el peso adecuado en el producto terminado.

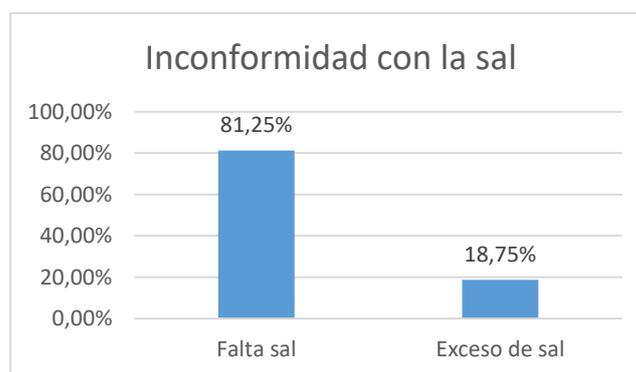


Ilustración 3: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "San Salvador"

De las personas que se han sentido inconformes con el nivel de sal, el 81% cree que le falta sal al queso, por lo que se debería atender este requerimiento realizando un proyecto de mejora de las características sensoriales del producto.

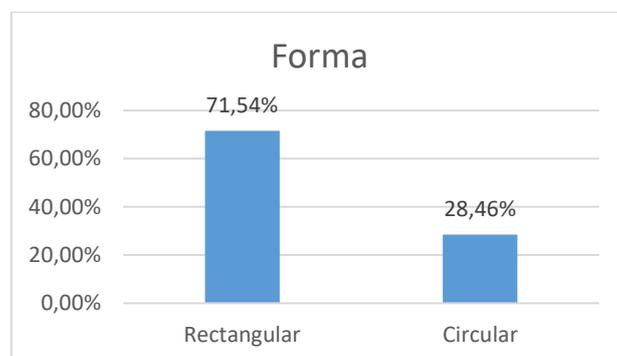


Ilustración 4: Pregunta a los Consumidores finales sobre la forma del Queso fresco "San Salvador"

De todos los encuestados, el 72% prefiere un molde rectangular, sin embargo el 29% prefiere un queso circular, por lo que se podría evaluar la posibilidad de diversificar los moldes del producto.

- Queso fresco “Rickooo”

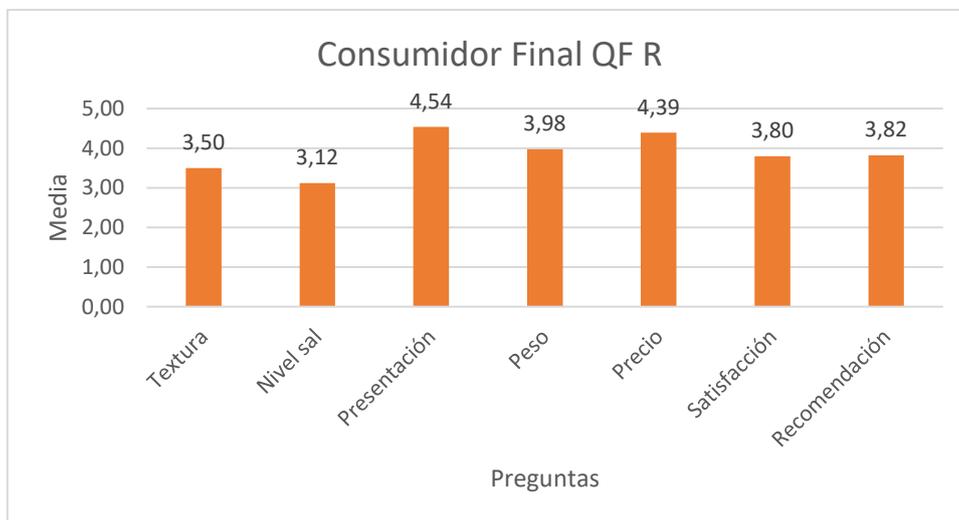


Ilustración 5: Preguntas para Consumidores finales para Queso fresco "Rickooo"

En presentación y precio el promedio está entre 4 y 5, lo que quiere decir que los clientes están satisfechos con estos parámetros. En textura, peso, satisfacción con el producto y recomendación de la empresa, los valores están entre 3,5 y 4, lo que muestra que hay algunas personas inconformes. El promedio de respuestas de satisfacción con el nivel de sal está en 3,12, lo que implica que muchas personas se han sentido inconformes con este parámetro.

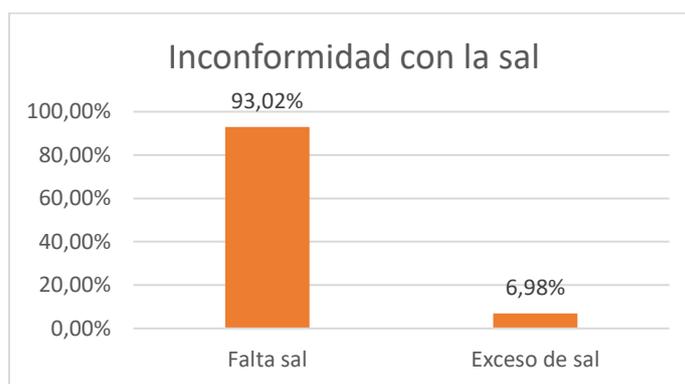


Ilustración 6: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "Rickooo"

De las personas que se han sentido inconformes con el nivel de sal, el 93% cree que le falta sal al queso, por lo que se debería atender este requerimiento realizando un proyecto de mejora de las características sensoriales del producto.

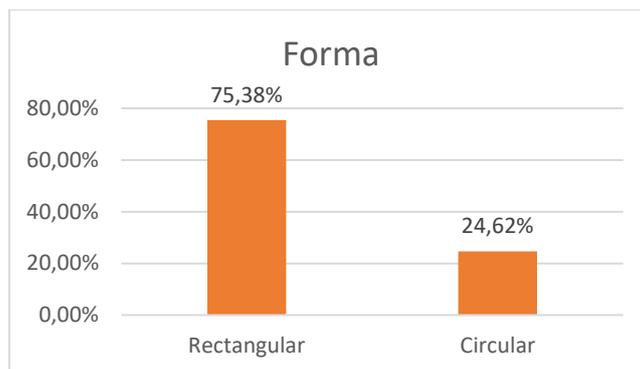


Ilustración 7: Pregunta a los Consumidores finales sobre la forma del Queso fresco "Rickooo"

De todos los encuestados, el 75% prefiere un molde rectangular, sin embargo el 25% prefiere un queso circular, por lo que se podría evaluar la posibilidad de diversificar los moldes del producto.

- Queso mozzarella

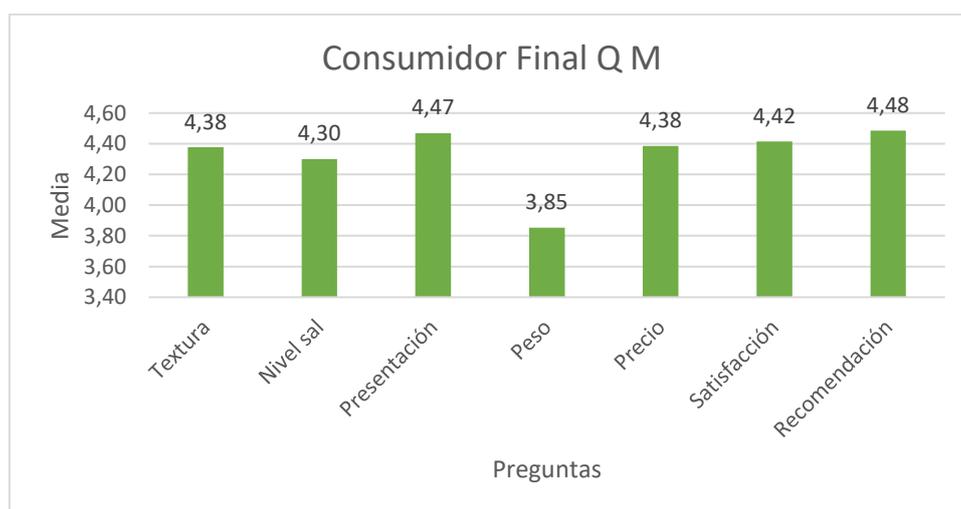


Ilustración 8: Preguntas para Consumidores finales para Queso mozzarella

En textura, nivel de sal, presentación, precio, satisfacción con el producto y recomendación hacia la empresa, el promedio está entre 4 y 5, lo que quiere decir que los clientes están satisfechos con estos parámetros. El peso se debe mejorar ya que se observa que tiene el menor valor y que hay algunas personas inconformes.

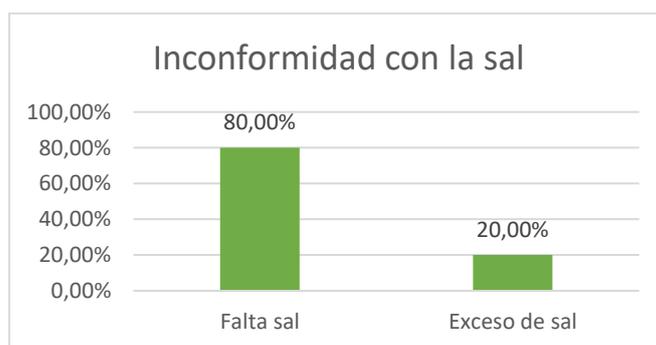


Ilustración 9: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de sal del Queso mozzarella

Existen pocas personas inconformes con el nivel de sal, el 80% ha manifestado que le falta sal al queso, por lo que se debería atender este requerimiento realizando un proyecto de mejora de las características sensoriales del producto.

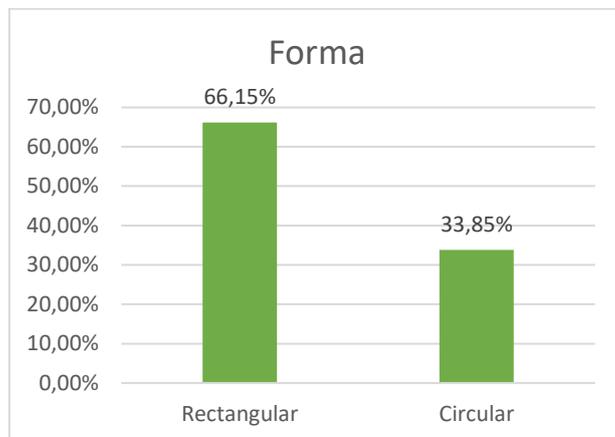


Ilustración 10: Pregunta a los Consumidores finales sobre la forma del Queso mozzarella

De todos los encuestados, el 66% prefiere un molde rectangular, sin embargo el 34% prefiere un queso en forma de bola, por lo que se podría evaluar la posibilidad de diversificar usando una nueva presentación del producto.

- Mantequilla

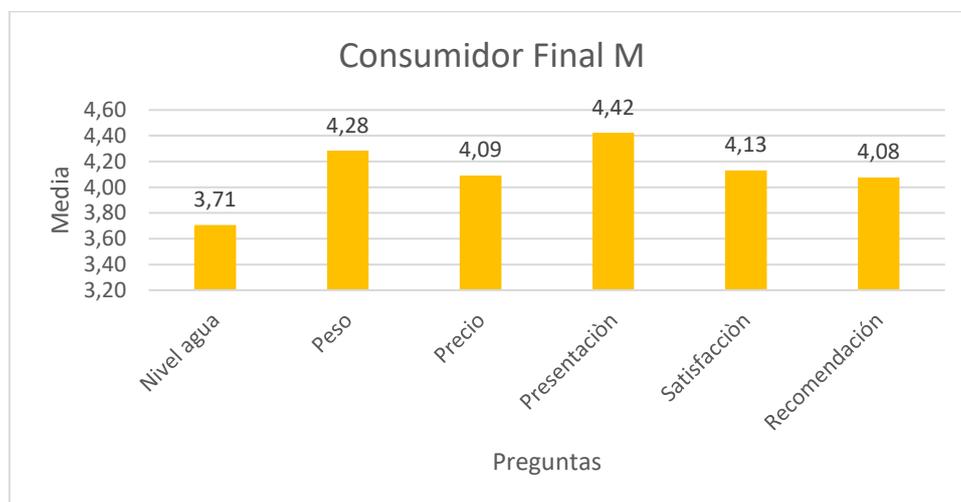


Ilustración 11: Preguntas para Consumidores finales para Mantequilla

Se observa que en cuanto al peso y la presentación, los clientes están satisfechos. El precio, la satisfacción total con el producto y la recomendación hacia la empresa deben ser mejorados porque son valores muy cercanos a 4, lo que significa que algunas personas se sienten inconformes. El promedio de respuestas de satisfacción con el nivel de agua o consistencia está en 3,71, y es el parámetro en donde hay que trabajar más para satisfacer al cliente.

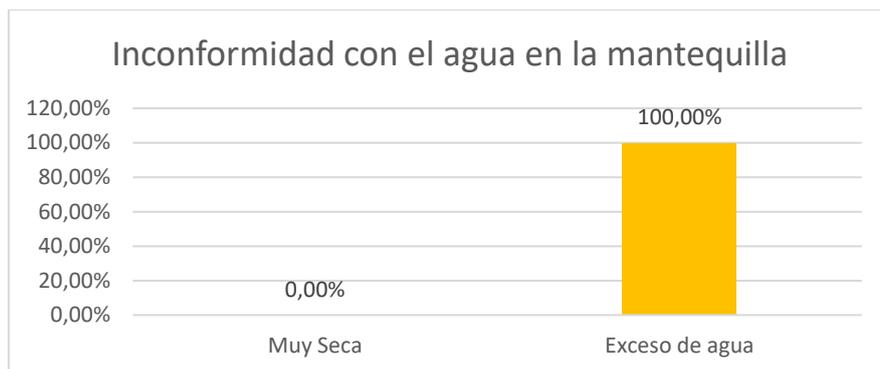


Ilustración 12: Pregunta a los Consumidores finales inconformes con el nivel de agua de la Mantequilla

De las personas que se han sentido inconformes con el nivel de agua, todos creen que la falta consistencia al producto mediante la reducción de agua, por lo que se debería atender este requerimiento mejorando el método de elaboración.

3.2. Clientes.

Son las personas que compran los productos al por mayor y los distribuyen en centros comerciales de Riobamba o los transportan y venden a comercios o tiendas en ciudades como Guayaquil, Quito, Bucay, Milagro, Salinas, Galápagos, Piñas, Puyo y Ambato.

La empresa cuenta con 15 clientes distribuidores de Queso fresco “San Salvador”, 2 de Queso fresco “Rickooo”, 13 de Queso mozzarella y 5 de Mantequilla (San Salvador, 2018). Todos ellos fueron encuestados mediante llamadas telefónicas de donde se obtuvo la siguiente información.

- Queso fresco “San Salvador”

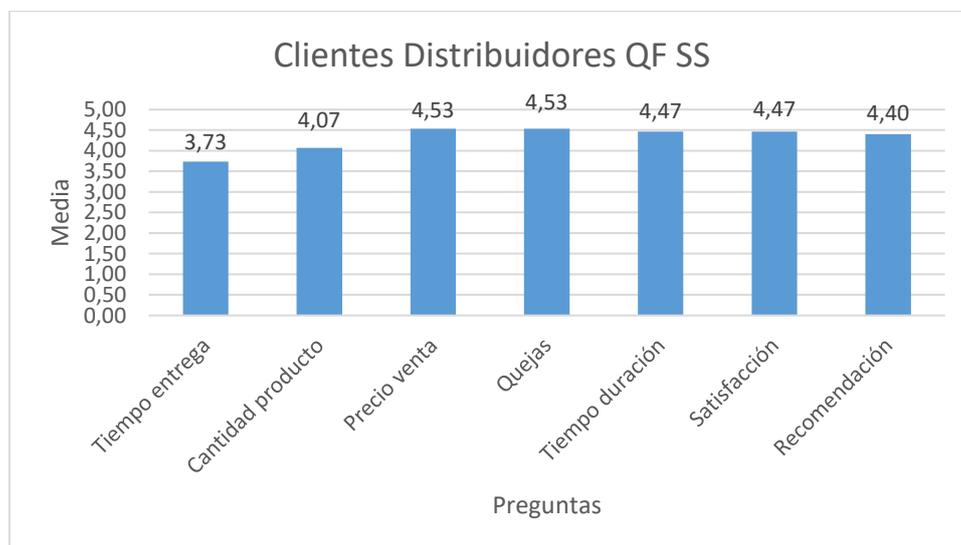


Ilustración 13: Preguntas para Clientes para Queso fresco "San Salvador"

Los valores de precio, el tiempo de duración peso, satisfacción total con el producto y recomendación hacia la empresa muestran que los clientes están satisfechos. El valor de quejas es un buen indicador de cuán conformes están los consumidores finales que adquieren el producto a los distribuidores, en este caso se han presentado algunas quejas

que se solucionarían trabajando en los aspectos que causan inconformidad al consumidor final. La cantidad de producto y en especial el tiempo de entrega son los parámetros que causan mayor insatisfacción al cliente y que se deberían mejorar.



Ilustración 14: Pregunta a los Clientes inconformes con la cantidad de producto del Queso fresco "San Salvador"

De las personas que se han sentido inconformes con la cantidad de producto recibida, todos requieren adquirir más producto, por lo que se debería atender este requerimiento mejorando los rendimientos de la materia prima y estandarizando los pesos de los productos terminados.

- Queso fresco "Rickooo"

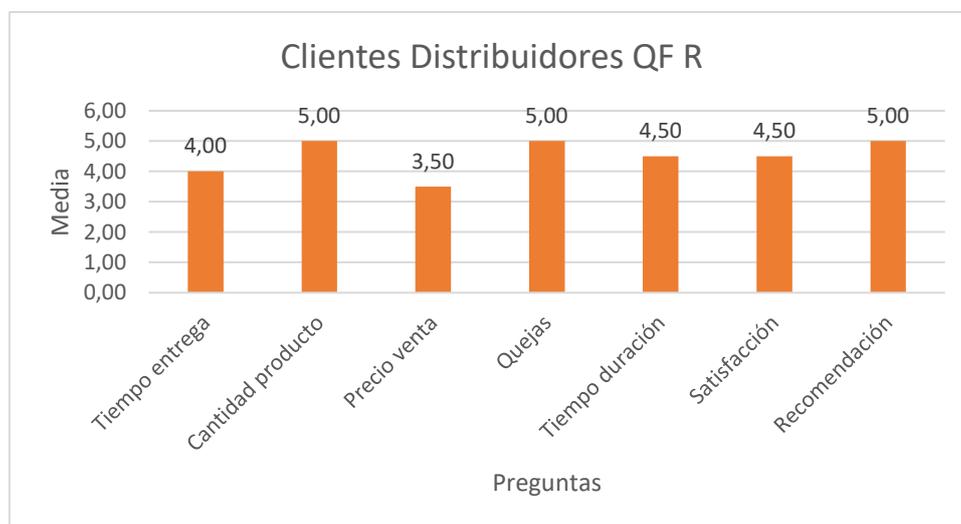


Ilustración 15: Preguntas para Clientes para Queso fresco "Rickooo"

Los clientes están totalmente satisfechos con la cantidad de producto, recomendarían a la empresa y no se han presentado quejas de los consumidores finales. El tiempo de duración y la satisfacción con el queso muestran que la mayoría de clientes están satisfechos. El tiempo de entrega debe ser mejorado ya que es muy cercano a 4 e indica que hay algunas personas inconformes. 3,5 en el precio de venta indica que se debe mejorar el producto para que esté acorde al valor que se está cobrando.

- Queso mozzarella



Ilustración 16: Preguntas para Clientes para Queso mozzarella

Los clientes están satisfechos con la cantidad de producto y tiempo de duración. Se han presentado algunas quejas que se solucionarían trabajando en los aspectos que causan inconformidad al consumidor final. El tiempo de entrega, la satisfacción con el producto y la recomendación hacia la empresa muestran que se puede mejorar, pero que la mayoría de clientes están de acuerdo con estos parámetros. 3,85 en el precio de venta indica que se debe mejorar el producto para que esté acorde al valor que se está cobrando.

- Mantequilla

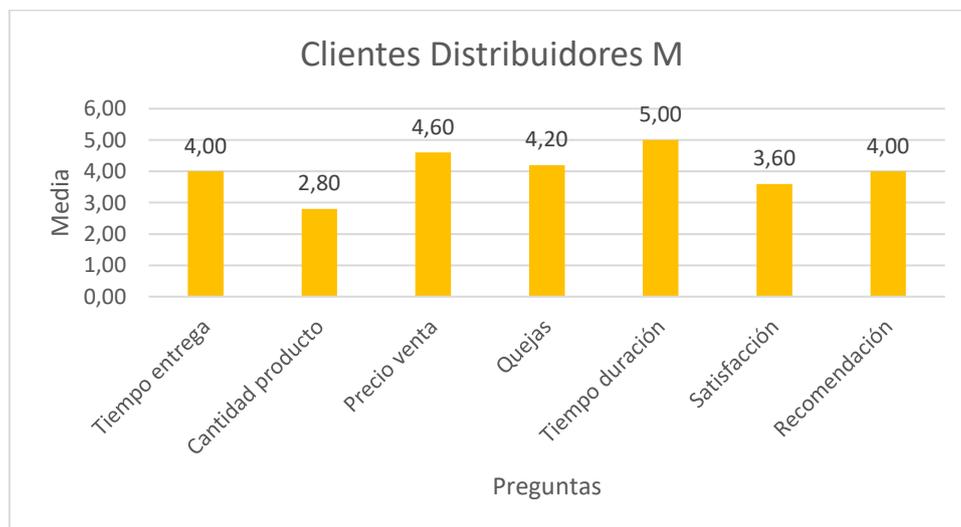


Ilustración 17: Preguntas para Clientes para Mantequilla

Los clientes están totalmente satisfechos con el tiempo de duración del producto. El precio de venta está acorde a la calidad de mantequilla que se recibe. El tiempo de entrega y el nivel de recomendación hacia la empresa deben ser mejorados ya que están en el mínimo aceptable. Se han presentado quejas que se solucionarían trabajando en los aspectos que causan inconformidad al consumidor final, y así también se elevaría el valor

de satisfacción con el producto. La cantidad de producto es lo que más causa insatisfacción, por lo que se debe mejorar el plan de producción para satisfacer la demanda.

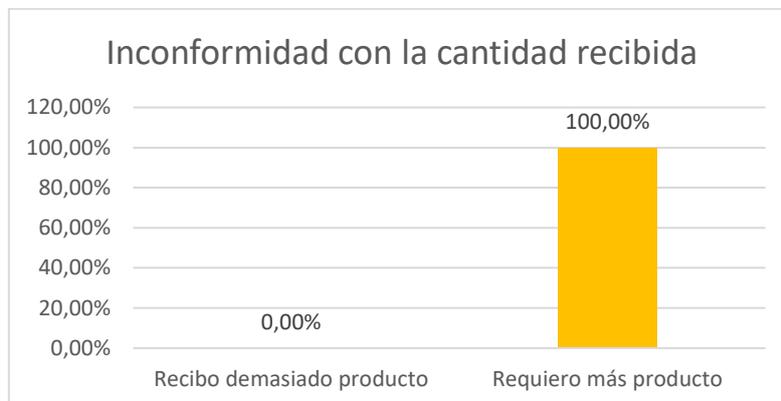


Ilustración 18: Pregunta a los Clientes inconformes con la cantidad de producto de la Mantequilla

De las personas que se han sentido inconformes con la cantidad de producto recibida, todos requieren adquirir más producto, por lo que se debería atender este requerimiento mejorando los rendimientos de la materia prima y el método de producción.

3.3. Consumidores mayoristas.

Son organizaciones y empresas como hoteles, restaurantes y pizzerías que adquieren el producto en grandes cantidades para preparar comida con ellos, por lo que también se interesan por características intrínsecas como textura, nivel de sal de quesos o nivel de agua en la mantequilla.

La empresa cuenta con 8 consumidores mayoristas de Queso fresco “San Salvador”, 2 de Queso fresco “Rickooo”, 13 de Queso mozzarella y 4 de Mantequilla (San Salvador, 2018). Todos ellos fueron encuestados mediante llamadas telefónicas o visitas en los establecimientos, de donde se obtuvo la siguiente información.

- Queso fresco “San Salvador”

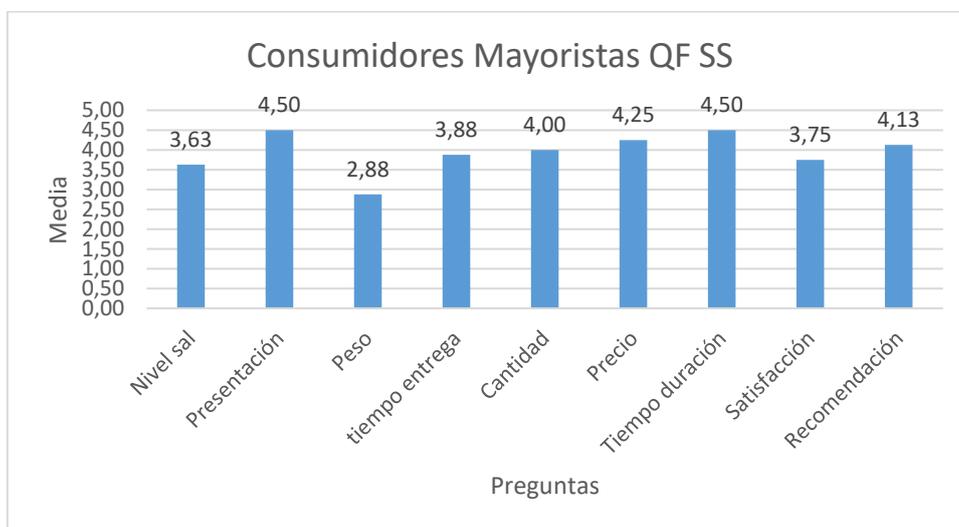


Ilustración 19: Preguntas para Consumidores mayoristas para Queso fresco "San Salvador"

La presentación, el precio y el tiempo de duración satisfacen a los consumidores mayoristas. La cantidad de producto debe ser mejorada porque el valor es el mínimo aceptable, con lo que mejoraría el nivel de recomendación hacia la empresa. El nivel de sal, el tiempo de entrega causan inconformidad en algunas personas, y por ende reduce el nivel de satisfacción con el producto. El parámetro que debe ser mejorado a la brevedad es el peso del producto terminado porque la mayoría de personas están inconformes.



Ilustración 20: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "San Salvador"

De las personas inconformes con el nivel de sal, todas han manifestado que le falta sal al queso, por lo que se debería atender este requerimiento realizando un proyecto de mejora de las características sensoriales del producto.

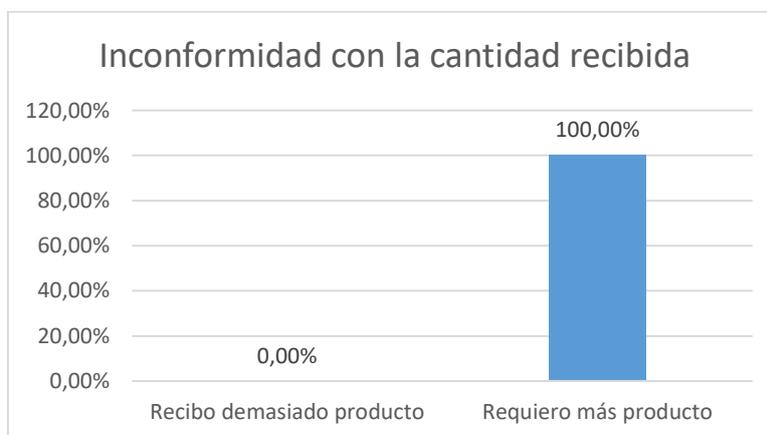


Ilustración 21: Pregunta a los Consumidores mayoristas inconformes con la cantidad de producto del Queso fresco "San Salvador"

De las personas que se han sentido inconformes con la cantidad de producto recibida, todos requieren adquirir más producto, por lo que se debería atender este requerimiento mejorando los rendimientos de la materia prima y estandarizando los pesos de los productos terminados.

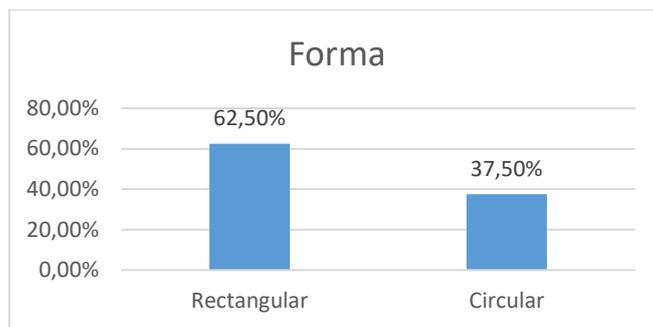


Ilustración 22: Preguntas para Consumidores mayoristas sobre la forma del Queso fresco "San Salvador"

De todos los encuestados, el 62% prefiere un molde rectangular, sin embargo el 38% prefiere un queso en forma circular, por lo que se podría evaluar la posibilidad de usar un nuevo molde y diversificar la producción.

- Queso fresco "Rickooo"

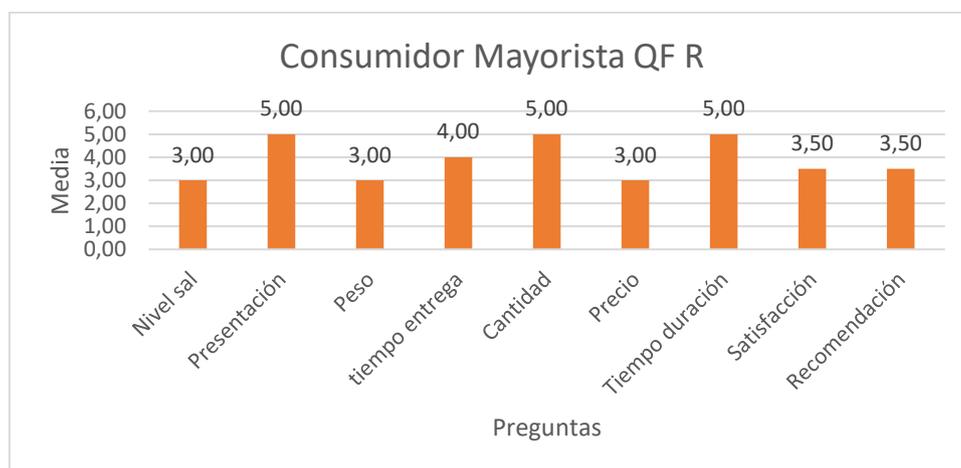


Ilustración 23: Preguntas para Consumidores mayoristas para Queso fresco "Rickooo"

La presentación, la cantidad de producto y el tiempo de duración satisfacen totalmente a los consumidores mayoristas. El tiempo de entrega debe ser mejorado porque el valor es el mínimo aceptable. La satisfacción total con el queso y el nivel de recomendación hacia la empresa son valores bajos, que deben ser mejorados. El nivel de sal, el peso y el precio del queso causan inconformidad en muchas personas, por lo que se debe trabajar en estos aspectos.



Ilustración 24: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de sal del Queso fresco "Rickooo"

De las personas inconformes con el nivel de sal, todas han manifestado que le falta sal al queso, por lo que se debería atender este requerimiento realizando un proyecto de mejora de las características sensoriales del producto.

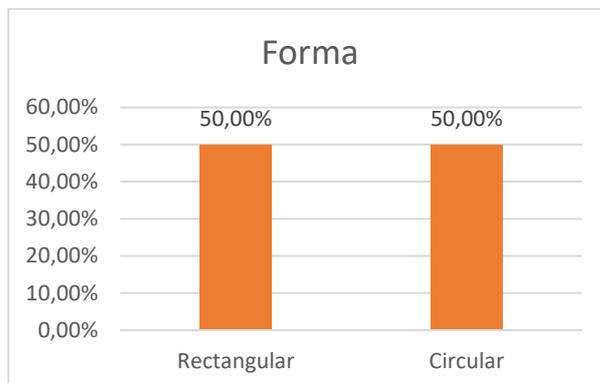


Ilustración 25: Preguntas para Consumidores mayoristas sobre la forma del Queso fresco "Rickooo"

De todos los encuestados, el 50% prefiere un molde rectangular, y el 50% prefiere un queso en forma circular, por lo que sería muy útil evaluar la posibilidad de usar un nuevo molde y diversificar la producción.

- Queso mozzarella



Ilustración 26: Preguntas para Consumidores mayoristas para Queso mozzarella

La presentación, la cantidad de producto y el tiempo de duración satisfacen a los consumidores mayoristas. La textura y el precio se mantienen aceptables pero podrían mejorar. El nivel de sal y el tiempo de entrega muestran inconformidad y afectan a la satisfacción total con el queso y el nivel de recomendación hacia la empresa. La aceptación por el peso es inaceptable y se debe estandarizar.



Ilustración 27: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de sal del Queso mozzarella

De las personas inconformes con el nivel de sal, todas han manifestado que le falta sal al queso, por lo que se debería atender este requerimiento realizando un proyecto de mejora de las características sensoriales del producto.

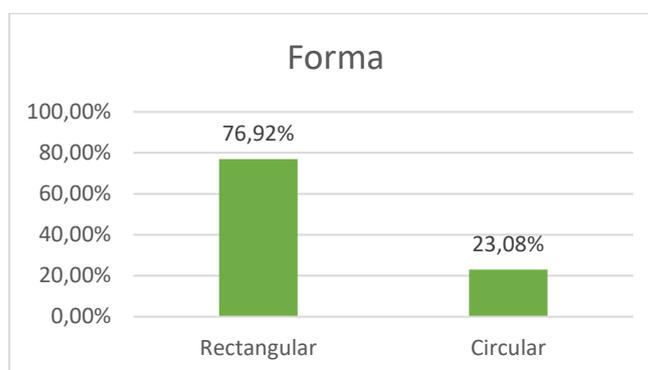


Ilustración 28: Preguntas para Consumidores mayoristas sobre la forma del Queso mozzarella

De todos los encuestados, el 77% prefiere un molde rectangular, y el 23% prefiere un queso en forma de bola, por lo que sería útil evaluar la posibilidad de usar una nueva presentación.

- Mantequilla

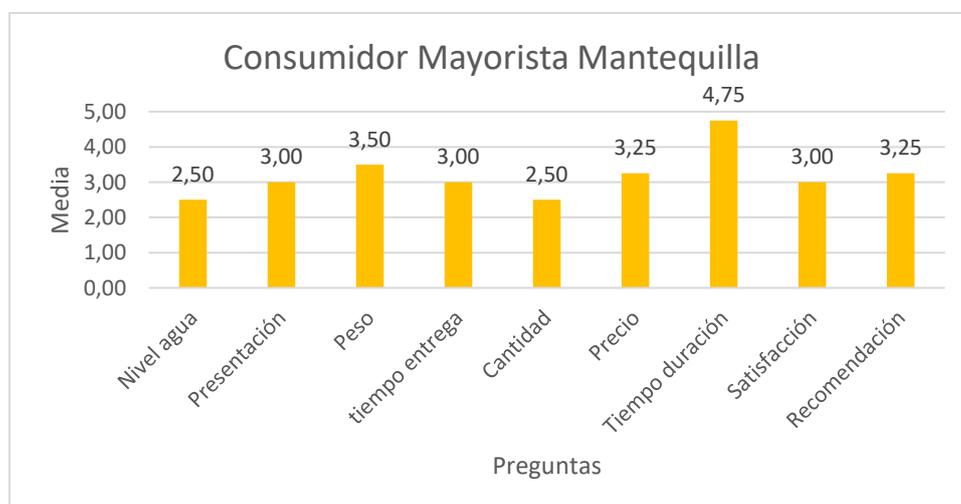


Ilustración 29: Preguntas para Consumidores mayoristas para Mantequilla

El tiempo de duración satisface a los consumidores mayoristas. El peso, el precio y el nivel de recomendación hacia la empresa muestran que hay personas inconformes. La presentación y el tiempo de entrega muestran que hay muchas personas inconformes y afecta al nivel de satisfacción del producto. El nivel de agua o consistencia y la cantidad disponible son parámetros inaceptables que deben ser trabajados.



Ilustración 30: Preguntas para Consumidores mayoristas inconformes con el nivel de agua de la Mantequilla

De las personas que se han sentido inconformes con el nivel de agua, todos creen que le falta consistencia al producto mediante la reducción de agua, por lo que se debería atender este requerimiento mejorando el método de elaboración.

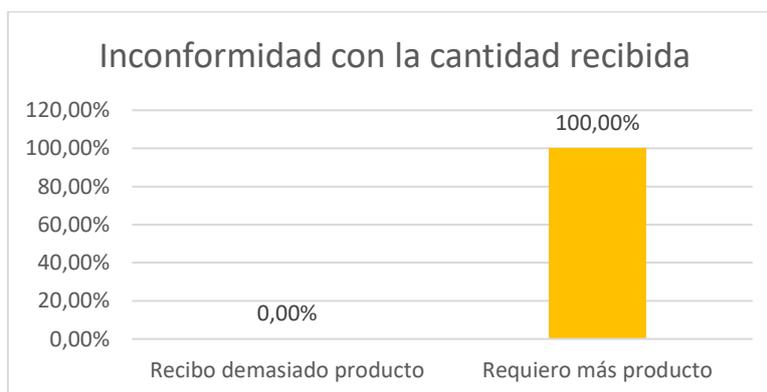


Ilustración 31: Pregunta a los Consumidores mayoristas inconformes con la cantidad de producto de la Mantequilla

De las personas que se han sentido inconformes con la cantidad de producto recibida, todos requieren adquirir más producto, por lo que se debería atender este requerimiento mejorando los rendimientos de la materia prima y el método de producción.

3.4. Conclusión del Análisis de la Voz del cliente.

Se ha realizado este análisis para entender con precisión lo que las personas o empresas que adquieren los productos de PASS desean, y así conectar estos requerimientos con las características críticas que se mejorarán en este proyecto y definir los indicadores clave de la empresa. Mediante encuestas se obtuvo información sobre la percepción de 3 tipos de mercados hacia la organización y los productos que aquí se elaboran. Estos aspectos permitirán tomar acciones para mejorar la satisfacción de las necesidades y expectativas de los consumidores, lo que incidirá directamente en el incremento de la eficacia operativa y las ganancias que la empresa reciba.

Se determinó que:

Todas las personas o empresas que adquieren Queso fresco “San Salvador” consideran que la textura, presentación, precio y tiempo de duración del producto es adecuado y por ende hay un buen nivel de recomendación hacia la empresa. Sin embargo, hay inconformidad con el nivel de sal, el peso del producto y la cantidad que se produce debería aumentar.

Quienes adquieren Queso fresco “Rickooo” están satisfechos con la presentación, precio, cantidad de producto, textura y tiempo de duración. Pero se debe trabajar para mejorar el nivel de sal, tiempo de entrega y peso del queso.

En cuanto a Queso mozzarella, la textura, nivel de sal, presentación, precio, y cantidad de producto son aceptables y hay un buen nivel recomendación hacia la empresa. Pero el peso, el nivel de sal y el tiempo de entrega deben ser mejorados.

Quienes adquieren Mantequilla en la empresa están satisfechos con el tiempo de duración, pero consideran que el peso y precio deben mejorar. Además hay insatisfacción con la presentación y el tiempo de entrega, la cantidad disponible y la textura no es adecuada porque hay exceso de agua en el producto.

4. Análisis de Voz del negocio.

Es un conjunto de técnicas utilizadas para diagnosticar la situación y perspectivas de la empresa con el fin de poder tomar decisiones adecuadas (García, 2013). Este análisis utilizará como base o punto de partida la información de la empresa, la cual puede incluir información contable reflejada en las cuentas anuales (García, 2013). La administración de la empresa ha mostrado preocupación por el cumplimiento de la normativa técnica de los productos y por el rendimiento de la materia prima, por lo que se realizaron los siguientes análisis.

4.1. Cumplimiento de normativa nacional.

Normativa INEN.

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1528: 2012 establece los requisitos para el queso fresco no madurado, destinado al consumo directo o a posterior elaboración (NTE INEN 1528, 2012).

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0082: 2011 establece los requisitos que debe cumplir el queso Mozzarella (NTE INEN 0082, 2011).

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 161: 2015 establece los requisitos que debe cumplir la mantequilla destinada al consumo directo o a elaboración posterior (NTE INEN 161, 2015).

Otras reglamentaciones.

La Ley Orgánica de Defensa del Consumidor establece en el artículo 14, el Rotulado mínimo de alimentos que los productos deben cumplir (Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, 2000).

El Reglamento sanitario de Etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano establece los parámetros para el etiquetado de los alimentos procesados para el consumo humano (Acuerdo 00004522, 2013)

Organismos de control.

El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) es el organismo técnico nacional, encargado de fortalecer el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, mediante procesos de normalización, reglamentación técnica, evaluación de la conformidad y metrología, para contribuir a la competitividad, confianza y satisfacción de la sociedad ecuatoriana (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2018).

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), es el organismo técnico encargado de la regulación, control técnico y vigilancia sanitaria de alimentos procesados (Decreto Ejecutivo 1290, 2015). Esta institución controla la aplicación y observancia de los lineamientos de producción establecidos; otorga, suspende, cancela o reinscribe los certificados de Registro Sanitario y permisos de funcionamiento; controla el cumplimiento de la normativa y emitir los certificados correspondientes de buenas prácticas de manufactura; e impone las sanciones correspondientes a través de los comisarios de salud y demás autoridades competentes de la Agencia (Decreto Ejecutivo 1290, 2015).

Sanciones.

Por lo tanto si no se cumple con la normativa legal, se obtendrán las siguientes sanciones:

- La fabricación y venta de productos que no cumplan con la reglamentación técnica, cuando tal incumplimiento cause daño grave a la salud humana o los derechos del consumidor, será sancionada con multa de cinco mil a diez mil dólares de los Estados Unidos de América (Ley 76, 2010).
- El uso de indicaciones o etiquetas que desorienten o engañen a los compradores con pesos inexactos, será sancionado con multa de dos mil a cuatro mil dólares de los Estados Unidos de América (Ley 76, 2010).
- El uso indebido de pesos, aparatos o equipos de pesaje, destinados al uso comercial e industrial, será sancionado con multa de mil a cinco mil dólares de los Estados Unidos de América (Ley 76, 2010).
- Dependiendo del grado de incumplimiento de la normativa, se procederá a la suspensión del Permiso de Funcionamiento, Registro sanitario o Certificación de buenas prácticas de manufactura (Ley 76, 2010).
- Por información errónea en el etiquetado establecido en el Acuerdo 4522 se procederá a la suspensión o cancelación del registro sanitario (Acuerdo 00004522, 2013)
- La reincidencia a las infracciones dará lugar al cobro del doble de la multa establecida en cada caso, además de la clausura temporal o definitiva del establecimiento (Ley 76, 2010).

Cumplimiento.

Para realizar los análisis microbiológicos en los productos, primero se tomó una muestra de cada uno el 23 de julio del 2018, después estas muestras fueron transportadas a temperatura controlada hacia el laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Chimborazo, en donde los análisis fueron realizados del 24 al

27 de julio del 2018. Los resultados del informe indicaron que los productos dan cumplimiento a la normativa, así:

- Queso fresco “San Salvador”

Tabla 1: Análisis microbiológico de Queso fresco "San Salvador"

| Requisito | Unidades | N° de muestras permisibles con resultados entre m y M | N° de muestras a examinar | Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad | Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad | Estado |
|------------------------|----------|---|---------------------------|--|--|---------------|
| | | c | n | m | M | |
| Enterobacteriaceas | UFC/g | 1 | 5 | 2×10^2 | 10^3 | Buena calidad |
| Escherichia coli | UFC/g | 1 | 5 | < 10 | 10 | Buena calidad |
| Staphylococcus aureus | UFC/g | 1 | 5 | 10 | 10^2 | Buena calidad |
| Listeria monocytogenes | 25 g | | 5 | Ausencia | | Aprobado |
| Salmonella | 25 g | 0 | 5 | Ausencia | | Aprobado |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 1528, 2012

- Queso fresco “Rickooo”

Tabla 2: Análisis microbiológico de Queso fresco "Rickooo"

| Requisito | Unidades | N° de muestras permisibles con resultados entre m y M | N° de muestras a examinar | Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad | Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad | Estado |
|------------------------|----------|---|---------------------------|--|--|-------------------|
| | | c | n | m | M | |
| Enterobacteriaceas | UFC/g | 1 | 5 | 2×10^2 | 10^3 | Calidad aceptable |
| Escherichia coli | UFC/g | 1 | 5 | < 10 | 10 | Buena calidad |
| Staphylococcus aureus | UFC/g | 1 | 5 | 10 | 10^2 | Buena calidad |
| Listeria monocytogenes | 25 g | | 5 | Ausencia | | Aprobado |
| Salmonella | 25 g | 0 | 5 | Ausencia | | Aprobado |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 1528, 2012

- Queso mozzarella

Tabla 3: Análisis microbiológico de Queso mozzarella

| Requisito | Unidades | N° de muestras permisibles con resultados entre m y M | N° de muestras a examinar | Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad | Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad | Estado |
|------------------------|----------|---|---------------------------|--|--|---------------|
| | | c | n | m | M | |
| Enterobacteriaceas | UFC/g | 1 | 5 | 2×10^2 | 10^3 | Buena calidad |
| Escherichia coli | UFC/g | 1 | 5 | < 10 | 10 | Buena calidad |
| Staphylococcus aureus | UFC/g | 1 | 5 | 10 | 10^2 | Buena calidad |
| Listeria monocytogenes | 25 g | | 5 | Ausencia | | Aprobado |
| Salmonella | 25 g | 0 | 5 | Ausencia | | Aprobado |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 1528, 2012

- Mantequilla:

Tabla 4: Análisis microbiológico de Mantequilla

| Requisito | Unidades | N° de unidades defectuosas que se acepta | N° de unidades de la muestra | Nivel de aceptación | Nivel de rechazo | Estado |
|-------------------------------|----------|--|------------------------------|---------------------|------------------|----------|
| | | c | n | m | M | |
| Recuento de aeróbios en placa | UFC/g | 2 | 5 | 3×10^4 | 3×10^5 | Aprobado |
| Escherichia coli | UFC/g | | 5 | < 10 | | Aprobado |
| Staphylococcus aureus | UFC/g | | 5 | < 10 | | Aprobado |
| Salmonella | 25 g | | 5 | Ausencia | | Aprobado |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 1528, 2012

En cuanto a los análisis químicos y bromatológicos de los productos, estos también fueron realizados por el personal del laboratorio de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Chimborazo. Las muestras fueron tomadas el 30 de julio, y transportadas con temperatura controlada hacia el laboratorio, de donde se obtuvieron los resultados el 2 de agosto del 2018. Se concluyó que los productos dan cumplimiento a la normativa en la mayoría de aspectos, aunque algunos pueden mejorar aceptando leche con mejores estándares de calidad de los proveedores, así:

- Queso fresco “San Salvador”

Se da cumplimiento a la norma NTE 1528: 2012, excepto en el contenido de grasa que debe ser elevado en 7%.

Tabla 5: Humedad y contenido de grasa del Queso fresco "San Salvador"

| Tipo | Humedad % máximo | Humedad % actual | Estado | Contenido de grasa en extracto seco % m/m mínimo | Contenido de grasa en extracto seco % m/m actual | Estado |
|--------|------------------|------------------|-----------|--|--|--------------|
| Entero | - | 59,9687% | Aceptable | 45% | 38% | No aceptable |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 1528, 2012

- Queso fresco “Rickooo”

Se da cumplimiento a la norma NTE 1528: 2012, excepto en el contenido de grasa que debe ser elevado en 13%.

Tabla 6: Humedad y contenido de grasa del Queso fresco "Rickooo"

| Tipo | Humedad % máximo | Humedad % actual | Estado | Contenido de grasa en extracto seco % m/m mínimo | Contenido de grasa en extracto seco % m/m actual | Estado |
|--------|------------------|------------------|-----------|--|--|--------------|
| Entero | - | 47,3312% | Aceptable | 45% | 32% | No aceptable |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 1528, 2012

- Queso mozzarella

Se da cumplimiento a la norma NTE 82: 1973, excepto en el contenido de grasa que debe ser elevado en 12%.

Tabla 7: Humedad y contenido de grasa del Queso mozzarella

| Humedad % máximo | Humedad % actual | Estado | Contenido de grasa en extracto seco % m/m mínimo | Contenido de grasa en extracto seco % m/m actual | Estado |
|------------------|------------------|-----------|--|--|--------------|
| 60% | 44,0722% | Aceptable | 45% | 33% | No aceptable |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 82, 1973

- Mantequilla

Se da cumplimiento a la norma NTE 82: 1973, excepto en el contenido de grasa que debe ser elevado en 5%.

Tabla 8: Requisitos físicos y químicos para mantequillas

| Requisitos | Unidades | Mínimo | Máximo | Actual | Estado |
|--|----------|--------|--------|----------|--------------|
| Contenido de grasa | % (m/m) | 80% | | 75% | No aceptable |
| Humedad | % (m/m) | | 16% | 14,3942% | Aceptable |
| Acidez (expresada en ácido láctico) | % | | 2% | 1,43% | Aceptable |
| Cloruro de sodio (NaCl) (para el producto sin sal) | % | | 0,5% | 0,03% | Aceptable |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 161, 2015

Además el índice de refracción (40 °C) es la relación entre la velocidad de una luz monocromática en el aire y su velocidad en la sustancia considerada, y es la relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción, cuando la luz pasa del aire a la sustancia (NTE INEN 166, 1975), este valor debe ser reducido en 0,2415 unidades, lo que se podría lograr al elevar el porcentaje de grasa del producto.

Tabla 9: Requisitos de la grasa de las mantequillas

| Requisitos | Unidades | Mínimo | Máximo | Actual | Estado |
|-----------------------------|----------|--------|--------|--------|--------------|
| Índice de refracción (40°C) | | 1,4528 | 1,4565 | 1,698 | No aceptable |
| Índice de yodo | cg/g | 26 | 45 | 32 | Aceptable |
| Índice de saponificación | mg/g | 218 | 234 | 222 | Aceptable |

Fuente: UNACH, 2018; NTE INEN 161, 2015

El Reglamento sanitario de Etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano establece que debe existir en el empaque un semáforo nutricional (Acuerdo 4522, 2013), por lo que se debe implementar este parámetro en la etiqueta de la mantequilla. Además el artículo 14 de la Ley Orgánica de Defensa del Consumidor establece el rotulado mínimo de alimentos que los productos deben cumplir, por lo que se debe añadir a la etiqueta del producto información como Identificación del lote, Razón social de la empresa, Valor nutricional, Lista de ingredientes con sus respectivas especificaciones y Precio de venta al público (Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, 2000).

4.1.1. Conclusión de los análisis químicos, físicos y bromatológicos en los productos.

Para definir las características de los productos que se deben mejorar en este proyecto, se consideró que una de las preocupaciones de la dirección de la empresa fue saber si los productos cumplían adecuadamente con toda la normativa nacional vigente para elaboración de productos alimenticios. Entonces se vio la necesidad de enviar muestras a un laboratorio para que realice los análisis correspondientes en los productos y saber si es apropiado trabajar en el mejoramiento de estos parámetros.

Los resultados indicaron que los productos en estudio no presentan microorganismos que afecten a la salud humana, por lo tanto pueden ser consumidos por la población riobambeña y ecuatoriana.

En el caso de los quesos, el porcentaje de humedad cumple con la normativa nacional, sin embargo, no se alcanza el porcentaje mínimo requerido de grasa, lo que indica que se debe ser más estricto con el procedimiento de recepción de leche cruda. En el análisis de la mantequilla los parámetros estudiados son adecuados, excepto el contenido de grasa y el índice de refracción, valores que se elevarían si en la planta se trabajaría con leche con mayor porcentaje de grasa; además la etiqueta del producto debe ser mejorada y contener mayor información.

Estos resultados indican que los procesos productivos aún pueden mejorar, pero que se mantienen dentro de los valores aceptables para el consumo de la población, por lo que no se requiere de un proyecto LSS para mejorar, sino de mayor control en la recepción de materias primas.

4.2. Análisis del rendimiento de la materia prima.

Se analizó el rendimiento de la materia prima como parte de la Voz del negocio, ya que de la cantidad de producto obtenido dependen las ventas, los ingresos y la permanencia de la empresa en el mercado.

4.2.1. Rendimiento teórico del queso.

Se han desarrollado diversas fórmulas de rendimiento donde el queso se considera como un sistema trifásico de grasa, paracaseína y solubles en agua con agua (Emmons, Ernstrom, Lacroix, & Verret, 1990).

Las fórmulas de predicción del Rendimiento Quesero (RQ) se pueden agrupar en dos clases generales según sean generadas por modelos teóricos o empíricos (Dalla-Costa, 2015):

Clase I: Ecuaciones teóricas basadas en el conocimiento detallado de los cambios físico-químicos y biológicos implicados en los procesos de elaboración del queso (Dalla-Costa, 2015).

Clase II: Ecuaciones empíricas, desarrolladas a partir de datos obtenido de elaboraciones en condiciones controladas. Estas comprenden las Fórmulas Tipo E basadas en los datos reales de la elaboración del queso (Dalla-Costa, 2015).

Las ecuaciones de clase I requieren una parametrización y estandarización del proceso para llegar a quesos de composición predefinida; para esta clase hay cuatro tipos generales de las fórmulas denominadas Tipos A, B, C y D (Dalla-Costa, 2015).

Las fórmulas tipo A distribuyen humedad, sólidos de suero y sal proporcionalmente tanto a la paracaseína como a la grasa en el queso (Emmons et al., 1990). Las fórmulas tipo B incluyen sólidos de suero y sal con la paracaseína para formar queso seco sin grasa, y distribuyen la humedad proporcionalmente a la grasa y al queso seco sin grasa (Emmons et al., 1990). En las fórmulas tipo C, la humedad, la sal y los sólidos de suero se distribuyen solo a paracaseína (Emmons et al., 1990). Además en las fórmulas tipo D, la sal, los sólidos del suero y la humedad se juntan como una fase acuosa y todas las fases se comparan en una base de volumen (Emmons et al., 1990).

Los términos queso "sin grasa" y "seco sin grasa" se utilizan con frecuencia; el último es el complejo de para-caseína y fosfato de calcio, más los sólidos de suero más la sal, es decir, el queso menos la grasa y la humedad (Emmons et al., 1990).

Las fórmulas tipo A y tipo B usan humedad, mientras que las del tipo C usan humedad en el queso sin grasa; pero todas pueden ser usadas como fórmulas predictivas del rendimiento en la fabricación de queso industrial y como una base para expresar los rendimientos reales como porcentaje del rendimiento teórico (Emmons et al., 1990).

- **Queso fresco**

$$\text{Rendimiento} = Y = \frac{(0,93 F + C - 0,1) * 1,09}{1 - M}$$

Ecuación 2: Rendimiento quesero según Van Slyke y Publow para quesos tipo A

Fuente: (Dalla-Costa, 2015)

Donde:

Y = Kg de queso por 100 Kg de leche.

F = Porcentaje de materia grasa en la leche.

C = Porcentaje de proteína (caseína) en la leche.

M = Kg de agua por Kg de queso (humedad).

Entonces:

$$F = 3,9$$

$$C = 3,4$$

$$M = 0,599687$$

$$Y = \frac{7,55043}{0,400313}$$

$$Y = 18,861316 \text{ kg de queso en } 100 \text{ kg de leche}$$

$$Y = 97,32 \text{ kg de queso en } 516 \text{ kg de leche o } 500 \text{ litros de leche}$$

Quesos de 700 gramos = **139,03 unidades**

- **Queso Mozzarella:**

La influencia de la grasa de la leche y la caseína sobre la cantidad de queso producido sugiere utilizar grasa y caseína como base para el pago de la leche por parte de la industria del queso (Abu-tarboush, 1982). La siguiente fórmula sugiere que el 88% de la grasa de la leche se retuvo en el queso y que se perdieron 0,02 kg de caseína de leche por cada 100 kg de leche; la sal añadida y otros sólidos lácteos (no la grasa y la caseína) dan cuenta de un rendimiento equivalente al 12% de grasa y caseína de queso (Abu-tarboush, 1982).

$$Y = \frac{[0,88 F + (0,78 P - 0,02)] * 1,12}{1 - W}$$

Ecuación 3: Fórmula de rendimiento quesero para queso tipo Mozzarella

Fuente: (Abu-tarboush, 1982)

Donde:

Y = Kg de queso por 100 Kg de leche.

F = Porcentaje de grasa en la leche.

P = Porcentaje de proteína en la leche.

W = Kg de agua por Kg de queso.

Entonces:

$$F = 3,9$$

$$P = 3,4$$

$$W = 0,440722$$

$$Y = 12,143657 \text{ kg de queso en } 100 \text{ kg de leche}$$

$$Y = 62,66 \text{ kg de queso en } 516 \text{ kg de leche o } 500 \text{ litros de leche}$$

Quesos de 1000 gramos = **62,66 unidades**

4.2.2. Rendimiento teórico de la mantequilla.

El rendimiento de la mantequilla se traduce en la cantidad de mantequilla fabricada a partir de 100 Kg de leche (Veisseyre, 1980). En la práctica, el rendimiento de la mantequilla debe calcularse en cada lote de producción fabricado en la compañía, es por ello que en el siguiente método se permite hallar el rendimiento mantequero teórico (Castillo, 2016).

Primero se debe considerar que en promedio se obtienen 6 litros de crema del descremado de 100 litros de leche, y que cada lote de mantequilla se produce usando 60 kilos de crema de leche; es por ello que primero se deben transformar los litros en kilos de leche o crema usando su densidad, para obtener que el proceso se inicia con 1109,7 kg de leche.

Considerando los valores iniciales:

$$\text{Densidad de la crema} = 0,93 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densidad de la leche} = 1,032 \text{ g/ml}$$

Entonces con 6 litros de crema, se tiene:

| ml de crema | Densidad de la crema de leche | Gramos | Kilogramos |
|-------------|-------------------------------|--------|------------|
| 6000 | * 0,93 | = 5580 | = 5,58 |

Y con 100 litros de leche, se tiene:

| ml de leche | Densidad de la leche | Gramos | Kilogramos |
|-------------|----------------------|----------|------------|
| 100000 | * 1,032 | = 103200 | = 103,2 |

Por lo tanto, si de 103,2 Kg de leche se obtienen 5,58 Kg de crema de leche, para obtener 60 Kg de crema, se requieren 1109,677 Kg de leche.

Hay que tener en cuenta la cantidad de leche que ingresa y la materia grasa (MG) de cada componente, así:

| | | |
|-----------------------|-----------|-------------|
| Leche entera = | 1109,6774 | kg de leche |
| MGL= | 38 | g/kg |
| Crema de leche | | |
| MGC= | 482 | g/kg |

| | | |
|-----------------------------|-----|------|
| Leche descremada | | |
| MGD= | 0,3 | g/kg |
| Mantequilla | | |
| MGM= | 750 | g/kg |
| Suero de mantequilla | | |
| MGS= | 9 | g/kg |

Se entiende que:

C= crema de leche

B= mantequilla

Entonces:

$$(1) \text{ MGL} * \text{Peso leche entera} = \text{MGM} * B + \text{MGD} * (\text{Peso de leche entera} - C) + \text{MGS} * (C - B)$$

Ecuación 4: Cálculo del peso de la mantequilla

Fuente: Castillo, 2016

$$\begin{aligned}
 38 * 1109,6774 &= 750 B + 0,3 * (1110 - C) + 9 * (C - B) \\
 42167,742 &= 750 B + 333 - 0,3 C + 9 C - 9 B \\
 41834,839 &= 741 B + 8,7 C \\
 B &= \frac{41834,839 - 8,7 C}{741}
 \end{aligned}$$

$$(2) \text{ MGL} * \text{Peso leche entera} = \text{MGC} * C + \text{MGD} * (\text{Peso de leche entera} - C)$$

Ecuación 5: Cálculo del peso de la crema de leche

Fuente: Castillo, 2016

$$\begin{aligned}
 38 * 1109,6774 &= 482 C + 0,3 * (1110 - C) \\
 42167,742 &= 482 C + 333 - 0,3 C \\
 41834,839 &= 482 C - 0,3 C \\
 41834,839 &= 481,7 C \\
 C &= \frac{41834,839}{481,7} \\
 C &= 86,848326 \text{ Kg crema}
 \end{aligned}$$

$$B = \frac{41834,839 - 8,7 C}{741}$$

$$B = \frac{41834,839 - 8,7 * 86,8}{741}$$

$$\mathbf{B = 55,44 \text{ Kg mantequilla}}$$

4.2.3. Rendimiento real de los productos.

Se han tomado datos durante 28 días, de donde se ha obtenido el siguiente número de observaciones para pesos de los productos terminados y rendimientos de materia prima por lote:

Tabla 10: Rendimiento promedio de los productos

| Queso Fresco San Salvador (70°) | | Queso Fresco Rickoo (85°) | | Mozzarella | | Mantequilla | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|
| Número de Lotes | Cantidad Quesos Obtenidos | N° Lotes | Cantidad Quesos Obtenidos | N° Lotes | Cantidad Quesos Obtenidos | N° Lotes | Kg Mantequilla Obtenidos |
| 36 | 3767 | 30 | 3589 | 53 | 2643 | 26 | 1325,5 |
| Promedio = | 105 | Promedio = | 120 | Promedio = | 50 | Promedio = | 51 |

Intervalos de confianza:

Un intervalo de confianza (o estimación del intervalo) es un rango (o un intervalo) de valores que se usa para estimar el valor real de un parámetro poblacional (Triola, 2013).

$$\bar{x} - E < \mu < \bar{x} + E$$

Ecuación 6: Intervalos de confianza con varianza de la población desconocida.

Fuente:(Triola, 2013)

- Queso fresco “San Salvador”

\bar{x} = media de la muestra = 104,64 unidades

s = desviación estándar= 3,49 unidades

n = 36 lotes de queso fresco “San Salvador”

$$E = Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 1,96 \text{ unidades}$$

Nivel de confianza= 95%

Entonces:

$$103,50 < \mu < 105,78$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n > 30$ se decide usar el valor de $Z_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del promedio de unidades obtenidas en los lotes de Queso fresco “San Salvador”.

- Queso fresco “Rickooo”

\bar{x} = media de la muestra = 119,63 unidades

$s =$ desviación estándar= 3,32 unidades

$n = 30$ lotes de queso fresco “Rickooo”

$$E = t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 1,238 \text{ unidades}$$

Nivel de confianza= 95%

Entonces:

$$118,39 < \mu < 120,87$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n=30$ se decide usar el valor de $t_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del promedio de unidades obtenidas en los lotes de Queso fresco “Rickooo”.

- Queso mozzarella

$\bar{x} =$ media de la muestra = 49,87 unidades

$s =$ desviación estándar= 2,33 unidades

$n = 53$ lotes de queso mozzarella

$$E = Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 1,96 \text{ unidades}$$

Nivel de confianza= 95%

Entonces:

$$49,24 < \mu < 50,49$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n>30$ se decide usar el valor de $Z_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del promedio de unidades obtenidas en los lotes de Queso mozzarella.

- Mantequilla

$\bar{x} =$ media de la muestra = 50,98 kilogramos

$s =$ desviación estándar= 2,43 kilogramos

$n = 26$ lotes de mantequilla

$$E = t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,983 \text{ kilogramos}$$

Nivel de confianza= 95%

Entonces:

$$50,00 < \mu < 51,96$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n=30$ se decide usar el valor de $t_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del promedio de kilogramos obtenidos en los lotes de mantequilla.

4.2.3.1. Conclusión de los valores obtenidos del rendimiento de las materias primas.

El objetivo de estas mediciones fue obtener datos para conocer cómo se están comportando los procesos productivos, y saber en qué intervalo se está moviendo el verdadero valor del promedio del rendimiento quesero y mantequero, y así tomar medidas acordes al incremento requerido.

Se han tomado los valores del rendimiento de 36 lotes de queso fresco “San Salvador”, en donde el verdadero valor del promedio de unidades obtenidas de 500 litros de leche cruda está entre 103,5 y 105,78 unidades, esto quiere decir que nunca se alcanza el rendimiento teórico de 139 unidades, por lo que empresa tiene pérdidas aproximadas de \$102 por lote.

Para queso fresco “Rickooo” se ha obtenido el rendimiento de 30 lotes, valores que están dentro de un intervalo entre 118,39 y 120,87 unidades, entonces no se puede alcanzar el rendimiento teórico de 139 unidades y esto representa pérdidas para la empresa de aproximadamente \$51,30 por lote.

En cuanto a queso mozzarella, se han obtenido los valores del rendimiento quesero de 53 lotes, los cuales están en un intervalo entre 49,24 y 50,49 unidades, y esto representa una pérdida aproximada para la empresa de \$75 por lote, al no alcanzar el rendimiento teórico de 62 unidades.

Para la mantequilla, se han recogido los valores del rendimiento mantequero de 26 lotes obtenidos a partir de 60 kilogramos de crema de leche, estos valores están en un intervalo entre 50 y 51,96 kilogramos, lo que indica que la empresa tendrá pérdidas de aproximadamente \$15,20 por lote, debido a que nunca se alcanza el rendimiento teórico de 55 kilogramos.

Después de conocer que la empresa está teniendo grandes pérdidas en la elaboración de cada lote debido a la falta de rendimiento de la materia prima, es necesario aplicar un proyecto de mejora LSS para enfocar los esfuerzos en mejorar estos indicadores de manera eficiente.

4.3. Análisis del peso en el producto terminado.

En base a la observación y a la preocupación mostrada por los operarios se ha detectado que los productos finales no cumplen con el peso ofrecido en la etiqueta, ya sea porque se excede y representa una pérdida para la empresa o porque se reduce y representa una pérdida para el consumidor.

Durante la toma de muestras en 28 días se han obtenido los siguientes valores:

- Queso fresco “San Salvador”

Se han pesado 3767 quesos y se ha obtenido que el promedio es de 748 gramos, por lo que se pierde 20,57 centavos por unidad, ya que el costo unitario es de \$3.

Intervalo de confianza:

$$\bar{x} - E < \mu < \bar{x} + E$$

Ecuación 7: Intervalos de confianza con varianza de la población desconocida.

Fuente:(Triola, 2013)

Donde:

\bar{x} = media de la muestra = 747,94 g

s = desviación estándar= 17,66 g

n = 3767 quesos frescos “San Salvador”

$$E = Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,564 \text{ g}$$

Nivel de confianza= 95%

Entonces:

$$747,38 < \mu < 748,51$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n > 30$ se decide usar el valor de $Z_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del peso del Queso fresco “San Salvador” en gramos.

- Queso fresco “Rickooo”

Se han pesado 3589 quesos y se ha obtenido que el promedio es de 742 gramos, por lo que se pierde 16,20 centavos por unidad, ya que el costo unitario es de \$2,70.

Intervalo de confianza:

\bar{x} = media de la muestra = 742,02 g

s = desviación estándar= 17,41 g

n = 3589 quesos frescos “Rickooo”

$$E = Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,570 \text{ g}$$

Nivel de confianza= 95%

Entonces:

$$741,45 < \mu < 742,59$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n > 30$ se decide usar el valor de $Z_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del peso del Queso fresco “Rickooo” en gramos.

- Queso mozzarella

Se han pesado 2643 quesos y se ha obtenido que el promedio es de 973 gramos, por lo que el consumidor pierde 16,88 centavos por unidad, ya que el costo unitario es de \$6,25.

Intervalo de confianza:

$$\bar{x} = \text{media de la muestra} = 973,13 \text{ g}$$

$$s = \text{desviación estándar} = 15,89 \text{ g}$$

$$n = 2643 \text{ quesos mozzarella}$$

$$E = Z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,606 \text{ g}$$

$$\text{Nivel de confianza} = 95\%$$

Entonces:

$$972,52 < \mu < 973,73$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n > 30$ se decide usar el valor de $Z_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del peso del Queso mozzarella en gramos.

- Mantequilla

Se han pesado 30 gavetas de 50 kilogramos y se ha obtenido que el promedio es de 47,69 kilogramos, por lo que el consumidor pierde \$8,79 por gaveta, ya que el costo unitario es de \$190.

Intervalo de confianza:

$$\bar{x} = \text{media de la muestra} = 47,69 \text{ Kg}$$

$$s = \text{desviación estándar} = 1,80 \text{ Kg}$$

$$n = 30 \text{ gavetas de mantequilla}$$

$$E = t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,673 \text{ Kg}$$

$$\text{Nivel de confianza} = 95\%$$

Entonces:

$$47,02 < \mu < 48,36$$

Debido a que los lotes tienen una distribución normal, y $n = 30$ se decide usar el valor de $t_{\alpha/2}$, donde el 95% de intervalos obtenidos de las muestras podrán contener el verdadero valor del peso de las gavetas de mantequilla en kilogramos.

4.3.1. *Conclusión de los valores obtenidos de pesos de los productos terminados.* Estas mediciones han sido realizadas para recopilar datos del peso con que los productos en estudio están saliendo al mercado, y así conocer la magnitud de la mejora requerida con el proyecto.

Mediante una balanza calibrada se han tomado los pesos de 3767 quesos frescos “San Salvador”, y se ha obtenido que el verdadero valor del promedio de las unidades está entre 747,38 y 748,51 gramos. Si se considera que los quesos deberían pesar 700 gramos, estos valores representan una pérdida para la empresa de 20,57 centavos por queso.

Los pesos de 3589 unidades de queso fresco “Rickooo”, indican que el valor del peso promedio está entre 741,45 y 742,59 gramos, esto indica que se está dando un exceso de producto, al ofrecer unidades de 700 gramos, y representa una pérdida de 16,20 centavos por queso.

Después de pesar 2643 quesos mozzarella, se ha obtenido que el verdadero valor del promedio está entre 972,52 y 973,73 gramos, esto indica que hace falta producto ya que se expenden unidades con un peso esperado de 1000 gramos. Aproximadamente 16,88 centavos se cobran excesivamente debido a la falta de peso en las unidades.

Se han tomado los pesos de 30 gavetas de mantequilla listas para ser comercializadas, donde los valores muestran que el peso promedio está en un intervalo entre 47,02 y 48,36 kilogramos, esto indica que hay un cobro excesivo de \$8,79 dólares por falta de producto en cada gaveta.

Considerando estos valores, se considera oportuno aplicar un proyecto de mejora LSS para mejorar esta característica de los productos, ya que se beneficiaría la empresa reduciendo las pérdidas en cada unidad y se mejoraría la satisfacción del cliente al recibir la cantidad de producto adecuada.

5. CTQ`s.

Se ha observado que existe buena acogida de los 3 tipos de mercados hacia los 4 productos, sin embargo, hay aspectos por mejorar para lograr una mejor satisfacción del cliente. Es importante conocer qué aspectos le importan al cliente de cada producto para trabajar en ellos y satisfacer sus necesidades (Socconini, 2016), por lo que se han definido las siguientes características críticas para la calidad (CTQ`s):

- Globales

Tiempo de entrega: reducir.

Nivel de grasa: incrementar.

Rendimiento de la materia prima: incrementar.

Peso del producto final: estandarizar.

- Queso fresco “San Salvador”

Nivel de sal: elevar.

Forma del molde: variar entre rectangular y circular.

Cantidad de producto: incrementar.

- Queso fresco “Rickooo”

Nivel de sal: elevar.

Forma del molde: variar entre rectangular y circular.

- Queso mozzarella

Nivel de sal: elevar.

Forma del molde: variar entre rectangular y circular.

- Mantequilla

Nivel de agua: reducir.

Cantidad de producto: incrementar.

Empaque y presentación: cambiar la etiqueta y añadir información.

6. CTP's

Los CTP o Críticos para el proceso son especificaciones para que el proceso funcione correctamente, por lo que se los conoce como estándares de ingeniería (Lebel, 2017).

A través de la voz del negocio se pudo determinar que es vital controlar el Rendimiento de la materia prima, ya que de ello depende el número de productos que estén disponibles para la venta y por ende implica la subsistencia de la empresa en el mercado.

La composición química de la leche determina el rendimiento quesero y mantequero (Tornadijo et al., 2009). Cuando los proveedores de leche cruda llegan con los tanques, antes de aceptar el producto para el procesamiento, se deben controlar parámetros que permiten que el rendimiento de la leche sea aceptable. Si alguno de los parámetros a analizar no se cumple, el tanque es rechazado porque la cantidad de producto obtenido (unidades de quesos o kilos de mantequilla) no generará rentabilidad para la empresa. En la elaboración de quesos, una leche presenta una buena aptitud para la coagulación cuando tiene buenos porcentajes de factores inherentes a la leche, como grasa y acidez adecuados, lo que permite una rápida coagulación en presencia del cuajo, forma un gel firme y que desuera con facilidad generando una cuajada de textura y composición adecuadas que, tras la maduración, da lugar a un queso de buena calidad (Tornadijo et al., 2009). En la mantequilla, cuanto mayor sea el contenido de grasa y proteína de una leche, mayor será el rendimiento mantequero, porque se obtendrá crema de buena calidad (Tornadijo et al., 2009).

El primer parámetro a analizar antes de aceptar un tanque de leche es la acidez, con el objeto de estimar el nivel de proliferación bacteriana debido a la acidez natural de la leche y también a la desarrollada debido al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa, y eventualmente de los lípidos, en leches en vías de alteración (Negri, 2005). Lo que habitualmente se denomina acidez de la leche involucra la acidez actual y la potencial, donde la acidez actual representa a los grupos H⁺ libres, mientras que la acidez potencial incluye todos aquellos componentes de la leche que por medio de la titulación liberan grupos H⁺ al medio (Negri, 2005). Para su

determinación se agrega a la leche el volumen necesario de una solución alcalina valorada hasta alcanzar el pH donde cambia el color de un indicador, generalmente fenolftaleína, que cambia de incoloro a rosado a pH 8,3 (Negri, 2005). Según la normativa nacional para leche cruda, se deben aceptar para el procesamiento leche con una acidez mínimo de 0,13% y máximo 0,17% (NTE INEN 9, 2015).

Si el proveedor tiene tanques que han aprobado el test de acidez, se prosigue a realizar la prueba del porcentaje de grasa. La concentración lipídica y la composición de los ácidos grasos en la leche, presentan diferencias entre e intra especie, con valores que oscilan entre 3.1% y 4.7 % (García, C., Montiel, R. & Borderas, T., 2014). La grasa láctea está presente como glóbulos microscópicos en una emulsión de lípidos y agua (García, C., Montiel, R. & Borderas, T., 2014). Según la normativa nacional para leche cruda, se deben aceptar para el procesamiento leche con materia grasa de mínimo de 3% (NTE INEN 9, 2015), sin embargo la empresa es un poco más estricta y acepta el producto si presenta materia grasa de mínimo 3,8% (San Salvador, 2018).

Entonces es necesario monitorear los niveles de acidez y grasa con que está ingresando la materia prima principal, que es la leche cruda.

7. Descripción del enunciado del problema y metas.

Debido al alcance, recursos y tiempo del proyecto no se puede abarcar todos los problemas, por lo tanto se han elegido los más representativos y en lo que se puede trabajar estudiando los procesos productivos, de donde se definen como problemas el peso de los productos terminados y el rendimiento de la materia prima.

7.1. Problema de falta de rendimiento de la materia prima.

En los procesos productivos el rendimiento de la materia prima es una de las métricas más importantes, la cual debe ser optimizada y mejorada, ya que está muy relacionada con la cantidad de producto disponible, y de ello depende la rentabilidad y permanencia de la empresa en el mercado.

Se ha detectado un bajo rendimiento en los procesos productivos, así:

- En la línea de producción de Queso fresco “San Salvador” el rendimiento teórico es de 139 unidades de 700 gramos y el rendimiento actual promedio es de 105 unidades, lo que representa un rendimiento del 75,54%, lo que le cuesta a la empresa una pérdida de alrededor de \$102 por lote, por lo que se espera elevar el rendimiento.
- En la línea de producción de Queso fresco “Rickooo” el rendimiento teórico es de 139 unidades de 700 gramos y el rendimiento actual promedio es de 120 unidades, lo que representa un rendimiento del 86,33%, lo que le cuesta a la empresa una pérdida de alrededor de \$51,30 por lote, por lo que se espera elevar el rendimiento.
- En la línea de producción de Queso Mozzarella el rendimiento teórico es de 62 unidades de 1000 gramos y el rendimiento actual promedio es de 50 unidades, lo que representa un rendimiento del 80,65%, lo que le cuesta a la empresa una pérdida de alrededor de \$75 por lote, por lo que se espera elevar el rendimiento.
- En la línea de producción de Mantequilla el rendimiento teórico es de 55 kilogramos y el rendimiento actual promedio es de 51 kilogramos, lo que representa un rendimiento del 92,73%, lo que le cuesta a la empresa una pérdida de alrededor de \$15,20 por lote, por lo que se espera elevar el rendimiento.

7.2. Problema de falta de estandarización en los pesos de los productos terminados.

En los procesos productivos los pesos de los productos terminados presentan gran variabilidad, ya que en los quesos frescos la empresa genera pérdidas por dar exceso de producto, mientras que en queso mozzarella y mantequilla el consumidor pierde al no obtener la cantidad de producto ofrecida. Es importante trabajar este aspecto porque de ello depende la rentabilidad de la empresa, la satisfacción y fidelidad de los clientes y consumidores, así:

- En la línea de producción de Queso fresco “San Salvador” el peso promedio es de 748 gramos, con un rango entre 706 y 796 gramos, lo que representa una pérdida promedio para la empresa de \$21,60 por lote, por lo que se debe estandarizar el peso entre 700 y 730 gramos.
- En la línea de producción de Queso fresco “Rickooo” el peso promedio es de 742 gramos, con un rango entre 700 y 790 gramos, lo que representa una pérdida para la empresa de \$19,44 por lote, por lo que se debe estandarizar el peso entre 700 y 730 gramos.
- En la línea de producción de Queso mozzarella el peso promedio es de 973 gramos, con un rango entre 940 y 1040 gramos, lo que representa un cobro excesivo de \$8,43 por lote, por lo que se debe estandarizar el peso entre 1000 y 1030 gramos.
- En la línea de producción de Mantequilla el peso promedio de la gaveta es de 47,69 kilogramos, con un rango entre 45,03 y 50,78 kilogramos, lo que representa una pérdida para el consumidor de \$8,79 por gaveta, por lo que se debe estandarizar el peso entre 50 y 50,5 kilogramos.

8. Project Charter.

Tabla 11 Carta del proyecto

| CARTA DE DEFINICIÓN DE PROYECTOS LEAN SIX SIGMA | | | |
|--|------------------|--------------------|------------|
| Nombre de los iniciadores | Gabriela Serrano | Proyecto N° | LSS-001 |
| | Fausto Ruiz | Fecha inicio | 17/5/2018 |
| Documento N° | LSS-001-001 | Fecha esperada fin | 11/12/2018 |
| Empresa: Productos Alimenticios “San Salvador” | | | |
| CASO DE NEGOCIO | | | |
| <p>En los procesos productivos el rendimiento de la materia prima y los pesos de los productos terminados son las métricas más importantes que deben ser optimizadas y mejoradas. Se ha detectado un alto nivel de desperdicios en los procesos productivos, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la línea de producción de Queso fresco “San Salvador” el rendimiento es del 75,5% y le cuesta a la empresa rededor de \$ 102 por lote. • En la línea de producción de Queso fresco “Rickooo” el rendimiento es del 86,33% y le cuesta a la empresa rededor de \$ 51,30 por lote. • En la línea de producción de Queso mozzarella el rendimiento es del 80,6% y le cuesta a la empresa rededor de \$ 75 por lote. • En la línea de producción de mantequilla el rendimiento es del 92,7% y le cuesta a la empresa rededor de \$ 15,20 por lote. <p>Los pesos del producto terminado presentan alta variabilidad, así:</p> | | | |

- En la línea de producción de Queso fresco “San Salvador” el peso promedio es de 748 gramos, lo que representa una pérdida promedio para la empresa de \$21,60 por lote.
- En la línea de producción de Queso fresco “Rickooo” el peso promedio es de 742 gramos, lo que representa una pérdida para la empresa de \$19,44 por lote.
- En la línea de producción de Queso mozzarella el peso promedio es de 973 gramos, lo que representa un cobro excesivo de \$8,43 por lote.
- En la línea de producción de Mantequilla el peso promedio de la gaveta es de 47,69 kilogramos, lo que representa una pérdida para el consumidor de \$8,79 por gaveta.

METAS DEL PROYECTO (CTQ`s a mejorar)

Incrementar el rendimiento de Queso fresco “San Salvador”, Queso fresco “Rickooo”, Queso mozzarella y Mantequilla en 3%.

Estandarizar el peso de los productos terminados para lograr una variación en quesos frescos entre 700 y 730 gramos, en queso mozzarella entre 1000 y 1030 gramos y en mantequilla entre 50 y 50,5 kilogramos.

ALCANCE DEL PROYECTO

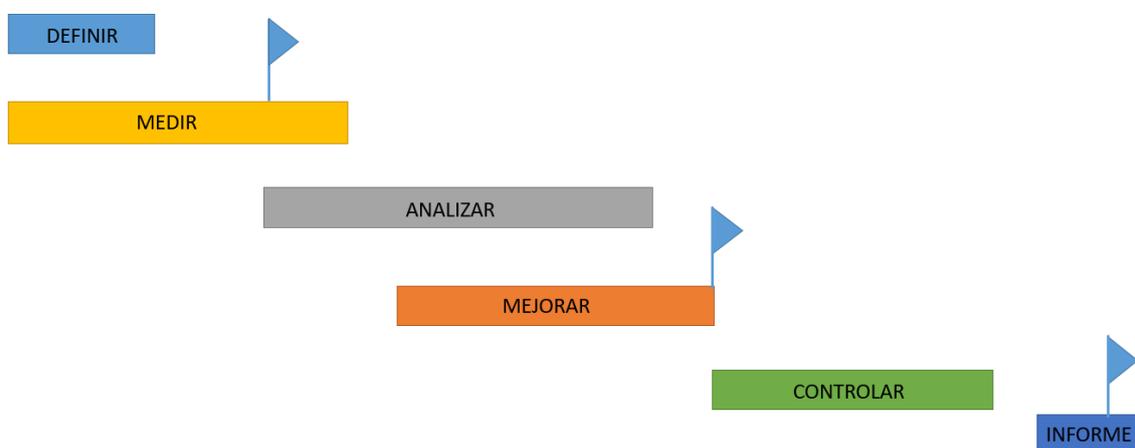
Procesos productivos de Queso fresco “San Salvador”, Queso fresco “Rickooo”, Queso mozzarella y mantequilla, que incluyen desde la recepción de la materia prima hasta el empaque de producto terminado.

LÍNEA BASE

| CTQ`s | KPI`s | Línea base | Objetivo |
|---|--|---|--|
| Cantidad de producto obtenido de la materia prima | Rendimiento de la materia prima (leche cruda o crema de leche) | QF SS= 75,5% QF R= 86,33% Q M= 80,6% Mant= 92,7% | QF SS= 78,5% QF R= 89,33% Q M= 83,6% Mant= 95,7% |
| Peso del producto terminado | Peso del producto terminado | QF SS= 748 g QF R= 742 g Q M= 973 g Mant= 47,69 Kg | QF SS= 700 + 30 g QF R= 700 + 30 g Q M= 1000 + 30 g Mant= 50 + 0,5 Kg |

CRONOGRAMA

| Julio | | | Agosto | | | | | Septiembre | | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | | Diciembre | | |
|-------|---|---|--------|---|---|---|---|------------|----|----|----|----|---------|----|----|----|-----------|----|----|----|----|-----------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | |



| EQUIPO DEL PROYECTO | | |
|----------------------------|------------------|---|
| Función | Nombre | Organización |
| Champion | Sonia Rodas | Gerente de Productos Alimenticios "San Salvador" (PASS) |
| Dueños del proceso | Byron Guamán | Responsable del Queso Fresco - PASS |
| | Jorge Carchi | Responsable de la Mantequilla - PASS |
| | Wilson Tene | Responsable del Queso Mozzarella - PASS |
| Líder | Danny Navarrete | Universidad San Francisco de Quito |
| Miembros del equipo | Gabriela Serrano | Universidad San Francisco de Quito |
| | Fausto Ruiz | Universidad San Francisco de Quito |

9. Plan de comunicación.

Planificar las comunicaciones del proyecto es importante para lograr el éxito final (Project Management Institute, 2013). Una planificación incorrecta de las comunicaciones puede generar demoras en la entrega de mensajes, comunicación de información a la audiencia equivocada, o comunicación insuficiente con los interesados y mala interpretación o comprensión del mensaje transmitido (Project Management Institute, 2013).

Tabla 12: Plan de comunicación

| ¿Qué se hizo? | ¿Cómo se hizo? | ¿Cuándo se hizo? | ¿Quién necesita la información? | ¿Para qué se necesita la información? | Entregable | Forma de entrega |
|--|---|-------------------------|--|---|--|---|
| Acuerdo para la realización del proyecto | Reunión entre la gerente de la empresa y los miembros del equipo | may-18 | Administración de la empresa | Para iniciar el proyecto y establecer su alcance | Project Charter | Personal |
| Definición de los problemas y productos con los que se trabajará | Análisis de datos de la empresa | Junio y Julio 2018 | Administración de la empresa - USFQ | Para cuantificar los problemas | Primer entregable del Paper | Correo electrónico y presentación en Power Point |
| Análisis del sistema de medición | Mediante el plan de toma de datos, cartas de control y mapeo de procesos | ago-18 | Administración de la empresa - USFQ | Para validar el sistema de medición, conocer cómo se comporta el proceso y obtener datos para su posterior análisis | Segundo entregable del Paper y reporte | Correo electrónico y presentación en Power Point |
| Recopilación de datos de los sistemas productivos | | | | | | |
| Análisis completo de los datos | Mediante diagramas causa efecto, matriz de interrelación y diagramas espaguetti | sep-18 | Administración de la empresa - USFQ | Para detectar las principales causas de los problemas | Tercer entregable del Paper, reporte y prototipo de mejoras implementado | Correo electrónico y presentación en Power Point con fotografías y videos |
| Implementación del prototipo de mejoras | Mediante un evento Kaizen, capacitación, calibración de equipos, diseño de experimentos y mejoras en los procesos productivos | oct-18 | | Para mejorar los procesos, reducir la variabilidad y desperdicios y definir los parámetros óptimos de producción | | |

| | | | | | | |
|---|---|--------|---|--|---------------------------------------|--|
| Impacto económico de las mejoras implementadas y propuestas, conclusiones y recomendaciones | Cálculo de los beneficios económicos del proyecto, conclusiones del trabajo y recomendaciones para la empresa | nov-18 | Administración de la empresa - USFQ | Para cuantificar las mejoras y asegurar el compromiso de la dirección de mantenerlas | Cuarto entregable del Paper y reporte | Correo electrónico y presentación en Power Point |
| Plan de control | Cartas de control y capacitación | dic-18 | Dueños de los procesos | Para hacer las mejoras sostenibles en el tiempo | | Personal y documentos impresos |
| Fin del proyecto y envío para certificación Green Belt | Reunión entre la gerente de la empresa y los miembros del equipo | dic-18 | Administración de la empresa - Lean Six Sigma Institute | Para certificación Green Belt de los iniciadores del proyecto | Documento final del proyecto | Correo electrónico |

10. Plan de riesgos.

El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad (Project Management Institute, 2013). Un riesgo puede tener una o más causas y, de materializarse, uno o más impactos (Project Management Institute, 2013).

Tabla 13: Plan de riesgos

| | Riesgos | Impacto | Probabilidad | Categorización | Nivel | Descripción | Condición afectada | Tolerancia | Acción |
|-----------|--|---------|--------------|----------------|----------|--|--------------------|---|---|
| Negativos | Falta de dotación de recursos mínimos para la realización del proyecto | 5 | 2 | 10 | Moderado | Se retrasarán las mediciones y no se cumplirán toda las implementaciones | Tiempo y costo | Mínimo 5 días para evento Kaizen y recursos para experimentación e implementación mínima de 5`S | Reuniones para explicar las ventajas del proyecto |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|----|----------|---|---------------------------|---|---|
| Falta de cooperación de los operarios para la implementación del prototipo de mejoras | 4 | 2 | 8 | Bajo | No se podrán implementar todas las mejoras planeadas | Calidad | Modificaciones pequeñas de la distribución de la planta, Kaizen, mínima organización mediante 5`S y experimentación | Capacitación e incentivos |
| Dificultad para obtener información crítica de la empresa | 4 | 3 | 12 | Moderado | No se podrán realizar todos los análisis requeridos | Tiempo y alcance | Información básica de la empresa | Reuniones para explicar las ventajas del proyecto |
| Incapacidad de cumplir con los tiempos establecidos para los avances | 5 | 2 | 10 | Moderado | Se requiere más tiempo para concluir cada etapa | Tiempo | 1 semana | Exponer los avances obtenidos e igualarse con prontitud en lo requerido |
| Falta de conocimiento de la metodología | 3 | 1 | 3 | Muy bajo | Se compromete el mejoramiento de la calidad en los procesos productivos | Calidad | Herramientas básicas | Capacitación con expertos y reuniones con el director del proyecto |
| Dificultad para obtener datos del proceso | 4 | 4 | 16 | Muy alto | Se requiere más tiempo para poder cumplir con las toma de datos de todos los procesos | Tiempo, alcance y calidad | Uso de herramientas básicas | Reuniones con los operarios y director del proyecto |

| | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|----|----------|---|---------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | El plan de control no es entendido por el personal | 2 | 2 | 4 | Muy bajo | No se considera el nivel educativo del personal y no se pueden mantener las mejoras | Calidad | Entendimiento de herramientas lean | Mejorar y hacerlo más comprensible |
| Positivos | La organización decide mantener permanentemente el prototipo de mejoras | 5 | 3 | 15 | Alto | Se opera bajo los parámetros establecidos en el proyecto definitivamente | Alcance | | Capacitación y apoyo |
| | Los empleados tienen conocimientos en Lean Six Sigma | 3 | 1 | 3 | Muy bajo | Se reducen tiempos de capacitación | Tiempo | | Usar sus conocimientos en beneficio |
| | Existe información histórica útil para el proyecto | 2 | 1 | 2 | Muy bajo | Se reducen tiempos de toma de datos | Tiempo | | Usarla y analizarla |

Fase Medir

El primer paso de esta fase es determinar las métricas del proceso existente, ya que únicamente al tener datos sobre el rendimiento del sistema existente, se puede crear un modelo del estado mejorado y se puede desarrollar un plan para lograrlo (Southard et al., 2012).

Los objetivos de esta segunda etapa son:

- Recolectar la información relevante mediante un plan de recopilación de datos de los indicadores clave del negocio para establecer la situación actual y garantizar que se dispusiera de datos precisos y válidos para el análisis en la siguiente fase (Mukherjee, 2008).
- Examinar si los datos recogidos y el diseño de la investigación son confiables y permitirán entender el comportamiento de las variables (Valderrey, 2010).

Las herramientas que serán usadas son:

- Mapeo del proceso para representar los pasos, las variables de entrada y las variables de salida del proceso (Lee et al., 2013).
- Análisis de errores en los sistemas de medición Gauge R&R (repetibilidad y reproducibilidad) (Socconini, 2016).
- Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF) para identificar y resolver problemas potenciales en los procesos de manufactura (Araque, 2014).

Como entregables de esta fase se tienen:

- Plan de medición (Reyes, 2002).
- Diagramas de flujo de los procesos (Lee et al., 2013).
- Validación del sistema de medición, que puede ser mediante instrumentos o cuestionarios de evaluación (Reyes, 2002).

1. Plan de recolección de datos.

Tabla 14: Plan de recopilación de datos de la etapa Medir

| MEDICIÓN | DETALLES | DEFINICIÓN OPERACIONAL | TAMAÑO DE LA MUESTRA | EQUIPO DE MEDICIÓN | MÉTODO DE RECOPIACIÓN DE DATOS | ¿QUIÉN RECOPIA LOS DATOS? | PROCEDIMIENTO | USO DE DATOS | |
|--|---|---|-----------------------------|---|--------------------------------|---|--|--|--------------|
| | | | | | | | | ¿PARA QUÉ? | HERRAMIENTAS |
| Mapeo del proceso mediante tiempos de valor agregado y no agregado | Gráfica del ingreso de órdenes de producción, abastecimiento de las materias primas, detalle de las operaciones y de los tiempos de valor agregado y no agregado de cada una en una línea de tiempo | Tiempo de valor agregado y no agregado por operación y total del proceso productivo | 30 mediciones por operación | Marca: KONUS, Clase: SPIDY 5, Diseño: 00302580.2, Precisión: 1/100 segundos | Hoja de recopilación de datos | Equipo de trabajo: Gabriela Serrano y Fausto Ruiz | <ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer y anotar el proceso y frecuencia de ingreso de órdenes de producción 2. Determinar y anotar el proceso y frecuencia de adquisición y abastecimiento de las materias primas a la empresa y a los departamentos 3. Determinar y anotar el proceso de envío de los productos terminados a los distribuidores y a la tienda 4. Listar las operaciones y actividades 5. Cronometrar con el método vuelta a cero las operaciones y anotar las mediciones en la hoja de recopilación de datos el tiempo de ciclo, es decir, cuánto se demora en realizar la actividad completa, determinando si es tiempo de valor agregado y no agregado. Esto se lo hará la cantidad de veces que indica el tamaño de muestra y se usará el promedio de estos datos para el diagrama. 6. Diagramar el VSM usando la simbología adecuada y colocar los datos obtenidos 7. En el diagrama sumar y anotar el tiempo total, tiempo total de valor agregado y no agregado | Conocer el tiempo de valor agregado y no agregado, que permita eliminar actividades como esperas, movimientos y transportes innecesarios | VSM |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|---|--|---------|
| Distancias en los procesos productivos | Gráficas de la distribución de la planta y transportes del producto y movimientos del operario | Distancias de transporte de los productos en proceso y movimientos de los operarios a través de la planta para la elaboración de los productos | Medir 2 veces cada distancia | Flexómetro de 8 metros, marca Truper. Balanza analítica Adam | Diagrama de Espaguetti | Equipo de trabajo: Gabriela Serrano y Fausto Ruiz | <ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer la distribución de la planta, de las herramientas y de los lugares de elaboración de cada producto 2. Graficar la distribución de la planta en AutoCAD 3. Ver qué producto se está elaborando y seguir el recorrido del operario encargado desde el inicio del proceso productivo 4. Definir los lugares que ha recorrido y medir sus distancias 5. Usar los datos para crear la gráfica de Espaguetti 6. Corroborar que el proceso productivo ha sido plasmado correctamente o hacer correcciones 7. Realizar el mismo procedimiento para el resto de productos | Para conocer las distancias recorridas al transportar el producto o moverse el operario, y entender cómo reducirlas | AutoCAD |
| Análisis del sistema de medición Gauge R&R | Identificar y cuantificar las diferentes fuentes de variación que afectan al sistema de medición | Evaluar el sistema de medición de los principales parámetros con que se recibe la leche e identificar las causas de la variabilidad que afectan al sistema | Se tomarán 12 muestras de los proveedores (3 proveedores) durante 3 días (lunes a miércoles), sabiendo que el lunes llegaron 5 tanques, el martes 4 tanques y el miércoles 3 tanques de leche cruda | Milkotester (Milk Analyzer Master) - Acidómetro (Bureta Dornic Acidez) | Hoja de recopilación de datos, análisis en el laboratorio de las muestras de leche | Equipo de trabajo: Gabriela Serrano, Fausto Ruiz y los 3 operarios encargados de cada proceso productivo | <ol style="list-style-type: none"> 1. El operario encargado (semanero) de realizar el análisis debe ir al laboratorio 2. Lavar con la solución jabonosa los recipientes destinados para las muestras y secarlos con el papel periódico 3. Lavar con la solución jabonosa el batidor y secarlo con el papel periódico 4. Lavar con la solución jabonosa el recipiente del Milkotester y secarlo con el papel periódico 5. Lavar con la solución jabonosa el recipiente del Acidómetro y secarlo con el papel periódico 6. Ubicar los recipientes de los instrumentos de medición en los lugares destinados en cada instrumento | Para cumplir con los requerimientos de la empresa y de la normativa nacional sobre el porcentaje de grasa y acidez de la materia prima (leche cruda), y para conocer de dónde proviene la variabilidad del sistema y reducirla si es necesario | |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | | | | <p>19. Continuar con el paso 18 hasta que la leche adopte una tonalidad rosa suave</p> <p>20. Revisar cuál es el valor de solución gastado en la bureta y anotarlo ya que representa el nivel de acidez de la leche, con este valor verificar no sea mayor a 17 unidades</p> <p>21. Si es mayor a 17, la leche cruda del proveedor no se recepta y el operario sale del laboratorio e inmediatamente ingresa el siguiente operario e inicia con el paso 12</p> <p>22. Si es menor o igual a 17, se realiza el análisis en el Milkotester</p> <p>23. Utilizar el recipiente del Milkotester para recoger una muestra de leche de 6 ml del recipiente de muestra</p> <p>24. Encerar el Milkotester</p> <p>25. Colocar el recipiente con la muestra de leche en el instrumento de medición Milkotester</p> <p>26. Aplastar el botón ENTER para iniciar el análisis</p> <p>27. Si existen otras muestras de otros tanques del mismo proveedor volver al paso 13 y anotar los resultados de cada prueba</p> <p>28. Si no existen otras muestras esperar hasta que el equipo muestre el resultado, anotarlo en la hoja de recopilación de información y archivarlo</p> <p>29. Revisar el resultado del Milkotester y verificar que la grasa sea mayor igual que 3.8</p> | |
|--|--|--|--|--|--|---|--|

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--------------------------------|--|---|--|
| | | | | | | <p>30. Si es menor que 3.8, la leche cruda del proveedor no se receta, caso contrario (si es mayor o igual a 3,8) se receta el producto</p> <p>31. El operario sale del laboratorio e inmediatamente ingresa el siguiente operario al laboratorio e inicia con el paso 12</p> | |
| | | | | Hojas de recopilación de datos | Equipo de trabajo: Gabriela Serrano y Fausto Ruiz | <p>32. Obtener las 3 hojas de recopilación de datos (una por cada operario)</p> <p>33. Abrir la matriz "Formato R&R total" en la computadora y realizar el estudio R&R por el método de Rangos y medias o Anova</p> <p>34. Ingresar el tipo de análisis (acidez o grasa de la leche)</p> <p>35. Ingresar el nombre del proveedor</p> <p>36. Ingresar los nombres de los operarios</p> <p>37. Ingresar el nombre del instrumento utilizado</p> <p>38. Ingresar la especificación de acuerdo al tipo de análisis</p> <p>39. Ingresar el número de muestras</p> <p>40. Ingresar el número de pruebas</p> <p>41. Ingresar el número de operarios</p> <p>42. Ingresar los datos obtenidos por los operarios en la matriz</p> <p>43. Verificar el resultado total que nos arroja la matriz</p> <p>44. Según el porcentaje del resultado total se comparan ambos métodos y toman diferentes acciones (Verificar en el libro LSS pag.129)</p> | Matriz "Formato R&R total" para análisis por Medias y Rangos y por Anova |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|---|--|-----------------------|
| <p>Modo y efectos de fallas en los procesos productivos</p> | <p>Identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar los recursos en su prevención</p> | <p>Conocer los posibles fallos en los sistemas productivos y definir acciones para evitarlos</p> | <p>Análisis mínimo de 5 procesos productivos de cada producto en estudio</p> | | <p>Hoja de recopilación de datos</p> | <p>Equipo de trabajo: Gabriela Serrano y Fausto Ruiz</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el producto o proceso a analizar 2. Determinar los posibles modos de falla 3. Listar los efectos de cada potencial modo de falla 4. Asignar el grado de severidad de cada efecto 5. Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla 6. Asignar el grado de detección de cada modo de falla 7. Calcular el NPR (Número Prioritario de Riesgo) de cada efecto. $NPR = Severidad * Ocurrencia * Detección$ 8. Priorizar los modos de falla 9. Tomar acciones para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla 10) Si se implementan las acciones, calcular el nuevo resultado del NPR para revisar si el riesgo ha sido eliminado o reducido | <p>Para determinar acciones que eviten fallos en los sistemas productivos que afecten a la calidad de los productos. Estas acciones también ayudarán a reducir la alta variabilidad en las características de los productos terminados</p> | <p>Diagramas AMEF</p> |
| <p>Límites de especificación de los procesos productivos</p> | <p>Definir los límites de especificación de los productos en cada operación</p> | <p>Límites aceptables de desempeño de las operaciones de cada proceso productivo</p> | | | <p>Reuniones con la dirección de la empresa y hoja de recopilación de datos</p> | <p>Equipo de trabajo: Gabriela Serrano y Fausto Ruiz</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir las operaciones de los procesos productivos en donde se debe definir los límites de especificación 2. Realizar reuniones con la dirección de la empresa para definir cuáles son los valores aceptables de desempeño de los procesos 3. Realizar una tabla donde se indiquen estos valores | <p>Para analizar los datos en la siguiente fase del proyecto y comparar con estos límites para saber si los procesos son capaces de cumplirlos</p> | |

2. Diagramas de valor agregado (VSM).

Para conocer el tiempo de valor agregado y no agregado, y entender qué actividades son innecesarias y provocan desperdicio de materia prima. Los datos resultan del promedio de mediciones de tiempos de proceso de 30 lotes de queso y 26 de mantequilla con cronómetro marca KONUS.

- Queso fresco “San Salvador”.

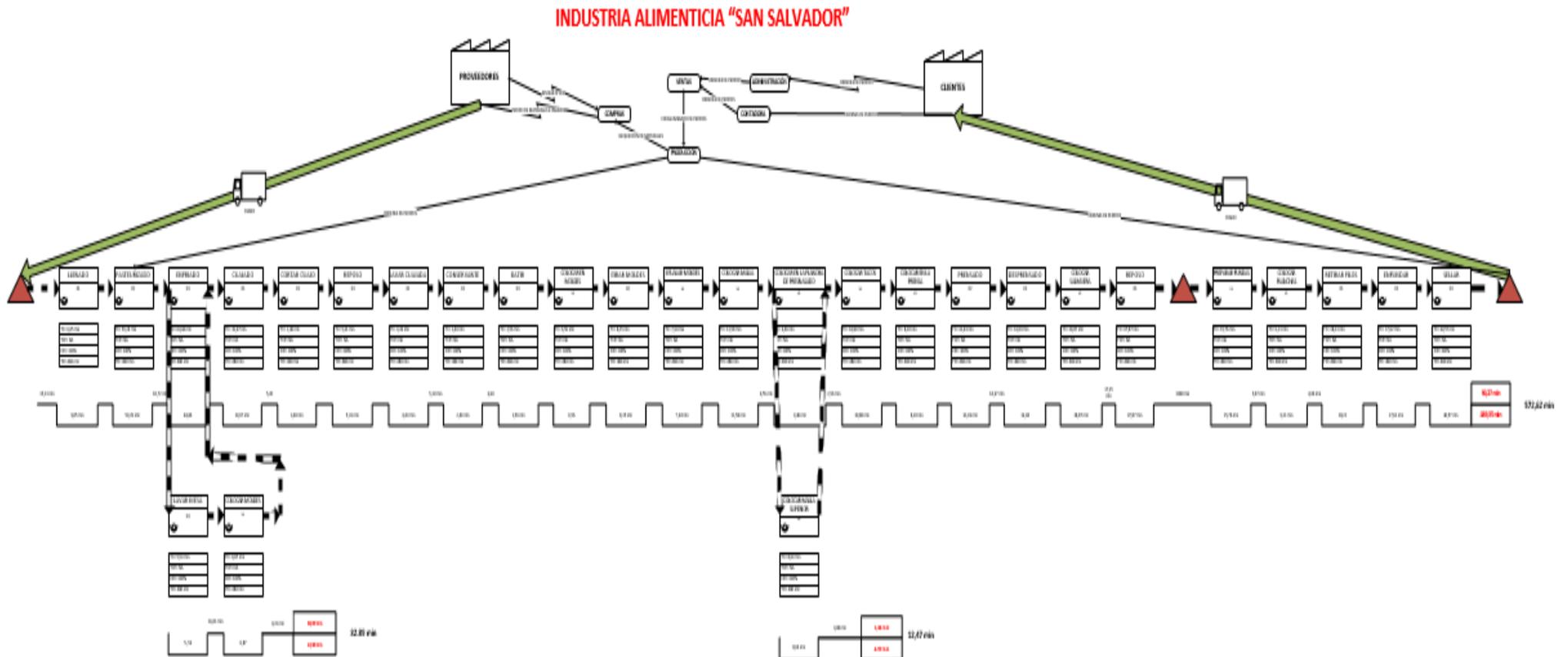


Ilustración 32: VSM del Queso fresco “San Salvador”

- Queso mozzarella.

INDUSTRIA ALIMENTICIA "SAN SALVADOR"

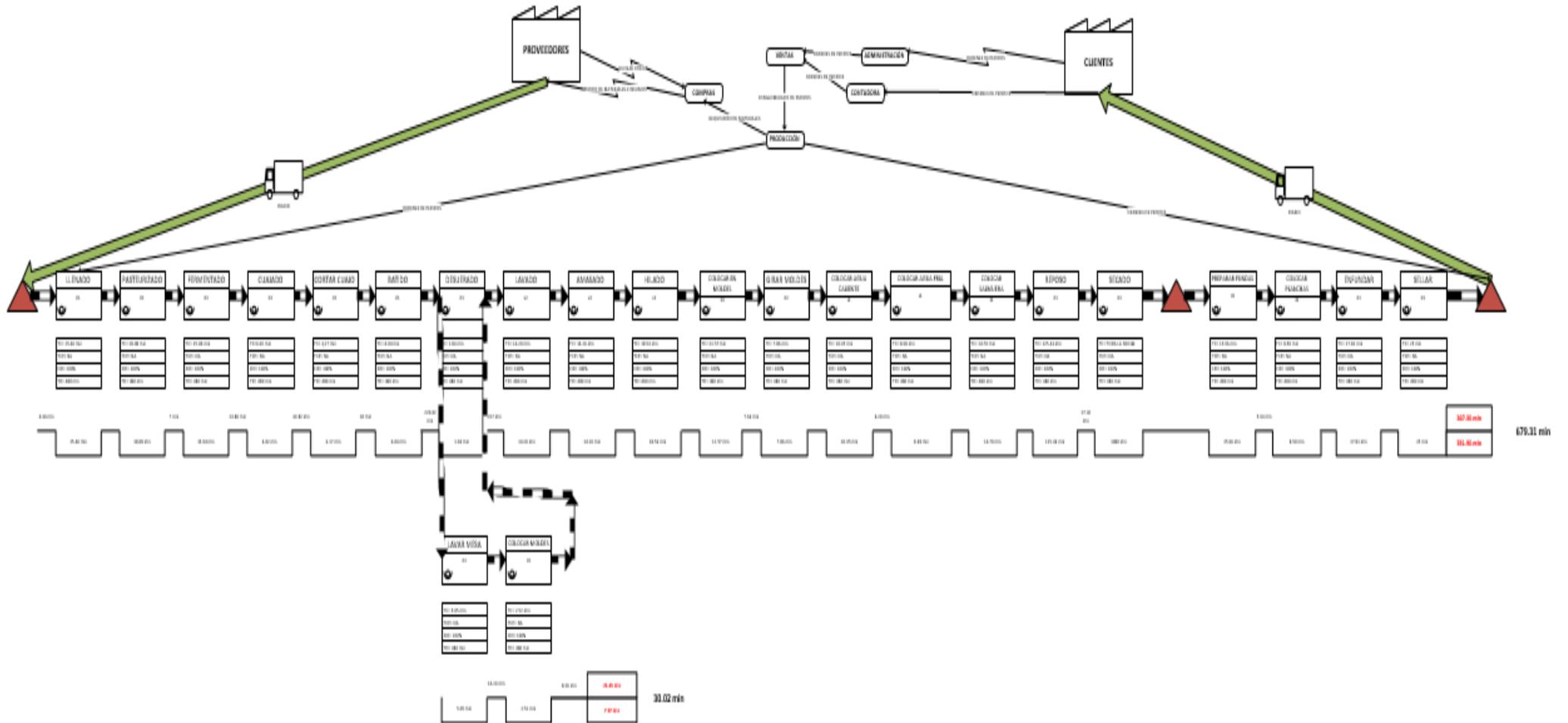


Ilustración 34: VSM del Queso mozzarella

- Mantequilla.

INDUSTRIA ALIMENTICIA "SAN SALVADOR"

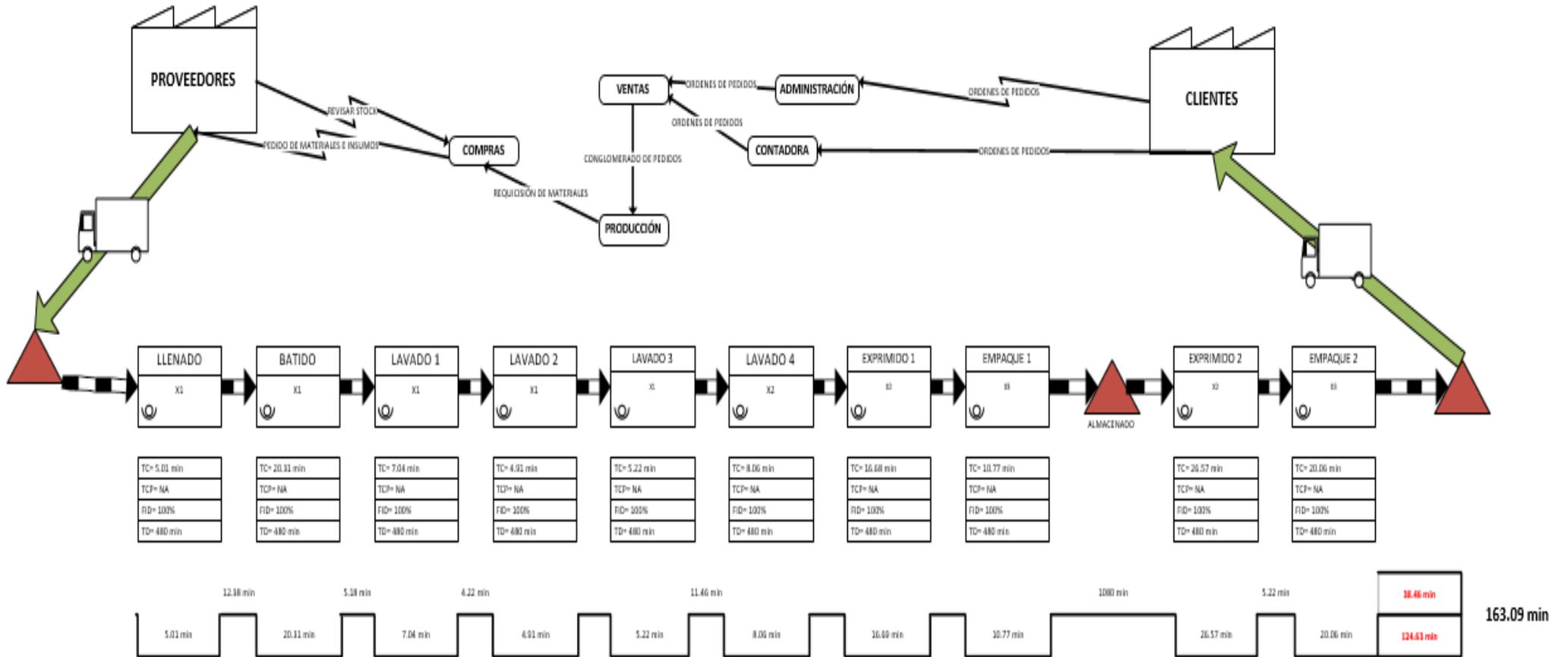


Ilustración 35: VSM de la Mantequilla

3. Diagramas Espagueti.

Para entender cómo se mueve el operario y transporta los productos. Las distancias en el diagrama corresponden al promedio de las mediciones realizadas con un flexómetro de los movimientos y transportes del operario en 30 lotes.

- Queso fresco.



Ilustración 36: Diagrama Espagueti original de Queso fresco

Tabla 15: Distancia recorrida en el proceso productivo de Queso fresco

| PROCESO | DIST. RECORRIDA (m) | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------|---------------------|---|
| LLENADO | 15 | El operario para iniciar el proceso de pasteurización debe ir desde la olla a la puerta principal (área de acopio) en donde se encuentra la manguera que abastece de leche cruda. |
| | 15 | Lleva la manguera hasta la olla destinada al proceso. |
| | 15 | Regresa a la puerta principal a encender la bomba hasta que se llene la olla al ras. |
| | 30 | Una vez llena la olla se dirige a la misma para llevar la manguera al área de acopio de materia prima. |
| | 15 | Regresa al puesto de trabajo. |
| PASTEURIZACIÓN | 4 | El operario abre la llave de vapor y agua para iniciar la pasteurización. |
| CUAJADO | 26 | Una vez que la leche alcanza la temperatura correcta el operario se dirige al laboratorio para traer el cuajo y el calcio. |
| | 26 | Cuando deja de utilizarlos debe dejar en el laboratorio y volver al puesto de trabajo. |
| CORTAR CUAJADA | 22 | Para el siguiente proceso el operario debe dirigirse al laboratorio lugar donde está dispuesto el gancho que se utiliza para colocar la lira y el batidor para la sección queso fresco. |
| | 22 | Después del uso se regresan las herramientas al lugar de almacenamiento y vuelve al puesto de trabajo. |
| DESUERADO | 12 | Continuando con el proceso debe buscar la manguera que le ayuda a desuerar la cuajada en otras secciones de la planta de producción. |
| MOLDEADO | 3 | Para el siguiente proceso trae los recipientes donde están dispuestos los moldes, rejillas y tacos. |
| | 12 | También debe buscar el balde, la paleta y los cedazos ubicados en la sección queso mozzarella. |
| PRENSADO | 32 | El operario lleva las planchas con quesos desde la mesa de trabajo hacia la prensa. |
| | 32 | Después del tiempo estipulado para dicho proceso el operario debe regresar a la mesa de trabajo. |
| SALMUERADO | 46 | El queso debe ser transportado a los recipientes de salmuera. |
| ALMACENADO | 32 | Y colocar las planchas con quesos en el cuarto frío. |
| EMPACADO Y SELLADO | 40 | Para esta operación el operario debe traer las planchas del cuarto frío. |
| | 58 | Y traer las fundas y etiquetas que están ubicadas en la parte posterior de la tienda. |
| Distancia Total = | 457 metros | |

- Queso mozzarella.

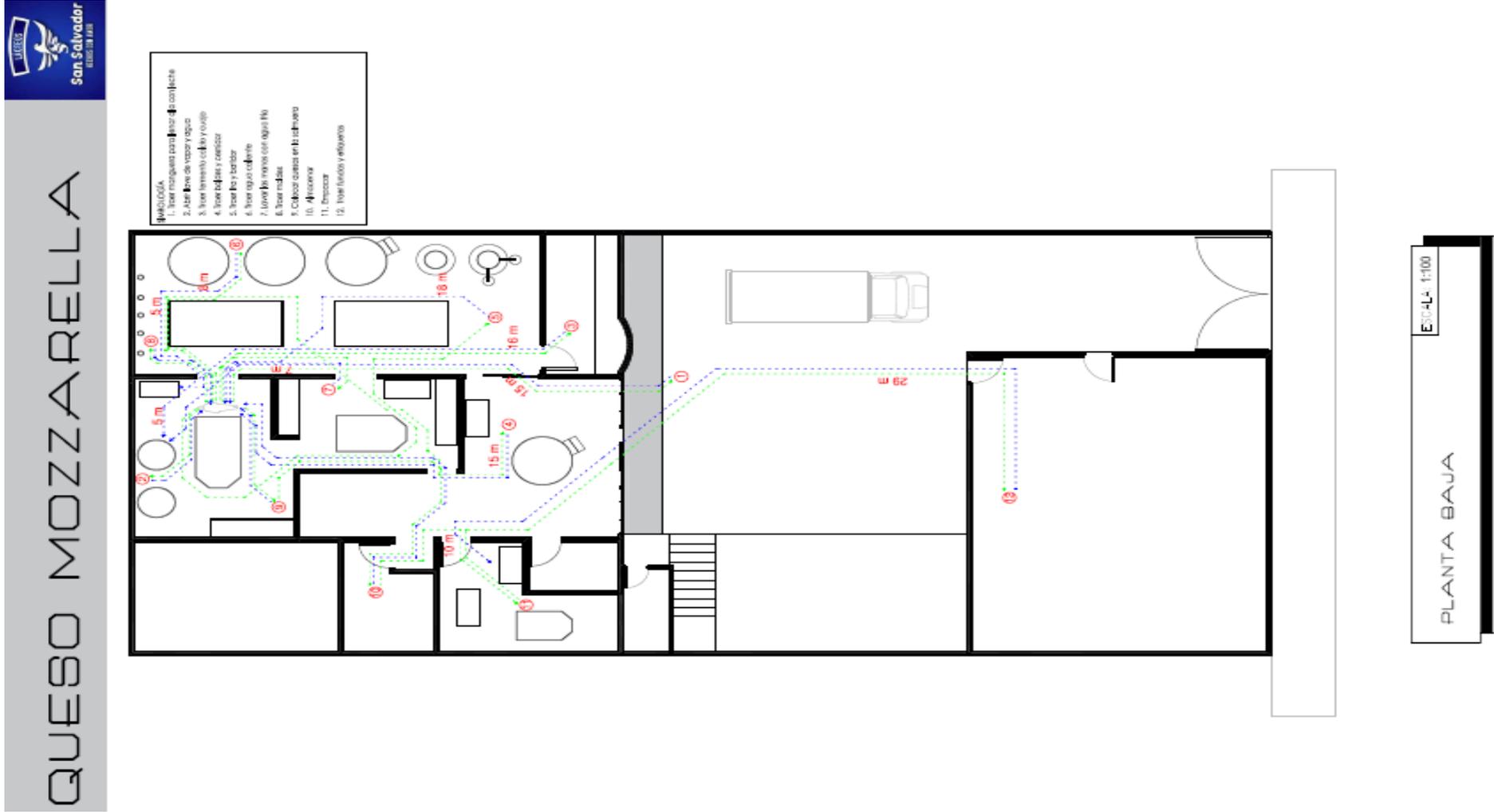


Ilustración 37: Diagrama Espagueti original de Queso mozzarella

Tabla 16: Distancia recorrida en el proceso productivo de Queso Mozzarella

| PROCESO | DIST. RECORRIDA (m) | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------|---------------------|---|
| LLENADO | 15 | El operario para iniciar el proceso de pasteurización debe ir desde la olla a la puerta principal (área de acopio) en donde se encuentra la manguera que abastece de leche cruda. |
| | 15 | Lleva la manguera hasta la olla destinada al proceso. |
| | 15 | Regresa a la puerta principal a encender la bomba hasta que se llene la olla al ras. |
| | 30 | Una vez llena la olla, se dirige a la misma para llevar la manguera al área de acopio de materia prima. |
| | 15 | Regresa al puesto de trabajo. |
| PASTEURIZACIÓN | 5 | El operario abre la llave de vapor y agua para iniciar la pasteurización. |
| FERMENTADO | 28 | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena la sustancia. |
| | 28 | Regresar al puesto de trabajo, y después del uso devolver el producto al lugar designado en el laboratorio. |
| CUAJADO | 28 | Una vez que la leche alcanza la temperatura correcta el operario se dirige al laboratorio para traer el cuajo y el calcio. |
| | 28 | Cuando deja de utilizarlos debe dejar en el laboratorio y volver al puesto de trabajo. |
| CORTAR CUAJADA | 22 | Para el siguiente proceso el operario debe dirigirse al laboratorio lugar donde está dispuesto el gancho que se utiliza para colocar la lira y el batidor para la sección queso fresco. |
| | 22 | Después del uso se regresan las herramientas al lugar de almacenamiento, y vuelve al puesto de trabajo. |
| AMASADO E HILADO | 49 | El operario debe traer agua caliente desde la sección queso fresco para realizar la tarea. |
| | 25 | Mojar las manos con agua fría. |
| MOLDEADO | 8 | Para el siguiente proceso trae los recipientes donde están dispuestos los moldes, rejillas y tacos. |
| | 15 | También debe buscar el balde, la paleta y los cedazos ubicados en la sección queso mozzarella. |
| SALMUERADO | 28 | El queso debe ser transportado a los recipientes de salmuera. |
| ALMACENADO | 24 | Y colocar las planchas con quesos en el cuarto frío. |
| EMPACADO Y SELLADO | 20 | Para esta operación el operario debe traer las planchas del cuarto frío. |
| | 58 | Y traer las fundas y etiquetas que están ubicadas en la parte posterior de la tienda. |
| Distancia Total = | 478 metros | |

- Mantequilla.

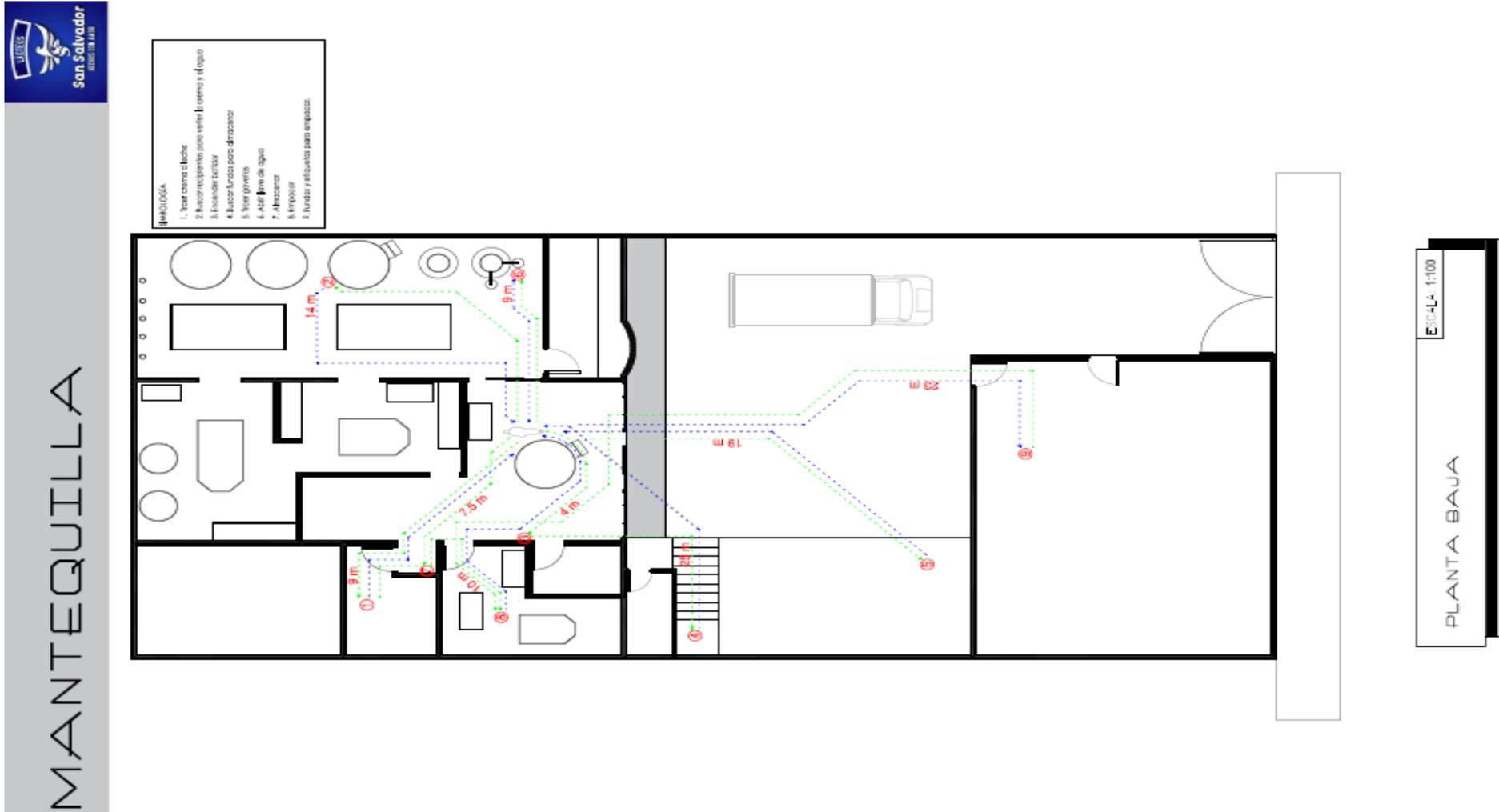


Ilustración 38: Diagrama Espagueti original de Mantequilla

Tabla 17: Distancia recorrida en el proceso productivo de Mantequilla

| PROCESO | DIST. RECORRIDA (m) | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------|----------------------------|---|
| BATIDO | 18 | El operario para iniciar el proceso debe ir al cuarto frío y traer el recipiente en donde se encuentra la crema de leche. |
| | 28 | Buscar el balde y los cedazos ubicados en la sección queso fresco. |
| | 4 | Encender el batidor y regresar al puesto de trabajo. |
| LAVADO | 9 | Una vez que acaba el batido el operario debe abrir la llave de agua para iniciar el lavado. |
| | 9 | Cuando el recipiente se llene debe cerrar la llave de agua. |
| ALMACENADO | 38 | Traer gavetas para colocar la mantequilla. |
| | 25 | Traer fundas para colocar en las gavetas. |
| | 7,5 | Dejar en el cuarto frío. |
| EMPACADO Y SELLADO | 10 | Para esta operación el operario debe traer las planchas del cuarto frío. |
| | 58 | Y traer las fundas y etiquetas que están ubicadas en la parte posterior de la tienda. |
| Distancia Total = | 207 metros | |

4. Análisis del sistema de medición R&R.

La leche es la principal materia prima para todos los procesos productivos, es por ello que de su recepción depende el rendimiento y la calidad de productos que se obtendrán. Los parámetros más importantes y con los que se decide si se acepta o no la leche cruda de los 3 proveedores son la acidez y la grasa de la leche. La acidez de la leche debe mantenerse entre 13% y 17% (NTE 9, 2015), y la grasa de la leche debe ser mínimo 3% (NTE 9, 2015), aunque la empresa recibe la materia prima si tiene mínimo 3,6% de materia grasa (San Salvador, 2018).

Es necesario realizar este análisis para conocer si el proceso de recepción de leche cruda es el adecuado y su variabilidad es aceptable, porque de esto depende que los procesos productivos se realicen satisfactoriamente. Además el rendimiento quesero y mantequero están totalmente ligados a este proceso, porque si no se cumplen los parámetros de recepción de materia prima, nunca se obtendrá la cantidad de quesos o kilogramos de mantequilla esperados, ya que las condiciones de la leche no son las adecuadas, y por más esfuerzos que se hagan, el rendimiento de la materia prima no se elevará. Así mismo, de esto depende que los productos terminados tengan características de calidad adecuadas, así como porcentaje de grasa, humedad y peso.

Entonces, debido a la importancia de este proceso, es necesario realizar un análisis que indique si los valores obtenidos de los análisis en el laboratorio a la leche cruda son confiables. Por ello, se ha tomado como muestra la leche cruda de 3 proveedores, donde los 3 operarios encargados de realizar los análisis de acidez y grasa, tomarán los datos de cada muestra dos veces (Socconini, 2016). Con los valores obtenidos se calcularán la repetitividad, reproducibilidad, el total R&R, y se tomarán acciones de mejora si es necesario.



Ilustración 39: Muestra para el primer análisis del sistema de medición

4.1.R&R para la acidez de la leche cruda.

| Fuente | Varianza | Desv Std | 5.15 Sigma | % Var | % Cont |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Total RR | 0,18497 | 0,43009 | 2,21495 | 61,37 | 37,66 |
| Repetitividad | 0,16667 | 0,40825 | 2,10248 | 58,25 | 33,93 |
| Reproducibilidad | 0,01831 | 0,13531 | 0,69683 | 19,31 | 3,73 |
| Operador | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| Pieza Operador | 0,01831 | 0,13531 | 0,69683 | 19,31 | 3,73 |
| Pieza | 0,30619 | 0,55334 | 2,84971 | 78,96 | 62,34 |
| Total | 0,49116 | 0,70083 | 3,60927 | 100,00 | 100,00 |

Con el método Anova, el cual es más estricto que el método de Medias y Rangos (Burdick, Borrór y Montgomery, 2003), se puede determinar que con un valor de R&R total de 61,37% no es aceptable la variación en el sistema de medición (Socconini, 2016). Para solucionar esto principalmente se debe calibrar el equipo de medición y también capacitar al personal.

4.2.R&R para la grasa de la leche cruda.

| Fuente | Varianza | Desv Std | 5.15 Sigma | % Var | % Cont |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Total RR | 0,08778 | 0,29627 | 1,52581 | 64,26 | 41,29 |
| Repetitividad | 0,03472 | 0,18634 | 0,95965 | 40,42 | 16,33 |
| Reproducibilidad | 0,05306 | 0,23034 | 1,18624 | 49,96 | 24,96 |
| Operador | 0,00911 | 0,09545 | 0,49154 | 20,70 | 4,29 |
| Pieza Operador | 0,04395 | 0,20963 | 1,07961 | 45,47 | 20,67 |
| Pieza | 0,12479 | 0,35326 | 1,81928 | 76,62 | 58,71 |
| Total | 0,21257 | 0,46105 | 2,37442 | 100,00 | 100,00 |

Con el método Anova, el cual es más estricto que el método de Medias y Rangos (Burdick, Borrór y Montgomery, 2003), se puede determinar que con un valor de R&R total de 64,26% no es aceptable la variación en el sistema de medición (Socconini, 2016). Para solucionar esto principalmente se debe capacitar al personal sobre el método correcto de medición y después calibrar el equipo de medición.

5. Análisis de modo y efectos de fallos AMEF.

Este análisis es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos, evitar que se produzcan y que no afecten al proceso y por ende al producto final (Lean Solutions, 2017).

Uno de los objetivos de la fase medir fue examinar si los datos son confiables, y para cumplirlo se requiere que los procesos sean estables y que se eviten fallas que comprometan la buena calidad de los productos o que añadan variabilidad extra a los datos en la investigación. Entonces, si se identifican las fallas o defectos antes de que ocurran, se incrementa la confiabilidad de los productos, se reducen los tiempos de desperdicios, se adquiere conocimiento (Know-How) sobre los procesos y se eleva la satisfacción del cliente (Lean Solutions, 2017). En este caso se realizará un AMEF de procesos para analizar las operaciones en la manufactura, el cual es adecuado cuando el proceso está siendo mejorado (Lean Solutions, 2017).

- Queso fresco “San Salvador”

Tabla 18: AMEF de Queso fresco “San Salvador”

| Pasos Clave del Proceso | Modos de Falla Potenciales | Efectos de Fallas Potenciales | SEV | Causas Potenciales | OCU | Controles de Ocurrencia | DET | NPR | Acciones Recomendadas | Resp. | Acciones Implementadas | SEV | OCU | DET | NPR |
|-------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|---|---|--|-----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|
| ¿Cuál es el paso del proceso? | ¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso? | ¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)? | ¿Qué tan severo es el efecto para el cliente? | ¿Qué causa que el paso clave falle? | ¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo? | ¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla? | ¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Falla? | | ¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección? | ¿Quién es responsable de las acciones recomendadas? | Anotar las acciones implementadas. Incluye fecha de consecución | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------------------|-----------------------------|----|-------------------------------|----|---------|---|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|
| | Distribución de moldes | Reducción del rendimiento | 1 | Desperdicio de cuajo | 7 | Ninguna | 1 | 7 | Estudio para determinar el mejor posicionamiento para los moldes | | | | | | | 0 |
| | Cantidad de cuajo en el molde | Exceso de peso | 10 | Reducción del rendimiento | 10 | Ninguna | 5 | 500 | Estudio para determinar la cantidad exacta de cuajo | | | | | | | 0 |
| | Colocar malla | Parte lisa hacia dentro | 2 | Desperdicio de queso | 1 | Ninguna | 1 | 2 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |
| Prensado | Colocar tacos | Mal prensado | 1 | Desperdicio de queso | 1 | Ninguna | 2 | 2 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |
| | Número de moldes en la plancha | Exceso de peso | 4 | Mal prensado | 2 | Ninguna | 2 | 16 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |
| | Prensado | Cantidad errónea de plancha | 3 | Mal prensado | 3 | Ninguna | 2 | 18 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |
| Salmuerado | Cantidad incorrecta de agua | Agua con poca sal | 1 | Mal Salado | 2 | Ninguna | 1 | 2 | Determinar y estandarizar el nivel de sal | | | | | | | 0 |
| | Cantidad incorrecta de sal | Poca sal | 1 | Mal Salado | 4 | Ninguna | 1 | 4 | Determinar y estandarizar la cantidad de sal y el tiempo de salmuerado | | | | | | | 0 |
| | Colocar ordenadamente | Quesos golpeados | 5 | Producto defectuoso | 6 | Ninguna | 3 | 90 | Capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Tiempo en la salmuera | Quesos salados | 3 | Producto con mucha o poca sal | 2 | Ninguna | 2 | 12 | Determinar y estandarizar el tiempo de salado | | | | | | | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------------------|----------------------|---|----------------------|---|---------|---|-----|-----------|--|--|--|--|--|--|--|---|
| Empacar | Sin fillos sobrantes | Desperdicio de queso | 7 | Desperdicio de queso | 5 | Ninguna | 3 | 105 | Poka_yoke | | | | | | | | 0 |
| Sellado | Fundas rectas para el sellado | Mal sellado | 2 | Producto defectuoso | 2 | Ninguna | 2 | 8 | Poka_yoke | | | | | | | | 0 |

- Queso fresco “Rickooo”

Tabla 19: AMEF de Queso fresco “Rickooo”

| Pasos Clave del Proceso | Modos de Falla Potenciales | Efectos de Fallas Potenciales | SEV | Causas Potenciales | OCU | Controles de Ocurrencia | DET | NPR | Acciones Recomendadas | Resp. | Acciones Implementadas | SEV | OCU | DET | NPR |
|-------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|---|---|--|-----|---|---|---|-----|-----|-----|-----|
| ¿Cuál es el paso del proceso? | ¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso? | ¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)? | ¿Qué tan severo es el efecto para el cliente? | ¿Qué causa que el paso clave falle? | ¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo? | ¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Fallo? | ¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Fallo? | | ¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección? | ¿Quién es responsable de las acciones recomendadas? | Anotar las acciones implementadas. Incluye fecha de consecución | | | | |
| Pasteurización | Exceso de llenado | La MP se derrama | 4 | Señalización inexistente | 10 | Ninguna | 1 | 40 | Señalizar la cantidad de contenido en la olla | | | | | | 0 |
| | Falta de llenado | Reducción del rendimiento | 5 | Señalización inexistente | 10 | Ninguna | 1 | 50 | Señalizar la cantidad de contenido en la olla | | | | | | 0 |
| | 85°C Máximo | Reducción del rendimiento | 8 | Falla del termómetro, operario | 3 | Ninguna | 3 | 72 | Establecer los tiempos de pasteurización y señalización de la temperatura | | | | | | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------------|--|----|-----------------------------------|----|---------|---|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|
| | Motor de batido apagado | MP pierde características | 1 | Falla del operario | 2 | Ninguna | 2 | 4 | Señalización para controlar colocar motor antes de iniciar la pasteurización | | | | | | | 0 |
| Cuajado | Exceso o falta de calcio | Reducción del rendimiento | 3 | Probetas desgastadas | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Probetas nuevas, capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de conservante | Cambio en las características del queso | 3 | Probetas desgastadas | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Probetas nuevas, capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de cuajo | Reducción del rendimiento | 4 | Probetas desgastadas | 6 | Ninguna | 3 | 72 | Probetas nuevas, capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Falta de cortar cuajo | Reducción del rendimiento | 1 | Falla lira, falta tiempo de corte | 5 | Ninguna | 1 | 5 | DOE para determinar el tiempo de corte | | | | | | | 0 |
| | Batir poco | Mucho tiempo para separar suero de cuajo | 3 | Mezcla inadecuada de insumos | 2 | Ninguna | 2 | 12 | DOE para determinar el tiempo de batido | | | | | | | 0 |
| Moldeado | Cantidades de moldes | Reducción del rendimiento | 1 | Desperdicio de cuajo | 6 | Ninguna | 1 | 6 | Moldes con nuevas dimensiones | | | | | | | 0 |
| | Distribución de moldes | Reducción del rendimiento | 1 | Desperdicio de cuajo | 7 | Ninguna | 1 | 7 | Estudio para determinar el mejor posicionamiento para los moldes | | | | | | | 0 |
| | Cantidad de cuajo en el molde | Exceso de peso | 10 | Reducción del rendimiento | 10 | Ninguna | 5 | 500 | Estudio para determinar la cantidad exacta de cuajo | | | | | | | 0 |
| | Colocar malla | Parte lisa hacia dentro | 2 | Desperdicio de queso | 1 | Ninguna | 1 | 2 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |
| Prensado | Colocar tacos | Mal prensado | 1 | Desperdicio de queso | 1 | Ninguna | 2 | 2 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |

- Queso mozzarella

Tabla 20: AMEF de Queso mozzarella

| Pasos Clave del Proceso | Modos de Falla Potenciales | Efectos de Fallas Potenciales | SEV | Causas Potenciales | OCU | Controles de Ocurrencia | DET | NPR | Acciones Recomendadas | Resp. | Acciones Implementadas | SEV | OCU | DET | NPR |
|-------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|---|---|--|-----|---|---|--|-----|-----|-----|-----|
| ¿Cuál es el paso del proceso? | ¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso? | ¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)? | ¿Qué tan severo es el efecto para el cliente? | ¿Qué causa que el paso clave falle? | ¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo? | ¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Fallo? | ¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Fallo? | | ¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección? | ¿Quién es responsable de las acciones recomendadas? | Anotar las acciones implementadas. Incluye fecha de consecución. | | | | |
| Pasteurización | Exceso de llenado | La MP se derrama | 4 | Señalización inexistente | 10 | Ninguna | 1 | 40 | Señalizar la cantidad de contenido en la olla | | | | | | 0 |
| | Falta de llenado | Reducción del rendimiento | 5 | Señalización inexistente | 10 | Ninguna | 1 | 50 | Señalizar la cantidad de contenido en la olla | | | | | | 0 |
| | 38°C Máximo | Reducción del rendimiento | 8 | Falla del termómetro, operario | 3 | Ninguna | 3 | 72 | Establecer los tiempos de pasteurización y señalización de la temperatura | | | | | | 0 |
| | Exceso de leche descremada 100L | MP pierde características | 2 | Falla del operario | 2 | Ninguna | 2 | 8 | Señalización, colocar motor antes de iniciar la pasteurización | | | | | | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--|--|---|-----------------------------------|---|---------|---|----|--|--|--|--|--|--|---|
| | Falta de leche descremada 100L | MP pierde características | 2 | Falla del operario | 8 | Ninguna | 2 | 32 | Señalizar la cantidad de contenido en ollas y tanque | | | | | | |
| Cuajado | Exceso o falta de fermento | Cambio en las características del queso | 3 | Litro sin numeración | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Litros nuevos, capacitación al personal | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de calcio | Reducción del rendimiento | 3 | Probetas desgastadas | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Probetas nuevas, capacitación al personal | | | | | | |
| | Exceso o falta de conservante | Cambio en las características del queso | 3 | Probetas desgastadas | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Probetas nuevas, capacitación al personal | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de cuajo | Reducción del rendimiento | 4 | Probetas desgastadas | 6 | Ninguna | 3 | 72 | Probetas nuevas, capacitación al personal | | | | | | 0 |
| | Falta cortar cuajo | Reducción del rendimiento | 1 | Falla lira, falta tiempo de corte | 5 | Ninguna | 1 | 5 | DOE para determinar el tiempo de corte | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de calentar el suero 40° máximo | Reducción del rendimiento | 2 | Falla del operario, control | 3 | Ninguna | 1 | 6 | Señalización para identificar la temperatura | | | | | | |
| | Batir poco | Mucho tiempo para separar suero de cuajo | 3 | Mezcla inadecuada de insumos | 2 | Ninguna | 2 | 12 | DOE para determinar el tiempo de batido | | | | | | 0 |
| | Falta de separación del cuajo | Mucho tiempo para lavar cuajo | 2 | Falla del operario | 2 | Ninguna | 1 | 4 | Utilizar agua caliente que ayude a la separación del cuajo | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|-------------------------------|---------------------------|----|-------------------------------|----|---------|---|-----|--|--|--|--|--|--|--|---|
| | Exceso o falta de amasado | Queso defectuoso | 6 | Falla del operario | 2 | Ninguna | 1 | 12 | Utilizar los puños para el amasado | | | | | | | |
| | Exceso o falta de hilado | Queso defectuoso | 5 | Falla del operario | 1 | Ninguna | 1 | 5 | Capacitación al personal | | | | | | | |
| Moldeado | Cantidades de moldes | Reducción del rendimiento | 1 | Desperdicio de cuajo | 6 | Ninguna | 1 | 6 | Moldes con nuevas dimensiones | | | | | | | 0 |
| | Distribución de moldes | Reducción del rendimiento | 1 | Desperdicio de cuajo | 7 | Ninguna | 1 | 7 | Estudio para determinar el mejor posicionamiento para los moldes | | | | | | | 0 |
| | Cantidad de queso en el molde | Exceso o falta de peso | 10 | Reducción del rendimiento | 10 | Ninguna | 5 | 500 | Estudio para determinar la cantidad exacta de queso | | | | | | | 0 |
| Salmuerado | Cantidad incorrecta de agua | Agua con poca sal | 1 | Mal Salado | 2 | Ninguna | 1 | 2 | Determinar y estandarizar el nivel de sal | | | | | | | 0 |
| | Cantidad incorrecta de sal | Poca sal | 1 | Mal Salado | 4 | Ninguna | 1 | 4 | Determinar y estandarizar la cantidad de sal y el tiempo de salmuerado | | | | | | | 0 |
| | Colocar ordenadamente | Quesos golpeados | 5 | Producto defectuoso | 6 | Ninguna | 3 | 90 | Capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Tiempo en la salmuera | Quesos salados | 3 | Producto con mucha o poca sal | 2 | Ninguna | 2 | 12 | Determinar y estandarizar el tiempo de salado | | | | | | | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------------|----------------------|---|----------------------|---|---------|---|-----|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|
| Empacado | Sin fillos sobrantes | Desperdicio de queso | 7 | Desperdicio de queso | 5 | Ninguna | 3 | 105 | Poka_yoke | | | | | | | | | | | 0 |
| Sellado | Fundas rectas para el sellado | Mal sellado | 2 | Producto defectuoso | 2 | Ninguna | 2 | 8 | Poka_yoke | | | | | | | | | | | 0 |

- Mantequilla

Tabla 21: AMEF de Mantequilla

| Pasos Clave del Proceso | Modos de Falla Potenciales | Efectos de Fallas Potenciales | SEV | Causas Potenciales | OCU | Controles de Ocurrencia | DET | NPR | Acciones Recomendadas | Resp. | Acciones Implementadas | SEV | OCU | DET | NPR |
|-------------------------------|--|--|--|-------------------------------------|---|---|--|-----|---|---|--|-----|-----|-----|-----|
| ¿Cuál es el paso del proceso? | ¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso? | ¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)? | ¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?. | ¿Qué causa que el paso clave falle? | ¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo? | ¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Fallo? | ¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Fallo? | | ¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección? | ¿Quién es responsable de las acciones recomendadas? | Anotar las acciones implementadas . Incluye fecha de consecución | | | | |
| Batido | Exceso de llenado | la MP se derrama | 4 | Señalización inexistente | 10 | Ninguna | 1 | 40 | Señalizar la cantidad de contenido en la olla | | | | | | 0 |
| | Falta de llenado | Reducción del rendimiento | 5 | Señalización inexistente | 10 | Ninguna | 1 | 50 | Señalizar la cantidad de contenido en la olla | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de acidez en la crema | Exceso o poco tiempo de batido | 8 | Falla del operario | 3 | Ninguna | 3 | 72 | Establecer los porcentajes de acidez | | | | | | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|---|---|-----------------------------|---|---------|---|----|--|--|--|--|--|--|--|---|
| Desuerado | Exceso o falta de batido | Reducción del rendimiento | 3 | Falla del operario | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Falta cortar mantequilla | Reducción del rendimiento | 3 | Falta de tiempo batido | 5 | Ninguna | 2 | 30 | Estandarizar el tiempo de batido, capacitar al personal | | | | | | | |
| Lavado | Exceso o falta de lavado | Cambio en las características de la mantequilla | 4 | Falla del operario | 3 | Ninguna | 2 | 24 | Estandarizar el tiempo de lavado, capacitar al personal | | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de agua helada | Exceso o falta de agua | 2 | Señalización inexistente | 4 | Ninguna | 3 | 24 | Señalizar el nivel de agua según el nivel de mantequilla | | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de separar la mantequilla | Exceso o falta de tiempo para lavar | 1 | Falla del operario | 5 | Ninguna | 1 | 5 | Capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| | Exceso o falta de lavados | Cambio en las características de la mantequilla | 3 | Falla del operario, control | 5 | Ninguna | 1 | 15 | Capacitación al personal | | | | | | | |
| | Exceso o falta de conservante | Cambio en las características de la mantequilla | 2 | Probetas desgastadas | 2 | Ninguna | 2 | 8 | Litros nuevos, capacitación al personal | | | | | | | |
| Exprimido | Falta de exprimido | Cambio en las características de la mantequilla | 6 | Producto con exceso de agua | 6 | Ninguna | 1 | 36 | Control y capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| Empacado | Exceso o falta de producto | Cientes insatisfechos | 1 | Falla del operario | 3 | Ninguna | 1 | 3 | Capacitación al personal | | | | | | | 0 |
| Moldeado | Rotura de funda | Desperdicio de mantequilla | 3 | Falla del operario | 2 | Ninguna | 2 | 12 | Poka_yoke | | | | | | | 0 |

6. Cartas de control.

Un gráfico de control es una visualización gráfica de una característica de calidad que se ha medido o computado a partir de una muestra en comparación con el número o el tiempo de la muestra (Montgomery, 2013). El gráfico contiene una línea central que representa el valor promedio de la característica de calidad correspondiente al estado en control y otras dos líneas horizontales, llamadas límite superior de control (UCL) y límite inferior de control (LCL) (Montgomery, 2013). Estos límites de control se eligen de modo que si el proceso está en control, casi todos los puntos de muestra se ubicarán entre ellos y no es necesaria ninguna acción, pero si hay puntos fuera de los límites de control se interpreta como evidencia de que el proceso está fuera de control, y se requieren investigaciones y acciones correctivas para encontrar y eliminar la causa o causas asignables responsables de este comportamiento (Montgomery, 2013).

Mediante estas cartas se espera obtener información sobre el comportamiento de los procesos. En la fase I, se usan muestras preliminares para construir los gráficos de control y obtener límites de control de prueba (Montgomery, 2013). Una vez que se establece un conjunto de límites de control confiables, las cartas de control se usan para monitorear la producción futura, es decir, inicia la fase II (Montgomery, 2013).

6.1. Cartas de control para parámetros de recepción de leche cruda.

Es necesario monitorear los CTP's porque de ello depende obtener un buen rendimiento y un peso adecuado en los productos terminados. Se ha decidido trabajar con las cartas de control para medias y rangos porque se tienen subgrupos o muestras preliminares tomados cuando se piensa que el proceso está en control, de tamaño $m=20$ a 30 muestras, con n observaciones sobre la característica de calidad, donde n debe ser pequeño (Montgomery, 2013).

- Acidez de la leche cruda.

Primero se monitoreo la acidez, ya que es la primera prueba que se hace cuando se recibe la leche cruda. Para la Fase I se tomaron los datos de 28 días de recepción, considerando como subgrupos la leche de cada proveedor (3 proveedores o subgrupos).

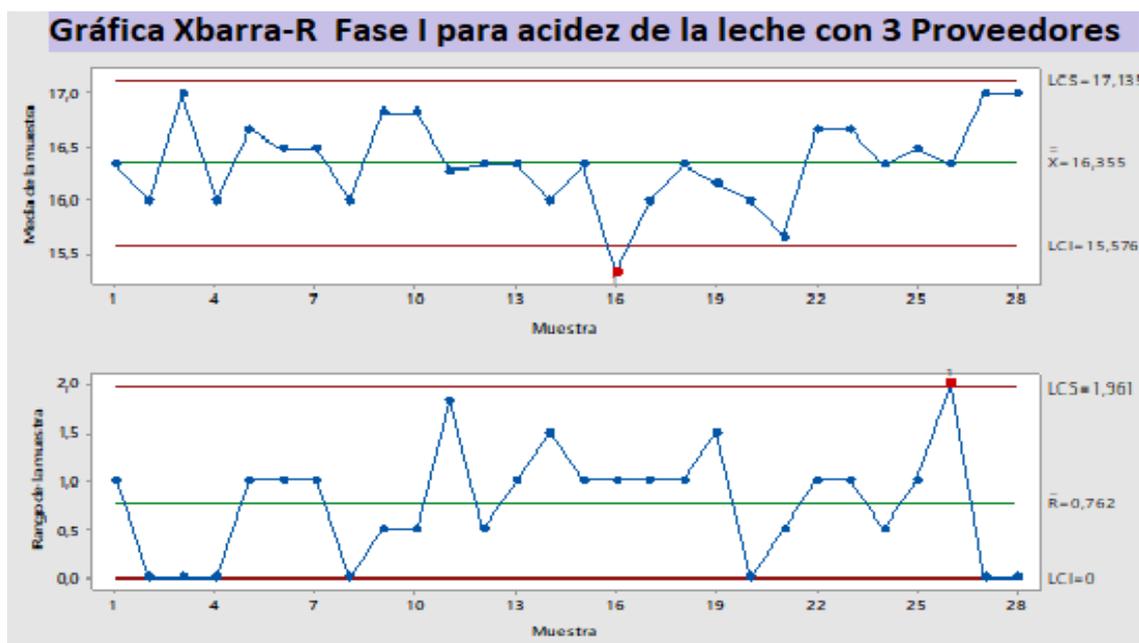


Ilustración 40: Carta de medias y rangos Fase I para la acidez de la leche cruda

No se han detectado patrones en las gráficas. Primero se debe analizar la gráfica de rangos, donde se observa un punto sobre el límite control superior, pero no se puede determinar cuál es la causa que lo provocó y no se lo puede retirar. En la gráfica de medias, hay un punto bajo el límite de control inferior, porque se recibió leche de prueba de un nuevo proveedor potencial y se puede determinar que la leche fue adulterada porque no puede presentar una acidez tan baja, ya que en el momento del ordeño la leche tiene una acidez de 13% y durante el transporte a la planta este parámetro se eleva, por lo que no se aceptó al proveedor y si se puede retirar el punto de la gráfica.

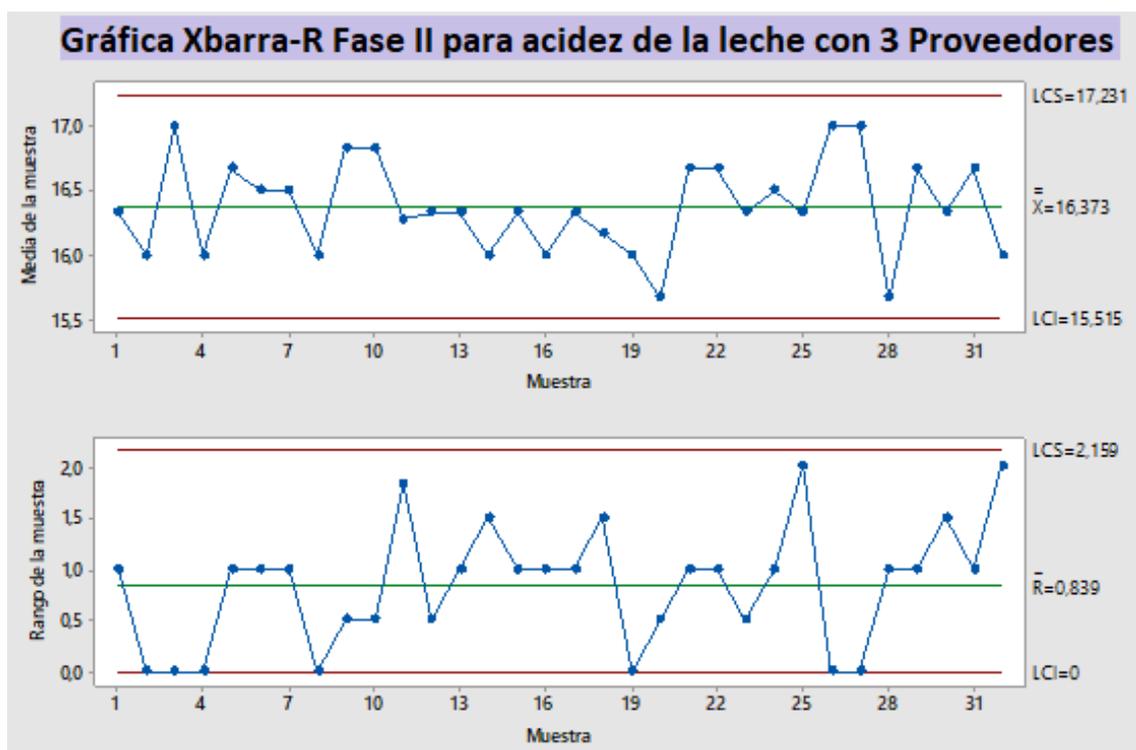


Ilustración 41: Carta de medias y rangos Fase II para la acidez de la leche cruda

Primero se retiró el punto que provenía de la causa asignable, se recalcularon los límites y se ingresaron 5 datos más, con lo que se observa que todos los puntos están en control.

- Grasa de la leche cruda.

Después se realizó la toma de datos de la grasa con que llega la leche cruda. Para la Fase I se tomaron los datos de 28 días de recepción, considerando como subgrupos la leche de cada proveedor (3 proveedores o subgrupos).

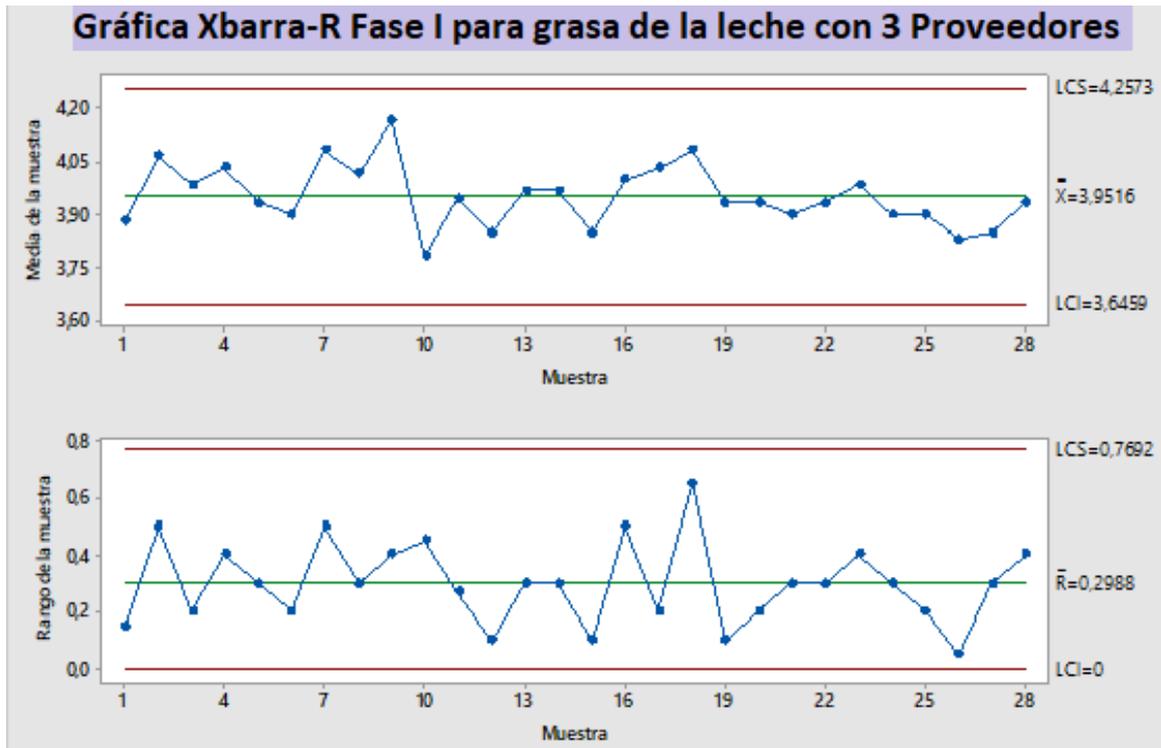


Ilustración 42: Carta de medias y rangos Fase I de la grasa de leche cruda

En ambas gráficas no se observan patrones ni puntos fuera de control.

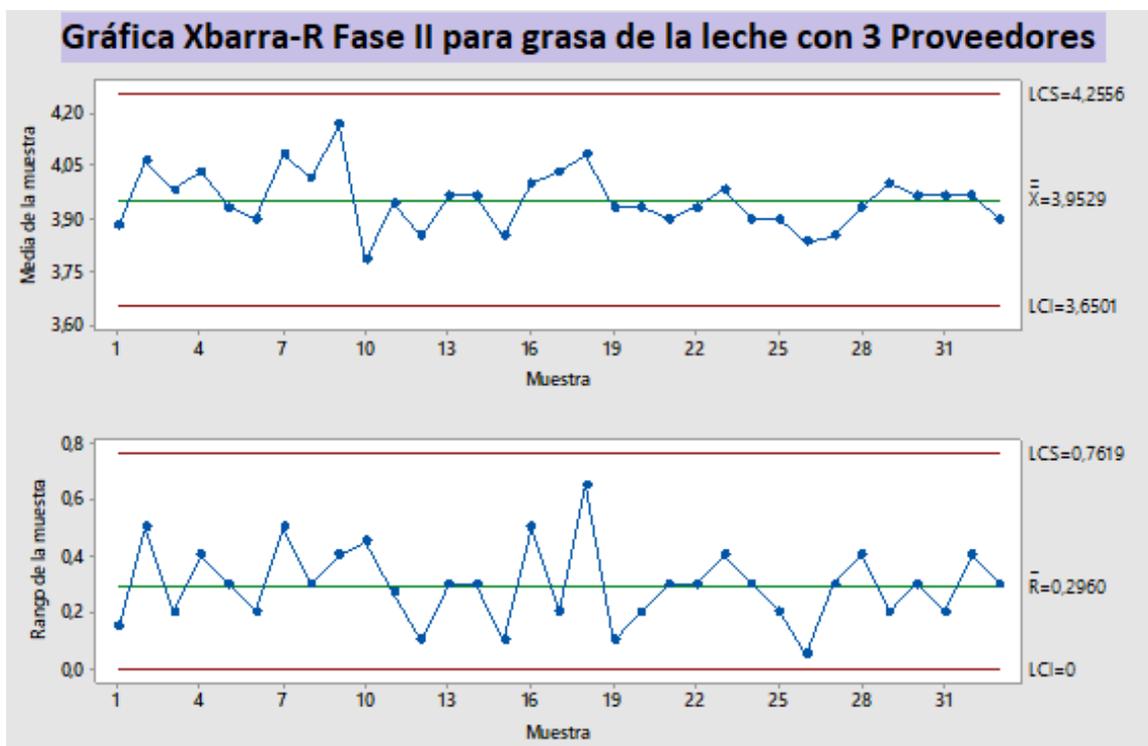


Ilustración 43: Carta de medias y rangos Fase II de la grasa de leche cruda

No fue necesario recalculer los límites, pero se ingresaron 5 datos más y ambas gráficas no presentan patrones o puntos fuera de control.

6.1.1. Conclusión sobre las cartas de control para parámetros de recepción de leche cruda.

Para cumplir con el objetivo de la fase medir, que era comprender si los datos son confiables, se realizaron cartas de control para los valores obtenidos en la recepción de leche cruda. Entonces se ha observado que si los operarios cumplen con el procedimiento adecuadamente, este proceso se mantiene estable, bajo control y predecible. Además el uso de esta herramienta permite detectar cuándo los proveedores traen materia prima adulterada a la empresa, y hace mucho más fácil que el operario detecte esta anomalía y rechace el producto.

6.2. Cartas de control para el rendimiento de la materia prima.

En este caso, el tamaño de muestra utilizado para el monitoreo del proceso es $n = 1$; es decir, la muestra consiste en una unidad individual que corresponde al rendimiento de cada lote, por lo que se decide usar la carta de control para Medidas individuales (Montgomery, 2013).

- Queso fresco “San Salvador”

Con los datos del rendimiento de 27 lotes, se obtuvo:

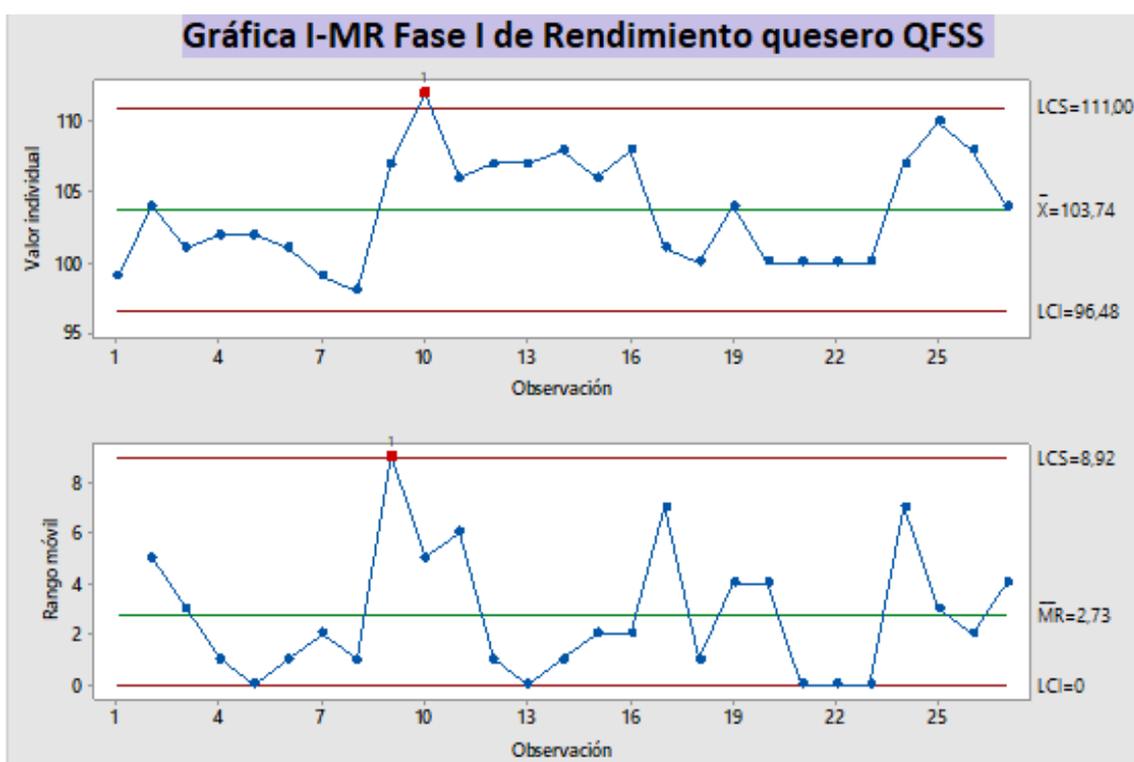


Ilustración 44: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de Queso fresco "San Salvador"

Los puntos fuera de control fueron analizados, ya que en este caso son buenos porque representan rendimientos altos, que en lo posible deben ser imitados. Con esto se pudo determinar que los lotes 9 y 10 fueron realizados con supervisión de la dirección, ya que se buscaba enseñar los procesos a practicantes en la empresa; estas condiciones deben ser imitadas y no se retirarán los puntos.

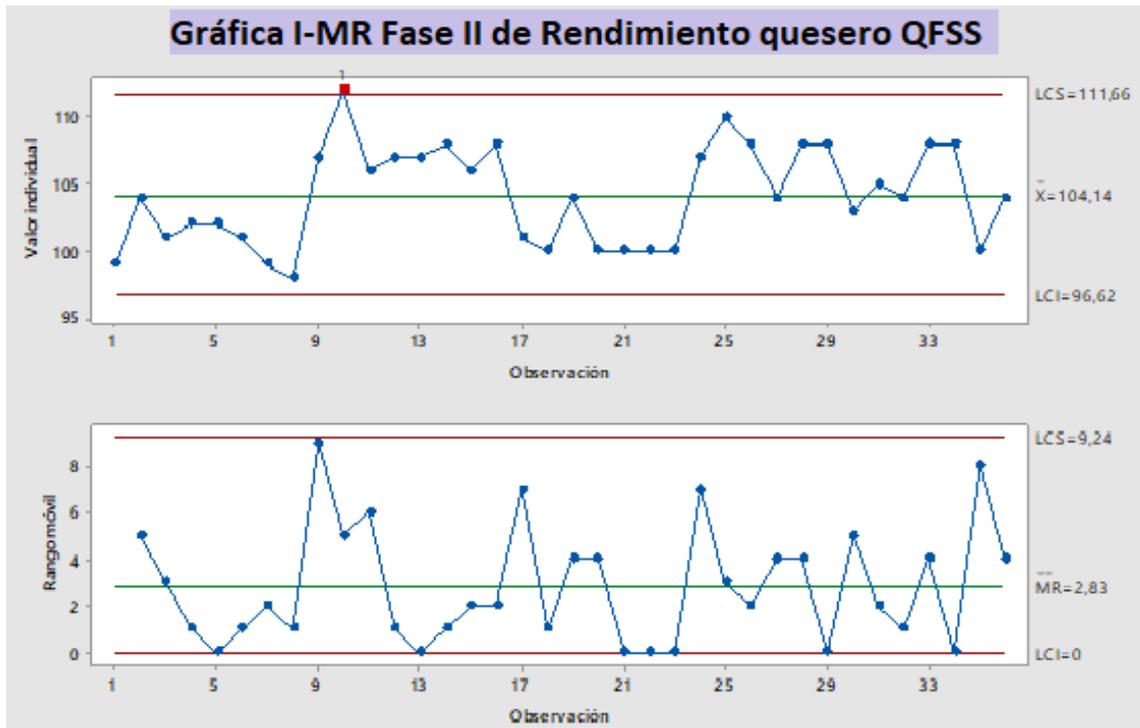


Ilustración 45: Carta de valores individuales para la Fase II del rendimiento de Queso fresco "San Salvador"

Al ingresar datos del rendimiento de 9 lotes más, los límites han cambiado y el punto 10 permanece fuera de control, mientras que el resto no presenta patrones ni se sale de control estadístico.

- Queso fresco "Rickooo"

Con los datos del rendimiento de 25 lotes, se obtuvo que:

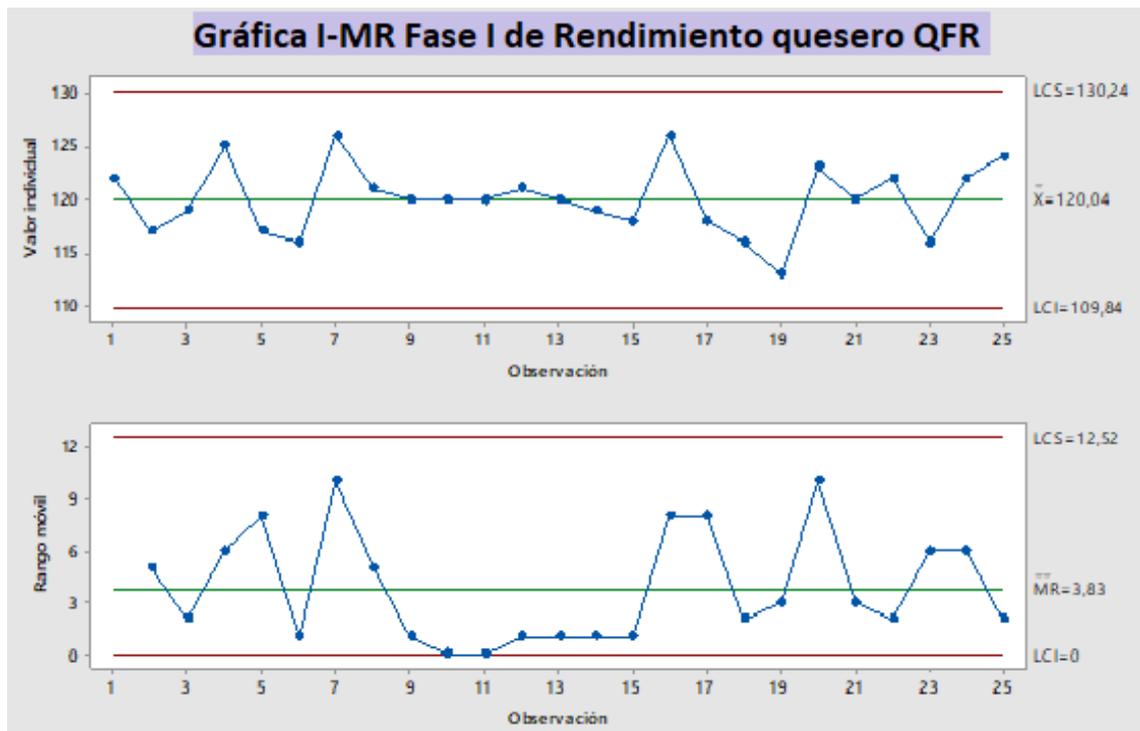


Ilustración 46: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de Queso fresco "Rickooo"

Todos los puntos están bajo con control y no hay presencia de patrones.

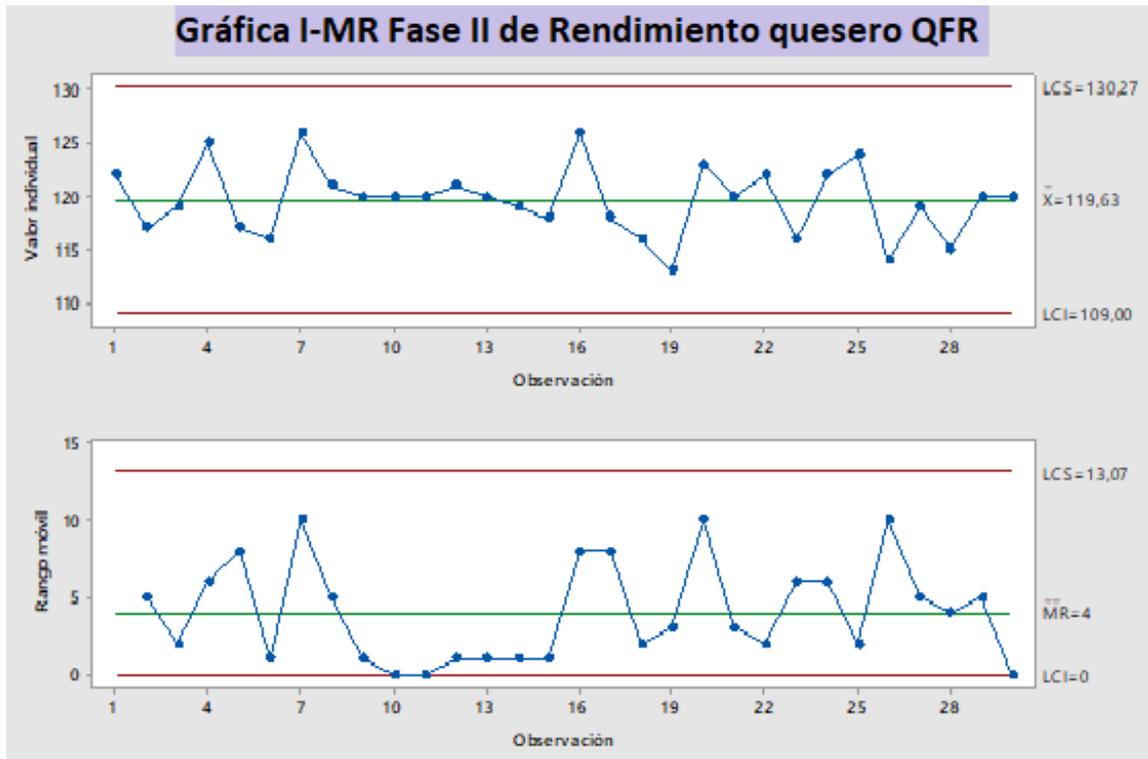


Ilustración 47: Carta de valores individuales para la Fase II del rendimiento de Queso fresco "Rickooo"

Después de ingresar el valor del rendimiento de 5 lotes más, el proceso sigue bajo control.

- Queso mozzarella

Con los datos del rendimiento de 29 lotes, se obtuvo que:

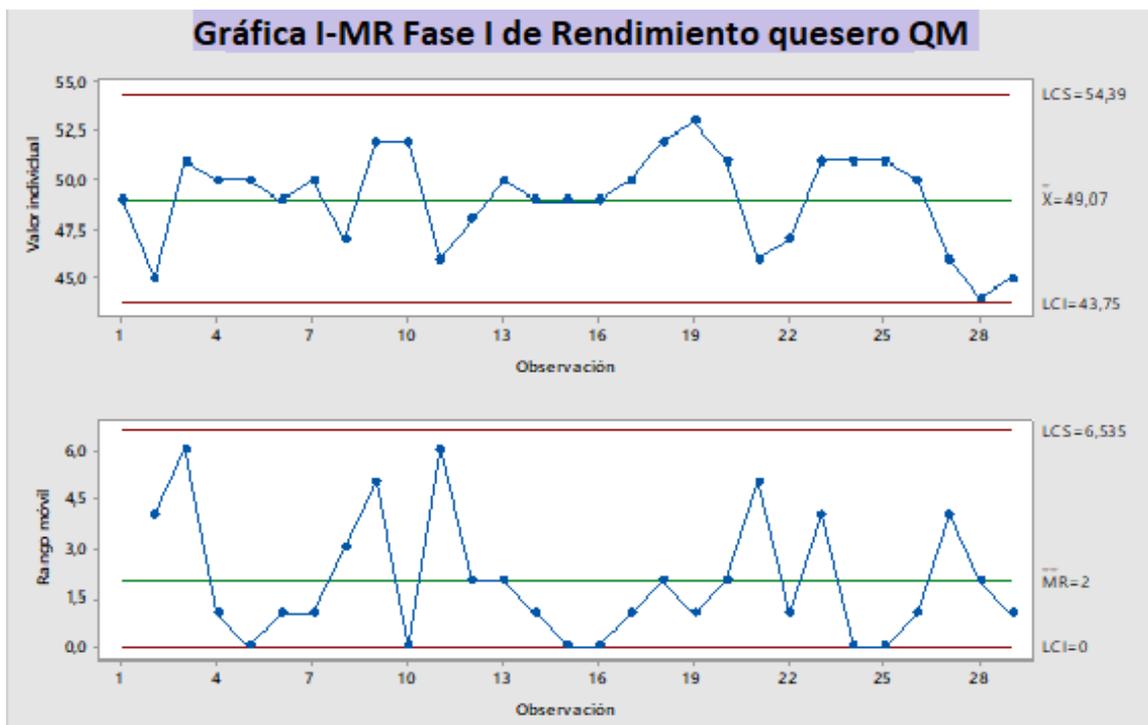


Ilustración 48: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de Queso mozzarella

Todos los puntos están en control y no hay patrones evidentes.

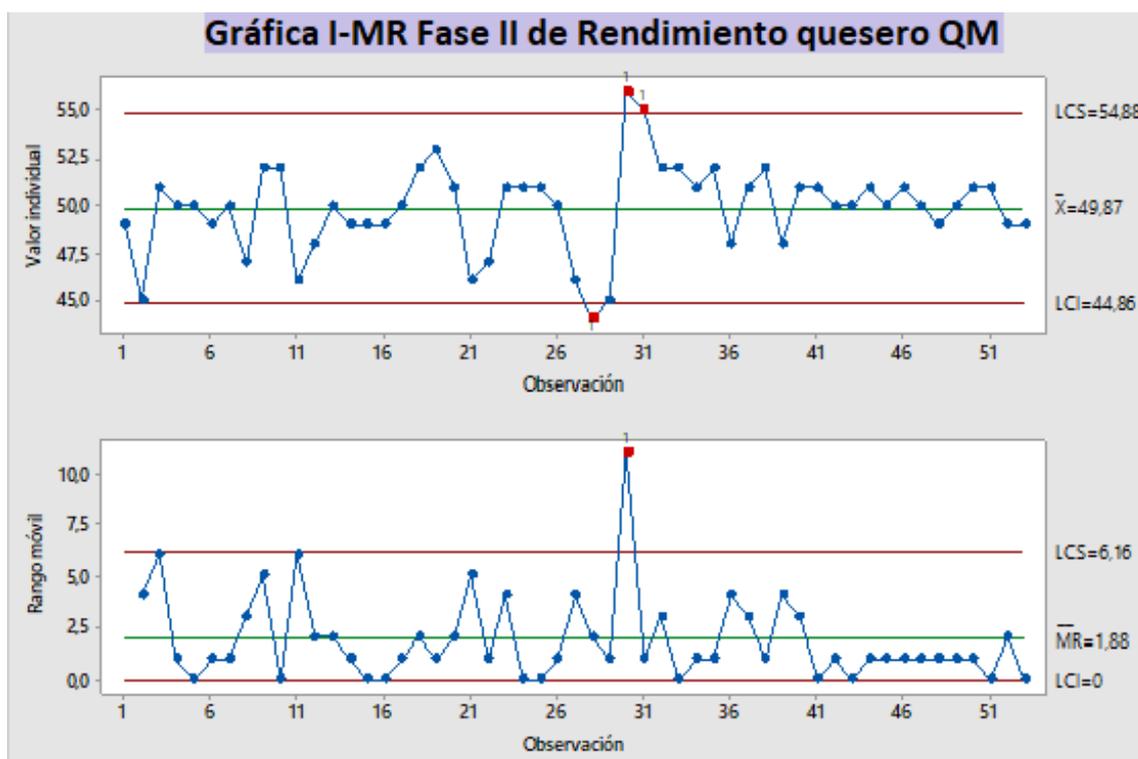


Ilustración 49: Carta de valores individuales para la Fase II del rendimiento de Queso mozzarella

Al añadir nuevos valores, en la gráfica de valores individuales se observa que el punto 28 tiene un rendimiento muy bajo, y se pudo detectar que se produjo al usar leche con un porcentaje de acidez no adecuado, ya que era una de prueba para evaluar la calidad de producto de un nuevo proveedor, por lo que se puede eliminar el dato para futuras gráficas. El punto 30 tiene un rendimiento por encima del límite de control superior en ambas gráficas, y no se eliminará el dato porque a pesar de estar fuera de control, es beneficioso obtener un valor tan alto, el cual fue producido porque la administradora de la empresa estaba presente y supervisando el proceso. El punto 31 no puede ser eliminado porque no se conoce su causa.

- Mantequilla

Sólo se realizó la fase I porque no se recopilaban datos para monitorear el proceso en la fase II. Con los datos del rendimiento mantequero de 26 lotes, se obtuvo que:

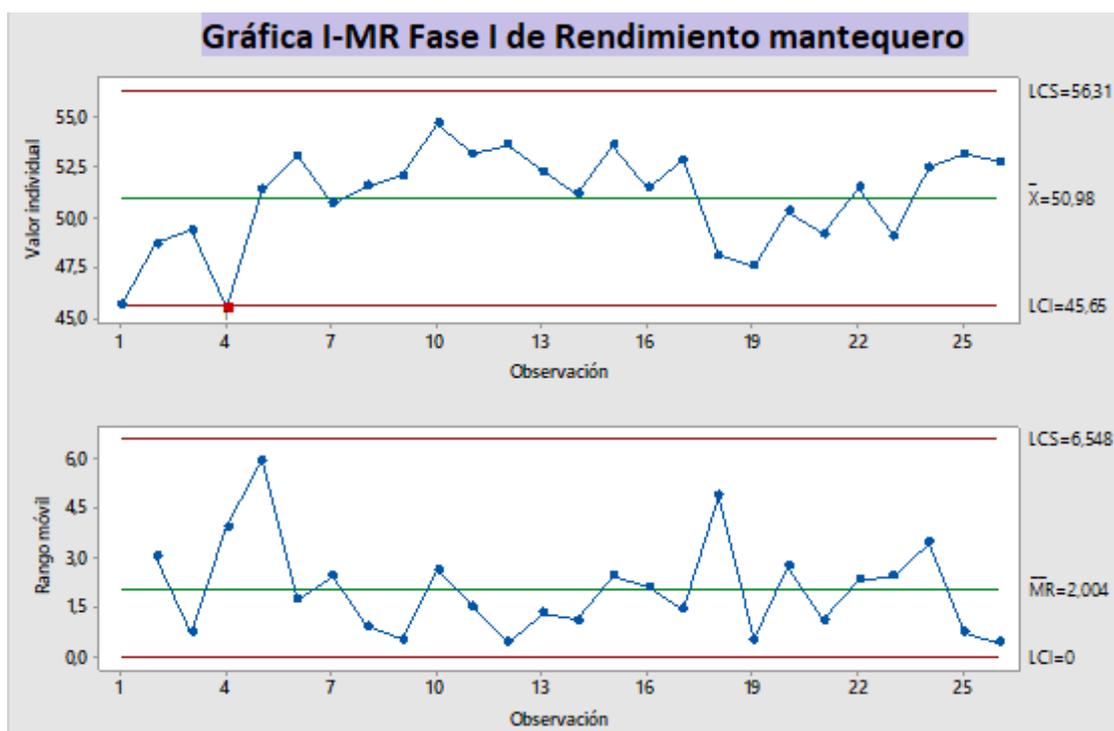


Ilustración 50: Carta de valores individuales para la Fase I del rendimiento de mantequilla

En la gráfica de valores individuales, hay un punto que indica que el rendimiento es muy bajo, pero la causa no pudo ser detectada y no se puede eliminar el dato en la fase II.

6.2.1. Conclusión sobre las Cartas de control para el rendimiento de la materia prima.

Los datos de rendimientos en la mayoría de lotes de producción se mantienen estables y son confiables, pero se ha observado que si la dirección está presente en los procesos productivos, estos valores se elevan, lo cual es beneficioso para la rentabilidad de la empresa. Sin embargo, el proceso de recepción de leche cruda debe ser bien controlado porque cuando se usa materia prima que no está acorde a los requerimientos, los valores del rendimiento de todos los productos bajan y provocan pérdidas para la empresa.

6.3. Cartas de control para el peso de los productos terminados.

Se ha decidido trabajar con la carta de control Medias y desviación estándar porque en ocasiones es conveniente estimar la desviación estándar del proceso directamente en lugar de hacerlo indirectamente mediante el uso del rango R (Montgomery, 2013). Además esta gráfica es preferible cuando el tamaño de la muestra n es moderadamente grande; digamos, $n > 10$ o 12 (el método de rango para estimar s pierde eficiencia estadística para muestras moderadas a grandes) (Montgomery, 2013).

- Queso fresco “San Salvador”

Se tomaron los datos de 12 unidades de 27 lotes para construir la gráfica, donde se obtuvo:

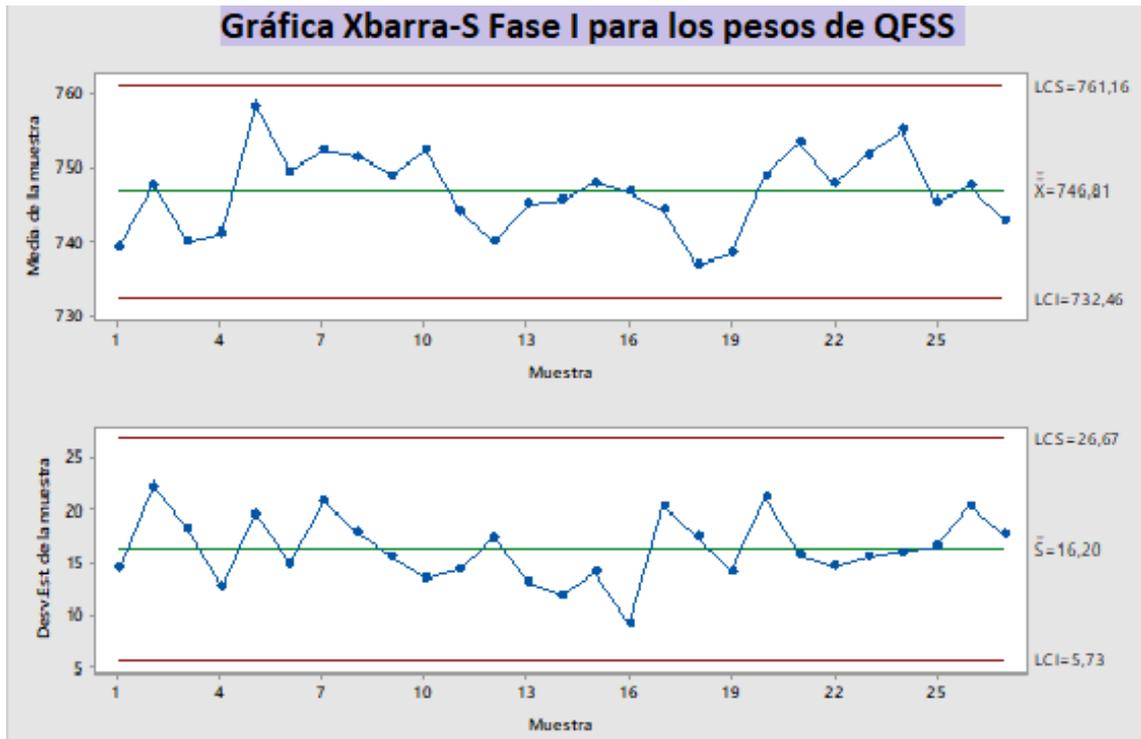


Ilustración 51: Carta de medias y desviación estándar Fase I para los pesos del Queso fresco "San Salvador"

No se observan patrones o puntos fuera de control.

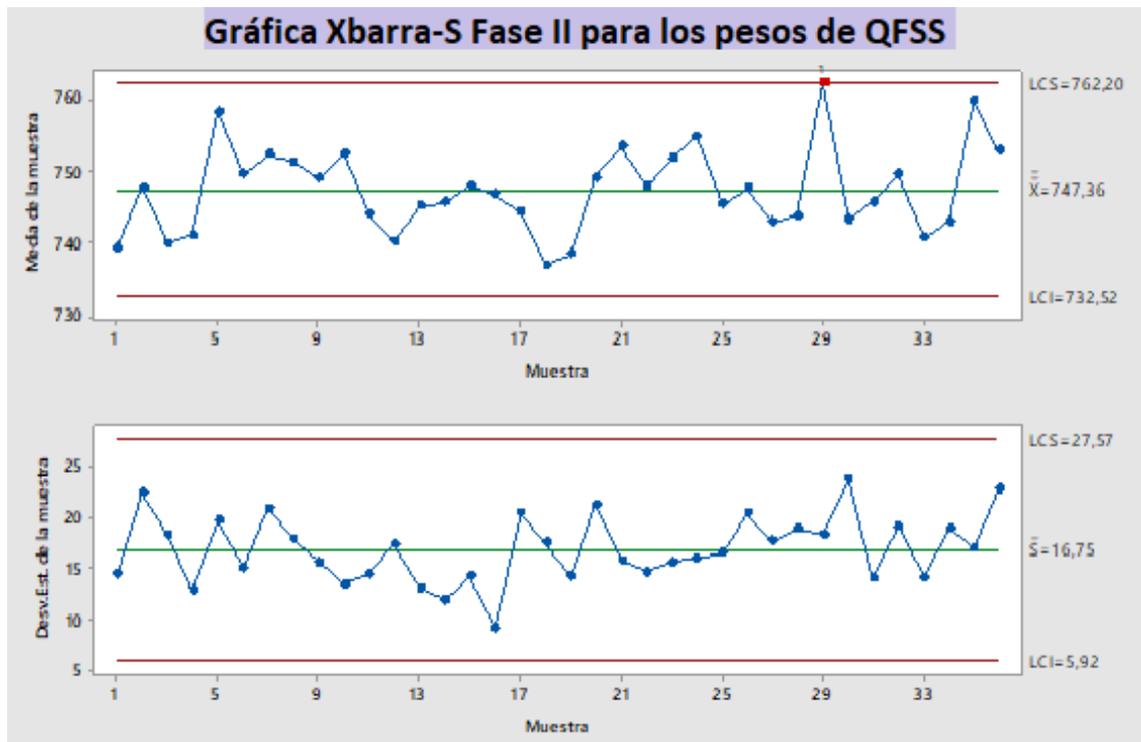


Ilustración 52: Carta de medias y desviación estándar Fase II para los pesos del Queso fresco "San Salvador"

Para la fase II se añadieron datos de pesos de quesos de 9 lotes y se observa un punto sobre el límite de control superior, es decir, los pesos se han elevado, esto se debe a que el lote fue realizado por practicantes sin experiencia, quienes dejaron mucho tiempo

cuajando la leche, ésta desuero demasiado y colocaron demasiado producto en los moldes. Este punto se debería retirar ya que proviene de una causa asignable.

- Queso fresco “Rickooo”

Se tomaron los datos de 12 unidades de 25 lotes para construir la gráfica, donde se obtuvo:

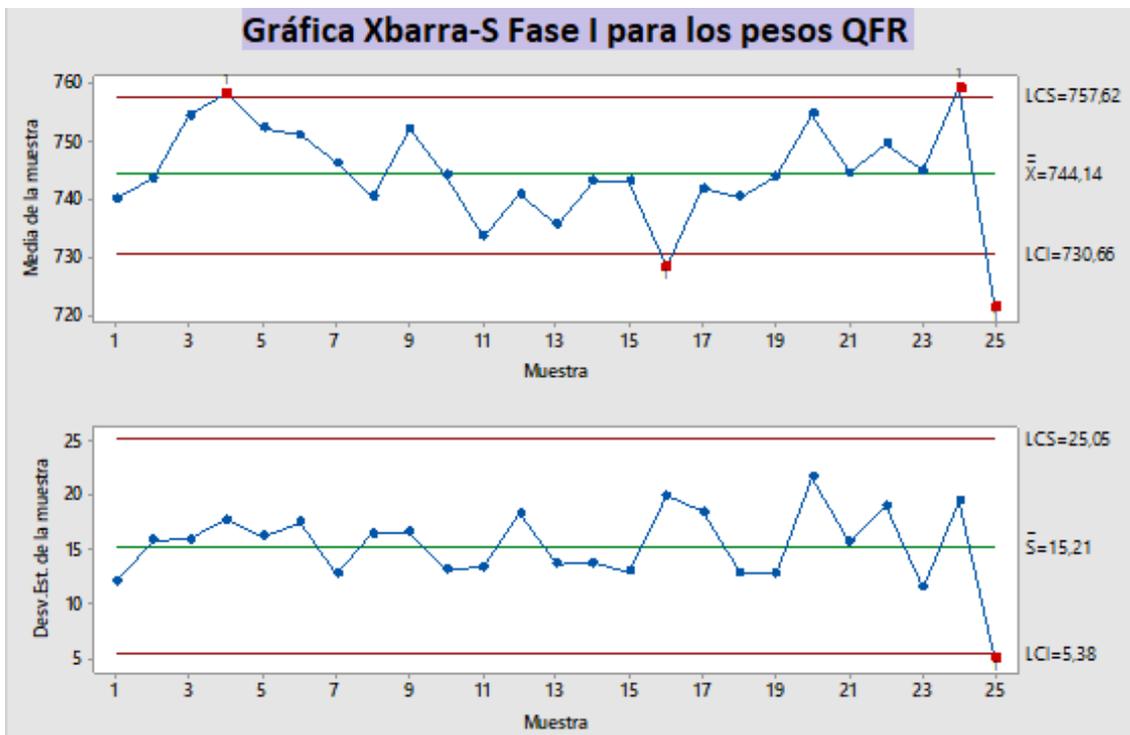


Ilustración 53: Carta de medias y desviación estándar Fase I para los pesos del Queso fresco “Rickooo”

En ambas gráficas, el punto 25 está por debajo del límite de control inferior, es decir, a pesar de que está fuera de control, es beneficioso porque el promedio se acerca a 700 gramos y la variabilidad dentro del subgrupo se reduce considerablemente, esto se debe a que el operario recibió ayuda de un compañero y el lote fue realizado entre 2 personas.

Las condiciones del punto 25 deben ser imitadas, es decir, sería buena idea considerar que el moldeo sea realizado entre 2 personas para que la nivelación de los quesos sea realizada de manera correcta, por ello este punto no será retirado.

El punto 16 también está por debajo del límite inferior, pero su causa no fue detectada, por lo que no se lo retirará.

En la gráfica de medias, los puntos 4 y 24 superan el límite de control superior. Para el 4 no se conoce la causa y no se retirará, pero el lote 24 fue realizado como práctica por personal inexperto y los pesos se elevaron al no nivelar la cuajada correctamente, por lo que se debe retirar.

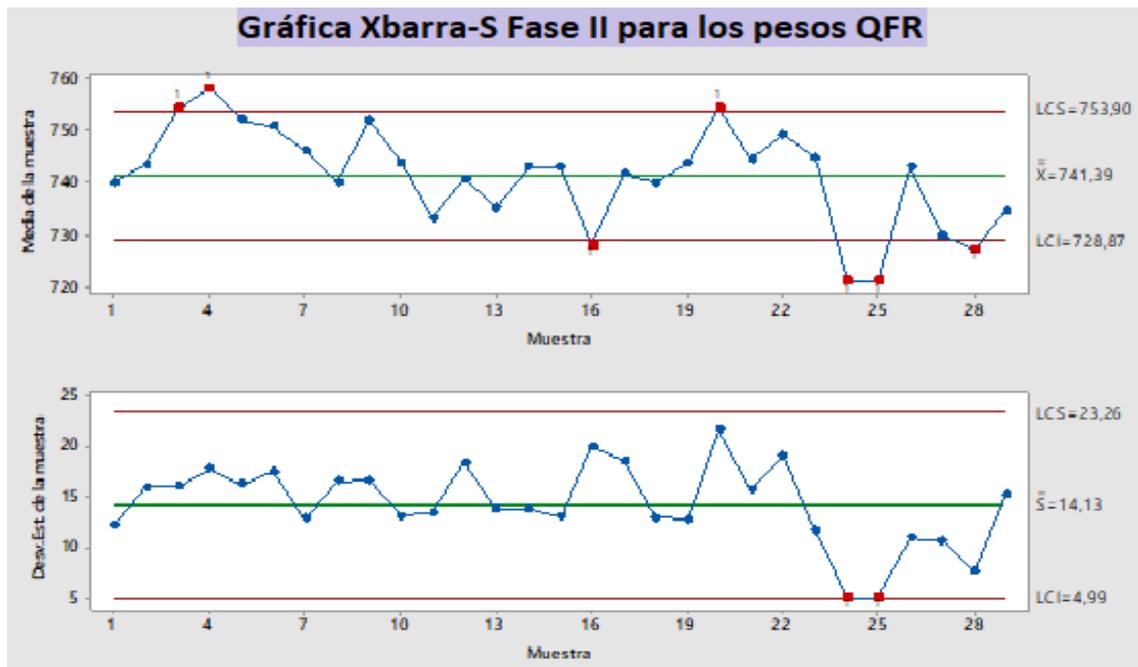


Ilustración 54: Carta de medias y desviación estándar Fase II para los pesos del Queso fresco "Rickoo"

Después de añadir pesos de quesos de 5 lotes, los puntos fuera de control que no pudieron ser eliminados siguen fuera de control, pero debido al reajuste de límites, ahora los puntos de los nuevos lotes no se presentan patrones pero si están fuera de control. El lote 25 es un nuevo dato, en el cual se imitaron las condiciones del anterior, en donde hay ayuda de un compañero, especialmente en el moldeo, lo que corrobora que la variabilidad de los pesos baja si el trabajo lo realizan 2 personas, y no se retirará el punto. Para el resto de puntos, la causa no fue detectada y no se los puede retirar.

- Queso mozzarella

Se tomaron los datos de 12 unidades de 30 lotes para construir la gráfica, donde se obtuvo:

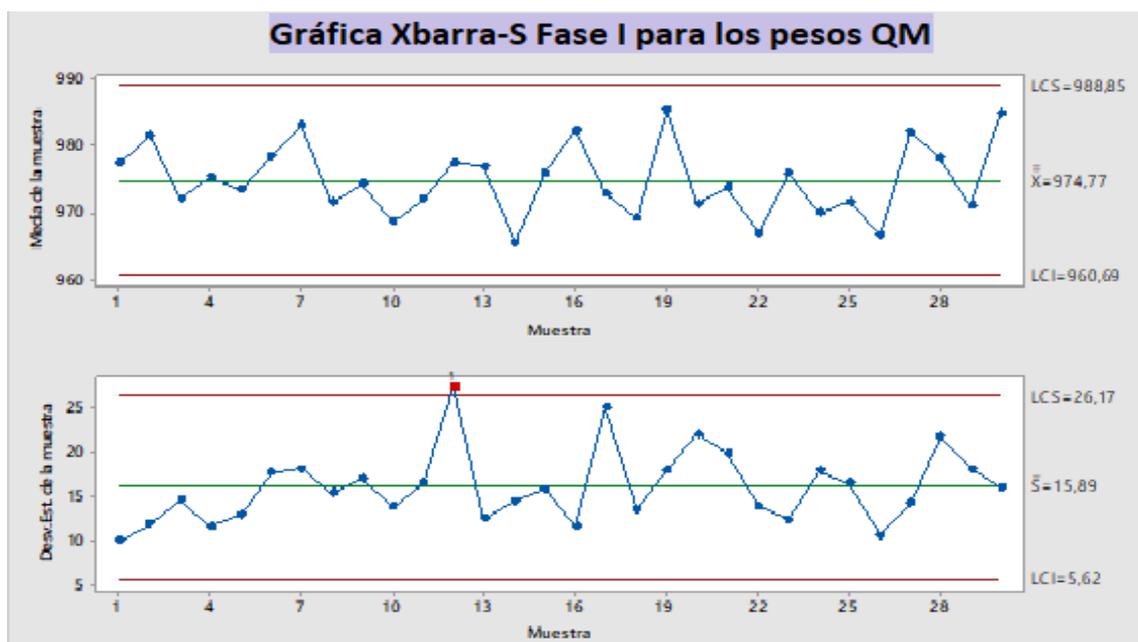


Ilustración 55: Carta de medias y desviación estándar Fase I para los pesos del Queso mozzarella

En el punto 12 la variabilidad dentro del subgrupo crece pero la causa no pudo ser detectada y no se puede retirar el punto.

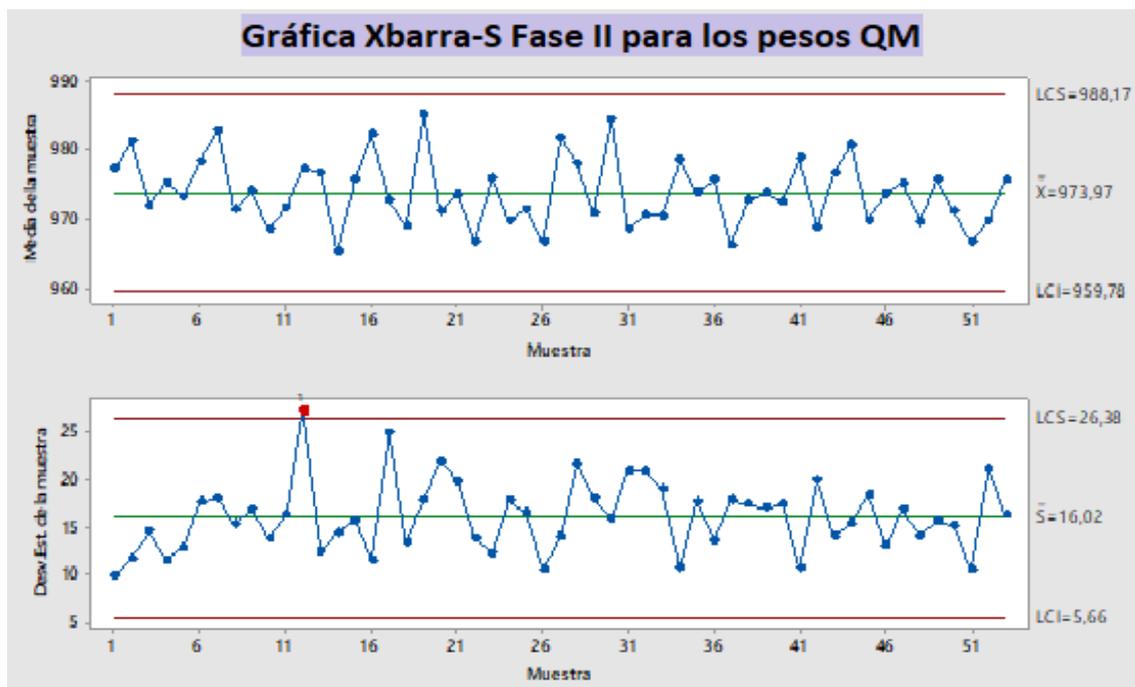


Ilustración 56: Carta de medias y desviación estándar Fase II para los pesos del Queso mozzarella

Después de añadir pesos de quesos de 13 lotes, el punto 12 se mantiene fuera de control, pero el resto de puntos indican que los nuevos lotes están bajo control estadístico.

- Mantequilla

Debido que se trabaja con el peso de las gavetas, sólo en este caso se usó la carta para valores individuales con $n=1$. Del peso de 30 gavetas se obtuvo:

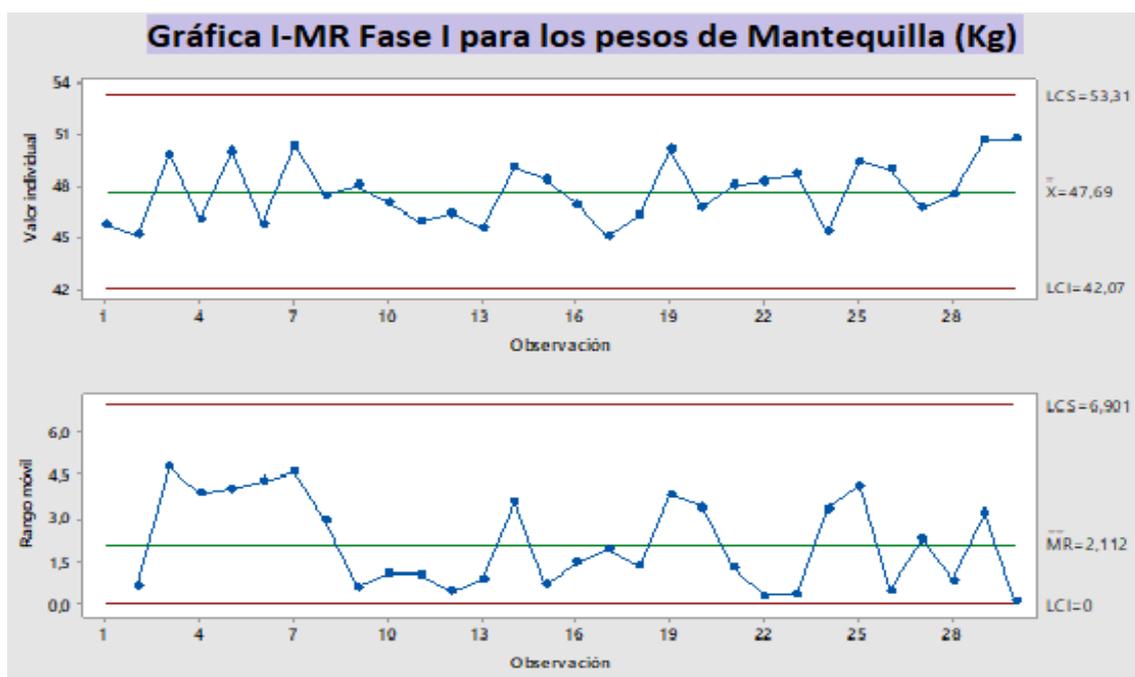


Ilustración 57: Carta de valores individuales Fase I para mantequilla

Todos los puntos están bajo control y no se observa la formación de patrones.

6.3.1. Conclusión de las cartas de control para el peso de los productos terminados.

Al graficar los valores de los pesos de los productos terminados se ha podido obtener información importante, y sobre todo se puede concluir que los valores son estables y confiables. Se ha observado que la variabilidad en esta característica de los productos aumenta cuando el proceso de elaboración es realizado por personal inexperto, lo cual se debe evitar, y buscar que el dueño del proceso siempre supervise la línea de producción, además es recomendable que el operario reciba ayuda de practicantes para reducir la carga laboral y tener más tiempo para verificar que los productos tengan buena calidad. Esta información da una pauta de cómo iniciar el proceso de mejora de este proyecto.

7. Límites de especificación de los procesos.

Son los valores entre los cuales deberían funcionar los productos (Minitab, 2017). Estos límites por lo general se establecen de acuerdo con los requisitos del cliente o en ocasiones por la administración de la empresa y representan el rendimiento deseado del proceso, por lo que permiten conocer cuán capaz es el proceso de cumplirlos (Minitab, 2017).

Tabla 22: Límites de especificación del proceso productivo de Queso fresco "San Salvador"

| PROCESO | CANTIDAD | | | TEMPERATURA | | | TIEMPO | | | UNIDADES | | |
|----------------------|----------|-------|-------|-------------|------|------|--------|--------|--------|----------|-----|-----|
| | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE |
| PORCENTAJE DE ACIDEZ | 15°D | | 17°D | | | | | | | | | |
| PORCENTAJE DE GRASA | | 3,8 | > | | | | | | | | | |
| LLENADO | | 500 L | 505 L | | | | | | | | | |
| PASTEURIZADO | | | | 68°C | 70°C | 72°C | | | | | | |
| ENFRIADO | | | | 38° | 40°C | 42°C | | | | | | |
| CALCIO | 148 g | 300 g | 152 g | | | | | | | | | |
| CUAJO | 39 ml | 40 ml | 41 ml | | | | | | | | | |
| CUAJADO | | | | | | | 29 min | 30 min | 31 min | | | |
| CORTE DE CUAJADA | | | | | | | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| REPOSO | | | | | | | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| LAVAR CUAJADA | | | | 38° | 40°C | 42°C | | | | | | |
| BATIR CUAJADA | | | | | | | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| CONSERVANTE | 490 g | 500 g | 510 g | | | | | | | | | |
| COLOCAR MOLDES | | | | | | | | | | 100 | 105 | > |
| PRENSADO | | | | | | | | 30 min | > | | | |
| SALMUERADO | | | | | | | 88 min | 90 min | 92 min | | | |
| FUNDAS | | | | | | | | | | 100 | 105 | > |

Tabla 23: Límites de especificación del proceso productivo de Queso fresco "Rickooo"

| PROCESO | CANTIDAD | | | TEMPERATURA | | | TIEMPO | | | UNIDADES | | |
|----------------------|----------|-------|-------|-------------|------|------|--------|--------|--------|----------|-----|-----|
| | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE |
| PORCENTAJE DE ACIDEZ | 15°D | | 17°D | | | | | | | | | |
| PORCENTAJE DE GRASA | | 3,8 | > | | | | | | | | | |
| LLENADO | | 500 L | 505 L | | | | | | | | | |
| PASTEURIZADO | | | | 78°C | 80°C | 82°C | | | | | | |
| ENFRIADO | | | | 52° | 54°C | 56°C | | | | | | |
| CALCIO | 148 g | 300 g | 152 g | | | | | | | | | |
| CUAJO | 39 ml | 40 ml | 41 ml | | | | | | | | | |
| CUAJADO | | | | | | | 29 min | 30 min | 31 min | | | |
| CORTAR CUAJADA | | | | | | | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| REPOSO | | | | | | | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| LAVAR CUAJADA | | | | 38° | 40°C | 42°C | | | | | | |
| BATIR CUAJADA | | | | | | | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| CONSERVANTE | 490 g | 500 g | 510 g | | | | | | | | | |
| COLOCAR MOLDES | | | | | | | | | | 115 | 120 | > |
| PRENSADO | | | | | | | | 30 min | > | | | |
| SALMUERADO | | | | | | | 88 min | 90 min | 92 min | | | |
| ETIQUETAS | | | | | | | | | | 115 | 120 | > |
| FUNDAS | | | | | | | | | | 115 | 120 | > |

Tabla 24: Límites de especificación del proceso productivo de Queso mozzarella

| PROCESO | CANTIDAD | | | TEMPERATURA | | | TIEMPO | | | UNIDADES | | |
|--------------------------|----------|--------|--------|-------------|------|------|---------|---------|---------|----------|----|-----|
| | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE |
| PORCENTAJE DE ACIDEZ | 15°D | | 17°D | | | | | | | | | |
| PORCENTAJE DE GRASA | | 3,8 | > | | | | | | | | | |
| LLENADO LECHE CRUDA | | 400 L | 405 L | | | | | | | | | |
| LLENADO LECHE DESCREMADA | | 100 L | 105 L | | | | | | | | | |
| PASTEURIZADO | | | | 37°C | 38°C | 39°C | | | | | | |
| FERMENTADO | 2990 g | 3000 g | 3010 g | 37°C | 38°C | 39°C | | | | | | |
| CALCIO | 148 g | 300 g | 152 g | | | | | | | | | |
| CUAJO | 39 ml | 40 ml | 41 ml | | | | | | | | | |
| BATIDO DE CUAJADA | | | | 38° | 40°C | 42°C | 4 min | 5 min | 6 min | | | |
| CONSERVANTE | 490 g | 500 g | 510 g | | | | | | | | | |
| COLOCAR MOLDES | | | | | | | | | | 45 | 50 | > |
| ENFRIADO | | | | | 2° C | | | | | | | |
| SALMUERADO | | | | | | | 118 min | 120 min | 122 min | | | |
| FUNDAS | | | | | | | | | | 45 | 50 | > |

Tabla 25: Límites de especificación del proceso productivo de mantequilla

| | PROCESO | CANTIDAD | | | TEMPERATURA | | | TIEMPO | | | UNIDADES | | |
|----------------------------------|---------------------------------|----------|-------|-------|-------------|--------|------|--------|-------|---------------|----------|---------|-------|
| | | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE | LIE | LC | LSE |
| Preparación Crema de Leche | PORCENTAJE DE ACIDEZ DE LECHE | 15°D | | 17°D | | | | | | | | | |
| | PORCENTAJE DE GRASA DE LECHE | | 3,8 | > | | | | | | | | | |
| | LLENADO DE LECHE PARA DESCREMAR | 255 L | 260 L | 265 L | | | | | | | | | |
| | INGRESO DE CREMA DE LECHE | | 20°D | | | | | | | | | | |
| | PASTEURIZADO DE CREMA | | | | | 63 ° C | | | | | | | |
| | ENFRIADO DE CREMA | | 40° D | | | | | | | | | | |
| | REPOSO DE CREMA | | | | | | | | 2 h | 2 h y 15 min | | | |
| | MADURACIÓN DE CREMA | | | | | | | 24 h | | 36 h | | | |
| Elaboración de Mantequilla | INGRESO DE CREMA DE LECHE | | 30° D | > | | | | | | | | | |
| | BATIDO | | | | | | | | 8 min | > | 59 Kg | 60 Kg | 61 Kg |
| | LAVAR MANTEQUILLA | | | | 2°C | | 10°C | | | | | 3 veces | |
| | CONSERVANTE | 240 g | 250 g | 260 g | | | | | | | | | |
| | REPOSO DE MANTEQUILLA | | | | | | | | 18 h | 18 h y 15 min | | | |
| | EXPRIMIR MANTEQUILLA | | | | | | | | | | | 1 vez | |

7.1. Conclusión de los límites de especificación.

Los límites de especificación para los procesos productivos no habían sido definidos y por ello no se conocían los parámetros óptimos de trabajo. Mediante reuniones con la dirección y análisis de los procesos se han definido los límites de especificación para posteriormente analizar los datos y conocer si los procesos son capaces de cumplirlos.

Fase Analizar

Esta fase consiste en el análisis de la información de la fase de medición, identificando las fuentes de variabilidad y verificando la causa raíz (Mishra & Sharma, 2014; Southard et al., 2012) que conduce a indicadores inaceptables para los clientes (Mukherjee, 2008; Reyes, 2002). Esto se lo hace teniendo un conocimiento profundo de lo que es el proceso, lo que hace actualmente, lo que debe hacer, cuáles son sus capacidades y cómo deben controlarse los procesos (Southard et al., 2012).

Los objetivos del análisis son:

- Determinar las variables significativas en el proceso (Valderrey, 2010).
- Evaluar la estabilidad y capacidad del proceso para producir dentro de las especificaciones (Valderrey, 2010).

Esto se logra a través de herramientas como:

- Matriz de causa y efecto (matriz de C & E) para extraer las variables de entrada del proceso clave (KPIV) (Lee et al., 2013).
- Matriz de interrelación para conocer la relación entre causas (Andrade & González, 2010)
- Análisis de la capacidad del proceso para determinar hasta qué punto pueden resultar conformes al proyecto los artículos producidos (Valderrey, 2010).

Como salidas de esta fase se tienen:

- Estudio del problema real con apoyo de métodos estadísticos (Reyes, 2002).
- Análisis de la influencia de variables (Guilcapi, 2010).
- Identificación del trabajo que agrega valor y de aquel que no lo hace (Guilcapi, 2010).
- Identificación de fuentes de variabilidad (Reyes, 2002).
- La capacidad calculada (Cheng & Kuan, 2012).

1. Análisis Causa – Efecto.

El mejoramiento del proceso consiste en tomar acciones sobre las causas de variación (Pyzdek, 2003). El diagrama causa-efecto de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables (Pyzdek, 2003). En este diagrama se representan los principales factores (causas) que afectan la característica de calidad en estudio como líneas principales y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta que están representados todos los factores factibles de ser identificados (Pyzdek, 2003). Un buen diagrama Causa Efecto tendrá muchas ramificaciones, que permitan apreciar fácilmente y en perspectiva, todos los factores que pueden ser controlados usando distintas metodologías y al mismo tiempo permite ilustrar las causas que afectan una situación dada, clasificando e interrelacionando las mismas (Pyzdek, 2003).

El 24, 25 y 26 de septiembre se realizaron reuniones del equipo de trabajo en la sala de reuniones de PASS, en donde se realizó un diagrama causa – efecto para cada CTQ de este proyecto.

Primero se dibujó el esquema del diagrama, para lo cual primero se graficó una flecha gruesa que representa el proceso y a la derecha se escribió la característica de calidad que

se analizó; además se colocaron los factores causales más importantes que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad, trazando flechas secundarias hacia la principal, estos factores fueron las 6 M's, es decir, Mano de obra, Máquina, Medio ambiente, Materiales, Método de trabajo y Medida (Licenciatura en RR.HH, 2002).

Para este análisis se usaron técnicas como la tormenta de ideas o “Brainstorming”, en donde se identificaron el mayor número posible de causas que puedan estar contribuyendo para generar el problema, preguntando: “¿Por qué está sucediendo?” (Hernández, 2017). Una vez identificadas las causas principales se preguntó: ¿Por qué ha surgido determinada causa principal?, con el fin de identificar cuáles han sido las causas secundarias (subcausas) que han provocado a las causas principales (Hernández, 2017). En esta cadena de preguntas ha sido útil la herramienta de los 5 por qué.

Entonces todas las opciones fueron anotadas en una pizarra y después ordenadas en el diagrama causa-efecto. Así, se han desarrollado los diagramas para los dos problemas en estudio:

1.1. Análisis de causalidad para el bajo rendimiento de la materia prima.

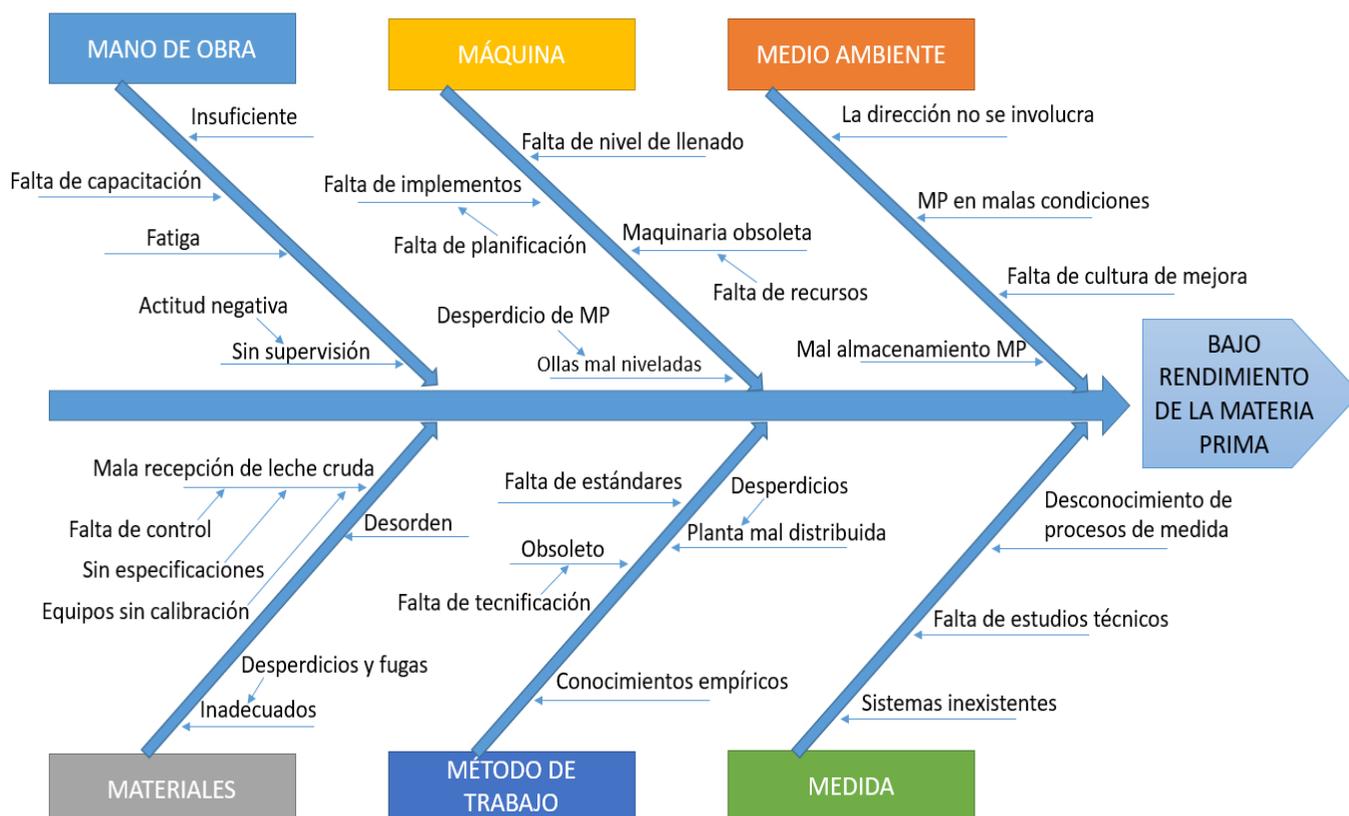


Ilustración 58: Diagrama Causa Efecto de Bajo rendimiento de la materia prima

1.1.1. Análisis de causas.

Mano de obra:

Cada producto tiene un operario responsable, sin embargo, en muchas ocasiones el personal debe hacer actividades extras como entregas en centros comerciales o apoyar en la elaboración de otros productos y no puede controlar adecuadamente el proceso

productivo y su variabilidad. Sería beneficioso si ingresan 1 o 2 personas más a laborar en la empresa para que cada responsable del proceso se pueda hacer cargo eficientemente de su producción e incluso reciba ayuda en caso de requerirlo, lo que también ayudaría a reducir la fatiga del personal.

Hace falta capacitación técnica y constante en los métodos correctos de trabajo, que permitan reducir los desperdicios, aumentar la productividad y el compromiso de trabajo con la empresa.

Es vital que haya una persona supervisando la correcta ejecución de los procesos productivos. Esto ayudaría a que se ideen e implementen soluciones rápidas y viables a los problemas que surgen en el área de producción. Incluso mejoraría la motivación del personal, ya que se sentirían apoyados.

Máquina:

La producción no es automatizada, por lo que se usan ollas simples y doble fondo y mesas de trabajo en todos los procesos productivos, pero los implementos no son los adecuados porque las mangueras tienen huecos que provocan fugas, los instrumentos como baldes y paletas están rotos y generan inconformidad en los operarios y desperdicios. Además algunas ollas están elevadas innecesariamente y están desniveladas, por lo que es necesario bajarlas a nivel del piso para evitar incomodidad en el personal y desperdicio de leche. Todos los lotes de queso se hacen con 500 litros de leche cruda, pero ninguna olla tiene marcado el nivel de llenado y es difícil obtener la cantidad adecuada, de igual manera todos los lotes de mantequilla trabajan con 60 kilos de crema, pero tampoco hay el nivel de llenado establecido. Por ejemplo, si se llena con menos de la cantidad adecuada no se obtiene el rendimiento esperado, y si se llena demasiado, la leche o la crema se riegan al agitarlas y se pierde producto.

Medio ambiente:

En esta sección es en la que menos se puede trabajar, ya que son factores no controlables. La estacionalidad puede influir en las condiciones de ordeño y por ende los parámetros con los que llega la leche a la planta, pero en esto no se puede influir. El almacenamiento también puede influir en las características de la leche y afectar el buen rendimiento de la materia prima, es por ello que se usa una olla doble fondo para enfriar la leche y evitar proliferación de bacterias dañinas y mejorar las características de la leche. Hace falta que la dirección brinde capacitaciones técnicas al personal y acompañamiento para mejorar el clima laboral y poco a poco lograr una cultura de mejora.

Materiales:

Se debe ser muy riguroso con las pruebas que se le hacen la leche cruda para aceptar o rechazar un lote, ya que de ello depende el rendimiento. Los operarios no tienen claro y no cumplen con todos los pasos para hacer los test, además de que el equipo ha estado descalibrado y los resultados del análisis R&R fueron inaceptables. No se han definido claramente las especificaciones de las operaciones de los procesos, y por ello son incumplidas. Hacen falta herramientas de trabajo para cada operario, ya que al compartirlas se generan demoras y esperas innecesarias, sin contar el excesivo tiempo de

búsqueda de moldes y mallas para la etapa de moldeo, entonces se debe implementar 5`S a medida de lo posible para ordenar la planta.

Método de trabajo:

Se ha observado que gran parte de los procesos son realizados basados en el conocimiento y experiencia de los operarios y de la administración, más no en técnicas formales o probadas, entonces se deben implementar métodos más eficientes que aseguren la mejora en la productividad y calidad de los productos. Debido a la mala distribución de la planta, los operarios usan mucho tiempo para búsqueda de materiales, hay mucha distancia entre la olla de cuajado y la mesa de moldeo, por lo que se riega cuajada y no se obtendrá el rendimiento esperado, entonces se ve la necesidad de colocar materiales y herramientas para cada operario y acercar la olla de cuajado a la mesa de moldeo.

Medida:

No existe un sistema de medición que asegure que la cantidad ingresada de leche produzca un valor cercano al rendimiento teórico. Existen causas que afectan al rendimiento como la leche desperdiciada al llenar excesivamente las ollas. Si se trabajan con ollas que tienen marcado el nivel de llenado en 500 litros, se tendrían procesos mejor definidos, que permitan calcular eficientemente el rendimiento teórico y el costo de la mala calidad. Se considera que existen sistemas ineficientes por la falta de control en el peso de los quesos y mantequilla, ya que este problema está muy relacionado con el rendimiento quesero y mantequero, ya que al enviar productos más grandes de lo especificado se reducen el número de unidades y no se logra cumplir con el rendimiento teórico. Con estudios técnicos como este, se lograrán obtener mejoras sustentables que ataquen a ambos problemas.

1.1.2. Matriz de interrelación de causas.

De acuerdo a lo analizado hasta el momento, y a las reuniones con el equipo de trabajo, se concluye que los procesos y las causas tienen una interrelación entre los mismos. Se realizó un análisis cualitativo cuantitativo con calificaciones sobre 10 para la relación entre causas, donde 0 es muy baja relación y 10 es muy alta relación entre las causas (González & Andrade, 2010), lo cual permitió graficar un Diagrama de Pareto, de donde se puedan obtener las causas principales, soluciones para atacarlas y mejores conclusiones.

Tabla 26: Matriz de interrelación de causas del rendimiento de la materia prima

| Causas | Mano de obra insuficiente | Falta de capacitación | Fatiga | Falta de supervisión e involucramiento de la dirección | Falta de implementos para la producción | Ollas mal niveladas | Falta de señalización del nivel óptimo de llenado de las ollas | Maquinaria y herramientas obsoletas | Materia prima en malas condiciones | Malas condiciones de almacenamiento de las materias primas | Falta de cultura de mejoramiento | Incumplimiento de los parámetros de recepción de la leche | Desorden en la planta de producción | Método de trabajo basado en experiencia | Falta de definición de estándares de producción | Falta de tecnificación | Mala distribución de la planta | Sistemas de medida inexistentes | Falta de estudios técnicos | Desconocimiento de procesos de medida |
|--|---------------------------|-----------------------|--------|--|---|---------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Mano de obra insuficiente | 25 | 0 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| Falta de capacitación | 0 | 71 | 2 | 8 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 4 | 5 | 10 | 5 | 7 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 10 |
| Fatiga | 7 | 2 | 49 | 4 | 7 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 | 1 | 0 | 7 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| Falta de supervisión e involucramiento de la dirección | 4 | 8 | 4 | 110 | 7 | 5 | 3 | 10 | 0 | 2 | 7 | 4 | 5 | 7 | 10 | 6 | 9 | 5 | 8 | 6 |
| Falta de implementos para la producción | 0 | 0 | 7 | 7 | 96 | 0 | 7 | 10 | 0 | 7 | 6 | 5 | 10 | 8 | 0 | 10 | 8 | 5 | 2 | 4 |
| Ollas mal niveladas | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 53 | 10 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 | 0 | 7 | 7 | 0 |
| Falta de señalización del nivel óptimo de llenado de las ollas | 0 | 5 | 0 | 3 | 7 | 10 | 105 | 10 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 9 |
| Maquinaria y herramientas obsoletas | 0 | 0 | 6 | 10 | 10 | 5 | 10 | 120 | 0 | 7 | 6 | 5 | 10 | 9 | 5 | 10 | 8 | 5 | 4 | 10 |
| Materia prima en malas condiciones | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Malas condiciones de almacenamiento de las materias primas | 2 | 4 | 0 | 2 | 7 | 0 | 0 | 7 | 5 | 61 | 3 | 0 | 4 | 2 | 8 | 6 | 6 | 0 | 5 | 0 |
| Falta de cultura de mejoramiento | 2 | 5 | 3 | 7 | 6 | 2 | 6 | 6 | 0 | 3 | 96 | 5 | 5 | 8 | 6 | 7 | 2 | 8 | 7 | 8 |
| Incumplimiento de los parámetros de recepción de la leche | 4 | 10 | 0 | 4 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 58 | 0 | 3 | 9 | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 |
| Desorden en la planta de producción | 0 | 5 | 4 | 5 | 10 | 0 | 0 | 10 | 0 | 4 | 5 | 0 | 69 | 7 | 0 | 6 | 8 | 5 | 0 | 0 |
| Método de trabajo basado en experiencia | 0 | 7 | 1 | 7 | 8 | 0 | 10 | 9 | 0 | 2 | 8 | 3 | 7 | 116 | 10 | 7 | 7 | 10 | 10 | 10 |
| Falta de definición de | 0 | 5 | 0 | 10 | 0 | 7 | 10 | 5 | 0 | 8 | 6 | 9 | 0 | 10 | 100 | 5 | 0 | 10 | 10 | 5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----|---|---|----|---|----|----|---|---|---|---|---|----|----|-----|----|-----|----|----|
| estándares de producción | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Falta de tecnificación | 0 | 0 | 7 | 6 | 10 | 5 | 10 | 10 | 0 | 6 | 7 | 0 | 6 | 7 | 5 | 108 | 8 | 8 | 5 | 8 |
| Mala distribución de la planta | 0 | 0 | 8 | 9 | 8 | 0 | 5 | 8 | 0 | 6 | 2 | 0 | 8 | 7 | 0 | 8 | 80 | 6 | 5 | 0 |
| Sistemas de medida inexistentes | 6 | 5 | 0 | 5 | 5 | 7 | 10 | 5 | 0 | 0 | 8 | 3 | 5 | 10 | 10 | 8 | 6 | 113 | 10 | 10 |
| Falta de estudios técnicos | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 7 | 10 | 4 | 0 | 5 | 7 | 5 | 0 | 10 | 10 | 5 | 5 | 10 | 98 | 10 |
| Desconocimiento de procesos de medida | 0 | 10 | 0 | 6 | 4 | 0 | 9 | 10 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 10 | 5 | 8 | 0 | 10 | 10 | 90 |

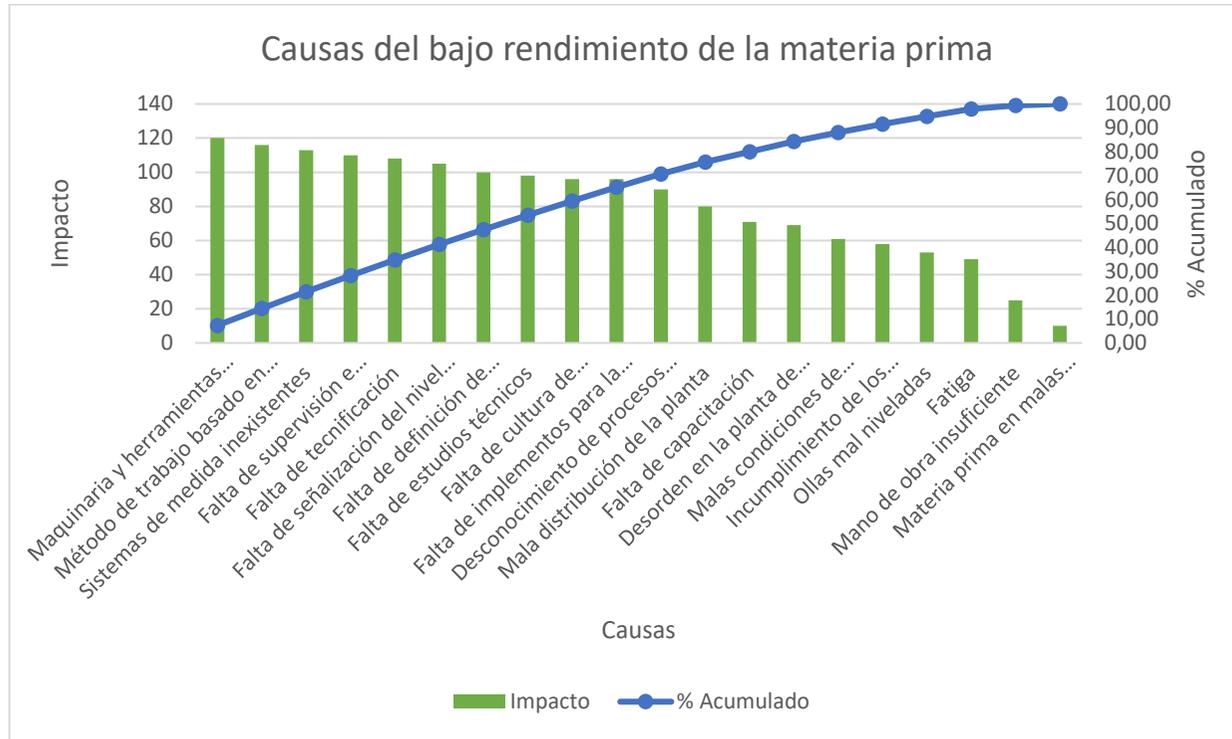


Ilustración 59: Diagrama de Pareto de las causas del bajo rendimiento de la materia prima

En la *Ilustración 59* se pueden observar las principales causas del bajo rendimiento de las materias primas, entonces se trabajará en ellas en la siguiente fase del proyecto, estas causas son:

- Maquinaria y herramientas obsoletas
- Método de trabajo basado en experiencia
- Sistemas de medida inexistentes
- Falta de supervisión e involucramiento de la dirección
- Falta de tecnificación
- Falta de señalización del nivel óptimo de llenado de las ollas
- Falta de definición de estándares de producción
- Falta de estudios técnicos
- Falta de cultura de mejoramiento
- Falta de implementos para la producción
- Desconocimiento de procesos de medida
- Mala distribución de la planta
- Falta de capacitación

1.2. Análisis de causalidad para la excesiva variabilidad del peso de los productos terminados.



Ilustración 60: Diagrama Causa Efecto de la Excesiva variación en el peso de los productos terminados

1.2.1. Análisis de causas.

Mano de obra:

Cada producto tiene un operario responsable, quienes deben cumplir con actividades adicionales al proceso productivo, y manifiestan que no tienen tiempo para pesar el producto terminado, por lo que se considera necesario reducir los desperdicios, especialmente de tiempo para el personal se sienta menos cansado y con tiempo para realizar la actividad de pesado y así controlar cómo están saliendo los productos terminados. Si se reducen actividades que no agregan valor, ese tiempo se podría usar en el pesaje de unidades de queso o gavetas de mantequilla. Las actividades adicionales como entregas en centros comerciales las debería realizar personal extra para que los operarios dediquen su tiempo a cumplir adecuadamente con los procesos productivos.

La dirección de la empresa debería estar más presente en la planta, supervisando que los operarios elaboren productos de calidad y acordes con las especificaciones, para lo cual se deberían planificar charlas y talleres de capacitación técnica.

Máquina:

No hay suficientes herramientas para cumplir con el proceso de moldeo correctamente, por lo que se usan herramientas obsoletas como tablas de madera para el ajuste de moldes, en lugar de placas de acero inoxidable.

Medio ambiente:

En esta sección es en la que menos se puede trabajar, ya que depende de la dirección un mayor compromiso en generar una cultura de mejora en el personal y en la planta de producción.

Materiales:

Esto influye principalmente en el caso de los quesos, porque los moldes están destruidos por el uso y los golpes en el almacenamiento, por lo que es necesario adquirir unos nuevos e implementar un sistema nuevo de almacenamiento como repisas con rejillas para que los nuevos moldes no se destruyan y los restos de agua del lavado o suero sean eliminados adecuadamente. Al tener los bordes golpeados la capacidad es muy variada e influye en que los quesos tengan mayor peso que el esperado.

Método de trabajo:

Los procesos son realizados basados en el conocimiento y experiencia de los operarios y de la administración, es por ello que no se han buscado herramientas que permitan mejorar, optimizar o automatizar los procesos.

El cuajado es una de las operaciones que determina el peso que tendrán los quesos y requiere de alarmas que permitan que los operarios saquen a tiempo la cuajada y no se desuere demasiado, evitando que el molde requiera más producto para llenarse. A pesar de que no es del alcance del proyecto pero estas alarmas cronometradas serían de mucha utilidad para no exceder el tiempo en la salmuera y estabilizar el nivel de sal. No se han implementado pruebas que permitan determinar si la cuajada está lista para lavarse, por lo que esta operación se hace solo a juicio del operario. La operación de moldeo requiere

de herramientas adecuadas para nivelar la cantidad de cuajada en el molde, por lo que se deben adquirir estas herramientas.

Medida:

No existe un sistema de medición que asegure que el peso de los productos se mantenga dentro de los límites de especificación, por ejemplo los quesos no son pesados antes de ser empacados o las gavetas de mantequilla solo se llenan hasta el borde sin pesar el contenido que llevan. Los equipos necesarios para la medición no tienen la precisión requerida y son muy pocos, por lo que es necesario adquirir equipos y obtener el conocimiento de métodos que permitan conocer cuál es el promedio y la desviación de este CTQ.

1.2.2. Matriz de interrelación de causas.

De acuerdo a lo analizado hasta el momento, y a las reuniones con el equipo de trabajo, se concluye que los procesos y las causas tienen una interrelación entre los mismos. Se realizó un análisis cualitativo cuantitativo con calificaciones sobre 10 para la relación entre causas, donde 0 es muy baja relación y 10 es muy alta relación entre las causas, lo cual permitió graficar un Diagrama de Pareto, de donde se puedan obtener las causas principales, soluciones para atacarlas y mejores conclusiones.

Tabla 27: Matriz de interrelación de causas de la alta variabilidad en los pesos de productos terminados

| Causas | Mano de obra insuficiente | Falta de capacitación | Falta de supervisión e involucramiento de la dirección | Falta de implementos para la producción | Maquinaria y herramientas obsoletas | Falta de cultura de mejoramiento | Moldes obsoletos | Falta de estandarización en el tiempo de cuajado | No se nivela la cuajada correctamente en los moldes | Método de trabajo basado en experiencia | Falta de estandarización del método de producción y pesaje | Sistemas de medida inexistentes para el pesado | Equipos de medida no calibrados | Sistemas de medida ineficientes en el pesado | Falta de tiempo para pesaje |
|--|---------------------------|-----------------------|--|---|-------------------------------------|----------------------------------|------------------|--|---|---|--|--|---------------------------------|--|-----------------------------|
| Mano de obra insuficiente | 39 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 6 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 | 2 | 10 |
| Falta de capacitación | 0 | 64 | 7 | 0 | 0 | 5 | 6 | 8 | 7 | 10 | 10 | 6 | 0 | 5 | 0 |
| Falta de supervisión e involucramiento de la dirección | 4 | 7 | 99 | 10 | 10 | 8 | 8 | 4 | 4 | 7 | 10 | 6 | 10 | 6 | 5 |
| Falta de implementos para la producción | 0 | 0 | 10 | 103 | 10 | 8 | 10 | 10 | 10 | 6 | 8 | 10 | 5 | 10 | 6 |
| Maquinaria y herramientas obsoletas | 0 | 0 | 10 | 10 | 86 | 6 | 10 | 5 | 10 | 6 | 0 | 3 | 10 | 10 | 6 |
| Falta de cultura de mejoramiento | 4 | 5 | 8 | 8 | 6 | 92 | 10 | 8 | 8 | 10 | 10 | 3 | 6 | 6 | 0 |
| Moldes obsoletos | 0 | 6 | 8 | 10 | 10 | 10 | 104 | 6 | 8 | 10 | 8 | 10 | 8 | 10 | 0 |
| Falta de estandarización en el tiempo de cuajado | 6 | 8 | 4 | 10 | 5 | 8 | 6 | 95 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 8 | 0 |
| No se nivela la cuajada correctamente en los moldes | 0 | 7 | 4 | 10 | 10 | 8 | 8 | 10 | 77 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Método de trabajo basado en experiencia | 5 | 10 | 7 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 100 | 6 | 10 | 0 | 5 | 5 |
| Falta de estandarización del método de producción y pesaje | 0 | 10 | 10 | 8 | 0 | 10 | 8 | 10 | 10 | 6 | 105 | 6 | 9 | 10 | 8 |
| Sistemas de medida inexistentes para el pesado | 8 | 6 | 6 | 10 | 3 | 3 | 10 | 10 | 0 | 10 | 6 | 101 | 9 | 10 | 10 |
| Equipos de medida no calibrados | 0 | 0 | 10 | 5 | 10 | 6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 67 | 10 | 0 |
| Sistemas de medida ineficientes en el pesado | 2 | 5 | 6 | 10 | 10 | 6 | 10 | 8 | 0 | 5 | 10 | 10 | 10 | 102 | 10 |
| Falta de tiempo para pesaje | 10 | 0 | 5 | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 8 | 10 | 0 | 10 | 60 |

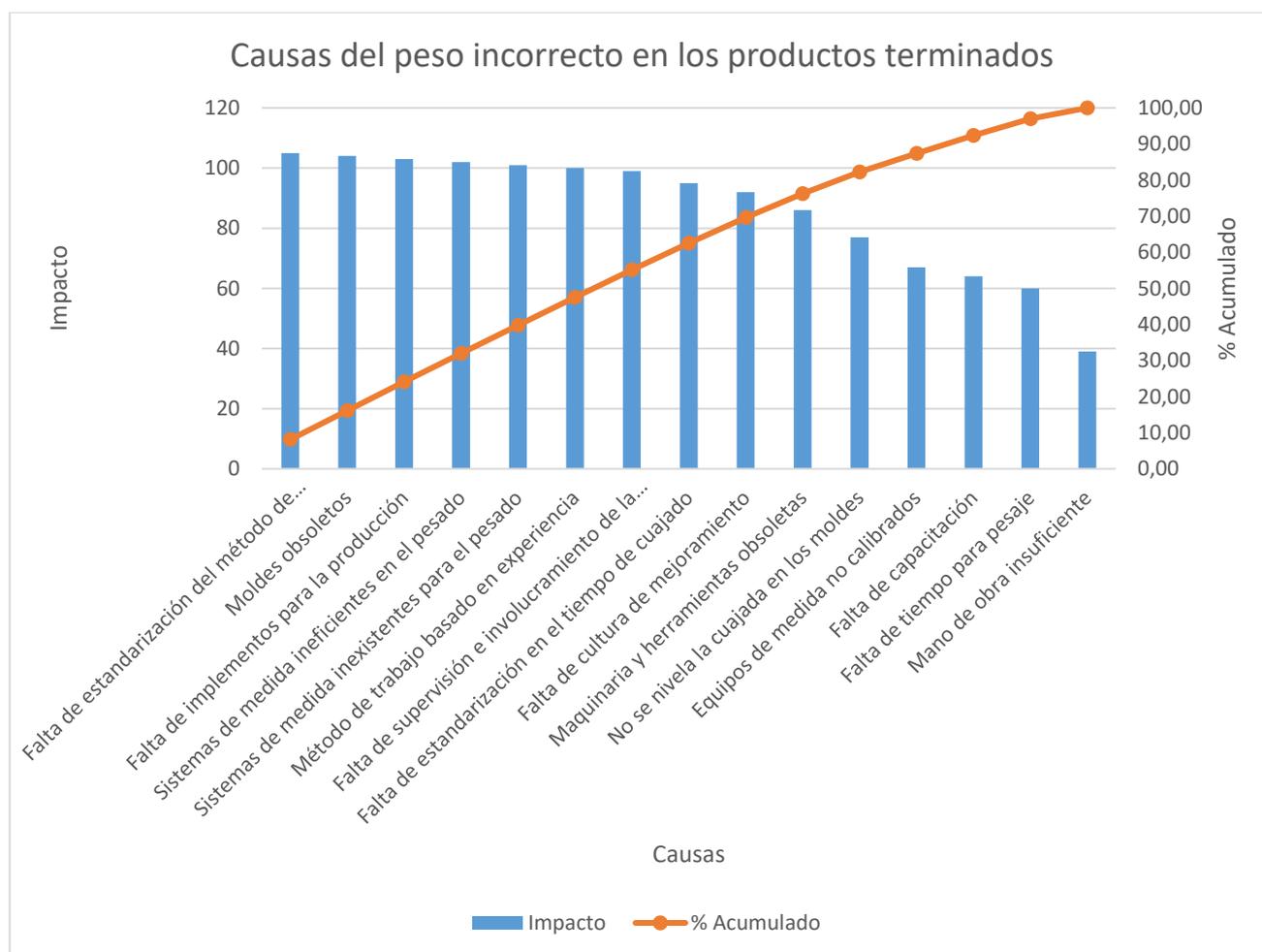


Ilustración 61: Diagrama de Pareto de las causas del peso incorrecto en los productos terminados

En la *Ilustración 61* se pueden observar las principales causas de la alta variabilidad en los pesos de los productos terminados, entonces se trabajará en ellas en la siguiente fase del proyecto, estas causas son:

- Falta de estandarización del método de producción y pesaje
- Moldes obsoletos
- Falta de implementos para la producción
- Sistemas de medida ineficientes en el pesado
- Sistemas de medida inexistentes para el pesado
- Método de trabajo basado en experiencia
- Falta de supervisión e involucramiento de la dirección
- Falta de estandarización en el tiempo de cuajado
- Falta de cultura de mejoramiento
- Maquinaria y herramientas obsoletas
- No se nivela la cuajada en los moldes

2. Análisis de capacidad del proceso.

La capacidad del proceso es la aptitud del proceso para producir productos dentro de los límites de especificaciones de calidad (Hernández & Reyes, 2007). El análisis estadístico de la capacidad del proceso suele comenzar con un estudio de los parámetros fundamentales que definen su funcionamiento; especialmente, de los que determinan su variabilidad (Hernández & Reyes, 2007). Se suelen analizar dos tipos de variabilidad:

- ✓ La variabilidad instantánea, en un instante dado t , que determina la capacidad del proceso a corto plazo.
- ✓ La variabilidad en el transcurso del tiempo, que determina la capacidad del proceso a largo plazo (Hernández & Reyes, 2007).

Se analizaran algunos índices como:

Fracción de unidades no conformes p :

$$p = P \{ x < LSL \} + P \{ x > USL \}$$

$$p = \Phi \left(\frac{LSL - \bar{x}}{\bar{s}} \right) + 1 - \Phi \left(\frac{USL - \bar{x}}{\bar{s}} \right)$$

Ecuación 8: Fracción de unidades no conformes.

Fuente: (Hernández & Reyes, 2007)

El valor que se obtenga indicará el porcentaje de unidades defectuosas del proceso.

C_p: el índice de capacidad potencial representa una comparación de anchos, sin tomar en cuenta la ubicación o centrado del proceso (Socconini, 2016). Indica el número de veces que el proceso cabe dentro de la especificación (Socconini, 2016). C_p debe ser ≥ 1.33 para tener el potencial de cumplir con especificaciones (Socconini, 2016).

C_{pk}: el índice de capacidad real, el cual se usa para dar seguimiento al proceso con respecto al tiempo, evalúa la variación y centrado del proceso (Socconini, 2016). Cuando este valor es negativo, la salida o yield es menor al 50%, mientras que si C_p = C_{pk} el proceso está centrado (Socconini, 2016).

C_{pm}: el índice de capacidad potencial que toma en cuenta el centrado del proceso (Hernández & Reyes, 2007). Cuando T es igual a X media del proceso, C_{pm} = C_p = C_{pk} (Hernández & Reyes, 2007).

P_p y P_{pk}: Con la desviación estándar a largo plazo se determinan los índices de desempeño P_p y P_{pk} no importando si el proceso está en control o no (Hernández & Reyes, 2007). Estos índices deben ser ≥ 1.33 para tener el potencial de cumplir con especificaciones (Hernández & Reyes, 2007).

2.1. Capacidad para rendimiento de la materia prima

Nota: las especificaciones fueron definidas por la administración, considerando lo aceptable desde su perspectiva.

- Queso fresco “San Salvador”

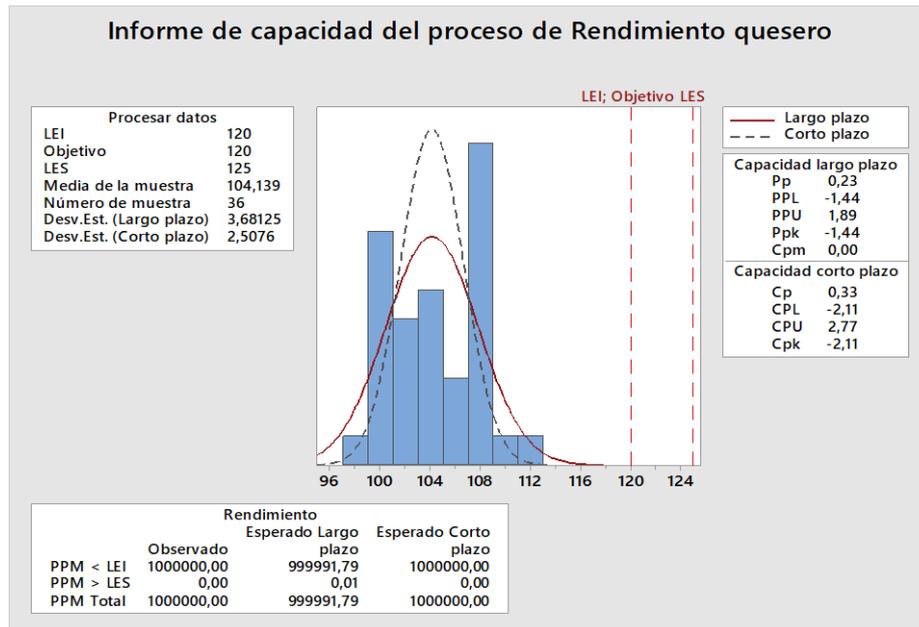


Ilustración 62: Capacidad del proceso para el rendimiento de Queso fresco "San Salvador"

p: Se obtendrán aproximadamente 100% de lotes no conformes, es decir, el rendimiento debe ser elevado porque nunca se obtienen las unidades esperadas.

C_p: Con un valor de $0,33 < 1$ se obtendrán muchos lotes no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pk}: Con un valor de $-2,11$, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pm}: con un valor de $0,00$ el proceso no está centrado del proceso y está muy desviado de las especificaciones de rendimiento.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,23$ y $-1,44$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

- Queso fresco "Rickooo"

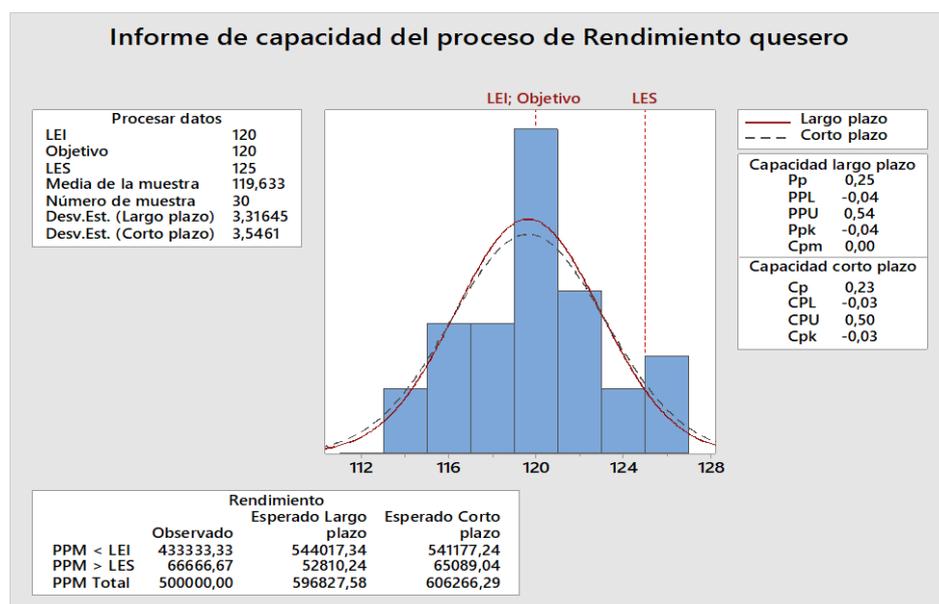


Ilustración 63: Capacidad del proceso para el rendimiento de Queso fresco "Rickooo"

p: Se obtendrán aproximadamente 62,64% de lotes no conformes, es decir, el rendimiento es mejor que en el queso “San Salvador”, pero aun así debe ser elevado para reducir pérdidas.

C_p: Con un valor de $0,23 < 1$ se obtendrán muchos lotes no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pk}: Con un valor de $-0,03$, se tiene que la salida o yield es cercano al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pm}: con un valor de $0,00$ el proceso no está centrado del proceso y está desviado de las especificaciones de rendimiento.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,25$ y $-0,04$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

- Queso mozzarella

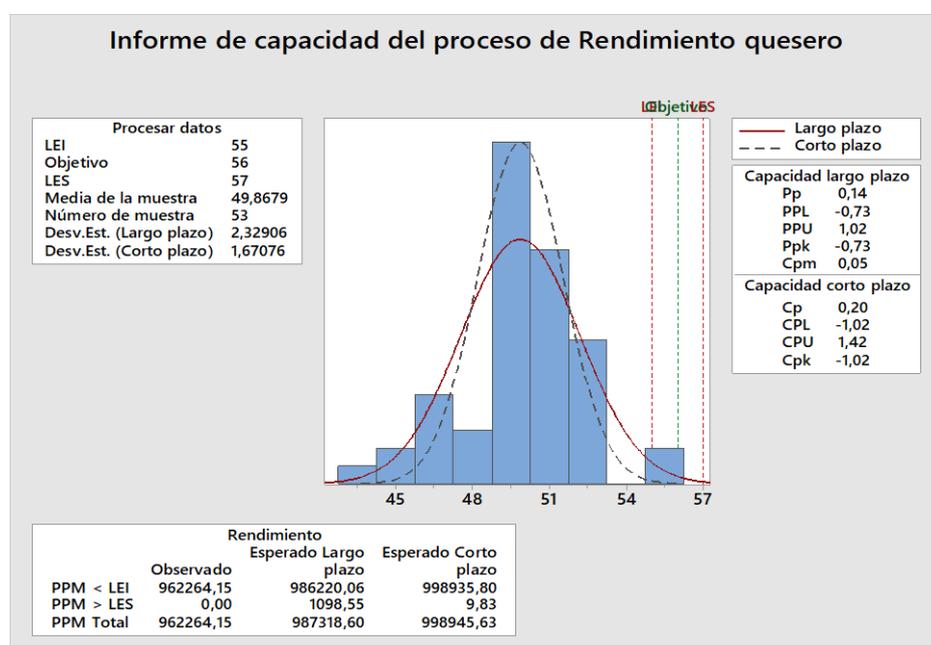


Ilustración 64: Capacidad del proceso para el rendimiento de Queso mozzarella

p: Se obtendrán aproximadamente 93,35% de lotes no conformes, es decir, el rendimiento debe ser elevado porque casi nunca se obtendrá la cantidad de unidades esperadas.

C_p: Con un valor de $0,20 < 1$ se obtendrán muchos lotes no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pk}: Con un valor de $-1,02$, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pm}: con un valor de $0,05$ el proceso no está centrado del proceso y está muy desviado de las especificaciones de rendimiento.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,14$ y $-0,73$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

- Mantequilla

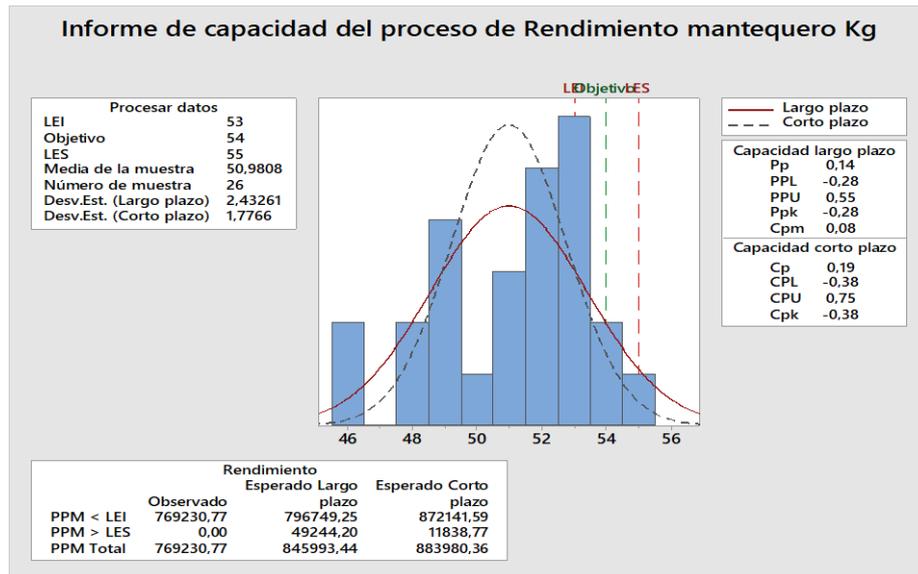


Ilustración 65: Capacidad del proceso para el rendimiento de mantequilla

p: Se obtendrán aproximadamente 86,56% de lotes no conformes, es decir, el rendimiento debe ser elevado porque pocas veces se obtendrá la cantidad de kilogramos esperados.

C_p: Con un valor de 0,19 < 1 se obtendrán muchos lotes no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pk}: Con un valor de -0,38, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de rendimiento.

C_{pm}: con un valor de 0,08 el proceso no está centrado del proceso y está desviado de las especificaciones de rendimiento.

P_p y P_{pk}: con valores de 0,14 y -0,28 respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

2.2.Capacidad para pesos de producto terminado.

- Queso fresco “San Salvador”

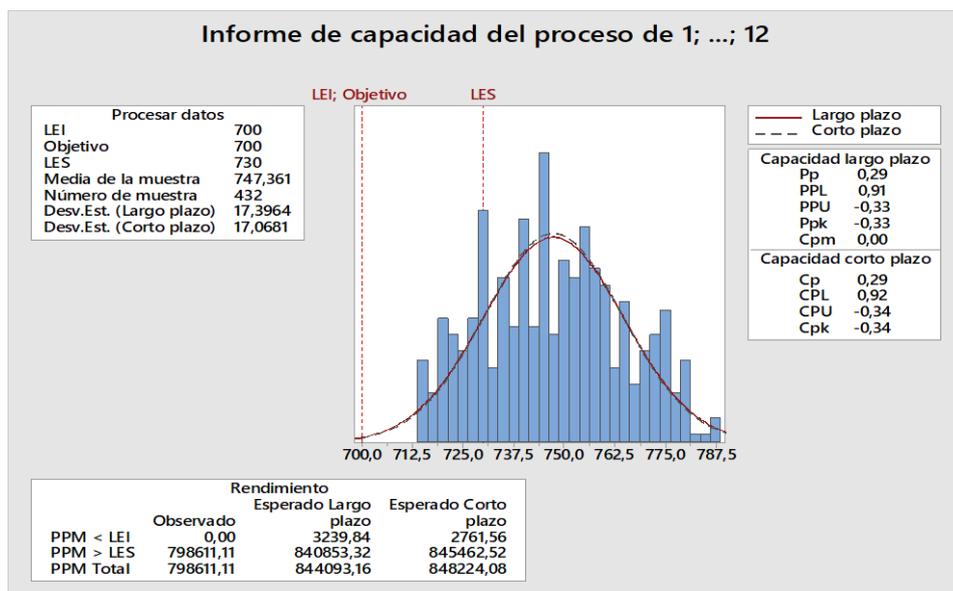


Ilustración 66: Capacidad del proceso para el peso de Queso fresco "San Salvador"

p: Se obtendrán aproximadamente 85,24% de unidades no conformes, es decir, el proceso generará muchas unidades fuera de especificación del peso.

C_p: Con un valor de $0,29 < 1$ se obtendrán muchas unidades no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pk}: Con un valor de $-0,34$, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pm}: con un valor de $0,00$ el proceso no está centrado del proceso y está muy desviado de las especificaciones de peso.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,29$ y $-0,33$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

- Queso fresco “Rickooo”

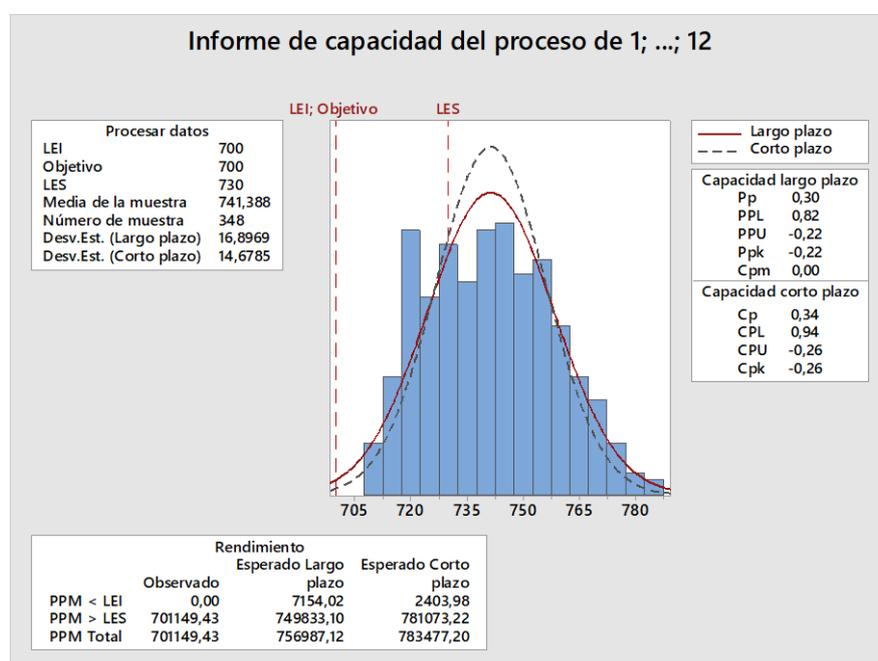


Ilustración 67: Capacidad del proceso para el peso de Queso fresco "Rickooo"

p: Se obtendrán aproximadamente 79,16% de unidades no conformes, es decir, el proceso generará muchas unidades fuera de especificación del peso.

C_p: Con un valor de $0,34 < 1$ se obtendrán muchas unidades no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pk}: Con un valor de $-0,26$, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pm}: con un valor de $0,00$ el proceso no está centrado del proceso y está muy desviado de las especificaciones de peso.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,30$ y $-0,22$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

- Queso mozzarella

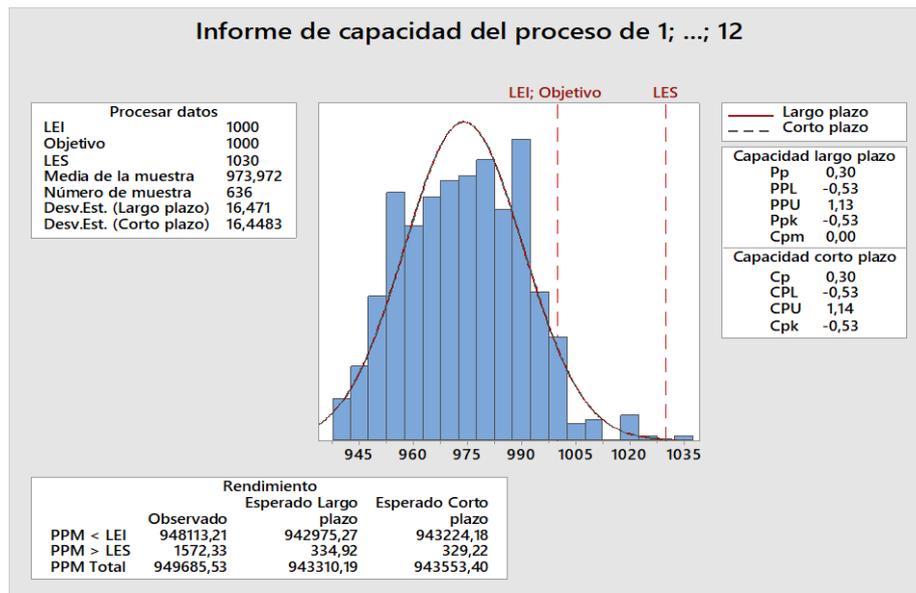


Ilustración 68: Capacidad del proceso para el peso de Queso mozzarella

p: Se obtendrán aproximadamente 94,81% de unidades no conformes, es decir, el proceso generará muchas unidades fuera de especificación del peso.

C_p: Con un valor de $0,30 < 1$ se obtendrán muchas unidades no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pk}: Con un valor de $-0,53$, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pm}: con un valor de $0,00$ el proceso no está centrado del proceso y está muy desviado de las especificaciones de peso.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,30$ y $-0,53$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

- Mantequilla

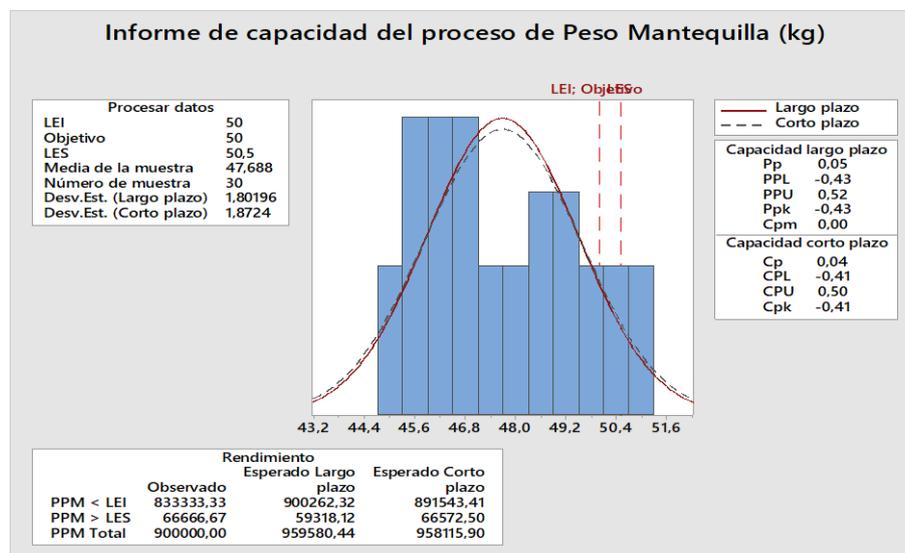


Ilustración 69: Capacidad del proceso para el peso de mantequilla

p: Se obtendrán aproximadamente 95,96% de unidades no conformes, es decir, el proceso generará muchas unidades fuera de especificación del peso.

C_p: Con un valor de $0,04 < 1$ se obtendrán muchas unidades no conformes. El proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pk}: Con un valor de $-0,41$, se tiene que la salida o yield es menor al 50%, el proceso no está centrado y es incapaz de cumplir con las especificaciones de peso.

C_{pm}: con un valor de $0,00$ el proceso no está centrado del proceso y está muy desviado de las especificaciones de peso.

P_p y P_{pk}: con valores de $0,05$ y $-0,43$ respectivamente, el proceso no tiene el potencial de cumplir con especificaciones.

3. Análisis del tiempo de valor agregado.

Mediante los diagramas VSM se pudo analizar en que se ocupa el tiempo que no agrega valor al proceso y se determinó que principalmente se ocupa en recorridos y transportes innecesarios por búsqueda de materiales, ya que los operarios no cuentan con los materiales y herramientas necesarios en cada puesto de trabajo. Las distancias recorridas se pueden observar en los diagramas Espaguetti elaborados en la fase Medir y las actividades detalladas constan en el VSM de la fase medir para cada producto.

- Queso fresco “San Salvador”

Las actividades que no agregan valor se tiene un total de 90,27 minutos, y son:

Tabla 28: Tiempo de valor no agregado en la producción de queso fresco “San Salvador ”

| PROCESO | DESCRIPCIÓN |
|----------------|---|
| LLENADO | El operario no tiene la suficiente materia prima (leche cruda) para empezar el proceso de pasteurización, por lo que debe esperar que los proveedores lleguen con la materia prima y así completar los 500 litros de leche cruda para iniciar el proceso. |
| PASTEURIZADO | El operario pierde tiempo al tener que realizar los diferentes análisis a la materia prima ya que el encargado debe realizar otras actividades como: entrega de productos a diferentes clientes en diferentes ciudades. |
| LLEVAR CUAJO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el cuajo. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| LLEVAR CALCIO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el calcio. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| LAVAR MESA | El operario para realizar esta tarea debe buscar los implementos de limpieza en los diferentes puestos de trabajo ya que no cuentan con instrumentos de limpieza en cada sección. |
| COLOCAR MOLDES | El operario debe acercarse al recipiente donde se encuentra almacenados los moldes y coger de 5 en 5 moldes, esto repercute notablemente ya que el recipiente está a 3 m aproximadamente de la mesa de trabajo. |
| CORTAR CUAJO | El operario debe buscar el instrumento (lira) en la sección queso mozzarella o a su vez por el laboratorio para retornar al puesto de trabajo y continuar con la producción. |

| | |
|------------------------|---|
| CONSERVANTE | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el conservante. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| BATIDO | El operario debe buscar el instrumento (batidor) en la sección queso mozzarella o a su vez por el laboratorio para retornar al puesto de trabajo y continuar con el proceso. |
| COLOCAR MALLA | El operario debe buscar la ubicación del recipiente en dónde se almacenan las mallas largas, una vez que encuentra debe retornar al puesto de trabajo y ordenar de forma que la parte rugosa tenga contacto con el queso y la parte lisa con el molde. |
| COLOCAR MALLA SUPERIOR | El operario debe buscar la ubicación del recipiente en dónde se almacenan las mallas pequeñas, una vez que encuentra debe retornar al puesto de trabajo y ordenar de forma que la parte rugosa tenga contacto con el queso y la parte lisa con el taco. |
| COLOCAR TACOS | El operario debe acercarse al recipiente donde se encuentra almacenados los tacos y coger de 3 en 3, esto repercute notablemente ya que se pierde mucho tiempo en colocar cada uno de los tacos y traerlos a la mesa de trabajo. |
| DESPRENSADO | El operario tiene que retirar los tacos y almacenarlos, retirar las mallas superiores y almacenarlas, retirar los moldes y almacenarlos. Los recipientes de almacenamiento están a una distancia considerable de la mesa de trabajo. |
| REPOSO | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a almacenar en las respectivas repisas. |
| PREPARAR FUNDAS | El operario para realizar esta tarea debe ir a la tienda en donde están almacenadas las fundas, esperar que la contadora descargue del sistema y empezar a contar las unidades que necesite. Regresar al puesto de trabajo notando que está a una distancia considerable. |
| COLOCAR PLANCHAS | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a retirar las planchas con quesos y retornar al puesto de trabajo para continuar con el proceso. |

- Queso fresco “Rickooo”

Las actividades que no agregan valor se tiene un total de 109,57 minutos, y son:

Tabla 29: Tiempo de valor no agregado en la producción de queso fresco “Rickooo”

| PROCESO | DESCRIPCIÓN |
|--------------|---|
| LLENADO | El operario no tiene la suficiente materia prima (leche cruda) para empezar el proceso de pasteurización, por lo que debe esperar que los proveedores lleguen con la materia prima y así completar los 500 litros de leche cruda para iniciar el proceso. |
| PASTEURIZADO | El operario pierde tiempo al tener que realizar los diferentes análisis a la materia prima ya que el encargado debe realizar otras actividades como: entrega de productos a diferentes clientes en diferentes ciudades. |
| LLEVAR CUAJO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el cuajo. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |

| | |
|------------------------|---|
| LLEVAR CALCIO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el calcio. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| LAVAR MESA | El operario para realizar esta tarea debe buscar los implementos de limpieza en los diferentes puestos de trabajo ya que no cuentan con instrumentos de limpieza en cada sección. |
| COLOCAR MOLDES | El operario debe acercarse al recipiente donde se encuentra almacenados los moldes y coger de 5 en 5 moldes, esto repercute notablemente ya que el recipiente está a 3 m aproximadamente de la mesa de trabajo. |
| CORTAR CUAJO | El operario debe buscar el instrumento (lira) en la sección queso mozzarella o a su vez por el laboratorio para retornar al puesto de trabajo y continuar con la producción. |
| CONSERVANTE | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el conservante. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| BATIDO | El operario debe buscar el instrumento (batidor) en la sección queso mozzarella o a su vez por el laboratorio para retornar al puesto de trabajo y continuar con el proceso. |
| COLOCAR MALLA | El operario debe buscar la ubicación del recipiente en dónde se almacenan las mallas largas, una vez que encuentra debe retornar al puesto de trabajo y ordenar de forma que la parte rugosa tenga contacto con el queso y la parte lisa con el molde. |
| COLOCAR MALLA SUPERIOR | El operario debe buscar la ubicación del recipiente en dónde se almacenan las mallas pequeñas, una vez que encuentra debe retornar al puesto de trabajo y ordenar de forma que la parte rugosa tenga contacto con el queso y la parte lisa con el taco. |
| COLOCAR TACOS | El operario debe acercarse al recipiente donde se encuentra almacenados los tacos y coger de 3 en 3, esto repercute notablemente ya que se pierde mucho tiempo en colocar cada uno de los tacos y traerlos a la mesa de trabajo. |
| DESPRENSADO | El operario tiene que retirar los tacos y almacenarlos, retirar las mallas superiores y almacenarlas, retirar los moldes y almacenarlos. Los recipientes de almacenamiento están a una distancia considerable de la mesa de trabajo. |
| REPOSO | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a almacenar en las respectivas repisas. |
| PREPARAR FUNDAS | El operario para realizar esta tarea debe ir a la tienda en donde están almacenadas las fundas, esperar que la contadora descargue del sistema y empezar a contar las unidades que necesite. Regresar al puesto de trabajo notando que está a una distancia considerable. |
| PREPARAR ETIQUETAS | El operario para realizar esta tarea debe ir a la tienda en donde están almacenadas las etiquetas, esperar que la contadora descargue del sistema y empezar a contar las unidades que necesite. Regresar al puesto de trabajo y colocar las etiquetas en cada una de las fundas requeridas. |
| COLOCAR PLANCHAS | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a retirar las planchas con quesos y retornar al puesto de trabajo para continuar con el proceso. |

- Queso mozzarella

Las actividades que no agregan valor se tiene un total de 347,36 minutos, y son:

Tabla 30: Tiempo de valor no agregado en la producción de queso mozzarella

| PROCESO | DESCRIPCIÓN |
|------------------|---|
| LLENADO | El operario no tiene la suficiente materia prima (leche cruda) para empezar el proceso de pasteurización, por lo que debe esperar que los proveedores lleguen con la materia prima y así completar los 500 litros de leche cruda para iniciar el proceso. |
| FERMENTADO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena la substancia. Regresar al puesto de trabajo, una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| CUAJADO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el cuajo. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| CALCIO | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el calcio. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| LAVAR MESA | El operario para realizar esta tarea debe buscar los implementos de limpieza en los diferentes puestos de trabajo ya que no cuentan con instrumentos de limpieza en cada sección. |
| COLOCAR MOLDES | El operario debe acercarse al recipiente donde se encuentra almacenados los moldes y coger de 5 en 5 moldes, esto repercute notablemente ya que el recipiente está a 3 m aproximadamente de la mesa de trabajo. |
| CONSERVANTE | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el conservante. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| BATIDO | El operario debe buscar el instrumento (batidor) en la sección queso mozzarella o a su vez por el laboratorio para retornar al puesto de trabajo y continuar con el proceso. |
| MOLDEADO | El operario debe calentar agua en un recipiente, el mismo se encuentra a 3 m de distancia del puesto de trabajo. |
| DESPRENSADO | El operario tiene que retirar los moldes y almacenarlos. El recipiente de almacenamiento está a una distancia considerable de la mesa de trabajo. |
| REPOSO | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a almacenar en las respectivas repisas. |
| PREPARAR FUNDAS | El operario para realizar esta tarea debe ir a la tienda en donde están almacenadas las fundas, esperar que la contadora descargue del sistema y empezar a contar las unidades que necesite. Regresar al puesto de trabajo notando que está a una distancia considerable. |
| COLOCAR PLANCHAS | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a retirar las planchas con quesos y retornar al puesto de trabajo para continuar con el proceso. |

- Mantequilla

Las actividades que no agregan valor se tiene un total de 38,46 minutos, y son:

Tabla 31: Tiempo de valor no agregado en la producción de mantequilla

| PROCESO | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|--|
| LLENADO CREMA DE LECHE | El operario no tiene buscar el recipiente que le ayude a colocar la crema de leche, el cual se encuentra en un tanque en la batidora por toda la planta. |
| BATIDO | El operario debe buscar los implementos para el proceso de desuerado en las diferentes secciones. |
| LAVADO 1 | El operario debe retirar la mantequilla que se encuentra en la batidora hacia la mesa de trabajo misma que está a una distancia considerable. |
| LAVADO 2 | El operario debe dirigirse al laboratorio para activar las válvulas que activan y desactivan el agua que es utilizado en el lavado. Una vez lleno el recipiente debe regresar a desactivar las válvulas. |
| LAVADO 3 | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en dónde se almacena el conservante. Una vez que utiliza el producto debe regresar al laboratorio para dejar en el lugar designado. |
| REPOSO | El operario debe retirar los obstáculos que se encuentran en el cuarto frío para proceder a almacenar en las respectivas repisas. |
| PREPARAR FUNDAS | El operario para realizar esta tarea debe ir a la tienda en donde están almacenadas las fundas, esperar que la contadora descargue del sistema. Regresar al puesto de trabajo notando que está a una distancia considerable. |
| COLOCAR GAVETAS | El operario debe ir a la tienda para traer las gavetas necesarias para empacar la mantequilla de 50kg. |

Fase Mejorar

Esta fase se refiere a la búsqueda de variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles en que deben operar para tener el mejor desempeño del proceso; posteriormente, se afinan sus niveles para optimizar el desempeño del proceso mediante soluciones efectivas (Mukherjee, 2008; Reyes, 2002) que deben planificarse mediante el ciclo continuo de Deming: Planear – Hacer – Verificar – Actuar (Mishra & Sharma, 2014).

Los objetivos son:

- Predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento de los procesos (Valderrey, 2010).

Se usarán herramientas como:

- Diseño de experimentos para identificar las variables de influencia y sus niveles (Cheng & Kuan, 2012).
- Diagrama de caja y bigotes para estudiar la simetría de los datos, detectar valores atípicos y vislumbrar un ajuste de los datos a una distribución de frecuencias determinada (Valderrey, 2010).
- Pruebas estadísticas de hipótesis (t de student, ANOVA, Chi – Cuadrada, F de Fisher, y pruebas no paramétricas) (Reyes, 2002; Socconini, 2016).
- Los dispositivos “A prueba de error” (*Poka Yokes*) (DeCarlo, Gygi y Williams, 2005).

Mediante el apoyo de métodos estadísticos que permiten identificar soluciones de mejora, se tiene como salidas de esta fase:

- Un proceso mejorado que es estable, previsible y que cumple con los requisitos del cliente (Guilcapi, 2010).
- La identificación de las variables que causan la variabilidad y la magnitud de su contribución (Reyes, 2002).
- Fijación de niveles de los parámetros de control para variables críticas que permitan minimizar la variabilidad (Reyes, 2002).

Es importante mencionar que en esta etapa se realizará la evaluación de los resultados de los procesos mejorados, tanto económica como en otros aspectos tales como seguridad, calidad de vida en el trabajo, etc. (Reyes, 2002). Para lo cual se seguirán los siguientes pasos:

- a) Evaluación del impacto económico en las mejoras implementadas.

Para cada mejora se detallaran los requerimientos, así como materiales, herramientas o transporte.

Se analizará y calculará el costo de cada requerimiento, ya sea por facturas o registros de compra y se obtendrá el costo total de lo mejora.

Se calculará cuál es el beneficio que cada mejora ha causado en la productividad de la empresa y económicamente, análisis que primero se lo realizará por unidad, luego por lote y después por semana de 6 días.

Considerando que en la mayoría de los casos se producen 18 lotes de Queso fresco “San Salvador”, 4 lotes de Queso fresco “Rickooo”, 15 lotes de Queso mozzarella y 7 de Mantequilla semanalmente; se calculará el tiempo necesario para recuperar la inversión.

b) Evaluación del impacto económico en las mejoras propuestas.

Se determinarán todas las opciones de compra disponibles, y se calculará el monto de inversión necesario para alcanzar cada una, en donde se incluya el costo de los materiales, mano de obra, transporte o envío. La información requerida será solicitada a los establecimientos proveedores mediante proformas de costos.

Se calculará cuál es el beneficio que cada mejora causará en la productividad de la empresa y económicamente, análisis que primero se lo realizará por unidad, luego por lote y después por semana de 6 días.

Considerando que en la mayoría de los casos se producen 18 lotes de Queso fresco “San Salvador”, 4 lotes de Queso fresco “Rickooo”, 15 lotes de Queso mozzarella y 7 de Mantequilla semanalmente; se calculará el tiempo necesario para recuperar la inversión de cada opción.

c) Se calculará el impacto que ambas mejoras provocarán en el mejoramiento de la productividad, la inversión total y el tiempo de recuperación de esta inversión.

1. Mejora y análisis en el sistema de medición R&R.

De la correcta recepción y análisis de los parámetros en el ingreso de la leche cruda depende un buen rendimiento y pesos adecuados en los productos. En la etapa de medición se detectó que la variabilidad en los parámetros de acidez y grasa era inaceptable, por lo que se tomaron acciones para mejorar, así como:

- Capacitación

Se realizó una capacitación al personal el jueves 13 de septiembre de 2018 de 7:00 a 8:30 am. Primero se explicó el procedimiento correcto de manera general y rápida, después se analizó una a una las tareas para el análisis de acidez y grasa, luego se hizo hincapié en aspectos donde los operarios fallan y deben ser más cuidadosos y finalmente se realizó una práctica en el laboratorio cómo sería el procedimiento correcto. Se concluyó que los aspectos más importantes y donde más fallan los operarios son:

- ✓ El operario debe recolectar las muestras, por lo que primero debe revisar cuántos tanques llegan y tomar una muestra de cada uno él mismo.
- ✓ Lavar los tubos de ensayo donde se recolectan las muestras y secar con papel.
- ✓ Siempre encerar los equipos antes del procedimiento, especialmente asegurarse que el nivel del acidómetro esté en 0 antes de la prueba.
- ✓ Para la acidez agitar constante y continuamente la muestra después de añadir el reactivo, hasta que la muestra obtenga un color rosada suave.

- Calibración del equipo

La administración de PASS se puso en contacto con la empresa que vendió el equipo Milkotester y expresó la necesidad de la calibración. Entonces personas representantes de la empresa calibradora de Guayaquil visitaron Productos Alimenticios “San Salvador”, realizaron los ajustes necesarios y calibraron el equipo Milkotester para lograr menos variabilidad en las mediciones.

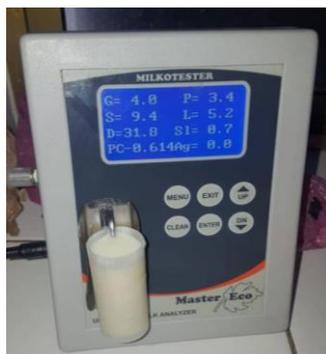


Figura 5: Equipo Milkotester para análisis de leche cruda

- Estandarización del proceso

Se colocó un procedimiento en material acrílico (resistente a la humedad) en la pared del laboratorio de análisis de leche cruda, donde se especifica cómo realizar las pruebas, el cual incluye figuras para la fácil visualización. Para la acidez se colocó el gráfico de un vaso de precipitación con el color rosa exacto al que debe llegar la leche después de mezclarse con el reactivo, esto ayudará a evitar errores de interpretación al mencionar que la leche debe adoptar una “tonalidad rosa suave”.

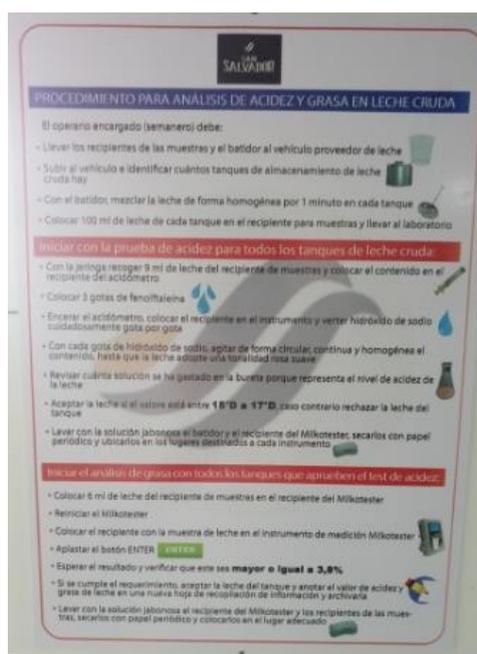


Figura 6: Procedimiento de análisis de acidez y grasa en leche cruda colocada en la empresa PASS

- Nuevo análisis R&R

Se realizó un nuevo análisis después de las mejoras, para conocer si habían servido para reducir la variabilidad. En el procedimiento se consideró a 3 operarios (personal que mide parámetros de la leche cruda), 13 muestras y 2 mediciones repetidas de cada muestra, así:



Figura 7: Muestra para el nuevo análisis R&R

1.1.R&R con mejoras para la acidez de la leche cruda.

Con el método de Medias y Rangos, se puede determinar que con un valor de R&R total de 27,54% ya es aceptable la variación en el sistema de medición, aunque no es la óptima y puede seguir mejorando. El valor de repetitividad está en 20,82% y la reproducibilidad está en 18,03%, esto se debe a que el test depende completamente de la buena práctica y experticia del operario.

1.2.R&R con mejoras para la grasa de la leche cruda.

Con el método de Medias y Rangos, se puede determinar que con un valor de R&R total de 11,51% ya es aceptable la variación en el sistema de medición. El valor de repetitividad está en 11,36% y la reproducibilidad está en 1,83%, esto se debe a que esta prueba depende en gran magnitud de una máquina, la cual ya ha sido calibrada y presenta un menor margen de error.

2. Evento Kaizen.

También conocido como "evento de mejora rápida" o "taller de mejora acelerada" (Glover et al., 2014). Un evento Kaizen es un proyecto de mejora enfocado y estructurado, que utiliza un equipo multifuncional dedicado para mejorar un área de trabajo específica, con objetivos específicos, en un plazo acelerado (Glover et al., 2014).

En el análisis de causas se detectó que para ambos problemas tratados en este proyecto, la falta de supervisión e involucramiento de la dirección y la falta de cultura de mejoramiento en la empresa, son dos causas raíz que se deben atacar. Un evento de mejora continua sería óptimo, puesto que involucraría a las partes interesadas en el proyecto LSS, donde la dirección de la empresa, los trabajadores y el equipo de trabajo LSS unirían esfuerzos para generar ideas que ataquen el resto de causas que provocan un bajo rendimiento de las materias primas y alta variabilidad en los pesos de los productos

terminados, además de que se crearía un mejor ambiente laboral, en donde todos quieren aportar para el mejoramiento de la empresa.

Durante la semana del 17 al 21 de Septiembre del 2018, se realizó un evento de mejora continua de 7:00 a 9:30 am, en donde el objetivo principal era que las mejoras que se buscan implementar sean bien aceptadas por el personal, ya sea porque conocen el beneficio que aportarán o porque ellos mismos las propusieron.

El primer día se preparó una presentación para explicar al personal y a la administradora en qué consiste el proyecto LSS, cuáles son los problemas, qué se quiere lograr y qué se espera de ellos. Además se programó el trabajo que se realizaría en los siguientes días.



Figura 8: 1° día del evento Kaizen

El segundo día se realizó un recorrido por la planta, en donde se revisaron los procesos y surgieron ideas de cómo mejorarlos o hacerlos más eficientes.



Figura 9: 2° día del evento Kaizen

El tercer día se recogieron las propuestas del personal, donde todos aportaron con ideas, así como:

- ✓ Dotar de herramientas de un color específico a cada operario para que cada quien tenga sus materiales, se diferencie del resto, se ahorren recorridos innecesarios y no se desperdicien recursos.
- ✓ Colocar una repisa con ganchos de acero inoxidable en cada puesto de trabajo, para que los materiales estén ordenados y no haya búsquedas innecesarias.
- ✓ Colocar alarmas resistentes a la humedad, con una sirena y una luz que permitan al personal programar el tiempo para estar alertas en el tiempo de cuajado, para que no desuere en exceso y usar las cantidades adecuadas de cuajada en cada molde. Aunque

no es del alcance del proyecto estas alarmas solucionarían el problema de la variabilidad en la salmuera porque indicarían a los operarios que ya se ha cumplido el tiempo de reposo y los quesos deben ser retirados.

- ✓ Colocar un gancho de acero inoxidable en la entrada de la planta para colocar los materiales necesarios para la recepción de leche cruda y reducir el tiempo de no valor agregado de esta operación.
- ✓ Colocar las fundas y etiquetas en el cuarto de empaque para reducir una de las distancias más grandes que hacen los operarios, pero la administración indicó que no era conveniente porque estos materiales se pueden ver afectados por la humedad de la planta.
- ✓ Retirar una salmuera fija de baldosa, que ocupa un espacio innecesario y en vez de esta, colocar la salmuera del queso mozzarella porque el área donde está actualmente es muy reducida y dificulta el libre tránsito.
- ✓ Instalar un sistema de comunicación para que la administradora y el gerente puedan dar indicaciones al personal en la planta más rápidamente.
- ✓ Realizar una repisa cercana al suelo para sostener las planchas del prensado, y así retirar una mesa que cumple esta función, pero ocupa demasiado espacio.
- ✓ Adquirir nuevos moldes estandarizados y diferenciados para queso fresco y para mozzarella.
- ✓ Adquirir un estante de acero inoxidable para ordenar los moldes y evitar que se golpeen en los tanques donde actualmente se almacenan, esto es aún más importante si se adquieren nuevos moldes para evitar el daño.
- ✓ Diseñar y adquirir una máquina que amase y exprima el suero de mantequilla, ya que esta es la operación más larga, que requiere de mucho personal y retrasa la producción.
- ✓ Colocar materiales como conservantes y cuajos en cada puesto de trabajo para reducir recorridos.
- ✓ Colocar señalética en todas las áreas de la planta.
- ✓ Bajar las ollas para la pasteurización de las ollas que están innecesariamente elevadas sobre una repisa.
- ✓ Añadir una olla más en el área de queso fresco.
- ✓ Realizar un evento Kaizen de limpieza, para desinfectar las instalaciones, ollas y herramientas y hacer que los productos sigan siendo saludables y elaborados bajo procesos inocuos. Además se deben revisar las instalaciones y tuberías de la planta para readecuarlas.



Figura 10: 3° día del evento Kaizen

El cuarto y quinto día algunas de las propuestas fueron implementadas y se analizó cómo se comporta el proceso bajo estas nuevas condiciones, lo que se muestra más adelante.

3. Mejoras para el rendimiento de la materia prima.

3.1. Marcado del nivel de llenado de las ollas para queso fresco.

Cuando se inicia la pasteurización de la leche cruda, se debe colocar la materia prima en las ollas, donde todos los lotes trabajan con 500 litros. Sin embargo, se detectó que en muchas ocasiones las ollas se llenan en exceso y la leche está muy cerca al borde, lo que produce desperdicios, especialmente al ingresar el batidor, la leche se mueve y se riega, provocando que no se cumpla con el rendimiento esperado.

Este análisis fue realizado únicamente para el queso fresco del tipo “San Salvador” por el tiempo que se tuvo para cumplir con el proyecto.

Entonces, primero se midieron la capacidad de las ollas, teniendo:



Después de calculó en 30 lotes cuánta leche ingresa en cada lote y cuánta se obtiene después de la pasteurización, considerando que se pierde materia prima por desperdicios y por evaporación al calentarse, obteniendo:

Tabla 32: Desperdicio de leche cruda antes de la mejora

| Nº LOTE | Capacidad por Olla (L) | Cantidad Leche Cruda (L) | Cantidad Leche Pasteurizada (L) | Desperdicio (L) |
|---------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 1 | 531,56 | 517,99 | 497,63 | 20,36 |
| 2 | 549,55 | 513,62 | 489,31 | 24,31 |
| 3 | 537,92 | 512,31 | 494,57 | 17,73 |
| 4 | 531,56 | 515,72 | 493,10 | 22,62 |
| 5 | 549,55 | 515,73 | 505,17 | 10,57 |
| 6 | 537,92 | 522,16 | 504,42 | 17,73 |
| 7 | 546,26 | 513,46 | 497,63 | 15,83 |
| 8 | 531,56 | 522,51 | 498,76 | 23,75 |
| 9 | 531,56 | 519,12 | 508,94 | 10,18 |
| 10 | 549,55 | 538,98 | 504,11 | 34,88 |
| 11 | 531,56 | 516,85 | 493,10 | 23,75 |
| 12 | 549,55 | 523,13 | 507,28 | 15,85 |
| 13 | 531,56 | 519,12 | 507,81 | 11,31 |
| 14 | 549,55 | 517,85 | 497,77 | 20,08 |
| 15 | 537,92 | 516,25 | 502,45 | 13,79 |
| 16 | 546,26 | 520,25 | 501,02 | 19,23 |

| | | | | |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 17 | 531,56 | 519,12 | 493,10 | 26,01 |
| 18 | 531,56 | 505,55 | 496,50 | 9,05 |
| 19 | 531,56 | 515,72 | 497,63 | 18,10 |
| 20 | 531,56 | 517,99 | 495,37 | 22,62 |
| 21 | 549,55 | 517,85 | 507,28 | 10,57 |
| 22 | 537,92 | 520,19 | 502,45 | 17,73 |
| 23 | 546,26 | 508,94 | 495,37 | 13,57 |
| 24 | 531,56 | 511,20 | 499,89 | 11,31 |
| 25 | 549,55 | 515,73 | 500,94 | 14,80 |
| 26 | 537,92 | 515,26 | 496,54 | 18,72 |
| 27 | 546,26 | 520,25 | 508,94 | 11,31 |
| 28 | 531,56 | 511,20 | 495,37 | 15,83 |
| 29 | 549,55 | 524,19 | 509,39 | 14,80 |
| 30 | 537,92 | 519,20 | 502,45 | 16,75 |
| | 16187,68 | 15527,42 | 15004,29 | 523,13 |

Se calculó hasta dónde se deberían llenar las ollas y se marcaron las alturas usando un estilete para evitar contaminación de la leche, con estas medidas:

Tabla 33: Volumen de las ollas de pasteurización de queso fresco

| Dimensión | Olla 1 | Olla 2 | Olla 3 | Olla 4 |
|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| pi | 3,142 | 3,142 | 3,142 | 3,142 |
| radio 2 | 60 | 58 | 56 | 60 |
| diámetro | 3600 | 3364 | 3136 | 3600 |
| h | 44,3 | 47,4 | 50,8 | 44,3 |
| Volumen en cm3 | 501021,2 | 500938,26 | 500483,36 | 501021,2 |
| Volumen en litros | 501,02 | 500,94 | 500,48 | 501,02 |

Se analizaron 15 lotes que trabajaron con el llenado especificado y se obtuvo:

Tabla 34: Desperdicio de leche cruda después de la mejora

| Nº LOTE | Capacidad por Olla (L) | Cantidad Leche Cruda (L) | Cantidad Leche Pasteurizada (L) | Desperdicio (Litros) |
|---------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 1 | 531,56 | 504,41 | 501,02 | 3,39 |
| 2 | 549,55 | 502,00 | 498,82 | 3,17 |
| 3 | 537,92 | 502,45 | 499,50 | 2,96 |
| 4 | 546,26 | 504,41 | 501,02 | 3,39 |
| 5 | 531,56 | 503,28 | 499,89 | 3,39 |
| 6 | 549,55 | 505,17 | 499,88 | 5,28 |
| 7 | 531,56 | 506,68 | 501,02 | 5,65 |
| 8 | 549,55 | 505,17 | 500,94 | 4,23 |
| 9 | 537,92 | 504,42 | 500,48 | 3,94 |
| 10 | 531,56 | 506,68 | 503,28 | 3,39 |
| 11 | 549,55 | 500,94 | 497,77 | 3,17 |

| | | | | |
|----|--------|--------|--------|------|
| 12 | 531,56 | 505,55 | 499,89 | 5,65 |
| 13 | 549,55 | 502,00 | 498,82 | 3,17 |
| 14 | 537,92 | 501,47 | 498,51 | 2,96 |
| 15 | 546,26 | 508,94 | 505,55 | 3,39 |

Finalmente con los 15 lotes antes de la mejora y 15 lotes después de la mejora se realizó una prueba de hipótesis para saber si estadísticamente el desperdicio ha cambiado con el marcado del nivel de las ollas. Considerando un α de 0,05, las hipótesis son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

Se obtuvo:

Estadísticas de muestras emparejadas

| | | Media | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------|---------------------------|---------|----|---------------------|-------------------------|
| Par 1 | Desperdicio_leche_antes | 18,8493 | 15 | 6,54441 | 1,68976 |
| | Desperdicio_leche_después | 3,8840 | 15 | ,96091 | ,24810 |

Prueba de muestras emparejadas

| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|---|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|----------|-------|----|------------------|
| | | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Desperdicio_leche_antes - Desperdicio_leche_después | 14,96533 | 6,89370 | 1,77995 | 11,14773 | 18,78294 | 8,408 | 14 | ,000 |

Entonces con un p-value de 0,000 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los desperdicios antes y después de la mejora son diferentes. Sin embargo, la prueba no indica cuál es mayor o menor, por lo que se realizó un diagrama de cajas que muestre la dispersión de ambas muestras, así:

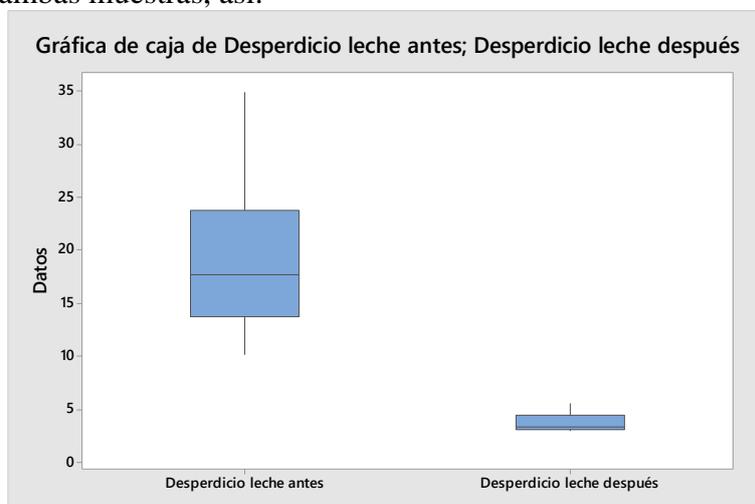


Ilustración 70: Diagrama de cajas entre el desperdicio de leche antes y después de la mejora

Como se observa en la gráfica, el marcar el nivel de llenado en las ollas si funcionó para reducir el desperdicio desde la recepción de leche cruda hasta la pasteurización.

3.1.1. Inversión para alcanzar la mejora.

Los materiales requeridos fueron un estilete y un flexómetro, pero no fue necesario comprarlos porque ya contábamos con ellos, es decir, no se requirió presupuesto para alcanzar esta mejora.

3.2. Dotación de materiales a cada puesto de trabajo.

Como se analizó en los VSM, mucho del tiempo de producción es usado para búsqueda de materiales, lo cual no genera valor para el proceso. Esto perjudica en gran medida a la operación de moldeo porque el operario debe llenar baldes con la cuajada y transportarlos hasta la mesa de moldeo, pero en el trayecto se va perdiendo producto debido a que los baldes y palas están en mal estado. Entonces, una de las principales causas del bajo rendimiento de las materias primas es la falta de materiales adecuados; para solucionar este problema se implementaron repisas con ganchos de acero inoxidable cercanos a los puestos de trabajo con materiales nuevos, para que el operario pueda tener todo lo que necesita cerca y emplee su tiempo en elaborar buenos productos.



Figura 11: Repisa con ganchos con nuevos materiales



Figura 12: Repisa con ganchos para Queso fresco



Figura 13: Repisa con ganchos para Queso mozzarella



Figura 14: Repisa con ganchos para Mantequilla

3.2.1. Inversión para lograr la mejora.

- Repisas con ganchos

Las repisas con ganchos fueron realizadas en “Inoxidables Élite”, industria que elabora maquinaria en acero inoxidable. Mediante la factura N° 001-100-000000071 que recibió PASS, se pudo determinar que cada repisa tiene un valor de \$48, es decir, por las tres repisas se cancelaron \$144. No hubo gastos de transporte porque el fabricante se encargó de dejar las repisas en la empresa sin costo adicional; tampoco hubo gastos de instalación porque los materiales requeridos eran un taladro, tacos Fischer y tornillos, con los que ya contábamos y no hubo necesidad de adquirir.

- Materiales de acero inoxidable

Cada puesto de trabajo tiene diferentes requerimientos, por lo que se ha elaborado una lista con los materiales de acero inoxidable que se sacaran de bodega, ya que PASS también distribuye materiales de producción, lo que representa una inversión de \$210, ya que no se requieren costos de transporte.

Tabla 35: Materiales necesarios de acero inoxidable

| Producto | Artículos de acero inoxidable | Cantidad | Costo por unidad | Costo total |
|------------------|-------------------------------|----------|------------------|------------------|
| Queso fresco | Lira | 1 | \$ 35,00 | \$ 35,00 |
| | Batidor | 1 | \$ 40,00 | \$ 40,00 |
| | Agitador | 1 | \$ 30,00 | \$ 30,00 |
| Queso mozzarella | Lira | 1 | \$ 35,00 | \$ 35,00 |
| | Batidor | 1 | \$ 40,00 | \$ 40,00 |
| | Agitador | 1 | \$ 30,00 | \$ 30,00 |
| | | | Total | \$ 210,00 |

- Materiales de plástico

De igual manera los materiales de plástico son diferentes para cada área de producción y se ha elaborado una lista de los necesarios. Además se ha buscado que cada área de trabajo tenga diferente color de materiales para evitar confusiones entre los operarios, así el área de Queso fresco tendrá el color azul, Queso mozzarella el color verde y Mantequilla el color rojo.

Las distribuidoras de plásticas más grandes en Riobamba son “Plásticos El Monito” y “Kcentro Pica”, por lo que se han consultado los valores en ambas empresas, así:

Tabla 36: Materiales necesarios de plástico

| Producto | Artículos de plástico | Cantidad | Costo por unidad | | Costo total | |
|------------------|--------------------------|----------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------|
| | | | Plásticos "El Monito" | Kcentro Pica | Plásticos "El Monito" | Kcentro Pica |
| Queso fresco | Balde azul de 10 litros | 1 | \$ 3,50 | \$ 5,50 | \$ 3,50 | \$ 5,50 |
| | Jarra de litro | 1 | \$ 1,00 | \$ 1,45 | \$ 1,00 | \$ 1,45 |
| | Cedazo grande azul | 1 | \$ 1,00 | \$ 4,00 | \$ 1,00 | \$ 4,00 |
| | Cedazo pequeño azul | 1 | \$ 0,80 | \$ 2,80 | \$ 0,80 | \$ 2,80 |
| Queso mozzarella | Balde verde de 10 litros | 1 | \$ 3,50 | \$ 5,50 | \$ 3,50 | \$ 5,50 |
| | Jarra de litro | 1 | \$ 1,00 | \$ 1,45 | \$ 1,00 | \$ 1,45 |
| | Cedazo grande verde | 1 | \$ 1,00 | \$ 4,00 | \$ 1,00 | \$ 4,00 |
| | Cedazo pequeño verde | 1 | \$ 0,80 | \$ 2,80 | \$ 0,80 | \$ 2,80 |
| | Guantes | 1 | \$ 1,80 | \$ 2,25 | \$ 1,80 | \$ 2,25 |
| Mantequilla | Balde rojo de 10 litros | 1 | \$ 3,50 | \$ 5,50 | \$ 3,50 | \$ 5,50 |
| | Balde rojo de 20 litros | 1 | \$ 9,00 | \$ 10,75 | \$ 9,00 | \$ 10,75 |
| | Jarra de litro | 1 | \$ 1,00 | \$ 1,45 | \$ 1,00 | \$ 1,45 |
| | Cedazo grande rojo | 2 | \$ 1,00 | \$ 4,00 | \$ 2,00 | \$ 8,00 |
| | | | | | \$ 29,90 | \$ 55,45 |

Se ha determinado que lo más conveniente es adquirir los productos en “Plásticos El Monito”, ya que representa un valor de \$29,90 y los productos cumplen los requerimientos de calidad para el proceso productivo. El transporte de los materiales hacia la empresa se lo puede realizar en taxi, es decir, adicional \$1,20, lo que resulta en \$31,10.

3.3. Acercamiento de la mesa de moldeo de quesos a la olla de cuajado.

Cuando la leche ha cuajado en la fabricación de quesos, la cuajada se debe transportar en baldes hacia la mesa de moldeo donde se coloca en los moldes y con las nuevas herramientas se reducen los desperdicios porque no hay fugas por donde se pierda cuajada. Adicionalmente se acercó la mesa hacia la olla donde está la cuajada para evitar que el operario camine con el balde y se desperdicie el producto.

Este análisis también fue realizado únicamente para queso fresco “San Salvador” por el tiempo para el proyecto, sin embargo, puede ser proyectado a todos los productos.

Lo primero que se hizo fue recolectar la cuajada desperdiciada de 30 lotes y pesarla, para conocer cuántos gramos no se han usado en el proceso. La cuajada fue obtenida de los sobrante después de colocar la cuajada en moldes, girar moldes, igualar moldes, colocar mallas, recolectando la cuajada del piso (se riega al transportar de la olla a la mesa de trabajo) y del cernidor (utilizado para separar la cuajada del suero en la mesa de trabajo)

Tabla 37: Desperdicio de cuajada antes de las mejoras

| N° Lote | Desperdicio Cuajada (g) |
|----------------|--------------------------------|
| 1 | 1888 |
| 2 | 804 |
| 3 | 1400 |
| 4 | 1870 |
| 5 | 851 |
| 6 | 1246 |
| 7 | 1722 |
| 8 | 1761 |
| 9 | 940 |
| 10 | 1142 |
| 11 | 710 |
| 12 | 845 |
| 13 | 1370 |
| 14 | 1905 |
| 15 | 1734 |
| 16 | 1785 |
| 17 | 1824 |
| 18 | 1317 |
| 19 | 1479 |
| 20 | 1578 |
| 21 | 1067 |
| 22 | 1952 |
| 23 | 1825 |
| 24 | 1120 |
| 25 | 1491 |
| 26 | 928 |
| 27 | 715 |
| 28 | 1751 |
| 29 | 2084 |
| 30 | 1393 |

Después del acercamiento de la mesa y la olla se recolectó la cuajada sobrante de 15 lotes y se obtuvo:

Tabla 38: Desperdicio de cuajada después de las mejoras

| N° Lote | Desperdicio Cuajada (g) |
|---------|-------------------------|
| 1 | 98 |
| 2 | 160 |
| 3 | 124 |
| 4 | 151 |
| 5 | 117 |
| 6 | 134 |
| 7 | 50 |
| 8 | 79 |
| 9 | 86 |
| 10 | 83 |
| 11 | 56 |
| 12 | 113 |
| 13 | 132 |
| 14 | 124 |
| 15 | 133 |



Figura 15: Desperdicio de cuajada antes y después de la mejora

Finalmente con los 15 lotes antes de la mejora y 15 lotes después de la mejora se realizó una prueba de hipótesis para saber si estadísticamente el desperdicio ha cambiado con la dotación de nuevos materiales y el acercamiento de la mesa a la olla. Considerando un α de 0,05, las hipótesis son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

Se obtuvo:

Estadísticas de muestras emparejadas

| | | Media | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------|-----------------------------|-----------|----|---------------------|-------------------------|
| Par 1 | Desperdicio_cuajada_antes | 1345,8667 | 15 | 443,94303 | 114,62560 |
| | Desperdicio_cuajada_después | 109,3333 | 15 | 32,88436 | 8,49070 |

Prueba de muestras emparejadas

| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--|-------------------------|------------------------|-------------------------------|---|------------|--------|----|---------------------|
| | | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Desperdicio_cujada _antes - Desperdicio_cujada _después | 1236,53333 | 443,11428 | 114,41162 | 991,14482 | 1481,92184 | 10,808 | 14 | ,000 |

Entonces con un p-value de 0,000 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los desperdicios de cuajada antes y después de las mejoras son diferentes. Sin embargo, la prueba no indica cuál es mayor o menor, por lo que se realizó un diagrama de cajas que muestre la dispersión de ambas muestras, así:

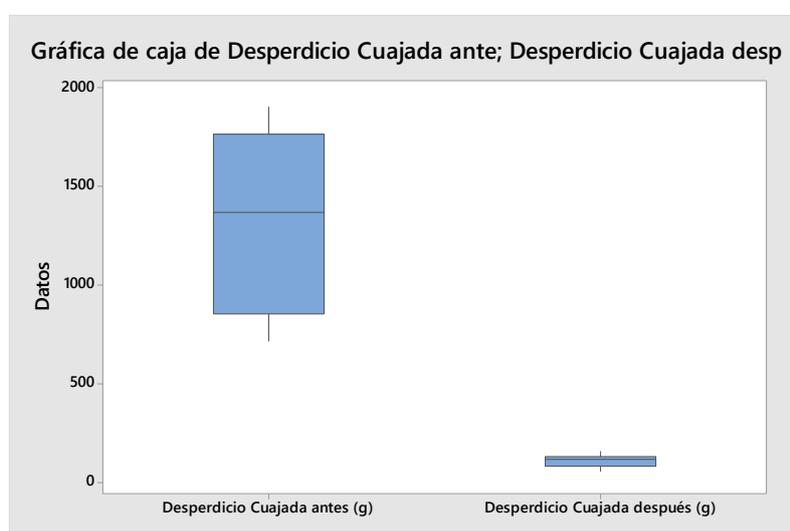


Ilustración 71: Diagrama de cajas entre el desperdicio de cuajada antes y después de las mejoras

Como se observa en la gráfica, el dotar de nuevos materiales, tener las herramientas más cerca y acercar la mesa de moldeo a la olla de cuajado si funcionó para reducir el desperdicio desde la cuajada en el moldeo.

3.3.1. Inversión para lograr la mejora.

El mover la mesa de moldeo más cerca a la olla de cuajado no implicó ningún costo.

3.4. Nuevos diagramas Espaguetti.

Esta implementación también provocó que las distancias para movimientos y transportes, los tiempos de búsqueda y el tiempo de valor no agregado se reduzcan. Ahora este tiempo puede ser usado en actividades de producción, pesaje y control de productos terminados. Debido a que las repisas con ganchos fueron instaladas en todas las áreas de trabajo, la reducción de recorridos se puede observar en los nuevos diagramas Espaguetti para Queso fresco, mozzarella y mantequilla, donde los datos de las distancias son el resultado de las mediciones con un flexómetro de los movimientos y transportes del operario en 30 lotes, así:

- Queso fresco.

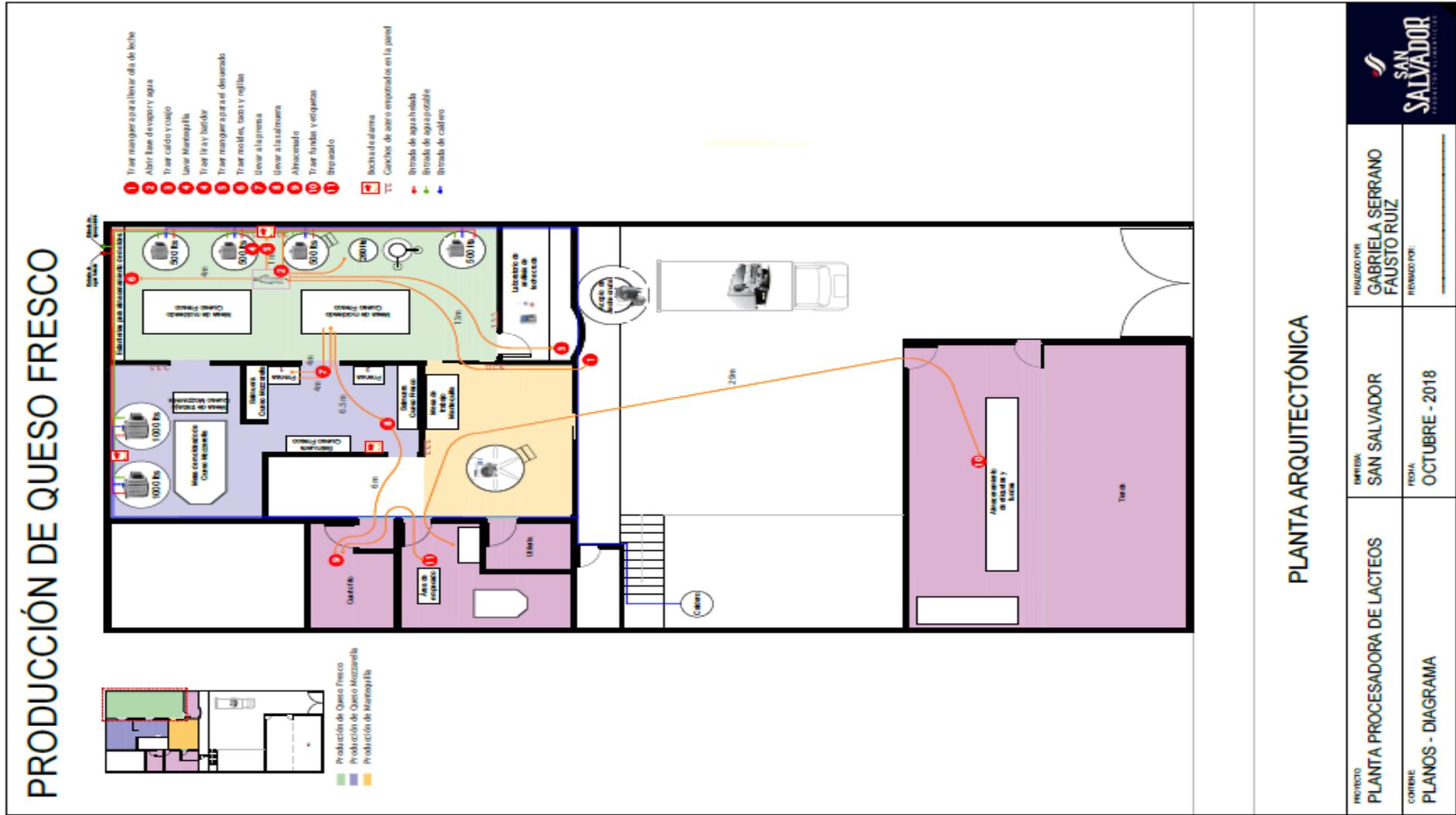


Ilustración 72: Diagrama Espaguetti para Queso fresco después de la mejora

Tabla 39: Distancias del proceso productivo de Queso fresco después de las mejoras

| PROCESO | DIST. RECORRIDA (m) | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------|---------------------|---|
| LLENADO | 15 | El operario para iniciar el proceso de pasteurización debe ir desde la olla a la puerta principal (área de acopio) en donde se encuentra la manguera que abastece de leche cruda. |
| | 15 | Lleva la manguera hasta la olla destinada al proceso. |
| | 15 | Regresa a la puerta principal a encender la bomba hasta que se llene la olla al ras. |
| | 30 | Una vez llena la olla se dirige a la misma para llevar la manguera al área de acopio de materia prima. |
| | 15 | Regresa al puesto de trabajo. |
| PASTEURIZACIÓN | 2 | El operario abre la llave de vapor y agua para iniciar la pasteurización. |
| CUAJADO | 13 | Una vez que la leche alcanza la temperatura correcta el operario se dirige al laboratorio para traer el cuajo y el calcio. |
| | 26 | Cuando deja de utilizarlos debe dejar en el laboratorio y volver al puesto de trabajo. |
| CORTAR CUAJADA | 1 | Para el siguiente proceso el operario debe dirigirse al nuevo gancho en donde se encuentran las herramientas para el buen desarrollo de las tareas. |
| | 1 | Después del uso se regresan las herramientas al lugar de almacenamiento, y vuelve al puesto de trabajo |
| DESUERADO | 1 | Continuando con el proceso debe coger la manguera dispuesta en el nuevo gancho. |
| MOLDEADO | 4 | Para el siguiente proceso traer los recipientes donde están dispuestos los moldes, rejillas y tacos. |
| | 1 | También el balde, la paleta y los cedazos ubicados en el nuevo gancho. |
| PRENSADO | 16 | El operario lleva las planchas con quesos desde la mesa de trabajo hacia la prensa. |
| | 16 | Después del tiempo estipulado para dicho proceso el operario debe regresar a la mesa de trabajo. |
| SALMUERADO | 24 | El queso debe ser transportado a los recipientes de salmuera. |
| ALMACENADO | 22 | Y colocar las planchas con quesos en el cuarto frío. |
| EMPACADO Y SELLADO | 20 | Para esta operación el operario debe traer las planchas del cuarto frío. |
| | 58 | Y traer las fundas y etiquetas que están ubicadas en la parte posterior de la tienda. |
| Distancia Total = | 295 metros | |
| Reducción de distancia= | 162 metros | |

- Queso mozzarella.

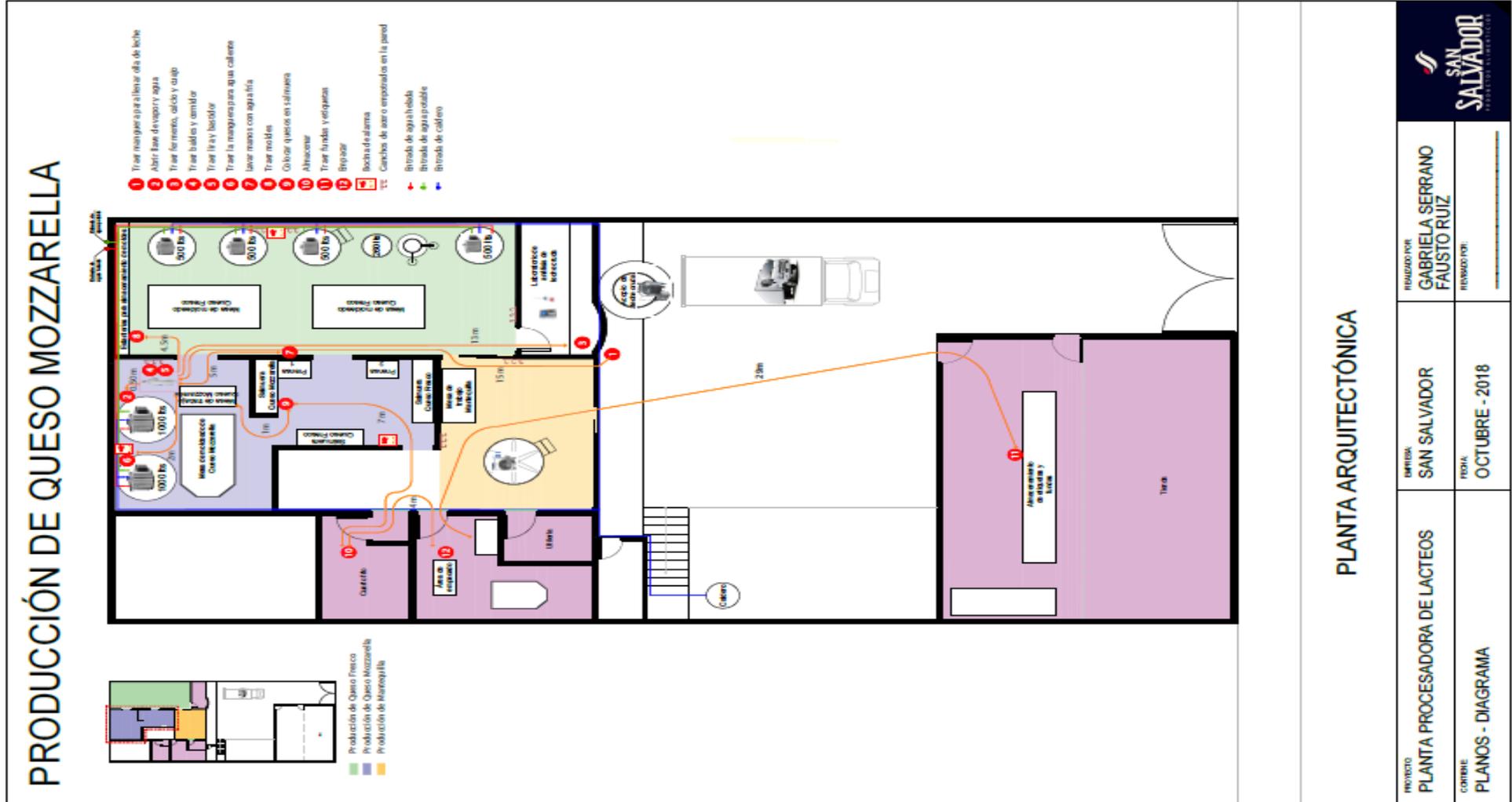


Ilustración 73: Diagrama Espaguetti para Queso mozzarella después de la mejora

Tabla 40: Distancias del proceso productivo de Queso mozzarella después de las mejoras

| PROCESO | DIST. RECORRIDA (m) | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------|---------------------|---|
| LLENADO | 15 | El operario para iniciar el proceso de pasteurización debe ir desde la olla a la puerta principal (área de acopio) en donde se encuentra la manguera que abastece de leche cruda. |
| | 15 | Lleva la manguera hasta la olla destinada al proceso. |
| | 15 | Regresa a la puerta principal a encender la bomba hasta que se llene la olla al ras. |
| | 30 | Una vez llena la olla, se dirige a la misma para llevar la manguera al área de acopio de materia prima. |
| | 15 | Regresa al puesto de trabajo. |
| PASTEURIZACIÓN | 2 | El operario abre la llave de vapor y agua para iniciar la pasteurización. |
| FERMENTADO | 28 | El operario debe dirigirse al laboratorio, lugar en donde se almacena la substancia. |
| | 28 | Regresar al puesto de trabajo, y devolver el producto al laboratorio en el lugar designado después del uso. |
| CUAJADO | 28 | Una vez que la leche alcanza la temperatura correcta el operario va al laboratorio para traer cuajo y calcio. |
| | 28 | Cuando deja de utilizarlos debe dejar en el laboratorio y volver al puesto de trabajo. |
| CORTAR CUAJADA | 0,5 | Para el siguiente proceso el operario debe dirigirse al nuevo gancho, para coger las herramientas necesarias para cumplir la tarea. |
| | 0,5 | Después del uso se regresan las herramientas al lugar de almacenamiento, y vuelve al puesto de trabajo. |
| AMASADO E HILADO | 10 | El operario debe traer agua caliente para realizar la operación. |
| | 25 | Mojar las manos con agua fría. |
| MOLDEADO | 4,5 | Para el siguiente proceso trae los recipientes donde están dispuestos los moldes, rejillas y tacos. |
| | 0,5 | También debe buscar el balde, la paleta y los cedazos ubicados en el nuevo gancho. |
| SALMUERADO | 1 | El queso debe ser transportado a los recipientes de salmuera. |
| ALMACENADO | 14 | Y colocar las planchas con quesos en el cuarto frío. |
| EMPACADO Y SELLADO | 8 | Para esta operación el operario debe traer las planchas del cuarto frío. |
| | 58 | Y traer las fundas y etiquetas que están ubicadas en la parte posterior de la tienda. |
| Distancia Total = | 326 metros | |
| Reducción de distancia= | 152 metros | |

- Mantequilla.

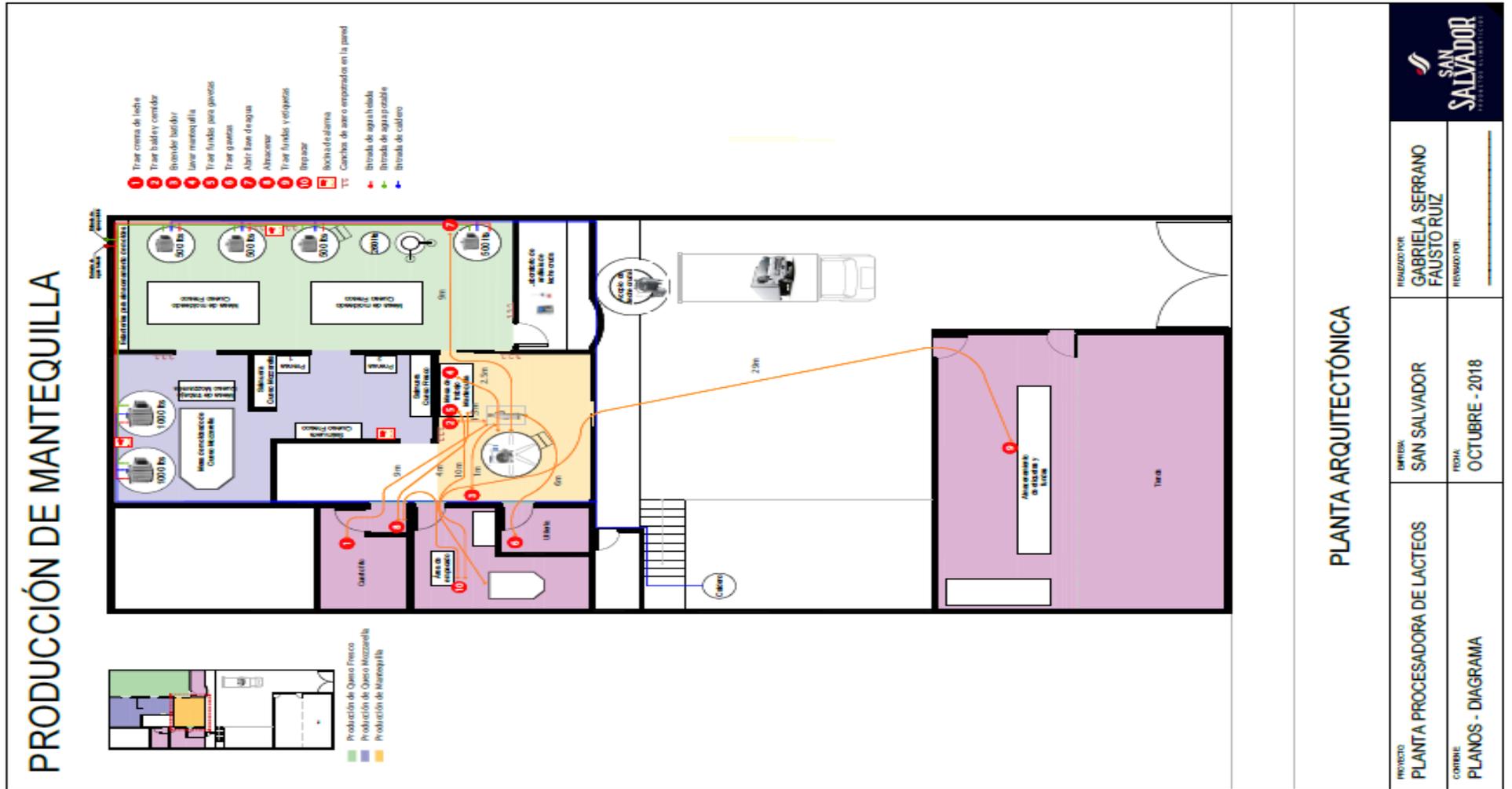


Ilustración 74: Diagrama Espagueti para Mantequilla después de la mejora

Tabla 41: Distancias del proceso productivo de Mantequilla después de las mejoras

| PROCESO | DIST. RECORRIDA (m) | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------------|----------------------------|---|
| BATIDO | 18 | El operario para iniciar el proceso debe ir al cuarto frío y traer el recipiente en donde se encuentra la crema de leche. |
| | 1,5 | Utilizar el balde y los cedazos ubicados en el nuevo gancho. |
| | 2 | Encender el batidor y regresar al puesto de trabajo. |
| LAVADO | 9 | Una vez que acaba el batido el operario debe abrir la llave de agua para iniciar el lavado. |
| | 9 | Cuando el recipiente se llene debe cerrar la llave de agua. |
| ALMACENADO | 6 | Traer gavetas para colocar la mantequilla. |
| | 1,5 | Traer fundas para colocar en las gavetas. |
| | 4 | Dejar en el cuarto frío. |
| EMPACADO Y SELLADO | 10 | Para esta operación el operario debe traer las planchas del cuarto frío. |
| | 58 | Y traer las fundas y etiquetas que están ubicadas en la parte posterior de la tienda. |
| Distancia Total = | 119 metros | |
| Reducción de distancia= | 88 metros | |

3.5.Nuevos diagramas VSM.

Con las mejoras implementadas se elaboraron los nuevos diagramas VSM, donde se han reducido los tiempos de valor no agregado. Los datos resultan del promedio de las mediciones de tiempos de proceso de 30 lotes de queso y 16 de mantequilla.

- Queso fresco “San Salvador”.

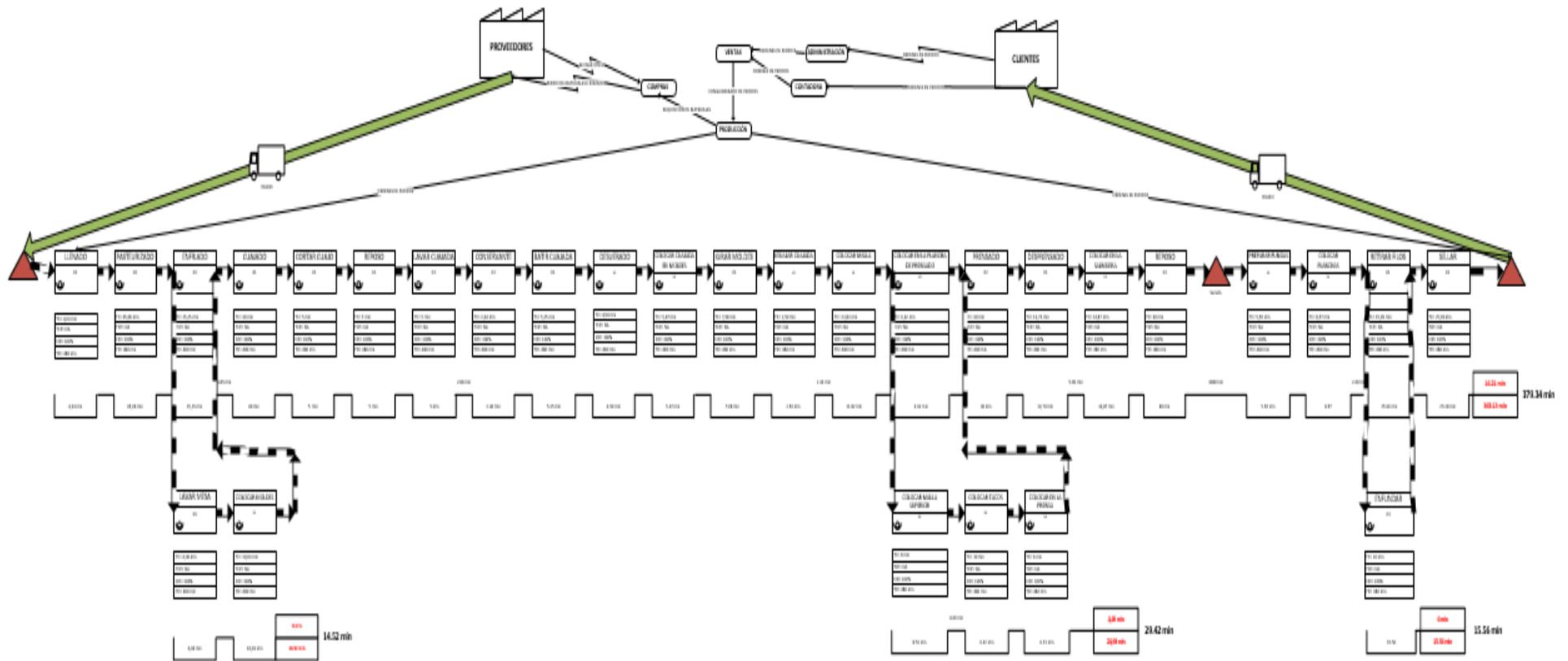


Ilustración 75: Nuevo diagrama VSM de Queso fresco "San Salvador"

El tiempo de valor no agregado se ha reducido de 90,27 a 16,21 minutos, es decir ha disminuido en 74,06 minutos con las mejoras implementadas.

- Queso fresco “Rickooo”.

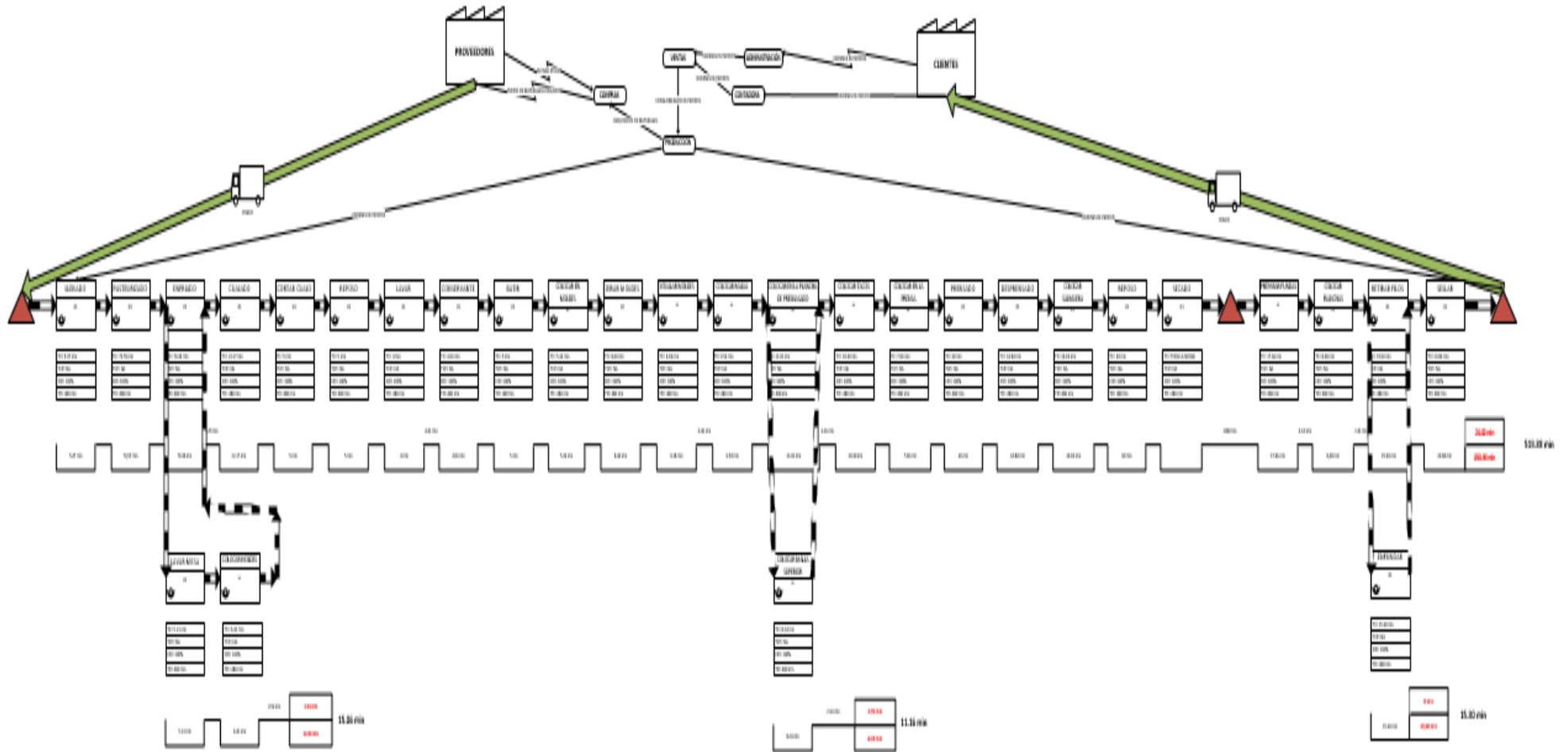


Ilustración 76: Nuevo diagrama VSM de Queso fresco "Rickooo"

El tiempo de valor no agregado se ha reducido de 109,57 a 24,42 minutos, es decir ha disminuido en 85,15 minutos con las mejoras implementadas.

- Queso mozzarella.

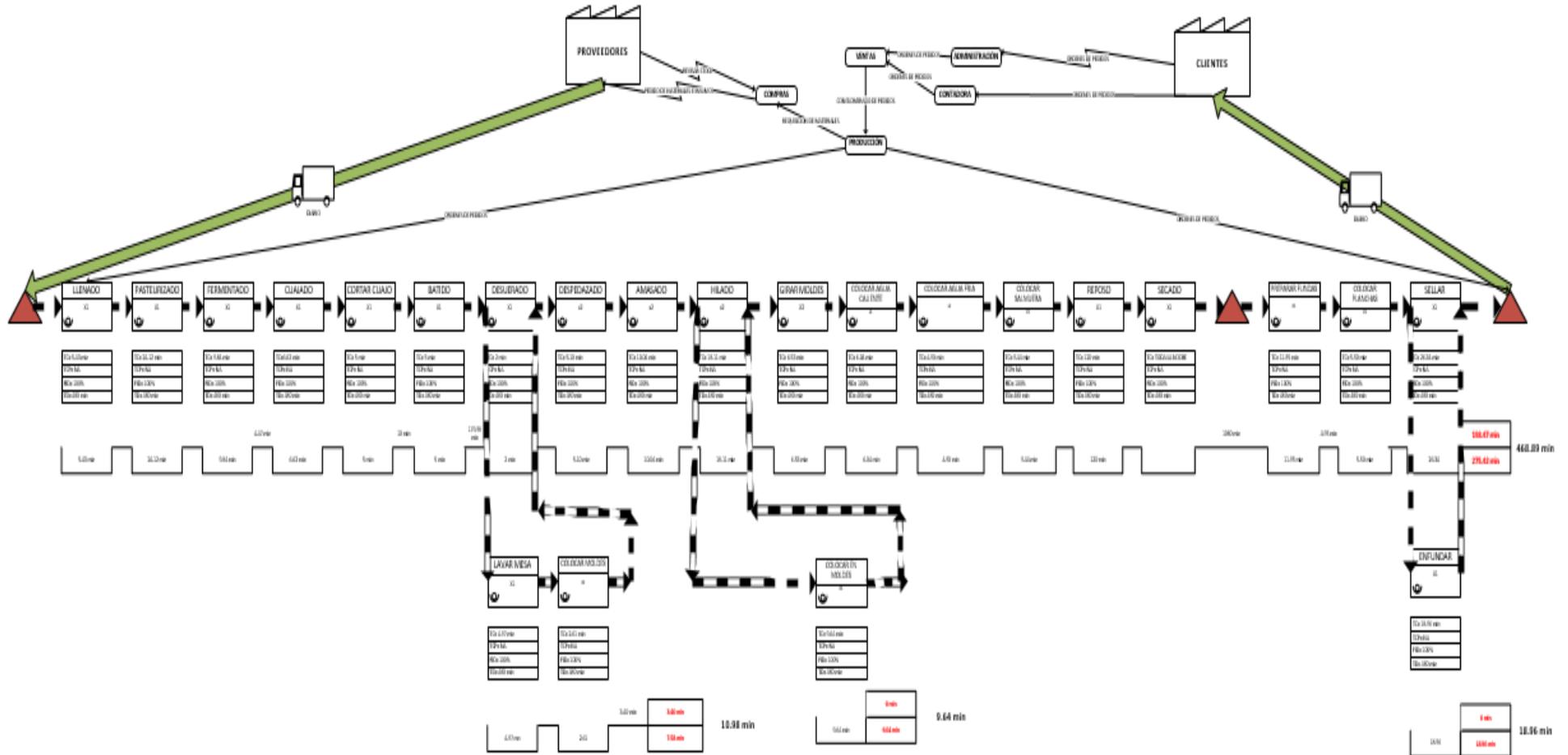


Ilustración 77: Nuevo diagrama VSM de Queso mozzarella

El tiempo de valor no agregado ha bajado de 347,36 a 193,47 minutos, es decir ha disminuido en 153,89 minutos con las mejoras implementadas.

- Mantequilla.

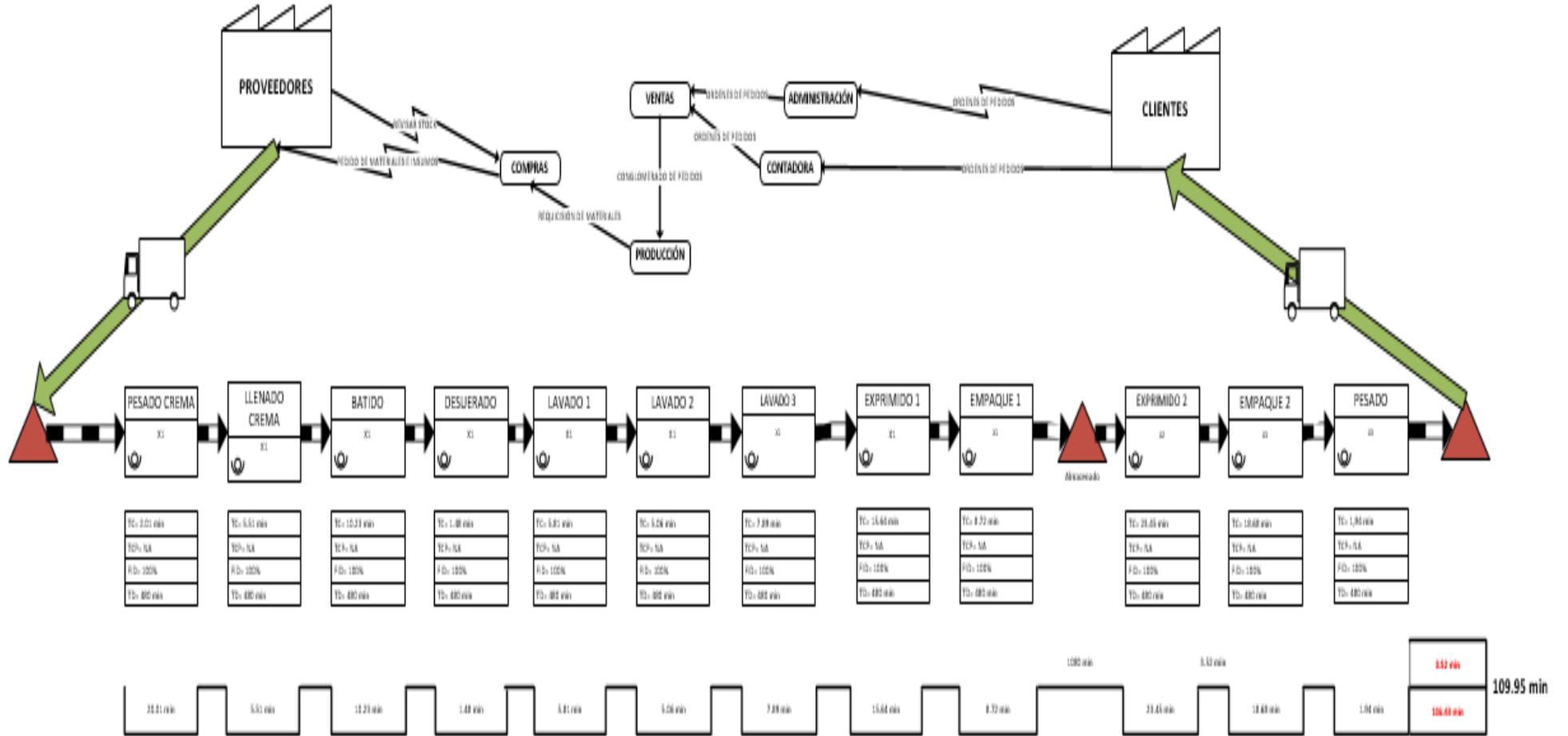


Ilustración 78: Nuevo diagrama VSM de Mantequilla

El tiempo de valor no agregado se ha reducido de 38,46 a 3,52 minutos, es decir ha disminuido en 34,94 minutos con las mejoras implementadas.

3.6. Nuevo rendimiento del Queso fresco “San Salvador”.

El objetivo de las mejoras es elevar el rendimiento de los productos, debido a que todas fueron realizadas sólo para queso fresco “San Salvador” se compararon los rendimientos antes y después de las mejoras para este producto.

Se tomaron los rendimientos de 30 lotes desde el 5/9/2018 hasta el 20/9/2018, los cuales trabajaron sin mejoras. Después se tomaron los datos del rendimiento quesero de 15 lotes desde el 4/10/2018 hasta el 12/10/2018 con las mejoras implementadas. Se tomaron 15 datos de ambas muestras para comparar mediante una prueba de hipótesis, de donde se tuvo:

Tabla 42: Rendimiento quesero antes y después de la mejoras

| Rendimiento antes de mejoras | Rendimiento después de mejoras |
|------------------------------|--------------------------------|
| 102 | 109 |
| 104 | 107 |
| 100 | 108 |
| 106 | 110 |
| 106 | 108 |
| 100 | 108 |
| 106 | 110 |
| 102 | 109 |
| 108 | 110 |
| 108 | 111 |
| 102 | 107 |
| 104 | 108 |
| 105 | 109 |
| 103 | 110 |
| 104 | 112 |

Considerando un α de 0,05, las hipótesis son:

$$H_o: \mu_a = \mu_d$$

$$H_a: \mu_a \neq \mu_d$$

Se obtuvo:

Estadísticas de muestras emparejadas

| | | Media | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------|---------------------|----------|----|---------------------|-------------------------|
| Par 1 | Rendimiento_antes | 104,0000 | 15 | 2,53546 | ,65465 |
| | Rendimiento_después | 109,0667 | 15 | 1,43759 | ,37118 |

Prueba de muestras emparejadas

| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--|-------------------------|------------------------|-------------------------------|---|----------|--------|----|---------------------|
| | | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Rendimiento_antes - Rendimiento_después | -5,06667 | 2,21897 | ,57293 | -6,29549 | -3,83784 | -8,843 | 14 | ,000 |

Entonces con un p-value de 0,000 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los rendimientos antes y después de las mejoras son diferentes. Sin embargo, la prueba no indica cuál es mayor o menor, por lo que se realizó un diagrama de cajas que muestre la dispersión de ambas muestras, así:

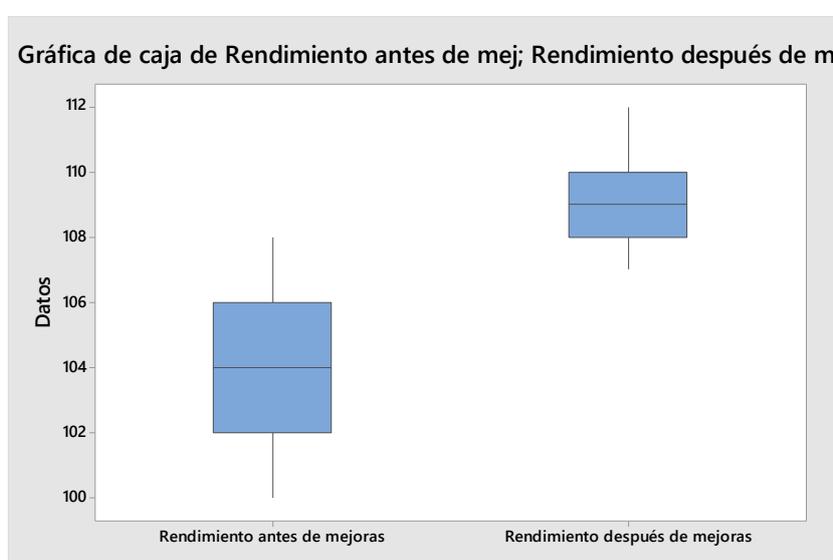


Ilustración 79: Diagrama de cajas entre el rendimiento quesero antes y después de las mejoras

Como se observa en la gráfica, los cambios y mejoras implementadas si han elevado el rendimiento para el queso fresco “San Salvador”, ya que se han obtenido en promedio 5 quesos más.

3.7. Impacto económico de las mejoras implementadas en el rendimiento quesero.

3.7.1. Inversión total de las mejoras.

Las mejoras implementadas para Queso fresco “San Salvador” han tenido un valor de \$166,75, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 43: Mejoras para elevar el rendimiento quesero

| MEJORA | INVERSIÓN |
|---------------------------------|-----------|
| Marcar el nivel de las ollas | \$ - |
| Dotación de repisas con ganchos | \$ 48,00 |
| Materiales de acero inoxidable | \$ 105,00 |
| Materiales de plástico | \$ 13,75 |

| | |
|---|------------------|
| Acercamiento de la mesa de moldeo a la olla | \$ - |
| | \$ 166,75 |

3.7.2. *Beneficio alcanzado.*

Con esta implementación se ha logrado que la media del rendimiento quesero se eleve a 109 unidades, es decir, ahora el rendimiento es de 78,4%, lo que representa un incremento del 2,9%.

Antes de las mejoras, se tenía una media de 105 quesos, donde cada lote tenía un valor de \$315, mientras que con el incremento del rendimiento el lote costaría \$327, es decir hay una ganancia de \$12 en lote.

Dependiendo de la demanda, aproximadamente se realizan 3 lotes diarios en una semana de 6 días, lo que resulta en 18 lotes semanales, y significa una ganancia de \$216 semanales. Se puede determinar que en una semana produciendo 14 lotes de queso fresco “San Salvador” ya se recupera la inversión realizada, por lo que si resultan rentables las mejoras.

3.7.3. *Propuestas para el mejoramiento del rendimiento quesero.*

Con las mejoras implementadas anteriormente ya se ha logrado un beneficio económico para la rentabilidad de la empresa, sin embargo, existen otras propuestas que beneficiarían al proceso productivo, mediante la reducción de tiempo de ciclo, el aseguramiento de la buena calidad y la tecnificación. Se ha realizado un análisis de la inversión requerida para la implementación de estas propuestas y el periodo de recuperación estimado con la ganancia obtenida con las mejoras implementadas. Así, estas ideas primero deben ser analizadas por la dirección de la empresa para decidir si se adquieren en la planta de producción, y son:

- Mesa de moldeo

Se ha observado que en la mesa de moldeo, los moldes llenos de cuajada se ajustan mediante una tabla de madera y moldes vacíos, y por debajo de la tabla se pierde cuajada. Entonces, se propone cambiar esta mesa de trabajo por una nueva adecuada para el moldeo de quesos, que evite fugas de cuajada, y que por ser completamente de acero inoxidable evite la contaminación de los productos. Considerando las medidas de los moldes necesarios para elaborar queso fresco de 700 gramos, las dimensiones de la mesa serán 88 cm de alto, 137.60 cm de ancho y 255 cm de largo, lo que significa un peso aproximado de 52 kilogramos.

Después de las mejoras, se obtuvo que aún hay un desperdicio promedio de cuajada en la etapa de moldeo de 109,33 gramos, la cual es una cantidad insuficiente para llenar por lo menos un molde más de queso fresco. Sin embargo el operario si se beneficiaría de trabajar con herramientas modernas que hagan su trabajo más rápido y cómodo, ya que se evitaría el tiempo de colocar la tabla y los moldes vacíos, además se previene que los quesos se contaminen.



Figura 16: Cambio en la mesa de moldeo

Opción 1:

Los fabricantes de esta mesa son una empresa española llamada Technical, dedicada al diseño y fabricación de maquinaria, equipos e instalaciones completas para la industria de la alimentación, especialmente de la industria láctea, ubicada en Campllong (Girona) (Technical, 2018). Mediante una proforma de costos enviada por la Dirección comercial de esta empresa, se pudo determinar que el valor de esta mesa para los moldes de queso fresco es de \$575, valor en el que se incluye asesoría para la empresa y 1 año de garantía.

El transporte será realizado por DHL, una de las principales empresas de logística del mundo, la cual ofrece envíos de carga en todo el mundo y tiene presencia en Ecuador (DHL, 2018). El modo de envío será “DHL Express Worldwide”, que es un servicio de entrega al final del día en todo el mundo para piezas de hasta 70 kg y envíos de hasta 1000 kg (DHL Express, 2018). Entonces el costo de envío será:

Tabla 44: Costo de la importación de la mesa de moldeo de queso fresco

| Rubro | Valor |
|---------------------------------------|---------------|
| Pago de derechos e impuestos | 26 |
| Extra por recogida del paquete | 28 |
| Extra por Pallet no apilable | 167 |
| Valor del envío de 52 Kg desde España | 1246,9 |
| Total | 1467,9 |

Por lo tanto, el valor total de adquirir la mesa de moldeo en acero inoxidable será de \$2042,90 dólares.

Si se considera que la ganancia por el incremento de rendimiento quesero con las mejoras ya implementadas es de \$12 por lote, se necesitarían 170 lotes de queso fresco o aproximadamente 10 semanas de producción con 18 lotes cada una, para recuperar la inversión y reducir el tiempo de trabajo del operario.

Opción 2:

También se puede fabricar la mesa de moldeo en una industria que elabora maquinaria y herramientas en acero inoxidable llamada “Inoxidables Élite”, ubicada en la ciudad de Riobamba y que abastece de algunas herramientas para la producción en PASS. El propietario, Sr. Jorge Tene Guñay, manifestó que el costo de fabricar esta mesa sería de

\$850, más \$10 del costo de transporte mediante el alquiler de una camioneta, es decir, la mesa costaría \$860. En esta opción se debería considerar que aunque el costo es menor que la importación desde España, se corre el riesgo de que las características de la mesa no sean idénticas a las originales.

Entonces con una ganancia de \$12 por lote, se necesitarían 72 lotes de queso fresco o aproximadamente 4 semanas de producción con 18 lotes cada una, para recuperar la inversión y reducir el tiempo de trabajo del operario.

Opción 3:

Como última opción se podría fabricar la mesa de moldeo en una industria que trabaja en acero inoxidable llamada “Industrial JC”, ubicada en la ciudad de Riobamba. El propietario, Sr. Julio Villacrés, ha indicado mediante la proforma de costos N° 119 que el valor de la mesa con las dimensiones establecidas sería de \$400, y de igual manera que en la caso anterior, se deben añadir \$10 del costo de transporte mediante el alquiler de una camioneta, lo que resultaría en \$410. Esta opción es la más económica, pero igual existe el riesgo de que las características de la mesa no sean idénticas a las originales.

Considerando una ganancia de \$12 por lote, se necesitarían 34 lotes de queso fresco o aproximadamente 2 semanas de producción con 18 lotes cada una, para recuperar la inversión y mejorar las condiciones de trabajo del operario.

- Mecanismo Poka-Yoke: Pala para nivelar la cuajada

Sería muy conveniente adquirir una pala de acero inoxidable para nivelar la cuajada y asegurar que no haya excesos en los moldes, además la cuajada sobrante se quedará en la pala y se podrá colocar el producto en otros moldes. Las dimensiones serán 30 cm de ancho, 6 cm de alto y 20 cm de largo.



Figura 17: Pala recogedora de cuajo

Opción 1:

La empresa “Inoxidables Élite” puede elaborar la pala con un valor de \$100, más \$1,20 del costo de transporte en taxi, es decir, la pala costaría \$101,20.

Entonces con una ganancia de \$12 por lote, se necesitarían 9 lotes de queso fresco o aproximadamente 3 días de producción con 3 lotes cada uno, para recuperar la inversión y garantizar que los moldes se llenen con la cantidad adecuada de cuajada.

Opción 2:

También la empresa “Industrial JC”, mediante la proforma de costos N° 119 ha indicado que el valor de la pala sería de \$70, más \$1,20 del envío en taxi, lo que resulta en \$71,20.

Esta sería la mejor opción, y se necesitarían 6 lotes de queso fresco o aproximadamente 2 días de producción con 3 lotes cada uno, para recuperar la inversión.

3.7.4. Total de inversión en mejoras implementadas y propuestas.

Si se considera que se debe recuperar la inversión de las mejoras ya implementadas y que las propuestas se realizaran con las opciones más económicas en la empresa “Industrial JC”, ya que los productos que elabora son de buena calidad y hay cumplimiento en los tiempos de entrega, se tiene que:

Tabla 45: Número de lotes de queso fresco "San Salvador" necesarios para recuperar la inversión

| Mejora | N° de lotes para recuperar la inversión |
|---|--|
| Mejoras implementadas | 14 |
| Propuesta de mesa del moldeo | 34 |
| Propuesta de pala para nivelar la cuajada | 6 |
| | 54 |

Esto significa que si se elaboran 18 lotes semanales, se necesitan 3 semanas para recuperar la inversión total de las mejoras, y a partir de ahí se obtendrían como ganancias \$12 por lotes.

3.8. Diseño de experimentos para mejorar el rendimiento de la mantequilla.

1. Identificación y exposición del problema.

Productos Alimenticios “San Salvador” trabaja con la familia de Cremas y mantequillas, en donde se desea impulsar la producción de mantequilla, porque brinda mejores réditos económicos, ya que el kilo de mantequilla se vende a \$3,80, mientras que el kilo de crema de leche pasteurizada se vende a \$2,20 (San Salvador, 2018). Actualmente las mayores ventas provienen de la crema de leche, la cual es vendida a empresas de la competencia, quienes la transforman en mantequilla y la venden a mejor precio. Además, en la encuesta realizada para la Voz del cliente, se determinó que si se produciría mayor cantidad de mantequilla, se satisfacen las demandas de los clientes y consumidores mayoristas, quienes requieren mayor cantidad de producto.

El proceso productivo de la mantequilla es:

- 1) Descremar la leche cruda en la máquina descremadora, para obtener crema de leche.
- 2) Esperar hasta que la crema llegue a 20°D de acidez.
- 3) Pasteurizar la crema a 63°C.

- 4) Filtrar la crema.
- 5) Enfriar la crema hasta 40°C en la olla doble fondo.
- 6) Reposar 2 horas a temperatura ambiente.
- 7) Madurar en el cuarto frío de 24 a 36 horas.
- 8) Medir la acidez de la crema y si es mayor a 30°D, iniciar el proceso.
- 9) Medir 60 kilos de crema y colocar en la batidora.
- 10) Batir de 8 a 11 minutos la crema de leche.
- 11) Desuerar la mantequilla.
- 12) Lavar tres veces la mantequilla con agua helada por aproximadamente 5 minutos cada lavado y exprimir.
- 13) Añadir el conservante.
- 14) Almacenar 18 horas en el cuarto frío.
- 15) Exprimir el suero restante.
- 16) Empacar y despachar los pedidos.

Sin embargo, existe variación en el proceso, debido a la falta de capacitación de los empleados y falta de estandarización del proceso. Específicamente la variación es en 3 operaciones, ya que el operario no sabe si se obtendrá un mejor rendimiento al madurar la crema 24 o 36 horas, si se debe batir 8 u 11 minutos y si el lavado debe ser únicamente con agua helada o también se lo puede hacer con agua a temperatura ambiente (el operario prefiere temperatura ambiente porque tiene afectaciones en las articulaciones por el agua helada). El operario de la mantequilla es el responsable de obtener la mayor cantidad de mantequilla posible con la crema de leche ingresada al proceso (60 kilos normalmente).

El rendimiento teórico indica que con 60 kilos de crema de leche, se deben obtener 55 kilogramos de mantequilla, pero el rendimiento actual promedio es de 51 kilogramos, lo que representa un rendimiento del 92,7%, lo que le cuesta a la empresa una pérdida de alrededor de \$15,20 por lote, por lo que se espera elevar el rendimiento. Esto se lograría si se conocieran los parámetros óptimos de producción, para lo cual se requiere un diseño de experimentos que permita determinar si estos factores son significativos y su interacción.



Ilustración 80: Mantequilla elaborada en PASS

2. Elección de los factores, niveles y rangos.

No se trata de que el experimentador tenga que saber a priori cuáles factores influyen, puesto que precisamente para eso es el experimento, pero sí de que utilice toda la información disponible para incluir aquellos que se considera que tienen un mayor efecto (Gutiérrez y De la Vara, 2008, p.11).

Para el experimento se seleccionaron 3 variables de diseño, debido a su importancia para el proceso de elaboración de mantequilla, estas fueron:

| Factor | Descripción | Tipo | Niveles |
|---|---|--------------|------------|
| Tiempo de maduración de la crema de leche | Tiempo que la crema de leche pasa en el cuarto frío madurando hasta tener una acidez mínima de 30°D | Cuantitativo | 24 horas |
| | | | 36 horas |
| Tiempo de batido de la crema de leche | Tiempo que la crema de leche pasa en la máquina batidora, donde cuatro aspas la agitan constantemente a una velocidad de 70 rpm | Cuantitativo | 8 minutos |
| | | | 11 minutos |
| Temperatura del agua de lavado | Grado térmico en °C que puede tener el agua para los tres lavados de la mantequilla | Cuantitativo | 2°C |
| | | | 10°C |

2.1. Factores de diseño

Tiempo de maduración de la crema de leche:

La crema es la sustancia grasa que de tonalidad blanca o amarillenta que flota en la superficie de la leche cuando se deja reposar, sus características y calidad están vinculadas estrechamente al contenido de grasa (Rodríguez, Santoyo, Miranda, y Méndez, 2018).

La crema de leche no debe batirse inmediatamente después del descremado porque se obtendría una mantequilla dulce, de buen gusto, pero sin aroma ni consistencia (SENATI, 2018). Es por ello que después de la pasteurización, el proceso requiere de crema ácida obtenida mediante maduración espontánea, donde la acidez se mide por titulación usando un acidómetro, y corresponde a la cantidad de hidróxido de sodio utilizado para neutralizar los grupos ácidos (Negri, 2005). El valor es expresado en grados “Dornic” (°D), que corresponde al volumen de solución de hidróxido de sodio utilizado para titular 9 ml de leche en presencia de 3 gotas de fenoltaleína y equivale a 0,1 g/l de ácido láctico ó 0,01% (Negri, 2005).

Los requerimientos de la empresa indican que se puede trabajar con crema que ha madurado en el cuarto frío 24 o 36 horas, ya que alcanzará más de 30°D, y esto es suficiente para que corte y se convierta en mantequilla.

Tiempo de batido de la crema de leche:

La mantequilla es una emulsión del tipo “agua en aceite” obtenida por batido de la crema de leche (SENATI, 2018). El batido tiene por finalidad soldar los glóbulos grasos recogidos bajo forma de crema separados unos de otros por el suero que los rodea (SENATI, 2018). La batidora junta los glóbulos de grasa con golpes repetidos hasta constituir masas que van creciendo sin cesar, invisibles primero a causa de su pequeñez, pero que en un momento dado se presentan bajo forma de pequeñas granulaciones en el medio del líquido en el cual nadan, donde los granos más grandes sufren mejor el efecto de los choques y se sueldan en masas cada vez más voluminosas (SENATI, 2018). La literatura indica que el tiempo de batido debe ser bien establecido porque si hay poco tiempo en la batidora, el rendimiento de mantequilla es inferior porque todos los glóbulos grasos de la crema no tienen tiempo de desuerar y la agitación y los choques necesarios no son suficientes para producir su aglomeración; mientras que si es demasiado, la crema

se pasa o sea que el suero es vuelto a incorporarse a los glóbulos grasos y produce una pasta suave, imposible de amasar y desuerar (SENATI, 2018).

En el proceso productivo se ha observado que la variación del tiempo de batido es entre 8 y 11 minutos. Se para el batido a 8 minutos cuando el operario está libre y concentrado en el proceso, mientras que si está ocupado en otras actividades se espera hasta que el reloj indique aproximadamente 11 minutos después de prender la batidora. Por lo que se han fijado como niveles 8 y 11, y se busca saber qué nivel es mejor.

Temperatura del agua de lavado:

Cuando la mantequilla se ha formado, se deja salir el suero y es mejor si se hace a través de un filtro para evitar pérdida de granos de mantequilla (SENATI, 2018). Cuando ha salido todo el suero, se añade una cantidad de agua que permita alcanzar el flotamiento total de toda la mantequilla y se lava la mantequilla para eliminar el sabor ácido, aquí es oportuno que la temperatura del agua añadida se encuentre cerca de 3 °C o más baja que la temperatura de la crema (SENATI, 2018).

El operario ha recibido indicaciones de que el lavado debe ser con agua helada, sin embargo presenta molestias en sus articulaciones y prefiere hacer esta operación con agua a temperatura ambiente. Se busca saber si el rendimiento se ve influenciado por la temperatura del agua del lavado, considerando que el agua helada está a 2°C y la temperatura está a 11°C.

2.2. Factores constantes.

Ingreso de la crema de leche con 20°D de acidez.

Pasteurización de la crema de leche a 63°C.

Enfriamiento de la crema de leche hasta 40°C en la olla doble fondo.

Reposo de 2 horas a temperatura ambiente.

Realizar el experimento con 15 kilos de crema en cada corrida.

Batido a velocidad de 70 rpm.

Tres lavados de la mantequilla de 5 minutos cada uno.

Añadir 83 ml. de conservante.

Almacenar la mantequilla 18 horas en el cuarto frío a 3°C.

Exprimir el suero restante de la mantequilla de cada corrida por 20 minutos.

2.3. Factores no controlables.

La humedad del ambiente en la planta o las condiciones climáticas no se pueden controlar.

La fuerza con la que el operario lava y exprime la mantequilla se busca que sea constante pero no se puede controlar, ya que influye la fatiga.

3. Selección de la variable de respuesta.

El problema que se busca solucionar con el experimento es la falta de rendimiento de la materia prima, por lo que la variable de respuesta será el rendimiento mantequero al

finalizar el proceso productivo. Todas las corridas se realizarán con 15 kilos de crema, por lo que se pesarán cuántos kilos de mantequilla se obtuvieron después del último exprimido.

Variable de respuesta: Cantidad de mantequilla obtenida (kilogramos).

Criterio: mientras más, es mejor.

Condiciones: se usará la balanza para kilogramos marca CAMRY de precisión 0,00 Kg, para lo cual primero se debe colocar la cesta contenedora, encerar la balanza, colocar la mantequilla obtenida y anotar el valor del peso que la balanza indique.

4. Elección del diseño experimental.

Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido de que cuando cambian por lo general nos llevan a cambiar de diseño, son:

- a) El objetivo del experimento.
- b) El número de factores a estudiar.
- c) El número de niveles que se prueban en cada factor.
- d) Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
- e) El costo del experimento, tiempo y precisión deseada (Gutiérrez y De la Vara, 2008, p. 14).

En nuestro caso, para el punto a, el objetivo del experimento es estudiar el efecto de varios factores sobre el rendimiento mantequero, dentro de esta clasificación se encuentran los diseños factoriales 2^k , del tipo completamente aleatorizado.

En respuesta al punto b y c, se tienen 3 factores y cada uno con dos niveles, por lo que un diseño factorial 2^3 es el ideal para nuestro caso.

Sobre el punto d, nos interesa conocer si los factores o variables independientes, tienen influencia sobre la cantidad de mantequilla obtenida a partir de 15 kilos de crema de leche.

Finalmente para responder el punto e, se cuentan con los recursos necesarios para realizar dos experimentos factoriales completos, lo que equivale a realizar 2 réplicas. Considerando que nuestra unidad experimental es el tanque con 15 kilogramos de crema de leche y se busca obtener mantequilla en kilogramos, se desea una precisión de 2 decimales en su peso.

5. Realización del experimento.

5.1. Condiciones previas.

En este estudio se utilizarán tanques de plástico que contienen 15 kilogramos de crema de leche madurada en el cuarto frío de la planta de producción de Productos Alimenticios "San Salvador" en la ciudad de Riobamba. La crema de leche será batida en la máquina batidora de marca Rothenburg con velocidad constante de 70 rpm. El pesaje de las muestras se realizará en una balanza analítica para kilogramos, marca CAMRY, de precisión 0,00.

5.2. Planeación y organización del trabajo experimental.

La unidad experimental será un tanque con 15 kilogramos de crema de leche, cuyo contenido será vertido en la máquina batidora. No habrán mediciones repetidas porque se obtendrá una sola cantidad de mantequilla bajo las condiciones que indique cada corrida del experimento, como tiempo de maduración, tiempo de batido y temperatura del agua de lavado.

El operario, Jorge Carchi, es quien realizará el proceso productivo desde obtener la crema y pesarla, medir la acidez, producir la mantequilla, lavarla, exprimirla y pesarla al terminar el proceso; manteniendo siempre la sanidad y la indumentaria necesaria para manejar alimentos, así como mandil, botas de caucho, cofia y mascarilla.

Un factorial completo 2^3 equivale a 8 corridas y en nuestro caso se realizarán 2 réplicas del modelo factorial completo, por lo que se tendrán 16 corridas.

Cada vez que se realice una nueva corrida se usará un nuevo tanque de crema de leche pasteurizada y madurada. Cuando finalice una corrida la batidora será apagada y al iniciar una nueva, será vuelta a encender. Las corridas se realizarán según el orden aleatorio que se obtenga y en el horario fijado para cada una.

5.3.Procedimiento.

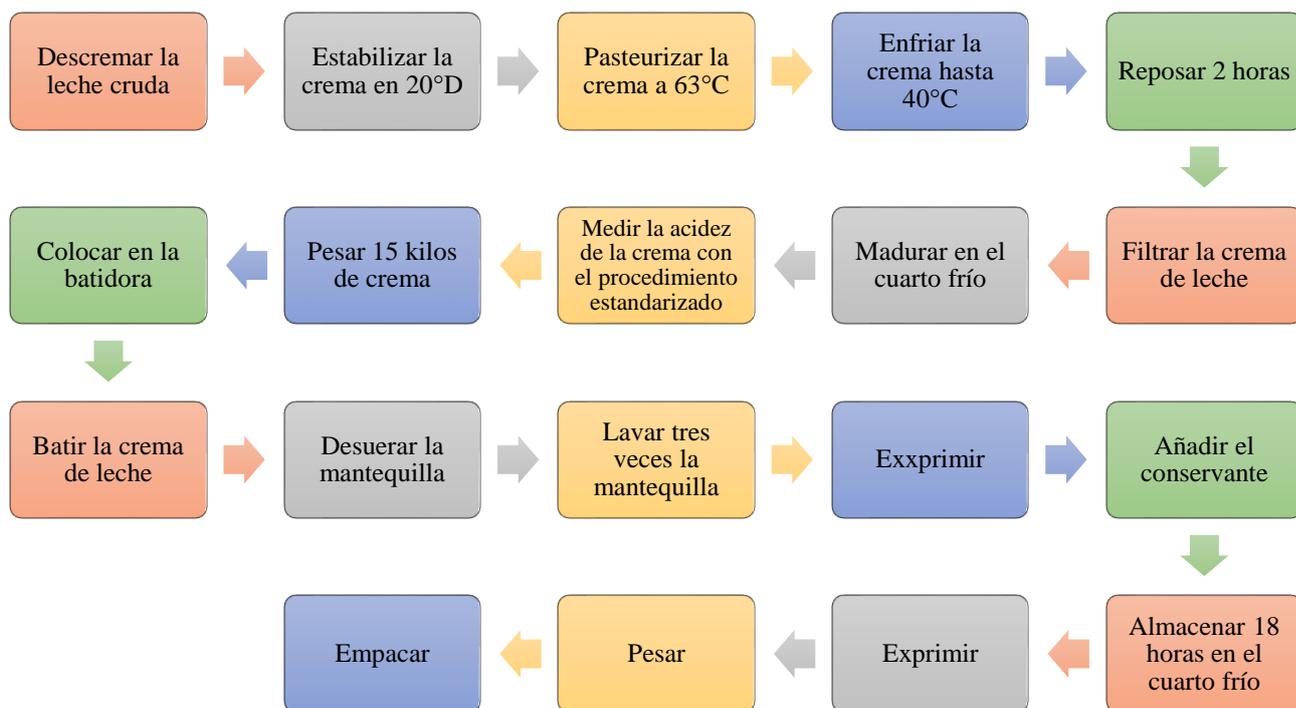


Ilustración 81: Procedimiento de elaboración de mantequilla

Primero se ingresan los factores y niveles al software Minitab y se crea el diseño experimental factorial 2^3 . El software emite un orden en que las corridas deben ser realizadas para ser aleatorias. Después se elaboró un cronograma según el horario y fechas disponibles para cada corrida del experimento y según el orden y las condiciones de las corridas, se corre el experimento.

6. Análisis estadístico de los datos.

6.1. Análisis de residuales.

Los supuestos del modelo de análisis de varianza deben verificarse antes de dar por válidas las conclusiones de la etapa de interpretación. La tabla de ANOVA supone que los residuos se distribuyen normales, independientes y con varianza constante. La violación grave de cualquiera de estos supuestos conduce a conclusiones erróneas (Gutiérrez y De la Vara, 2008, p. 182). En lo posterior se observará que para la variable de respuesta, los 3 supuestos se cumplen, así que los datos y conclusiones obtenidas de las tablas Anova son confiables.

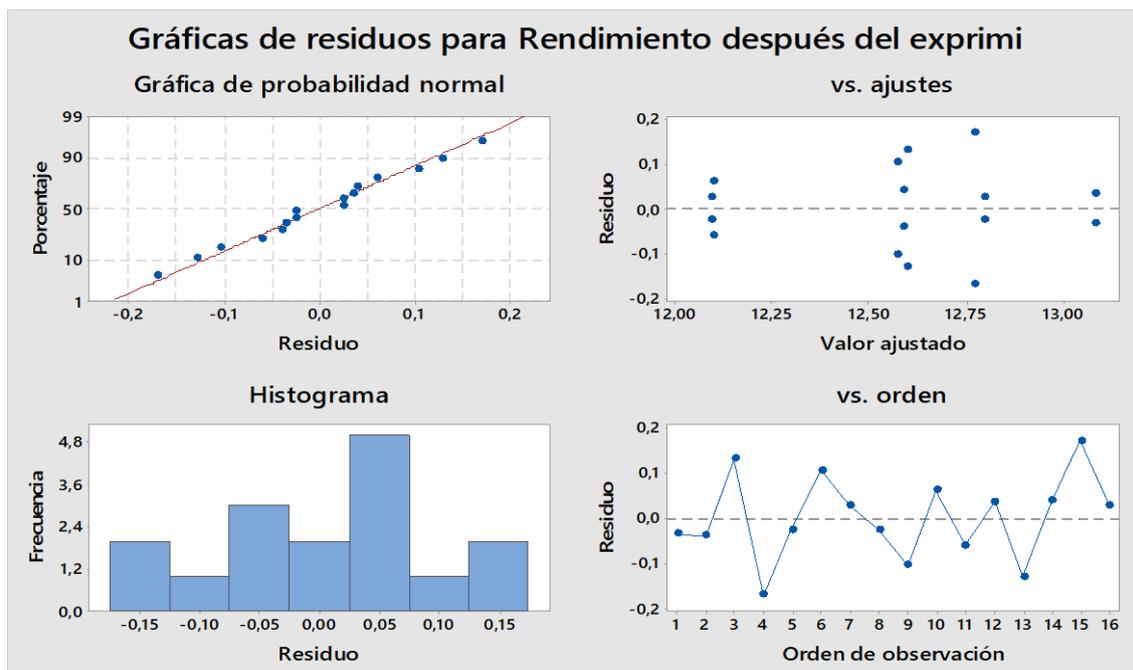


Ilustración 82: Gráfica de residuos del rendimiento mantequero. Fuente Minitab.

Supuesto de normalidad:

En el primer gráfico se puede determinar que los datos siguen una distribución normal, puesto que están muy cercanos a la línea de tendencia. Para comprobar este supuesto se realizó una prueba formal de Shapiro–Wilk, debido a que hay menos de 30 datos. En el software esta prueba equivale al test de Ryan-Joiner, el cual mide qué tan bien siguen los datos una distribución normal al calcular la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los datos, si el coeficiente de correlación está cerca de 1, es probable que la población sea normal (Minitab, 2017).

Si el valor p de esta prueba es menor que el nivel de significancia ($\alpha= 0,05$), se puede rechazar la hipótesis nula y concluir que se trata de una población no normal (Minitab, 2017). Se trabaja con las hipótesis:

H_0 : Los datos siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos no siguen una distribución normal.

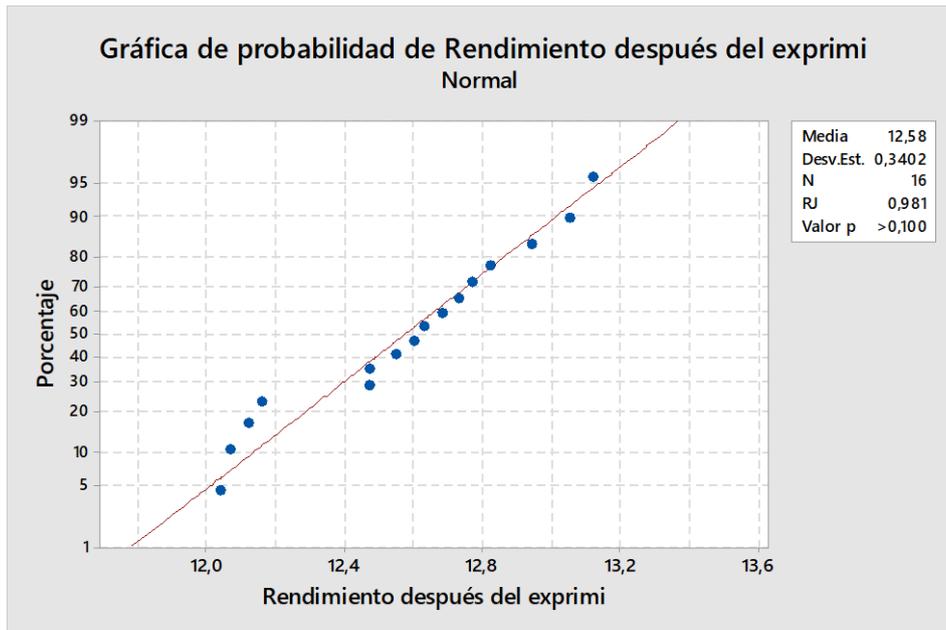


Ilustración 83: Prueba de normalidad de los datos de rendimiento mantequero

En este caso el valor p $0,100 > \alpha$ $0,05$, y el estadístico RJ de $0,981$ cercano a 1 , indican que no se debe rechazar la hipótesis nula, asumiendo que los datos siguen una distribución normal.

Supuesto de igualdad de varianzas:

En la gráfica de residuos contra los valores ajustados se observa la formación de patrones y no es claro si se cumple el supuesto. Se decide realiza un prueba de Barlette, ya que los datos están distribuidos normalmente, cualquier desviación de la normalidad puede hacer que estas pruebas produzcan resultados inexactos, sin embargo, esta prueba es normalmente más potente que el método de comparaciones múltiples o el método de Levene (Minitab, 2017).

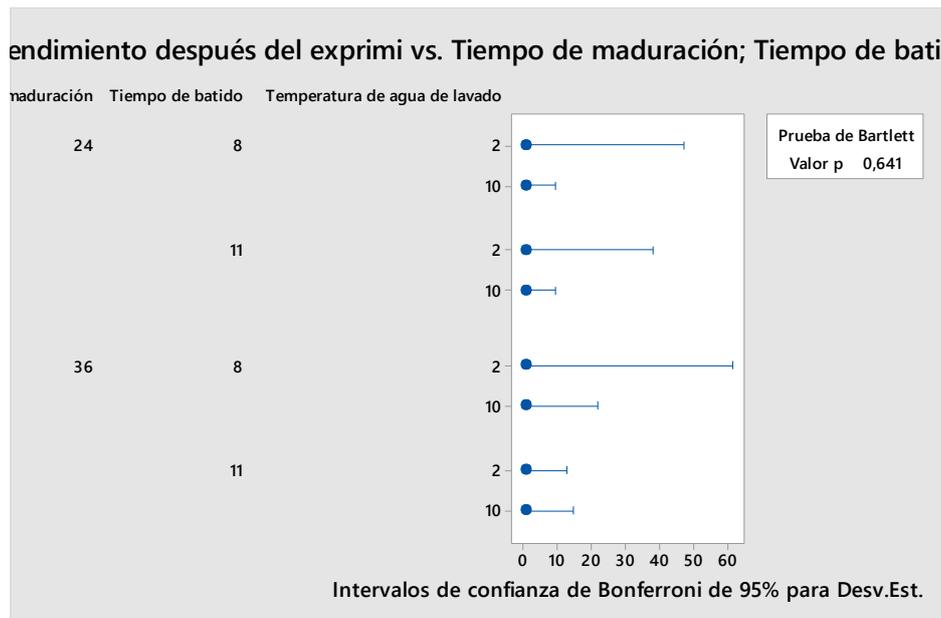


Ilustración 84: Prueba de igualdad de varianzas de los datos de rendimiento mantequero

Método

| | |
|------------------------|--|
| Hipótesis nula | Todas las varianzas son iguales |
| Hipótesis alterna | Por lo menos una varianza es diferente |
| Nivel de significancia | $\alpha = 0,05$ |

Pruebas

| Método | Estadística de prueba | Valor p |
|--------|-----------------------|---------|
|--------|-----------------------|---------|

| | | |
|----------|------|-------|
| Bartlett | 5,16 | 0,641 |
|----------|------|-------|

Se puede determinar que el valor p de 0,641 $>$ α de 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las varianzas son iguales.

Supuesto de aleatoriedad e independencia de los datos:

En la gráfica de residuos contra el orden, no se ven patrones definidos, por lo que no se rechaza este supuesto y se concluye que los datos fueron tomados aleatoriamente. Para comprobar se realiza un prueba de corridas.

Prueba

| | |
|-------------------|--|
| Hipótesis nula | H ₀ : El orden de los datos es aleatorio |
| Hipótesis alterna | H ₁ : El orden de los datos no es aleatorio |

Número de corridas

| Observado | Esperado | Valor p |
|-----------|----------|---------|
|-----------|----------|---------|

| | | |
|---|------|-------|
| 7 | 8,88 | 0,324 |
|---|------|-------|

Se puede concluir que el valor p de 0,324 $>$ α de 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que los datos fueron tomados en orden aleatorio.

6.2. Análisis de Varianza (Anova).

Los datos analizados fueron los obtenidos para las variables de respuesta, mediante cada combinación de factores:

| Factor | Niveles | Valores |
|-------------------------------|---------|---------|
| Tiempo de maduración | 2 | 24; 36 |
| Tiempo de batido | 2 | 8; 11 |
| Temperatura de agua de lavado | 2 | 2; 10 |

Tabla 46: ANOVA de los datos del rendimiento mantequero

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 7 | 1,60678 | 0,229539 | 14,23 | 0,001 |
| Lineal | 3 | 1,13082 | 0,376942 | 23,38 | 0,000 |
| Tiempo de maduración | 1 | 0,0576 | 0,0576 | 3,57 | 0,095 |
| Tiempo de batido | 1 | 0,5476 | 0,5476 | 33,96 | 0,000 |
| Temperatura de agua de lavado | 1 | 0,52563 | 0,525625 | 32,6 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 3 | 0,40033 | 0,133442 | 8,28 | 0,008 |
| Tiempo de maduración*Tiempo de batido | 1 | 0,00423 | 0,004225 | 0,26 | 0,623 |

| | | | | | |
|---|----|---------|----------|-------|-------|
| Tiempo de maduración*Temperatura de agua de lavado | 1 | 0,1936 | 0,1936 | 12,01 | 0,009 |
| Tiempo de batido*Temperatura de agua de lavado | 1 | 0,2025 | 0,2025 | 12,56 | 0,008 |
| Interacciones de 3 términos | 1 | 0,07562 | 0,075625 | 4,69 | 0,062 |
| Tiempo de maduración*Tiempo de batido*Temperatura de agua de lavado | 1 | 0,07562 | 0,075625 | 4,69 | 0,062 |
| Error | 8 | 0,129 | 0,016125 | | |
| Total | 15 | 1,73577 | | | |

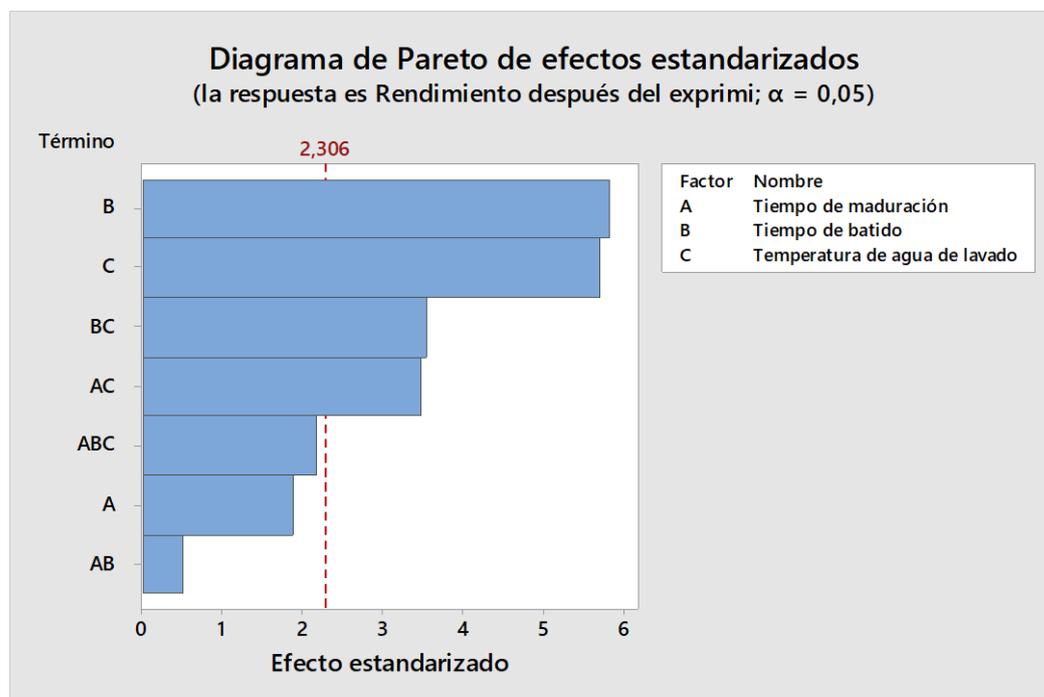


Ilustración 85: Diagrama de Pareto para efectos estandarizados

Modelo:

Cuando el modelo es significativo, indica que al menos uno de los términos es significativo. Considerando un $\alpha = 0,05$ y un valor-p del modelo de 0,001, se consideraría que hay significancia en el modelo.

Interacción de 2 factores:

Con una probabilidad del 5% de cometer un error tipo I, se rechaza la hipótesis nula porque el valor $p (0,009) < \alpha (0,05)$, concluyendo que la interacción entre el tiempo de maduración y la temperatura de agua de lavado es significativa.

Con una probabilidad del 5% de cometer un error tipo I, se rechaza la hipótesis nula porque el valor $p (0,008) < \alpha (0,05)$, concluyendo que la interacción entre el tiempo de batido y la temperatura de agua de lavado es significativa.

Factores:

Debido a que hay interacción entre los factores, no sería necesario analizar individualmente cada factor, sin embargo se puede determinar que el factor Tiempo de batido y Temperatura de agua de lavado son significativos, debido a que se rechaza la hipótesis nula con un valor-p de 0,000 para ambos factores.

6.3.Adecuación del modelo.

Resumen del modelo

| S | R-cuad. | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
|----------|---------|--------------------|----------------|
| 0,126984 | 92,57% | 86,07% | 70,27% |

Se puede considerar que es un excelente modelo debido a que el coeficiente de determinación es un valor muy alto de 92,57% (mejor mientras más cercano al 100% sea), concluyendo que para probar el rendimiento mantequero, el modelo explica cerca del 93% de variabilidad de los resultados.

El valor de r^2 ajustado también es elevado (86,07%), por lo que seguiría siendo un buen modelo si se ingresan más factores.

El valor de Pred r^2 es 70,27%, lo que indica que el modelo tendrá un buen desempeño en la predicción de respuestas si se realiza un nuevo experimento.

6.4. Gráficas de interacción.

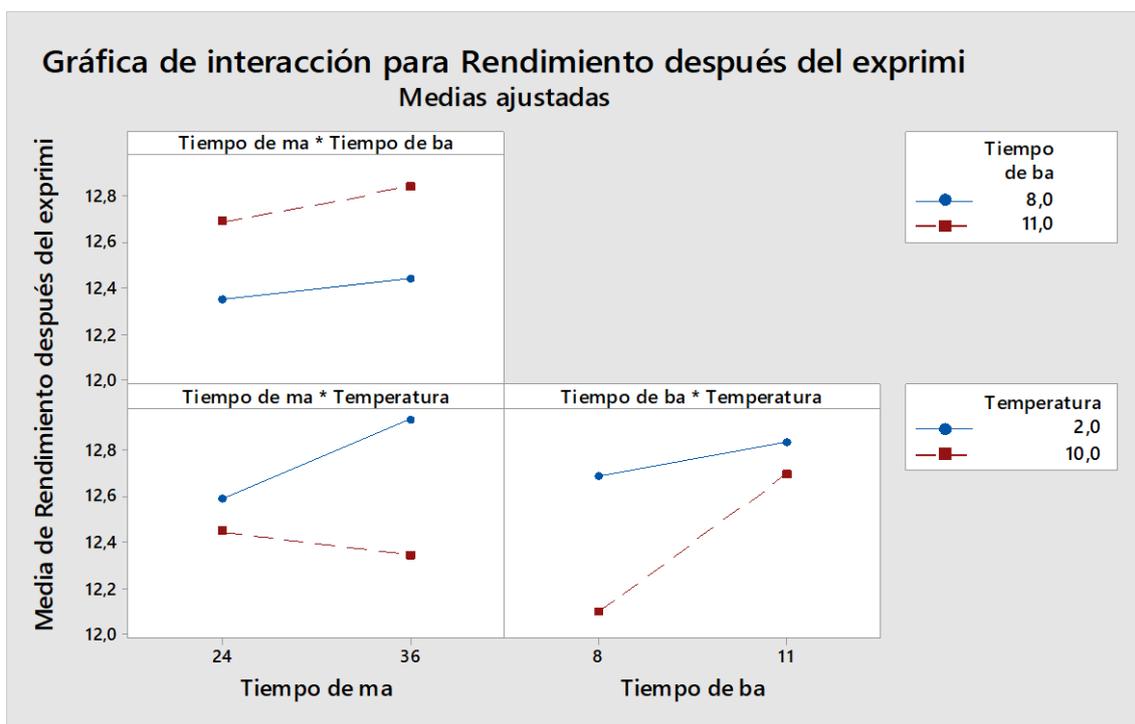


Ilustración 86: Gráficas de interacción para el rendimiento mantequero

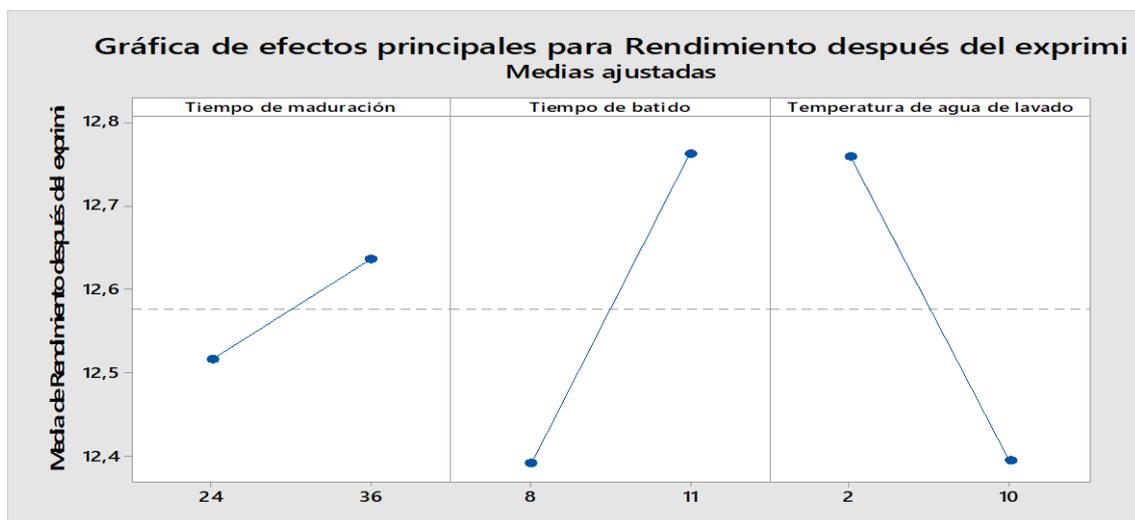


Ilustración 87: Gráfica de efectos principales del rendimiento mantequero

Las gráficas son un buen indicador para la interacción entre factores. Mediante la tabla de Anova, ya se pudo determinar cuáles son los factores que presentan interacción y mediante estos gráficos se podría determinar el nivel óptimo para conseguir la mayor cantidad de mantequilla posible, así:

El tiempo de maduración de la crema de leche debe ser de 36 horas, el tiempo de batido de la mantequilla debe ser de 11 minutos y la temperatura de lavado de la mantequilla debe establecerse en agua helada a 2°C para evitar pérdida de producto.

7. Conclusiones y recomendaciones del experimento.

Se realizó un diseño y análisis de experimentos para obtener la mayor cantidad de mantequilla posible a partir de crema de leche pasteurizada.

La crema antes de la maduración se encontraba a 28°D, después de 24 horas de maduración, la crema tenía entre 31 y 32°D en todas las corridas, mientras que al esperar 36 horas de maduración, la crema llegaba a 36 y 37°D.

Del experimento se pudo determinar que las mejores condiciones de producción son el tiempo de maduración de la crema de leche a 36 horas (mejor mientras sea más ácida), el tiempo de batido de la mantequilla debe ser a 11 minutos y la temperatura de lavado de la mantequilla debe establecerse en agua helada a 2°C.

Se debe tratar que el operario aplique la misma fuerza al realizar los lavados y exprimidos de la mantequilla, esto se lograría reduciendo la fatiga y evitando tiempos de recorrido innecesarios para búsqueda de materiales. Además se deben respetar los parámetros de aceptación de leche cruda para garantizar que el rendimiento sea el adecuado.

3.8.1. Inversión para lograr la mejora del rendimiento mantequero.

- Costo de la crema de leche.

En el experimento se realizaron 16 corridas, y en cada una se usaron 15 kilogramos de crema de leche pasteurizada. Si cada kilogramo de crema de leche pasteurizada tiene un costo de \$1,50, el experimento representó un valor de \$360 en materia prima. Sin embargo toda la mantequilla obtenida del experimento se vendió normalmente a los clientes, por lo que el uso de la crema de leche no representó ninguna inversión.

- Guantes para lavar la mantequilla.

Se pudo determinar que lo óptimo es lavar la mantequilla con agua helada, pero el operario presenta problemas en sus articulaciones por la temperatura baja del agua. Durante la producción el operario prefiere no usar guantes de látex porque la mantequilla se queda pegada y se pierde producto. Mediante consultas a expertos en equipos de seguridad industrial se ha podido determinar que lo óptimo sería usar guantes de poliuretano con base de nylon ultra-fino, porque tienen un excelente nivel de agarre, destreza, comodidad y respirabilidad al usuario, esto se traduce en una mayor productividad en trabajos con aceites y mantecas, protección contra líquidos y al frío, agarre en seco-húmedo y durabilidad, ya que el recubrimiento ofrece la misma sensibilidad táctil de un guante delgado, pero con la protección de un guante recubierto

(IGROPAR, 2017, Kimberly-Clark, 2016). Este tipo de guantes están disponibles en “Ferrisariato” en presentación de un paquete con 10 pares de guantes, con un valor de \$27,10, más \$1,20 de envío, donde cada par de guantes puede ser usado en varios lotes.



Figura 18: Guantes de poliuretano con base de nylon ultra-fino

- Alarma cronometrada, visual y auditiva.

Sería conveniente instalar una alarma que permita que el tiempo de batido sea exactamente 11 minutos. Esta alarma puede ser instalada por la empresa “M&J Inteligencia Artificial y Automatización” y tiene un costo de \$88,95 en materiales y \$10 en instalación, es decir un valor total \$98,95.

3.8.2. *Beneficio alcanzado en el rendimiento mantequero.*

Se ha pesado el rendimiento de mantequilla de 30 lotes donde ingresan 60 kilogramos de crema de leche y se trabajó bajo las condiciones óptimas establecidas en el experimento, de donde se obtuvo que el nuevo rendimiento es de 53,01 kilogramos de mantequilla, es decir, el nuevo rendimiento mantequero es del 96,38%, lo que significa un incremento del 3,66%.

Considerando que el valor de un kilogramo de mantequilla es de \$3,80, bajo las condiciones anteriores el lote tenía un valor de \$193,80, mientras que con las nuevas condiciones de trabajo el lote se puede vender en \$201,44, es decir, una ganancia de \$7,64 por lote.

Uno de los rubros que se debe recuperar sería la adquisición de guantes de poliuretano para que el operario evite molestias en sus articulaciones. Entonces, este valor se podría recuperar en la producción de 4 lotes. También se debería recuperar la inversión de la alarma, lo cual se podría lograr en la producción de 13 lotes y a partir de ahí se obtendrían ganancias.

4. Mejoras para pesos de los productos terminados.

4.1. *Moldes estandarizados.*

Se observó que los moldes tienen mucha variabilidad en las formas debido a los golpes o antigüedad, por lo tanto las capacidades son diferentes. Se tomaron las medidas de largo, ancho y alto de 222 moldes para medir el volumen de cada uno, esos datos fueron

graficados en una carta de control para valores individuales porque hay un solo valor del volumen por cada molde, donde se obtuvo:

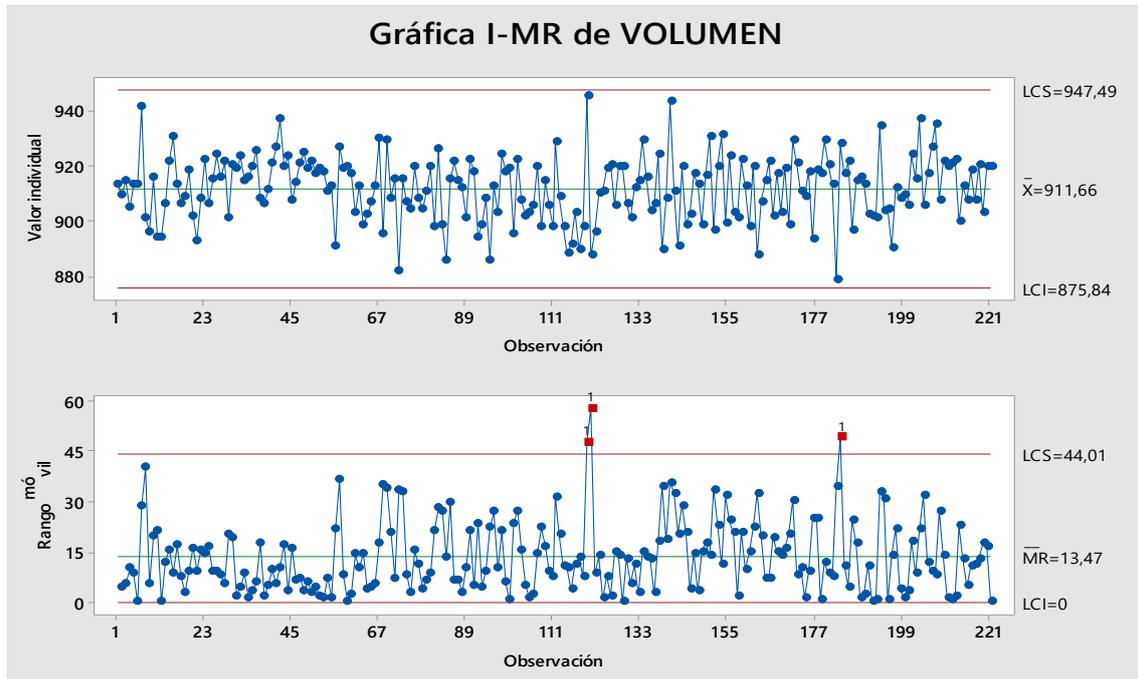


Ilustración 88: Fase I de la capacidad de los moldes

Se han detectado 3 puntos fuera de control, cuyos datos se retiran porque representan alta variabilidad del volumen del molde debido a un daño extremo por golpes y antigüedad, de donde se tiene la siguiente gráfica:

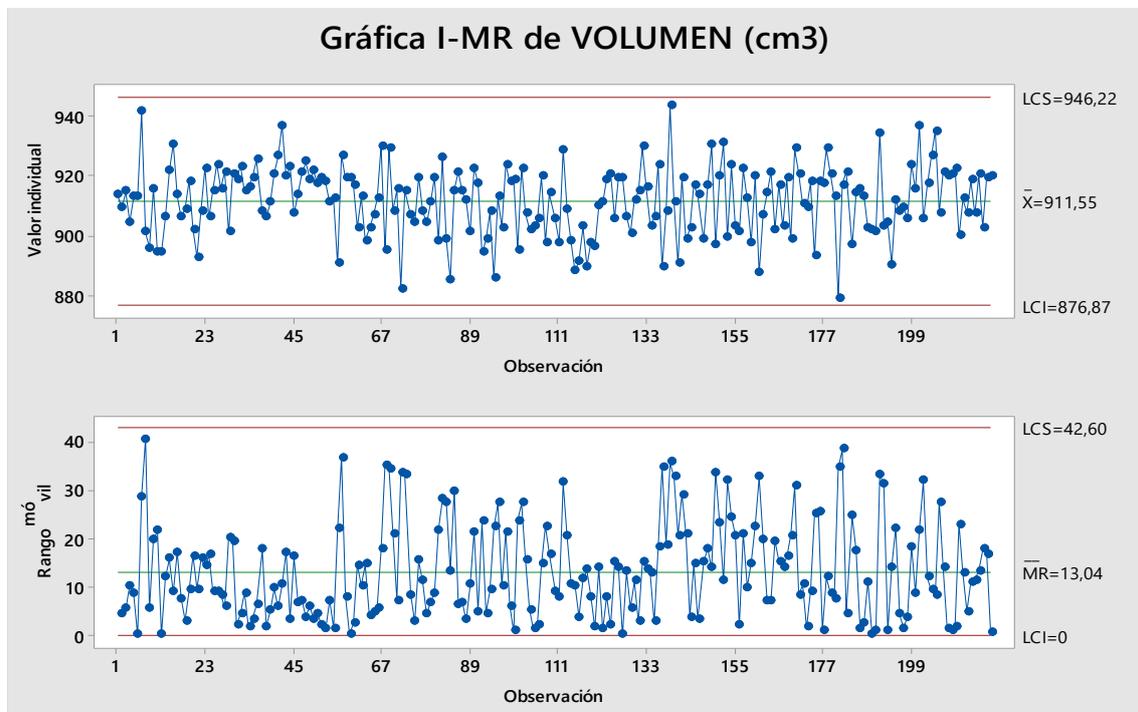


Ilustración 89: Fase II de la capacidad de los moldes

Los moldes son usados para la fabricación tanto de queso fresco como de queso mozzarella, y mediante la gráfica anterior se puede determinar que el volumen promedio de los moldes es de $911,55 \text{ cm}^3$, lo que quiere decir que los quesos frescos nunca tendrán un peso cercano a 700 gramos porque los moldes son mucho más grandes de lo adecuado, mientras que el queso mozzarella nunca alcanzará el peso esperado de 1000 gramos porque los moldes son más pequeños de lo requerido.

- Queso fresco.

Se tomaron los pesos de 30 quesos durante el moldeo, de donde se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 47: Pesos del Queso fresco en la operación moldeo

| Peso con molde y cuajada | Peso del molde | Peso de la cuajada | Peso después del prensado | Peso del suero |
|--------------------------|----------------|--------------------|---------------------------|----------------|
| 1278,67 gramos | 375,47 gramos | 903,20 gramos | 775,73 gramos | 127,47 gramos |

Tomando en cuenta esas consideraciones, se diseñó un molde con las siguientes medidas:

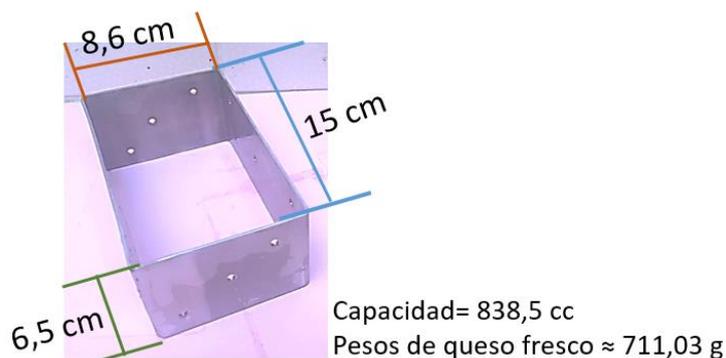


Ilustración 90: Medidas para el nuevo molde para queso fresco

Entonces, se realizaron 15 lotes de queso fresco “San Salvador”, donde se probaron 2 moldes y tacos con las nuevas medidas y el resto con los moldes normales. Aquí se muestran los promedios de los datos obtenidos:

Tabla 48: Pesos obtenidos con los moldes normales y los moldes prototipo de Queso fresco “San Salvador”

| Fecha | Nº Lote | Peso Promedio Obtenido (Moldes antiguos) | Peso Promedio Obtenido (Prototipo) |
|------------|---------|--|------------------------------------|
| 4/10/2018 | 1 | 737,70 | 711,00 |
| | 2 | 738,97 | 711,40 |
| | 3 | 745,40 | 715,00 |
| | 4 | 747,27 | 713,00 |
| 8/10/2018 | 5 | 737,80 | 710,60 |
| | 6 | 744,80 | 717,00 |
| 9/10/2018 | 7 | 739,30 | 715,00 |
| | 8 | 748,13 | 711,32 |
| | 9 | 742,27 | 715,50 |
| 11/10/2018 | 10 | 751,43 | 708,20 |
| | 11 | 746,83 | 707,50 |

| | | | |
|------------|----|--------|--------|
| 12/10/2018 | 12 | 741,27 | 712,00 |
| | 13 | 751,10 | 708,32 |
| | 14 | 743,63 | 708,18 |
| | 15 | 748,73 | 702,00 |

Después se realizó una prueba de hipótesis para probar si el cambio en los pesos del queso fresco es estadísticamente diferente.

Estadísticas de muestras emparejadas

| | | Media | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------|------------------------|----------|----|---------------------|-------------------------|
| Par 1 | Pesos_moldes_normales | 744,3087 | 15 | 4,63697 | 1,19726 |
| | Pesos_moldes_prototipo | 711,1000 | 15 | 3,86005 | ,99666 |

Prueba de muestras emparejadas

| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|----------|--------|----|------------------|
| | | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Pesos_moldes_normales - Pesos_moldes_prototipo | 33,2086 | 7,09817 | 1,83274 | 29,27783 | 37,13950 | 18,120 | 14 | ,000 |

Considerando un α de 0,05, las hipótesis son:

$$H_o: \mu_a = \mu_d$$

$$H_a: \mu_a \neq \mu_d$$

Entonces con un p-value de 0,000 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los pesos con los moldes normales y con los moldes nuevos son diferentes. Sin embargo, la prueba no indica cuál es mayor o menor, por lo que se realizó un diagrama de cajas que muestre la dispersión de ambas muestras, así:

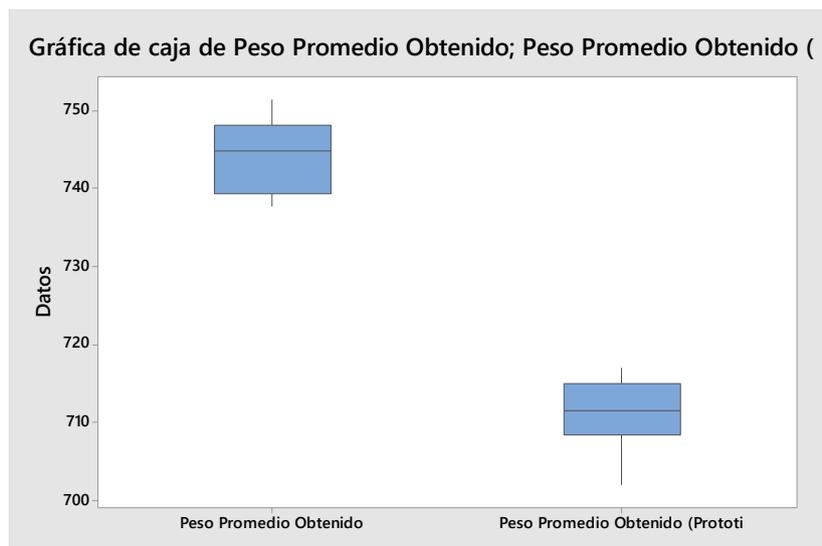


Ilustración 91: Diagrama de cajas entre los pesos con moldes antiguos y prototipo para Queso fresco

Como se observa en la gráfica, los moldes nuevos han provocado que la dispersión y el peso de los quesos frescos “San Salvador” se reduzcan.

- Queso mozzarella.

Además se pesaron 30 moldes con queso mozzarella, de donde se obtuvo:

Tabla 49: Pesos del Queso mozzarella en la operación moldeo

| Peso del molde con queso | Peso del molde | Peso del queso |
|--------------------------|----------------|----------------|
| 1321,97 gramos | 369,47 gramos | 952,50 gramos |

Tomando en cuenta esas consideraciones, se diseñó un molde con las siguientes medidas:

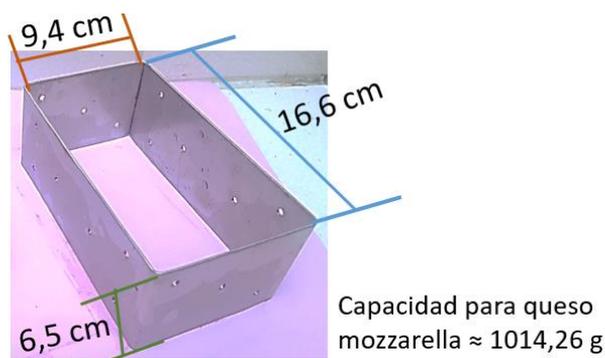


Ilustración 92: Medidas para el nuevo molde para queso mozzarella

Después se realizaron 15 lotes de queso mozzarella, donde se probaron 2 moldes con las nuevas dimensiones y el resto con los moldes normales. Aquí se muestran los promedios de los datos obtenidos:

Tabla 50: Pesos obtenidos con los moldes normales y los moldes prototipo de Queso mozzarella

| Fecha | Nº Lote | Peso Promedio Obtenido (Moldes antiguos) | Peso Promedio Obtenido (Prototipo) |
|-------|---------|--|------------------------------------|
|-------|---------|--|------------------------------------|

| | | | |
|------------|----|--------|---------|
| 5/10/2018 | 1 | 975,21 | 1021,1 |
| | 2 | 960,76 | 1018,33 |
| 10/10/2018 | 3 | 955,92 | 1012,39 |
| | 4 | 977,32 | 1019,76 |
| | 5 | 959,91 | 1017,81 |
| | 6 | 949,5 | 1003,54 |
| 12/10/2018 | 7 | 983,21 | 1005,76 |
| | 8 | 963,85 | 1022,3 |
| | 9 | 977,1 | 1010,16 |
| 15/10/2018 | 10 | 964,98 | 1003,54 |
| | 11 | 955,5 | 1013,23 |
| | 12 | 959,45 | 1005,65 |
| 16/10/2018 | 13 | 969,22 | 1018,98 |
| | 14 | 972,4 | 1002,85 |
| | 15 | 981,1 | 1006,44 |

Después se realizó una prueba de hipótesis para probar si el cambio en los pesos del queso mozzarella es estadísticamente diferente.

Estadísticas de muestras emparejadas

| | Media | N | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-----------------------------|-----------|----|---------------------|-------------------------|
| Par 1 Pesos_moldes_antiguos | 967,0287 | 15 | 10,32696 | 2,66641 |
| Pesos_moldes_prototipo | 1012,1227 | 15 | 7,13906 | 1,84330 |

Prueba de muestras emparejadas

| | | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------|---------|----|------------------|
| | | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 | Pesos_moldes_antiguos - Pesos_moldes_prototipo | -45,09400 | 12,53060 | 3,23539 | -52,03321 | -38,15479 | -13,938 | 14 | ,000 |

Considerando un α de 0,05, las hipótesis son:

$$H_0: \mu_a = \mu_d$$

$$H_a: \mu_a \neq \mu_d$$

Entonces con un p-value de 0,000 se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los pesos de los quesos mozzarella con los moldes antiguos y con los moldes nuevos son diferentes. Sin embargo, la prueba no indica cuál es mayor o menor, por lo que se realizó un diagrama de cajas que muestre la dispersión de ambas muestras, así:

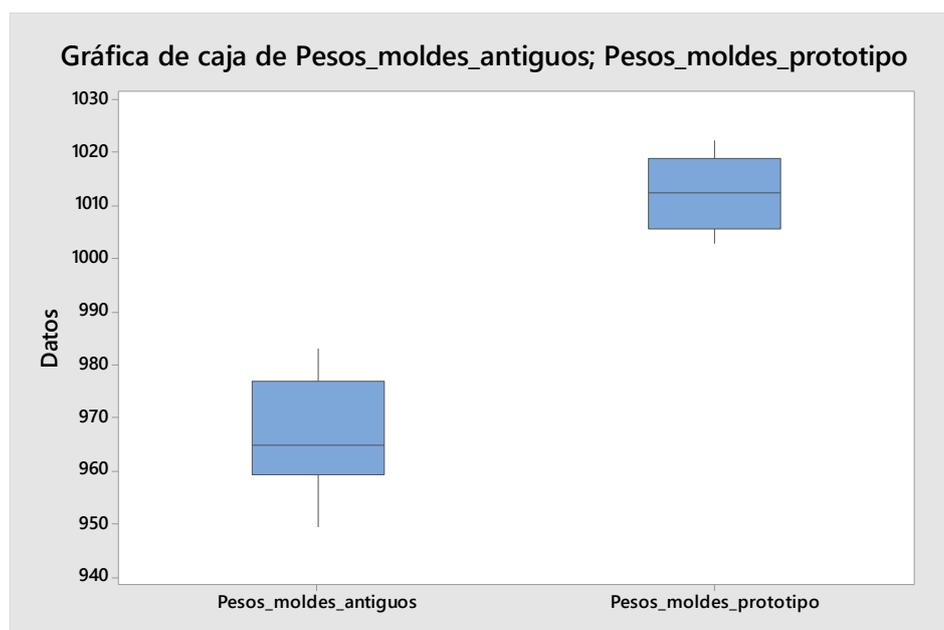


Ilustración 93: Diagrama de cajas entre los pesos con moldes antiguos y prototipo para Queso mozzarella

La gráfica indica que los moldes nuevos han reducido la dispersión y aun aumentado la media de los pesos de quesos mozzarella.

4.1.1. Inversión para alcanzar la mejora.

Considerando el mejor de los casos, en la producción de queso fresco “San Salvador” se alcanzaría el rendimiento teórico, que son 139 unidades, por lo que sería recomendable que se adquirieran 150 nuevos moldes y tacos para la planta de producción de PASS. En el caso de querer producir queso fresco “Rickooo” se deberá añadir una cantidad similar de moldes y tacos.

En el caso del queso mozzarella, lo óptimo sería alcanzar el rendimiento teórico de 62 unidades, por lo que sería adecuado adquirir 70 nuevos moldes para la elaboración de este producto.

Opción 1:

El representante de la empresa “Inoxidables Élite” ha indicado los siguientes costos:

Tabla 51: Costo de nuevos moldes en “Inoxidables Élite”

| Cantidad | Descripción | Costo unitario | Costo total |
|----------|---|----------------|-------------------|
| 150 | Moldes para queso fresco en acero inoxidable con las siguientes dimensiones: 6.5 cm de alto, 15 cm de largo y 8.6 cm de ancho | \$ 4,60 | \$ 690,00 |
| 150 | Tacos para prensar los moldes | \$ 4,20 | \$ 630,00 |
| 70 | Moldes para queso mozzarella en acero inoxidable con las siguientes dimensiones: 6.5 cm de alto, 16.6 cm de largo y 9.4 cm de ancho | \$ 4,80 | \$ 336,00 |
| | | | \$1.656,00 |

A este valor se le debe añadir \$10 por el envío mediante el alquiler de una camioneta, lo que resultaría en \$1666.

Opción 2:

Otra opción es realizar los moldes y tacos en la empresa “Industrial JC”, que en la proforma de costos N° 119 ha indicado los siguientes valores:

Tabla 52: Costos de nuevos moldes en “Industrial JC”

| Cantidad | Descripción | Costo unitario | Costo total |
|----------|--|----------------|-------------------|
| 150 | Moldes para queso fresco en acero inoxidable con las siguientes dimensiones: 6.5 cm de alto, 15 cm de largo y 8.6 cm de ancho; cada uno con un taco. | \$ 7,00 | \$1.050,00 |
| 70 | Moldes para queso mozzarella en acero inoxidable con las siguientes dimensiones: 6.5 cm de alto, 16.6 cm de largo y 9.4 cm de ancho | \$ 3,80 | \$ 266,00 |
| | | | \$1.316,00 |

También se debe añadir \$10 por el envío mediante el alquiler de una camioneta, lo que resultaría en \$1326. Esta sería la opción más viable y económica.

4.1.2. Beneficio de la mejora.

- Queso fresco “San Salvador”.

En la etapa Medir, se recolectaron datos de 3767 unidades de queso fresco “San Salvador”, de donde se obtuvo que el peso promedio es de 748 gramos; mientras que con los nuevos moldes el promedio fue de 711 gramos. Esto resulta en una reducción del peso de 37 gramos, es decir, un ahorro de 15,9 centavos por queso. Si el nuevo rendimiento es de 109 unidades por lotes, se tendría que en cada lote se ahorran \$17,28.

Si se considera la opción más económica, la inversión que se debe recuperar sería \$1326. Entonces se necesitan producir 77 lotes para recuperar este monto, lo que equivale a aproximadamente 4 semanas y 2 días con una producción de 3 lotes diarios. Después de recuperada la inversión, se evitarían pérdidas en la empresa y esos recursos podrían ser aprovechados para mejoras en la planta de producción.

En el caso de no adquirir estos nuevos moldes y continuar con los anteriores, la pérdida por lote es de \$22,42 o aproximadamente \$403,56 semanales.

- Queso mozzarella.

Se han recolectado los pesos de 2643 unidades y se ha obtenido que el peso promedio es de 973 gramos, mientras que con los nuevos moldes el peso se elevó a 1012 gramos. Esto resulta en un aumento del peso en 39 gramos, con lo que se mejorará la satisfacción del cliente ya que recibe el peso justo en el producto que adquiere. En este caso no se recuperará la inversión mediante ahorros monetarios, sino que se evita el pago de multas, ya que el uso de indicaciones o etiquetas con información que engañe a los compradores con pesos inexactos, será sancionado con multa de dos mil a cuatro mil dólares de los Estados Unidos de América (Ley 76, 2007).

4.2. Propuestas para la mejora en los pesos de los productos terminados.

Con las mejoras implementadas anteriormente ya se ha alcanzado un beneficio económico, sin embargo es recomendable considerar algunas propuestas que generarán mayores beneficios para la operación de moldeo, para las cuales se ha analizado el monto de inversión y el periodo de recuperación acorde a las ganancias por el ahorro en el peso de queso fresco “San Salvador”, así:

- Alarma visual y auditiva.

Se recomienda usar un sistema de alarmas para estandarizar el tiempo de cuajado y evitar el desuerado excesivo, ya que esto implica que se requiera más cuajada para llenar los moldes y que la variabilidad en los pesos de los productos terminados aumente. Mediante la observación en los procesos productivos se podría indicar que el 60% de lotes tienen este problema, especialmente en el queso fresco, por lo que se ha planteado una propuesta para implementar un sistema de alarmas cronometradas, visuales y auditivas en cada olla de cuajado, sin embargo ya se ha implementado un prototipo de alarma y se ha comprobado que ésta funciona para que el operario retire a tiempo la cuajada y realice el proceso productivo adecuadamente.



Figura 19: Prototipo de alarma implementado

La alarma prototipo fue adquirida a un valor de \$6 en almacenes Kywi, pero esta inversión no debe ser recuperada porque solo funcionará temporalmente mientras se adquiere la alarma auditiva y visual.

“M&J Inteligencia Artificial y Automatización” es una empresa dedicada a la automatización y control de procesos, ubicada en la ciudad de Riobamba, la cual se podría encargar de la instalación de las alarmas propuestas, y mediante una proforma indicó que el costo de los materiales para cada alarma sería de \$88,95, así:

Tabla 53: Costo de la alarma cronometrada, visual y auditiva

| Artículo | Costo |
|--|-------|
| Gabinete metálico liviano BEAUC 200x200x150 mm | 17,58 |
| Licudadora 163x102 mm roja CSC 110 VAC 10 W | 21,25 |
| Pulsador 22 mm plástico simple CSC rojo NC | 1,4 |
| Pulsador 22 mm plástico simple CSC verde NA | 1,4 |
| Selector 22 mm 2 POS CSC negro 1 NA | 1,53 |

| | |
|--|-----------------|
| Breaker riel EBAS 1P 10A 6 KA | 2,37 |
| Luz 22 mm LED CSC roja 110 V | 1,27 |
| Luz 22 mm LED CSC verde 110 V | 1,41 |
| Accesorios | 10 |
| Timer ON DLY CSC 6/60S/6/60MIN 24-240 V AC/DC 8P | 21,21 |
| Sub total | \$ 79,42 |
| IVA 12% | \$ 9,53 |
| Costo total | \$ 88,95 |

Las alarmas deben ser instaladas en tanto para queso fresco como para queso mozzarella, así el costo total de la instalación sería de \$593,70 como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 54: Costo total de la instalación de las alarmas cronometradas

| Área | Requerimiento | Costo |
|------------------|--------------------------------------|------------------|
| Queso fresco | 4 ollas de 500 litros | \$ 355,80 |
| Queso mozzarella | 2 ollas de 500 litros | \$ 177,90 |
| | Total de materiales | \$ 533,70 |
| | Mano de obra | \$ 60,00 |
| | Costo total de la instalación | \$ 593,70 |

Esta inversión podría ser recuperada con el ahorro en cada unidad de queso fresco “San Salvador” de 15,9 centavos por unidad o \$17,28 por lote. Se requieren 35 lotes o 2 semanas de producción para recuperar este monto.

- Estantes para almacenamiento vertical de los moldes.

Actualmente los moldes se lavan después del uso y para almacenarlos se los tira en tanques de plástico, lo que provoca golpes, deformaciones en los moldes y malos olores por la acumulación del suero restante del lavado.

Lo óptimo sería que si se adquieren los nuevos moldes estandarizados, también se adquiriera un estante que los almacene vertical y ordenadamente, lo que prolongaría la vida útil de los moldes, evitaría deformaciones en los moldes, malos olores y que se requiera una nueva compra de estos materiales en un plazo menor a dos años. Entonces, serán necesarios dos anaqueles, uno para los moldes de queso fresco y otro para queso mozzarella, donde cada uno pesará aproximadamente 63 kilogramos.



Figura 20: Propuesta de estante para almacenamiento vertical de moldes

Opción 1:

Los fabricantes de este tipo de anaqueles son la empresa española Tecnical (Tecnical, 2018). Mediante una proforma de costos enviada por la Dirección comercial, se pudo conocer que el valor de cada estante es de \$950, valor en el que se incluye asesoría para la empresa y 1 año de garantía.

El transporte será realizado por la empresa DHL, mediante el modo de envío “DHL Express Worldwide” (DHL Express, 2018). Entonces el costo de envío será:

Tabla 55: Costo de la importación de los estantes de almacenamiento vertical para moldes

| Rubro | Valor |
|---|--------------------|
| Pago de derechos e impuestos | \$ 26,00 |
| Extra por recogida del paquete | \$ 56,00 |
| Extra por Pallet no apilable | \$ 334,00 |
| Valor del envío de 2 paquetes de 63 Kg desde España | \$ 3.387,54 |
| Total | \$ 3.803,54 |

Por lo tanto, el valor total de adquirir los dos estantes en acero inoxidable será de \$5.703,54 dólares.

Una manera de recuperar la inversión sería con el ahorro en los pesos de queso fresco de \$17,28 por lote, entonces se necesitarían 330 lotes de queso fresco o aproximadamente 18 semanas de producción con 18 lotes cada una, para recuperar la inversión.

Opción 2:

Se puede también fabricar los estantes en la empresa “Industrial JC”, donde el propietario, Sr. Julio Villacrés, ha indicado mediante la proforma de costos N° 119 que el valor de cada anaquel de 3 pisos es de \$750, más \$10 del costo de transporte mediante el alquiler de una camioneta, lo que resultaría en \$1510. Esta opción es la más económica, pero existe el riesgo de que las características de los estantes no sean idénticas a las originales.

Considerando una ganancia de \$17,28 por lote de queso fresco, se necesitarían 87 lotes de queso fresco o aproximadamente 5 semanas de producción con 18 lotes cada una, para recuperar la inversión.

Si la dirección de PASS aceptaría realizar todas las inversiones para mejorar la operación de moldeo, estas se recuperarían con la producción de 199 lotes de queso fresco “San Salvador” o aproximadamente 11 semanas con 18 lotes cada una.

Fase Controlar

El objetivo de Six Sigma no es solo mejorar el proceso, sino también controlarlo para continuar a largo plazo (Mishra & Sharma, 2014), que permanezca en estado mejorado y no vuelva a la "vieja" forma de hacer las cosas (Southard et al., 2012), por lo que esta etapa consiste en controlar las variables críticas que causan la variabilidad de los procesos (Reyes, 2002) y garantizar que se cumplan los objetivos (Barbosa and Perez, 2012).

Los objetivos de esta última fase son:

- Diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido durante el proyecto LSS se mantenga después que se han implementado los cambios (Valderrey, 2010).
- Dar seguimiento al cumplimiento de los objetivos y la misión del proyecto (Valderrey, 2010).
- Informar a la dirección los resultados obtenidos (Valderrey, 2010).

Para lo cual existen diversas herramientas tales como:

- El control estadístico de los procesos (Cartas de control $X - R$) para monitorear el estado de confiabilidad después de la mejora (Cheng & Kuan, 2012).
- El plan de control para controlar todas las variables críticas de entrada y salida con acciones de control a largo plazo para garantizar que todas las mejoras estuvieran en curso y para reducir la variación causada por estas variables críticas de entrada y salida (Lee et al., 2013).
- Los instructivos de operación (Ray & John, 2011).

Como entregables de esta fase se tiene:

- Control estadístico de los procesos (Socconini, 2016).
- Procedimiento de monitoreo para garantizar que las métricas críticas permanezcan dentro de niveles aceptables (Southard et al., 2012).
- Plan documentado del mejoramiento del proceso existente con información de las mediciones antes y después del proyecto (Guilcapi, 2010).
- Documentos operativos, de capacitación, de retroalimentación y control (Guilcapi, 2010).

1. Plan de control.

Tabla 56: Plan de control de las mejoras del proyecto

| N° | ¿Qué se va a controlar? | ¿Cómo? | Frecuencia de Medición | Documentos | Acciones en caso de incumplimiento de la mejora |
|----|---|---|----------------------------------|--|--|
| 1 | Análisis adecuado de los parámetros de recepción de la materia prima (leche cruda y crema de leche) | Verificando que los operarios cumplan con los pasos del instructivo | Diariamente | Instructivo del laboratorio de análisis de materia prima | La dirección de la empresa realizará una capacitación a los operarios indicándoles el fallo y cómo se debe realizar correctamente el procedimiento. El operario semanero vigilará por el buen cumplimiento del procedimiento y notificará a la Gerente de producción en caso de ocurrir problemas |
| | | Calibrando los equipos de medición | Anualmente | Certificados de calibración | La Gerente de producción notificará al Gerente general de la falta de calibración de los equipos para que se contacte con la empresa responsable y se realice el trabajo |
| 2 | Reducción de distancias en los procesos de producción | Revisando que todos los insumos y herramientas se encuentren en los lugares destinados en la planta producción (gancho, laboratorio y tienda) | Se realizará de forma diaria | Check list, Diagramas de recorrido | El operario semanero dará aviso al dueño del proceso los materiales o herramientas faltantes para la producción y antes de iniciar la jornada se colocarán los materiales en el lugar adecuado. Si este inconveniente persiste, se dará aviso a la Gerente de producción para que haga un llamado de atención al operario y se corrija el problema |
| 3 | Reducción de tiempos de valor no agregado | Controlando que en se fabricación cumplan los procedimientos indicados y que las herramientas y materiales estén en el lugar adecuado | Se controlará un día a la semana | Diagramas VSM, SIPOC y AMEF | La dirección de la empresa realizará una capacitación a los operarios indicándoles el fallo y cómo debe ser el proceso de producción correcto en cada área |

| | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|
| 4 | Rendimiento de la materia prima: leche cruda | Verificando que en el proceso de llenado, la leche cruda esté en la línea marcada de 500 litros en cada olla | Se verificará en cada lote de producción | Diagramas Cross Functional y procedimiento de llenado de ollas con leche cruda | La dirección de la empresa entrenará al personal para que siga el procedimiento y lo realice adecuadamente |
| 5 | Rendimiento de la materia prima: crema de leche | Pesando 60 Kg de crema de leche en la balanza calibrada y verificando que la olla batidora se llene sólo hasta el nivel marcado | Se pesará en cada lote de producción | Diagrama SIPOC | La dirección de la empresa capacitará al operario con el procedimiento adecuado |
| 6 | Rendimiento de la cuajada | Controlando que la mesa de moldeo esté junto a la olla de cuajado para evitar desperdicio | Se controlará en cada lote de producción | | El operario semanero indicará al dueño del proceso la ubicación correcta de la mesa de trabajo, se moverá la mesa y se continuarán las actividades |
| | | Verificar que los insumos y herramientas están aptas para desarrollar el proceso | Se verificará en cada lote de producción | Check list | Cada operario dará aviso al área de compras para obtener nuevos insumos y herramientas |
| 7 | Rendimiento queso | Controlar el buen funcionamiento del mecanismo de la nueva mesa de moldeo, verificando que se elimine el suero y no la cuajada | Se controlará en cada lote de producción después de la implementación. Después de la primera semana se revisará un día a la semana | Manual de la nueva mesa de moldeo | El operario semanero revisará el mecanismo de la mesa para hacer los ajustes necesarios, pero en caso de daño de fábrica, la dirección de la empresa informará al proveedor para los arreglos correspondientes |
| | | Se comprobará la efectividad y buen estado de la pala niveladora de cuajada | Se controlará en cada lote de producción después de la implementación | Diagramas de flujo de procesos | La dirección de la empresa entrenará al personal para que cumpla con el procedimiento correcto |

| | | | | | |
|---|------------------------|---|---|--|--|
| | | Verificar que los moldes con nuevas dimensiones estén en buen estado | Se controlará trimestralmente | | Si se detecta un molde con daños en su forma, se retirará de la planta de producción y se reemplazará por uno nuevo |
| | | Controlar que las alarmas cronometradas sean activadas y funcionen las señales visuales, auditivas | Se controlará en cada lote de producción que se usen las alarmas. El correcto funcionamiento puede revisarse un día a la semana | Manual de funcionamiento de las alarmas y Check list | La dirección de la empresa capacitará al personal en el uso adecuado de los equipos. En caso de avería se contactará a la empresa proveedora de este servicio para que revise las instalaciones y mecanismos |
| | | Controlar que se coloquen de una forma correcta los moldes en los estantes de almacenamiento vertical | Se controlará en cada lote de producción después de la implementación | | La dirección de la empresa entrenará al personal para que almacene adecuadamente los moldes |
| 8 | Rendimiento mantequero | Controlar que la alarma cronometrada sea activada y verificar que funcione la señal visual y auditiva | Se controlará en cada lote de producción después de la implementación, acabada la primera semana se revisará un día a la semana | Manual de funcionamiento de las alarmas y Check list | La dirección de la empresa capacitará al personal en el uso adecuado de los equipos. En caso de avería se contactará a la empresa proveedora de este servicio para que revise las instalaciones y mecanismos |
| | | Controlar que el operario use los guantes de poliuretano | Se controlará en cada lote de producción después de la implementación | | La dirección de la empresa realizará una capacitación al operario indicándole los beneficios del uso del equipo de seguridad |
| 9 | Mejora continua | Realizar un evento Kaizen para mejorar los procesos productivos y la cultura de mejoramiento | Se recomienda un evento cada 6 meses | | Realizar un evento mínimo cada año |

2. Control del Rendimiento de la materia prima.

2.1. Control del rendimiento quesero.

Se ha elaborado una carta de control para valores individuales con los datos de 15 lotes de producción de queso fresco “San Salvador” bajo las mejoras implementadas y se observa que el proceso está bajo control estadístico y no hay presencia de patrones, por lo que se puede afirmar que las mejoras fueron efectivas y elevaron la media del rendimiento a 109 unidades.

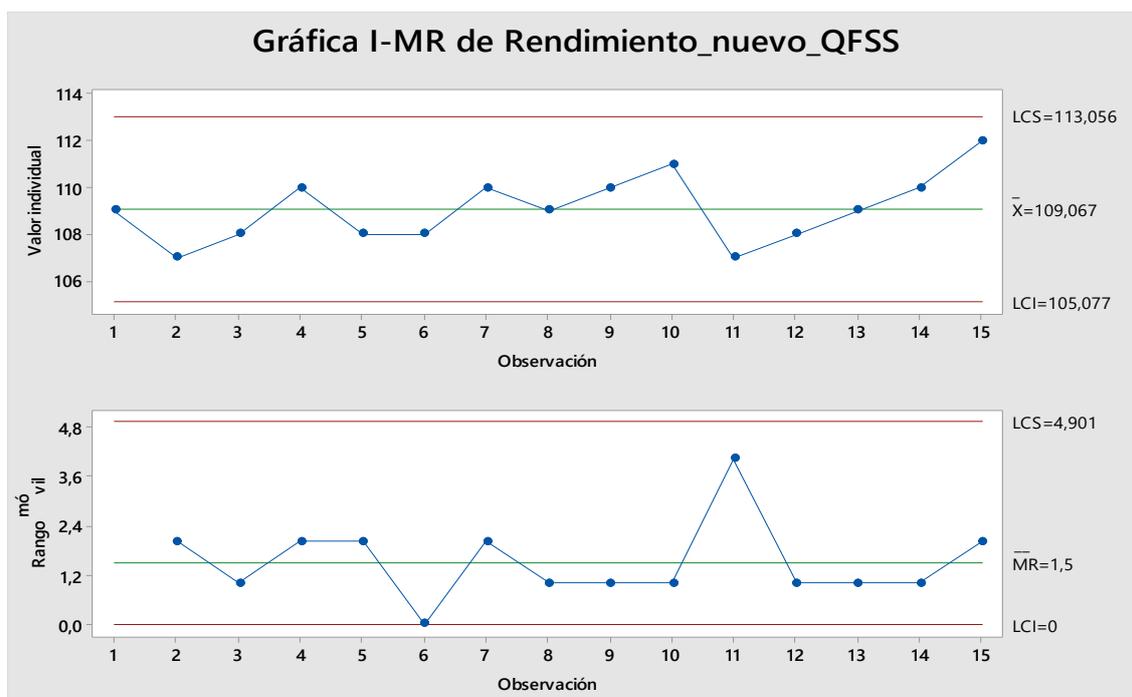
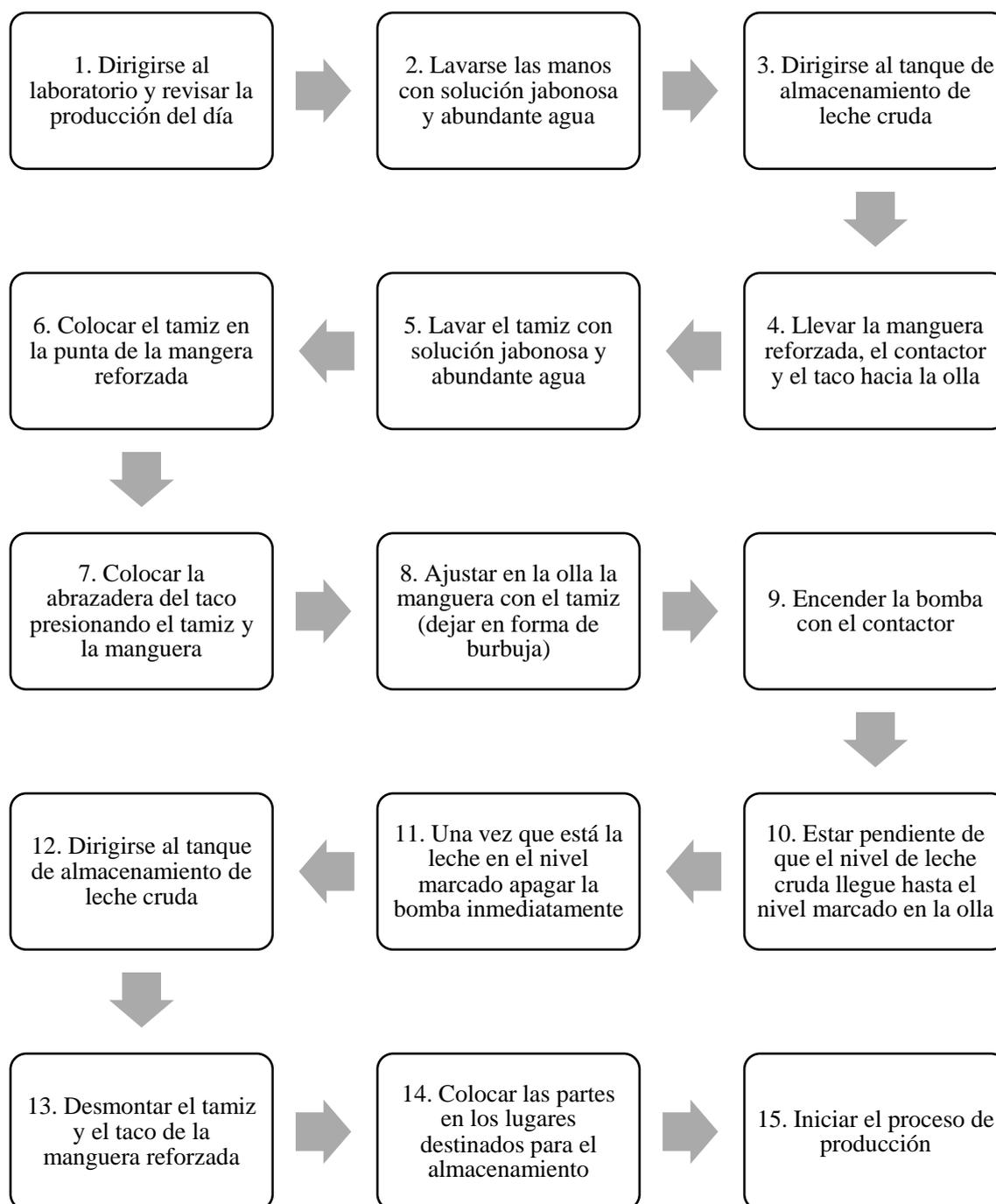


Ilustración 94: Carta de control para valores individuales del nuevo rendimiento quesero de "San Salvador"

2.1.1. Procedimiento para el correcto llenado de las ollas.

Se debe controlar en cada lote de producción que el llenado de las ollas llegue únicamente hasta el nivel marcado en cada una, lo que evitará que la materia prima se desperdicie y baje el rendimiento. Es por ello que se deben seguir los siguientes pasos:



2.2. Control del rendimiento mantequero.

El nuevo rendimiento es de 53,01 kilogramos de mantequilla, es decir, el nuevo rendimiento mantequero es del 96,38%, lo que significa un incremento del 3,66%. Mediante una carta de control para valores individuales se graficaron los datos del rendimiento de 16 lotes para conocer si están dentro de control estadístico y el comportamiento de los datos será predecible.

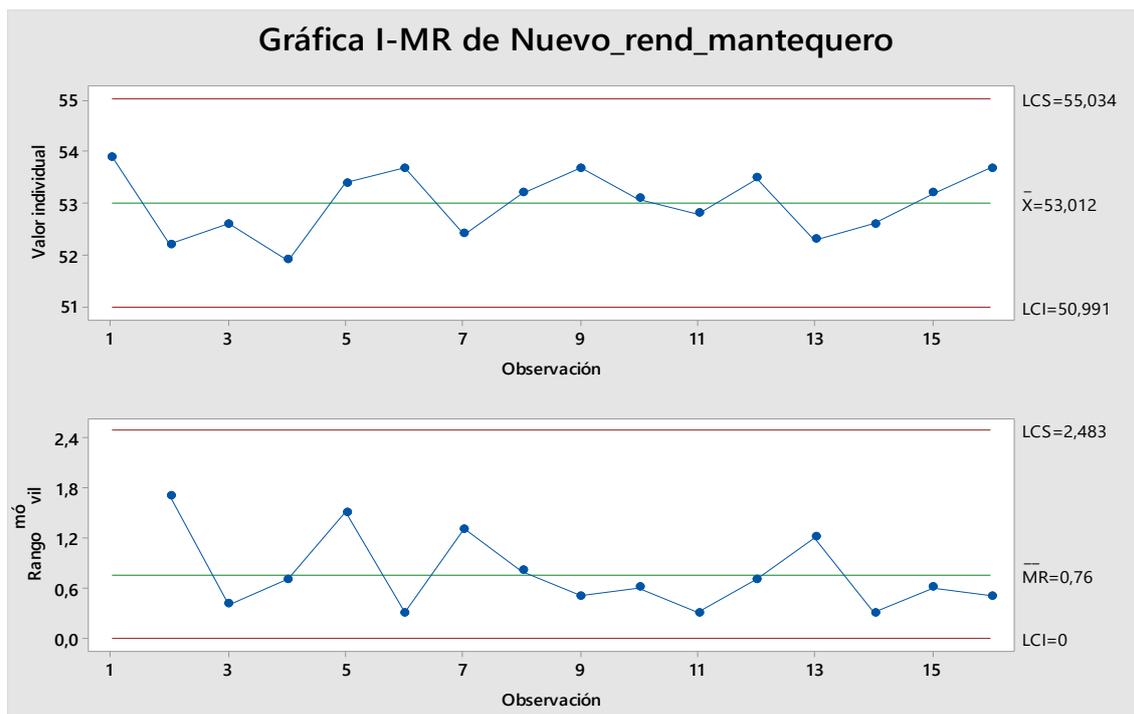
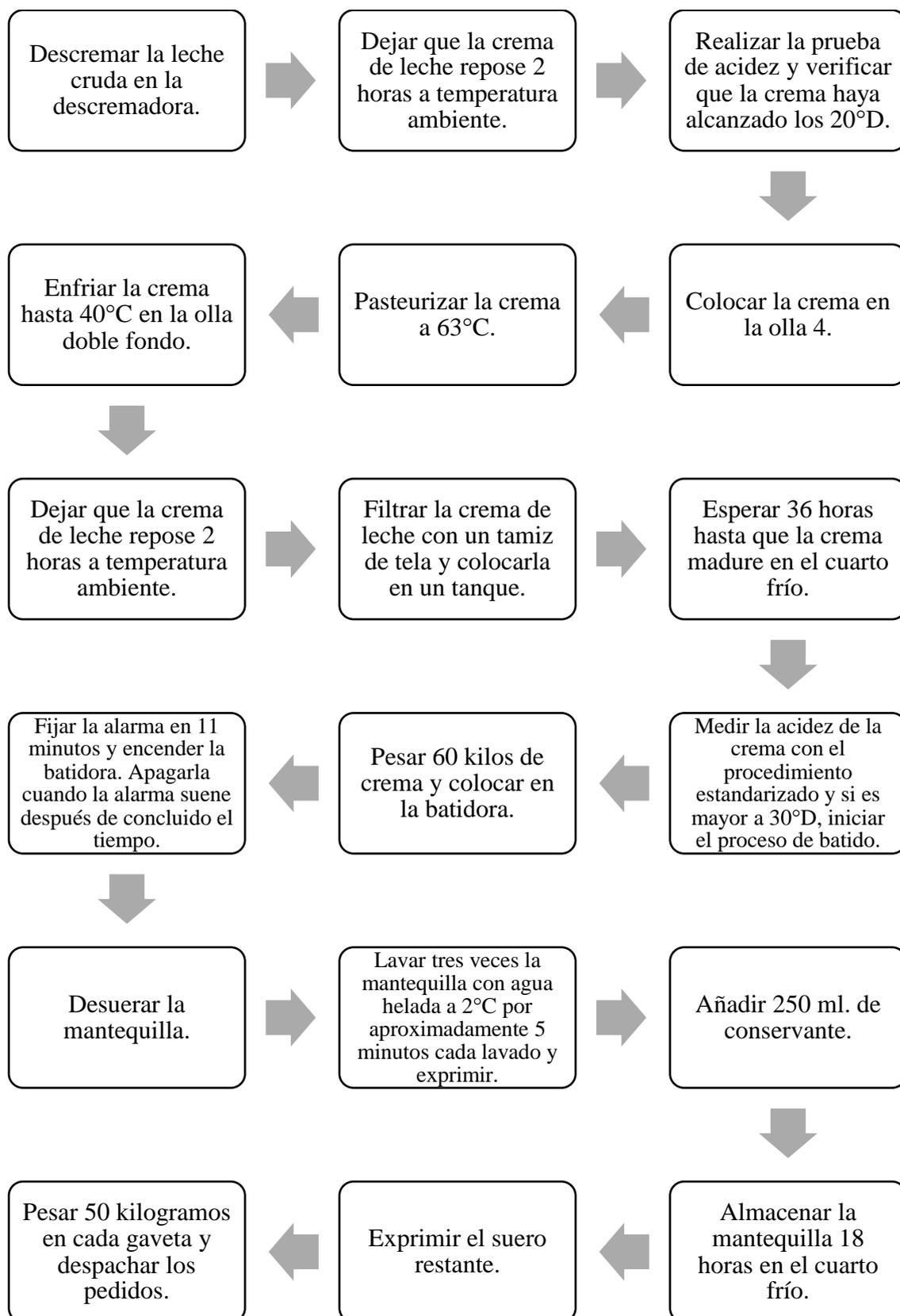


Ilustración 95: Carta de control para valores individuales del nuevo rendimiento mantequero

Como se observa en la gráfica el proceso si están bajo control estadístico y no se observa la formación de patrones.

2.2.1. Procedimiento para mantener el rendimiento mantequero bajo control.



3. Control del peso de los productos terminados.

3.1. Control del peso en Queso fresco "San Salvador".

Se han tomado los pesos de 30 unidades de queso fresco "San Salvador" mediante el uso de dos moldes y tacos con las dimensiones propuestas en 15 lotes, de donde se ha obtenido una carta de control para valores individuales porque sólo se puede tomar una medición del peso de cada unidad, así:

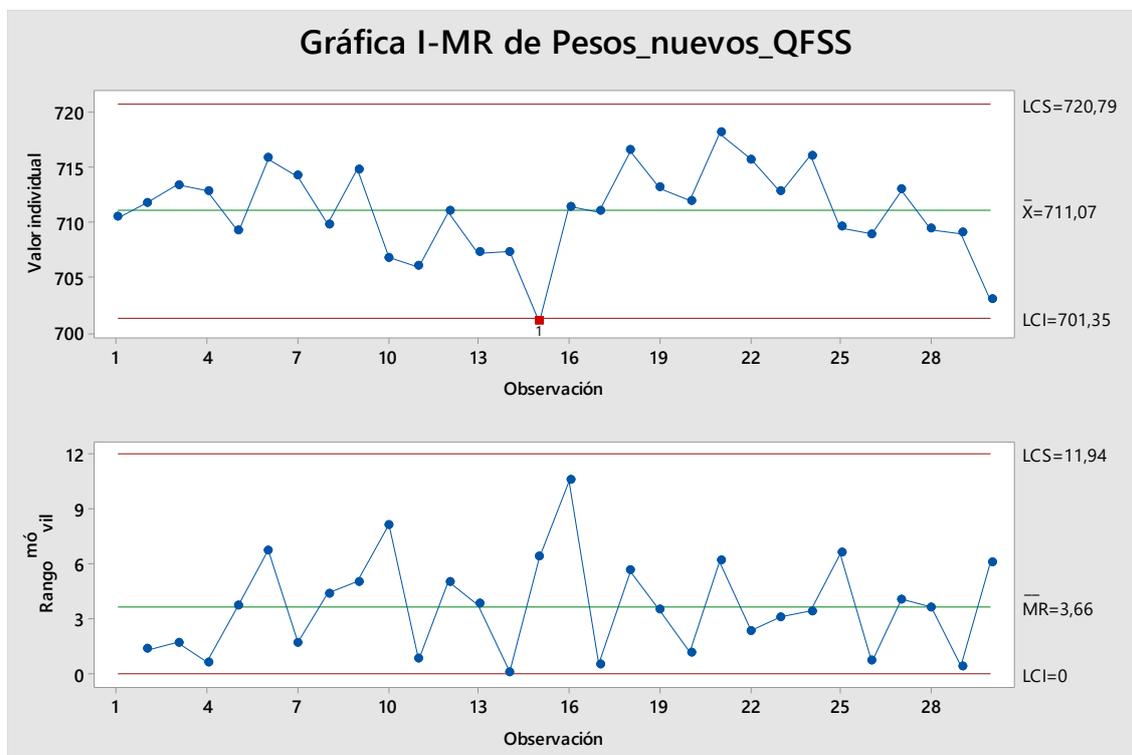


Ilustración 96: Carta de control para valores individuales para los nuevos pesos de Queso fresco "San Salvador"

No se presentan patrones, pero en la gráfica de valores individuales existe un punto fuera de control, al presentar un valor de 701 gramos, sin embargo, esto es beneficioso ya que es la unidad que más se acerca al valor esperado de 700 gramos, además se observa que la media está en 711,07 gramos, lo que permite afirmar que los moldes propuestos si reducen el peso de los productos terminados.

3.2. Control del peso en Queso mozzarella.

Se tomaron los pesos de 30 unidades de queso mozzarella que han sido elaborados con los moldes con las dimensiones propuestas en 15 lotes, y se ha obtenido una carta de control para valores individuales porque sólo se puede tomar una medición del peso de cada unidad. En la gráfica se observa que no hay formación de patrones y que la media del peso es 1012,12 gramos, lo que indica que el uso de estos moldes si eleva el peso en el producto terminado.

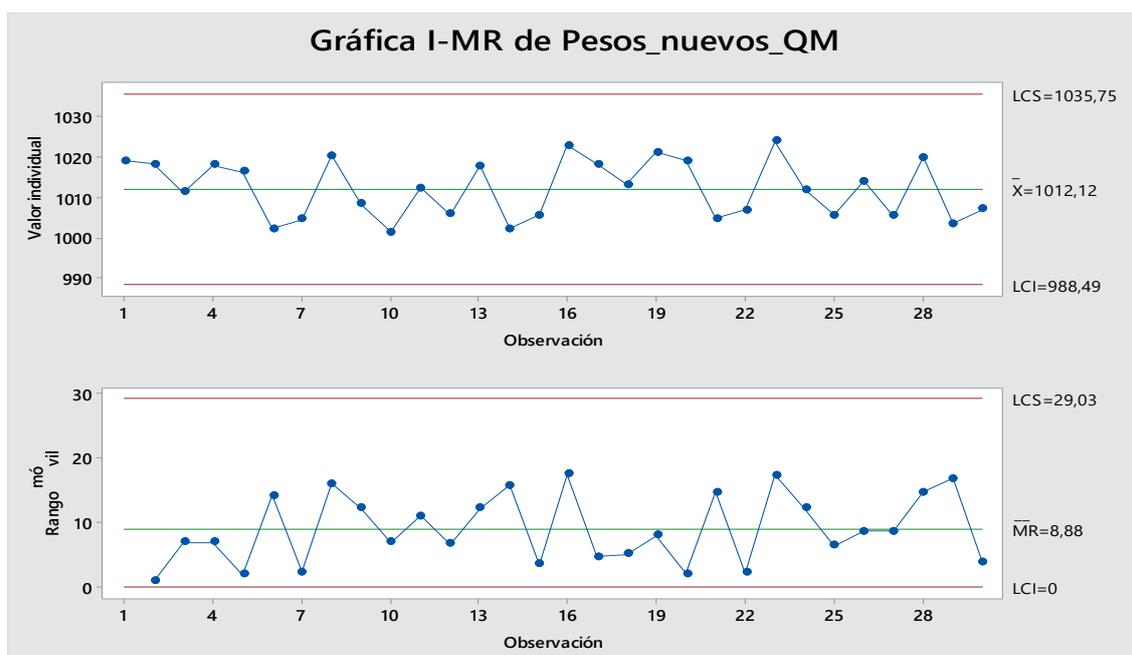


Ilustración 97: Carta de control para valores individuales para los nuevos pesos de Queso mozzarella

3.3. Control del peso en Mantequilla.

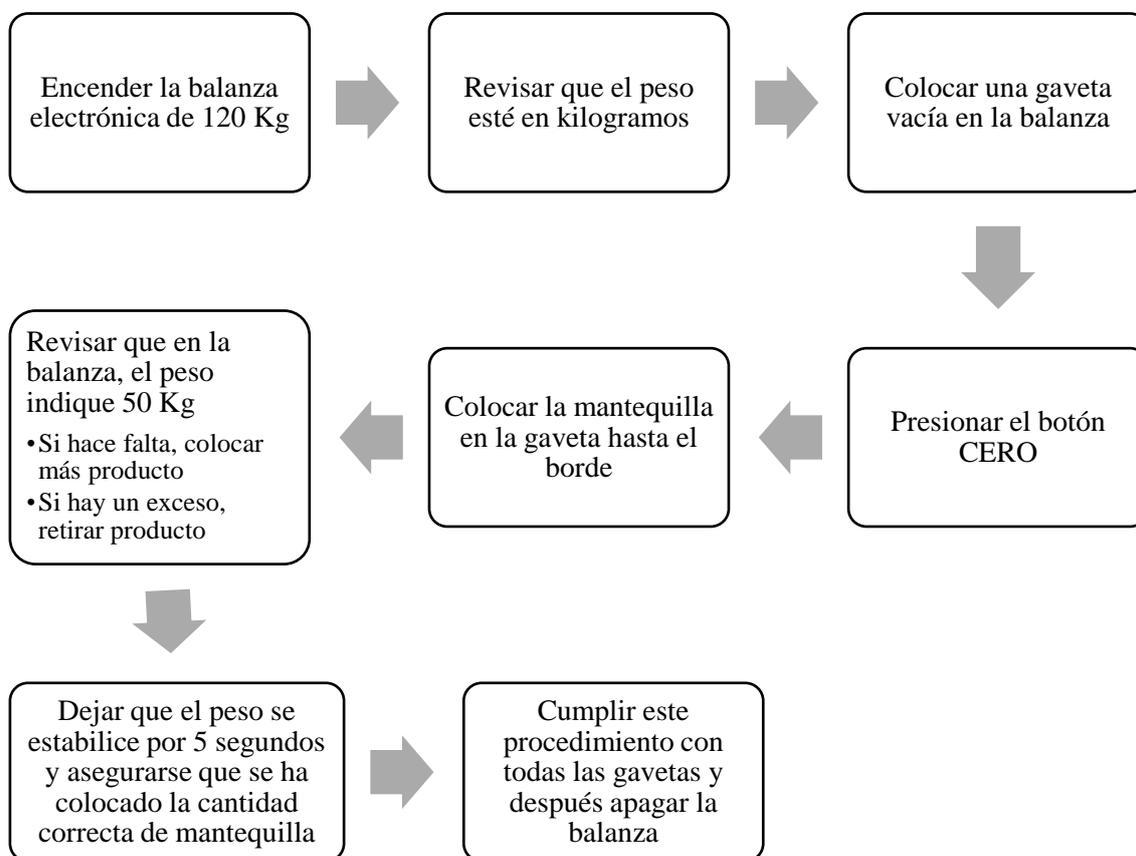
Una de las causas principales de que las gavetas de mantequilla tengan un peso que varía mucho de 50 kilogramos, es por la falta de tiempo del operario, ya que cuando se debían despachar las gavetas, sólo se llenaban hasta el borde sin pesar, mientras que con la reducción de tiempo de valor no agregado, el trabajador ya tiene tiempo de pesar y asegurarse que se expendía la cantidad adecuada de producto. Se tomaron los pesos de 20 gavetas de mantequilla, y se ha elaborado una carta de control para valores individuales porque sólo se puede tomar una medición del peso de cada unidad. En la gráfica se observa que no hay formación de patrones y que la media del peso de las gavetas es 50,48 kilogramos, lo cual ya está dentro de lo aceptable para la empresa.



Ilustración 98: Carta de control para valores individuales para los nuevos pesos de gavetas de Mantequilla

3.3.1. *Procedimiento para mantener bajo control la operación de pesaje de gavetas de mantequilla.*

Antes de vender una gaveta de mantequilla a un cliente, se deben cumplir los siguientes pasos:



CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto fue lograr la aplicación de LSS en 6 meses en la empresa Productos Alimenticios “San Salvador” para generar mayor satisfacción al cliente y mejorar las ganancias que recibe la empresa. Se implementaron algunas mejoras en los procesos productivos de la empresa, y algunas ideas fueron propuestas para que la administración las analice. Una de los resultados de este proyecto fue que los procesos sean más eficientes mediante la reducción de desperdicios como movimientos, transportes, esperas y tiempos de valor no agregado, así:

Tabla 57: Resumen de la reducción de Distancias y Tiempos de Valor no agregado

| | Distancias | | Tiempos de Valor no agregado | |
|------------------------------------|------------|---------|------------------------------|------------|
| | Antes | Después | Antes | Después |
| Queso fresco "San Salvador" | 457 m | 295 m | 90,27 min | 16,21 min |
| Queso fresco "Rickooo" | 460 m | 275 m | 109,57 min | 24,42 min |
| Queso mozzarella | 478 m | 326 m | 347,36 min | 193,47 min |
| Mantequilla | 207 m | 119 m | 38,46 min | 3,52 min |

Este trabajo se enfocó en mejorar 2 CTQ`s, que fueron elevar el rendimiento de la materia prima y la reducción de variabilidad de los productos terminados, de donde se obtuvo:

Tabla 58: Cambio de los CTQ`s en estudio

| | Producto | Línea base | Objetivo | Estado actual | Cambio |
|--|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Rendimiento de la materia prima (leche cruda o crema de leche) | Queso fresco "San Salvador" | 75,50% | 78,5% | 78,40% | Incremento de 2,90% |
| | Queso fresco "Rickooo" | 86,33% | 89,33% | Mejoras propuestas | |
| | Queso mozzarella | 80,60% | 83,6% | | |
| | Mantequilla | 92,70% | 95,7% | 96,40% | Incremento de 3,70% |
| Peso del producto terminado | Queso fresco "San Salvador" | 748 gramos | 700 gramos + 30 gramos | 711 gramos | Reducción de 37 gramos |
| | Queso fresco "Rickooo" | 742 gramos | 700 gramos + 30 gramos | Mejora propuesta | |
| | Queso mozzarella | 973 gramos | 1000 gramos + 30 gramos | 1012 gramos | Incremento de 39 gramos |
| | Mantequilla | 47,690 kilogramos | 50 kilogramos + 0,5 kilogramos | 50,483 kilogramos | Incremento de 2,793 kilogramos |

Además se alcanzó un impacto económico positivo en la organización, mediante el incremento de las unidades obtenidas, ahorros y reducción de desperdicios. Entonces

considerando la producción de cada semana, en donde mínimo se realizan 18 lotes de Queso fresco “San Salvador”, 4 lotes de Queso fresco “Rickooo”, 15 lotes de Queso mozzarella y 7 de Mantequilla, PASS tendría una ganancia de \$580,52, así:

Tabla 59: Resumen del impacto económico de las mejoras del proyecto

| | Mejora implementada | Inversión (\$) | Recuperación de la inversión (N° lotes) | Ganancia (\$ por lote) | Ganancia mínima (\$ por semana) |
|---|---|-----------------------|--|-------------------------------|--|
| Rendimiento quesero | Marcado del nivel de las ollas | 0 | | 12 | 216 |
| | Repisas con ganchos | 144 | | | |
| | Materiales de acero inoxidable | 210 | 14 | | |
| | Materiales de plástico | 31,1 | | | |
| | Acercamiento de la mesa a la olla | 0 | | | |
| | Mejora propuesta | Inversión | Recuperación de la inversión (N° lotes) | | |
| Mesa de moldeo | 410 | 34 | | | |
| Pala para nivelar la cuajada | 71,2 | 6 | | | |
| Rendimiento mantequero | Mejora implementada | Inversión | Recuperación de la inversión (N° lotes) | 7,64 | 53,48 |
| | Crema de leche | 0 | | | |
| | Mejora propuesta | Inversión | Recuperación de la inversión (N° lotes) | | |
| | Guantes de poliuretano | 28,3 | 4 | | |
| Alarma cronometrada, visual y auditiva | 98,95 | 13 | | | |
| Estandarización de pesos de productos terminados | Mejora propuesta | Inversión | Recuperación de la inversión (N° lotes) | 17,28 | 311,04 |
| | Moldes con nuevas dimensiones | 1326 | 77 | | |
| | Alarmas cronometradas, visuales y auditivas | 593,7 | 35 | | |
| | Estantes de almacenamiento vertical de moldes | 1510 | 87 | | |
| | | | | | 580,52 |

Entonces, la inversión total sería de \$4423,25 y se recuperaría en 7,6 semanas, esto significa que después de aproximadamente 2 meses de producción, PASS percibirá ganancias significativas, lo que ayuda a su sostenibilidad en el mercado.

Fase definir:

Se identificaron los requerimientos de los clientes y del negocio, lo que permitió enfocar el proyecto en mejoras que generen un impacto positivo para la empresa y los clientes.

La selección de los productos para el proyecto fue realizada en base a datos, considerando el apoyo de la dirección y el impacto que las mejoras tendrán, por lo que se eligieron los productos más vendidos mediante un diagrama Pareto, los cuales fueron dos tipos de quesos frescos, queso mozzarella y mantequilla.

Fue necesario determinar los tipos de mercado que adquieren los productos en estudio, que en este caso fueron 3 (consumidores finales, clientes y consumidores mayoristas), y cada uno tiene diferentes requerimientos y expectativas de los productos. Entonces, para conocer los aspectos que realmente le importan al cliente se eligió la encuesta como principal recurso del análisis de la voz del cliente, lo que permite entender cómo mejorar los productos para satisfacer las necesidades de cada mercado.

Fase medir:

El análisis del sistema de medición no era aceptable en el inicio del estudio, por lo que se aplicaron mejoras como calibración de equipos, capacitación al personal y estandarización del proceso mediante un instructivo con el procedimiento correcto para el análisis de parámetros en la recepción de leche cruda. Esto provocó que los indicadores de este análisis mejoren, sean inferiores al 30% y por ende se consideren aceptables.

Las cartas de control fueron una buena herramienta para entender si el comportamiento de los datos era predecible y obtener información relevante, así como:

- Es necesario hacer pruebas con la leche o crema de nuevos proveedores para saber si el producto cumple con las especificaciones requeridas por la empresa y por la normativa nacional. Así mediante las gráficas de control se pudo determinar que la materia prima estaba adulterada y no era correcto recibirla por presentar valores fuera de control.
- Es conveniente que las operaciones, especialmente de moldeo de quesos, se realicen entre dos personas, ya que el trabajo se reduce para el dueño del proceso y tiene más tiempo para cuidar que los productos tengan características adecuadas de calidad.

La presencia y supervisión de la dirección es vital en la producción porque permiten que el rendimiento suba y que todas las operaciones sean realizadas correctamente.

Los datos de rendimiento de la materia prima y pesos de los productos terminados fueron obtenidos de los lotes de producción, buscando siempre contar con mínimo 30 datos, debido al Teorema del límite central, que indica que cuando el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande ($n \geq 30$), la distribución de las medias sigue aproximadamente una distribución normal, ya que muchos procedimientos estadísticos comunes requieren que los datos sean aproximadamente normales.

Fase analizar:

Los diagramas causa efecto son una buena herramienta para conocer las causas del bajo rendimiento de la materia prima, las cuales fueron:

- Maquinaria y herramientas obsoletas.
- Método de trabajo basado en experiencia
- Sistemas de medida inexistentes
- Falta de supervisión e involucramiento de la dirección
- Falta de tecnificación
- Falta de señalización del nivel óptimo de llenado de las ollas

- Falta de definición de estándares de producción
- Falta de estudios técnicos
- Falta de cultura de mejoramiento
- Falta de implementos para la producción.

Las medidas implementadas para atacar estas causas fueron:

- La dotación de nuevos materiales y herramientas para evitar desperdicio de materias primas como leche y crema de leche.
- Capacitación al personal.
- Estandarización de los procesos mediante alarmas prototipo en las operaciones críticas como el cuajado.
- Análisis y mejora del sistema de medición de parámetros de leche cruda, hasta lograr una variabilidad inferior al 30%.
- Uso de cartas de control y creación de formatos para el uso permanente en la empresa.
- Evento Kaizen con el personal y la dirección de la empresa.
- Propuestas de mejoramiento y cálculo del impacto económico de cada una, así como adquirir una nueva mesa de moldeo y guantes de poliuretano para la producción de mantequilla.
- Señalizado del nivel de llenado de las ollas en 500 litros para queso fresco “San Salvador”.
- Elaboración de tablas con los límites de especificación para todas las operaciones de los procesos productivos.

También se establecieron las principales causas de la alta variabilidad en los pesos de los productos terminados, las cuales fueron:

- Falta de estandarización del método de producción y pesaje.
- Moldes obsoletos.
- Falta de implementos para la producción.
- Sistemas de medida ineficientes en el pesado.
- Sistemas de medida inexistentes para el pesado.
- Método de trabajo basado en experiencia.
- Falta de supervisión e involucramiento de la dirección.
- Falta de estandarización en el tiempo de cuajado.
- Falta de cultura de mejoramiento.
- Maquinaria y herramientas obsoletas.
- No se nivela la cuajada en los moldes.

Las medidas para atacar estas causas fueron:

- Pruebas y propuestas de adquisición de moldes con capacidades adecuadas para queso fresco y mozzarella.
- Reducción de tiempo de valor no agregado para utilizarlo en el pesaje de productos terminados.
- Adquisición de equipos de medición como balanzas calibradas y con la sensibilidad adecuada.

- Propuestas de mejoramiento y cálculo del impacto económico de cada una, así como adquirir alarmas visuales y sonoras para el proceso de cuajado, pala para nivelar la cuajada y dos estantes de almacenamiento vertical para los moldes que eviten su deterioro.
- Capacitación al personal.
- Evento Kaizen con el personal y la dirección de la empresa.

Los índices de capacidad analizados indicaron que los procesos no están centrados y son incapaz de cumplir con las especificaciones de peso y rendimiento de la materia prima.

Fase mejorar:

Se aplicaron herramientas lean que permitieron la participación de todo el personal en el proceso de mejora de las líneas de producción, así como la reducción de desperdicios como movimientos, transportes y esperas, y la mejor disposición de los materiales y herramientas en los puestos de trabajo.

El diseño de experimentos ha sido una herramienta muy poderosa para determinar las condiciones de trabajo más adecuadas para mejorar el rendimiento mantequero. Después de planear paso a paso las operaciones de este experimento, se obtuvieron resultados estadísticos satisfactorios, ya que se ha logrado la óptima utilización de recursos y la máxima cantidad de mantequilla posible.

El análisis de impacto económico de las mejoras es muy importante, ya que se debe probar que las medidas han ayudado a mejorar los procesos productivos y a elevar la rentabilidad en la empresa. Después de este análisis se pudo determinar que si se trabaja con las mejoras implementadas y propuestas, la empresa tendrá una ganancia de \$580,52, además de que los operarios se sentirán más satisfechos con su trabajo y se evitarán enfermedades ocupacionales.

Fase controlar:

Los procesos que han trabajado bajo las nuevas condiciones, son estables, predecibles, están bajo control estadístico y cumplen con los límites de especificación.

Se ha probado que las medidas implementadas son eficientes, ya que han permitido mejorar los CTQ`s en estudio.

RECOMENDACIONES

Sería conveniente variar la presentación de los quesos e incluir moldes circulares porque más del 30% del mercado requiere que los productos tengan esta forma.

Se deberían desarrollar más proyectos de mejoramiento en los procesos productivos de la empresa, los cuales se enfoquen en los CTQ`s que no se abarcaron en este proyecto.

Es necesario mantener un sistema de control de las características de la calidad de los productos, el cual pueda ser comprendido por los operarios y analizado frecuentemente por la dirección de la empresa. Por ello se recomienda mantener el uso de cartas de control porque ayudan a monitorear los indicadores más importantes de los procesos productivos y en el caso de detectar puntos fuera de control, se puede determinar inmediatamente si hubo una causa asignable y tomar medidas sobre ella.

Es recomendable agregar más personal a la planta de producción, ya que en repetidas ocasiones el personal debe cumplir con actividades extras a los procesos productivos, así como entregas de producto terminado. Sería muy conveniente designar una persona para cumplir con estas actividades, permitiendo que el personal se concentre en la elaboración de los productos lácteos e incluso reciba ayuda de practicantes bien capacitados.

Se debe mantener el tiempo que se tienen los días Jueves para la capacitación permanente del personal, porque es importante que conozcan sobre la manera correcta de realizar su trabajo y concientizarlos de que elaborar productos de calidad y satisfacer a los clientes, beneficia tanto a ellos como a la empresa.

Es necesario que la dirección de la empresa esté más presente en la planta de producción y supervise los procesos, puesto que esto mejora los indicadores de los procesos.

Se debería realizar un evento Kaizen frecuentemente, ya que permite obtener ideas de los operarios sobre cómo mejorar los procesos, cuáles son las necesidades en la planta de producción y cómo solucionar problemas que se presentan. Además estos eventos muestran al personal que sus contribuciones son importantes para el desarrollo organizacional y mantiene una cultura de mejoramiento.

Sería muy adecuado que se mantengan las mejoras que se han implementado en este trabajo, ya que se han probado que ayudan a mejorar la productividad de la empresa. También sería útil que la administración analice las propuestas aquí planteadas y considere la adquisición, ya que beneficiarán a la empresa.

Mantener la apertura para que estudiantes realicen prácticas o proyectos de mejora en las instalaciones de la empresa, ya que se brinda la oportunidad de adquirir experiencia y conocimiento en condiciones productivas reales. Además la organización se beneficia con la aplicación de metodologías de mejora que se han probado que son efectivas en industrias alrededor del mundo.

LECCIONES APRENDIDAS

Con cambios pequeños y esfuerzos continuos se pueden obtener excelentes resultados, es decir, no hacen falta grandes inversiones de dinero para lograr que una organización mejore sus procesos productivos.

La aplicación de la metodología DMAIC en esta pequeña industria láctea ecuatoriana ha sido satisfactoria, ya que se permitió mejorar los indicadores de productividad y calidad de los procesos productivos, para beneficiar tanto al cliente como a la organización.

No fue necesario profundizar el análisis de Voz del cliente realizado con tres tipos de mercados, ya que el objetivo del proyecto no era realizar un estudio de mercado, sino sólo conocer qué aspectos son relevantes para el cliente. Es por ello que al no aplicar todas las encuestas que el tamaño de muestra indicó, no se perjudicó la credibilidad del proyecto.

La planeación del experimento es fundamental, ya que asegura que la ejecución sea adecuada y se obtengan resultados estadísticamente confiables, además evita que se desperdicien recursos, que en las empresas normalmente son muy limitados.

Antes de iniciar con un proyecto se debe contar con la aprobación de la dirección de la empresa, lo que asegura que se destinen los recursos suficientes para la exitosa culminación del trabajo.

Se debe comunicar permanentemente las actividades de mejora y propuestas a la dirección de empresa y a los operarios en la planta de producción. Esto evitará confusiones y promoverá un buen clima laboral.

Se pueden usar prototipos de mejoras para probar su efectividad en el proceso, ya que estas representan una menor inversión para la empresa. Entonces si cumplen con el propósito esperado, se puede adquirir el equipo de más valor de forma definitiva.

El número de productos en estudio debe concordar con el tiempo disponible para el proyecto y con el número de integrantes del equipo de trabajo. No es recomendable trabajar con una amplia gama de productos, ya que se dificultará la obtención de resultados en todos ellos.

Es conveniente realizar este tipo de proyectos en equipo de dos personas, ya que se tienen disponibles varios criterios e ideas que ayudan al mejor enfoque del trabajo y a evitar demoras en la realización.

LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto es un modelo a seguir para las pequeñas empresas de Chimborazo y de Ecuador, ya que no existe información disponible sobre este tipo de proyectos en el país y menos en pequeñas o medianas empresas. Así también existe muy poca información disponible sobre la aplicación de esta metodología en la industria láctea.

Este proyecto se ha realizado únicamente para la mejora de los procesos productivos de los dos tipos de queso fresco, queso mozzarella y mantequilla. Pero la empresa elabora una gama de productos adicionales, así como queso andino, manjar, yogurt o mermeladas, en los cuales aún no se ha trabajado y sería conveniente aplicar proyectos de mejora.

Se buscó elevar el rendimiento de las materias primas y reducir la variabilidad de los productos en estudio, pero aún se pueden mejorar muchos aspectos de calidad y productividad con nuevos proyectos de mejora.

Debido al tiempo disponible para el desarrollo del proyecto, se implementaron todas las mejoras solo en el queso fresco tipo “San Salvador”, pero aún no se han logrado resultados en el tipo “Rickooo”. Sin embargo el tipo “San Salvador” es el más vendido y ha sido muy conveniente priorizar las mejoras en este producto.

La implementación de repisas con ganchos y dotación de materiales en los puestos de trabajo fueron basadas en el método de las 5`S, especialmente en las etapas de Clasificar y Organizar. Debido al tiempo del proyecto, no se pudo lograr una implementación completa de esta herramienta, por lo que sería muy útil realizar un proyecto de implementación total de 5`S en la empresa.

REFERENCIAS

- Abu-tarboush, H. M. (1982). *Prediction of Mozzarella Cheese Yield from Milk Composition* (tesis de maestría). Utah State University, Utah, Estados Unidos de América.
- Acuerdo 00004522. (2013). *Reglamento sanitario de etiquetado de alimentos procesados para el consumo humano*. Recuperado de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/REGLAMENTO-SANITARIO-DE-ETIQUETADO-DE-ALIMENTOS-PROCESADOS-PARA-EL-CONSUMO-HUMANO-junio-2014.pdf>
- Albliwi, S., Antony, J., Abdul, S., & Lim, H. (2014). Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2013-0147>
- Antony, J., Krishan, N., Cullen, D., & Kumar, M. (2012). Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs). *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(8), 940–948. <https://doi.org/10.1108/17410401211277165>
- Andrade, O., & González, A. (2010). *Propuesta para la reducción de Producto No Conforme en el Proceso de Reencauche al frío en INDUSTRIAL OSO TIRES S.A.* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Araque, J. (2014). *AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla*. Caracas, Venezuela: Nueva Gerencia.com. Recuperado de <http://nuevagerencia.com/wp-content/uploads/2014/10/AMEF-Resumen.pdf>
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>
- Arthur, J. (2014). Lean six sigma: A fresh approach to achieving quality management. *The Quality Management Journal*, 21(4), 6-9. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1611014767?accountid=36555>
- Barbosa, Z. D. V., & Perez, M. del C. T. (2012). A Review of Transactional Lean Six Sigma. *IIE Annual Conference. Proceedings*, 1–10. Retrieved from <http://eserv.uum.edu.my/docview/1151086918?accountid=42599>
- Basu, R. (2001). Six Sigma to Fit Sigma. *IIE Solutions*, (Jul), 28–33.
- Bedoya, O., España, D., Mora, O., & Rosero, R. (2016). Aumento del rendimiento en queso fresco campesino mediante incorporación de proteínas séricas húmedas. *Vitae* 23(1), 1-4. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1783660268?accountid=36555>
- Besseris, G. J. (2011). Applying the DOE toolkit on a lean-and-green Six Sigma maritime-operation improvement project. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(3), 270–284. <https://doi.org/10.1108/20401461111157213>
- Bossert, J. (2003). Lean and six sigma - Synergy made in heaven. *Quality Progress*, 36(7), 31–32. Recuperado de <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0->

0038445831&partnerID=40&md5=c467e98643e7676af14b86989e324b3d

- Boucher, M. (2012). Preventing Lean Six Sigma failures. *Canadian HR Reporter*, 25(6), 15. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1010326702?accountid=36555>
- Burdick, R. K., Borrór, C. M. y Montgomery, D.C. (2003). A Review of Methods for Measurement Systems Capability Analysis. *Journal of Quality Technology*, 35(4) 342–354.
- Castillo, R. J. (17 de marzo del 2016). *Rendimiento de la mantequilla*. Ecuador: Derivados lácteos. Recuperado de <http://derivadoslacteos.com/mantequilla/rendimiento-de-la-mantequilla>
- Cheng, C.-S., & Kuan, C.-M. (2012). Research on product reliability improvement by using DMAIC process. *Asian Journal on Quality*, 13(1), 67–76. <https://doi.org/10.1108/15982681211237833>
- Chugani, N., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Upadhyay, A. (2017). Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(1), 7–32. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2015-0043>
- Cisneros, E. (28 de septiembre del 2012). ¿Qué es el SIPOC? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://innovando.net/que-es-el-sipoc/>
- Corbett, L. M. (2011). Lean Six Sigma: The contribution to business excellence. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(2), 118–131. <https://doi.org/10.1108/20401461111135019>
- Dalla-Costa, C. (2015). Rendimiento quesero teórico y real de la leche de la cuenca de Villa María, Córdoba, 82.
- Decreto Ejecutivo 1290. (2015). *CREA Agencia Nacional de Regulación, control y vigilancia (ARCSA)*. Recuperado de <https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/11/Decreto-Ejecutivo-1290-1.pdf>
- DeCarlo, N., Gygi, C. y Williams, B. (2005). *Six Sigma for Dummies®*. Indiana, Estados Unidos de América: Wiley Publishing, Inc.
- DHL. (2018). *Nuestros productos y soluciones para usted*. España: DHL. Recuperado de <https://www.logistics.dhl/ec-es/home.html>
- DHL Express. (2018). *Guía de servicios y tarifas 2018*. Ecuador. Recuperado de http://www.dhl.com.ec/content/dam/downloads/ec/express/es/shipping/rate_guide/dhl_express_rate_transit_guide_ec_es.pdf
- Emmons, D. B., Ernstrom, C. A., Lacroix, C., y Verret, P. (1990). Predictive Formulas for Yield of Cheese from Composition of Milk: A Review. *Journal of Dairy Science*, 73(6), 1365–1394. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78803-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78803-0)
- Ferguson, D. (2006). Lean and Six Sigma: The same or different? *Management Services;Enfield*, 50(4), 14–16. <https://doi.org/10.1177/0907568202009003005>
- Furterer, S., & Smelcer, A. B. (2007). A framework and case study for implementing Lean Six Sigma in small companies. *IIE Annual Conference and Expo 2007 - Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World - Conference Proceedings*,

- 1587–1592. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-44949263256&partnerID=40&md5=5ca2f029f1cff20e7126ce6d3b3631ed>
- García, M.A. (1 de mayo del 2013). La Voz del Negocio (Voice of Business, VOB) [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.madurga.net/blog/la-voz-del-negocio-voice-of-business-vob>
- García, J., Aguilera, J., & Castillo, A. (2011). Guía técnica para la construcción de escalas de actitud. *Odiseo, Revista Electrónica de Pedagogía.*, 8, 13.
- García, C.A., Montiel, R.L. y Borderas, T.F. (2014). Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación. *Archivos de Zootecnia*, 63(R), 85-105.
- Hernández, G. (27 de marzo del 2017). *El diagrama causa-efecto*. España: Calidad y ADR. Recuperado de <https://aprendiendocalidadyadr.com/el-diagrama-causa-efecto/>
- Glover, W. J., Farris, J. A., & Van Aken, E. M. (2014). Kaizen events: Assessing the existing literature and convergence of practices. *EMJ - Engineering Management Journal*, 26(1), 39–61. <https://doi.org/10.1080/10429247.2014.11432003>
- González Correa, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, 1(2), 85–112.
- Guilcapi, D. (2010). *Propuesta de Mejoramiento del Proceso de Originación de un Crédito Hipotecario para Vivienda Terminada del IESS para la provincia de Pichincha aplicando las etapas Definir, Medir y Analizar de la Metodología Lean Seis Sigma* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
- Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México, D.F., México: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Habidin, N. F. (2013). Critical success factors of Lean Six Sigma for the Malaysian automotive industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(1), 60–82. <https://doi.org/10.1108/20401461311310526>
- H. Hernández & P. Reyes. (2007). *Capacidad y Desempeño del Proceso*. Recuperado de www.icicm.com/files/CAPACIDAD_DESEMP_PROCESO.doc
- IGROPAR. (2017). *Guantes Nylon Poliuretano*. Valencia, España: IGROPAR Productos de un solo uso. Recuperado de <http://igropar.com/guantes/320-guantes-nylon-poliuretano-paq-10-pares.html>
- Ingrande, T. (2015). GEMBA WALK. Mira, escucha, pregunta y aprenderás. Barcelona, España: KAILEAN Consultores. Recuperado de <http://kailean.es/gemba-lugar-de-trabajo/>
- Isack, H. D., Mutingi, M., Kandjeke, H., Vashishth, A., & Chakraborty, A. (2018). Exploring the adoption of Lean principles in medical laboratory industry: Empirical evidences from Namibia. *International Journal of Lean Six Sigma*, 9(1), 133–155. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2017-0017>
- Johnson, A., & Swisher, B. (2003). How Six Sigma improves R & D. *Research Technology Management*, 46(2), 12–15. Retrieved from <http://ezproxy.eit.ac.nz/login?url=http://search.proquest.com/docview/213805883?accountid=39646>

- Kimberly-Clark. (2016). *Ficha técnica de Guantes G40 Poliuretano +*. Colombia: Kimberly-Clark Professional. Recuperado de <https://www.kcprofessional.com.co/media/7020122/Ficha-Tecnica-G40-Poliuretano-PU.pdf>
- Kumar, S., & Sosnoski, M. (2009). Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(3), 254–273. <https://doi.org/10.1108/17410400910938850>
- Lameijer, B. A., Does, R. J. M. M., & De Mast, J. (2016). Inter-industry generic Lean Six Sigma project definitions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(4), 369–393. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2015-0044>
- Laureani, A., & Antony, J. (2017). Leadership characteristics for Lean Six Sigma. *Total Quality Management and Business Excellence*, 28(3–4), 405–426. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1090291>
- Lean Solutions. (2017). *AMEF, Análisis de Modo y Efecto de la Falla*. Bogotá, Colombia: Lean Solutions. Recuperado de <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>
- Lebel, L. (21 de julio del 2017). Critical to Quality VS. Critical to Process [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.truenorththinking.ca/critical-to-quality-vs-critical-to-process/>
- Lee, K. liang, Tai, C. T., & Sheen, G. J. (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. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2013-0023>
- Ley 76. (2010). *Ley del sistema ecuatoriano de la calidad*. Recuperado de http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ecu_sistema.pdf
- Ley Orgánica de Defensa del Consumidor. (2000). *Ley Orgánica de Defensa del Consumidor*. Recuperado de <https://www.industrias.gob.ec/wp-content/uploads/2015/04/A2-LEY-ORGANICA-DE-DEFENSA-DEL-CONSUMIDOR.pdf>
- Licenciatura en RR.HH. (10 de julio del 2002). *Diagrama de causa efecto*. Bogotá, Colombia: Universidad de Champagnat. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-causa-efecto>
- Mader, D. P. (2008). Lean Six Sigmas 's Evolution. *Quality Progress*, 41(1), 40–48.
- Madueño, M. C. (2014). Lean Accounting : una visión general, 19, 101–113.
- Maleyeff, J., Arnheiter, E. A., & Venkateswaran, V. (2012). The continuing evolution of Lean Six Sigma. *The TQM Journal*, 24(6), 542–555. <https://doi.org/10.1108/17542731211270106>
- Mason-Jones D.R., R. and T. (2016). Investigating the readiness of people in manufacturing SMEs to embark on Lean Six Sigma projects. *Int J Logistics Management*, Vol. 36(Issue 8), 850–878. <https://doi.org/10.1108/09574090910954864>
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2009). *Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo*. Recuperado de www.mideplan.gov.co

- Minitab. (2017). *Límites de especificación en el análisis de capacidad*. Estados Unidos de América: Minitab Inc. International Sales and Support. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/basics/specification-limits/>
- Minitab. (2017). *Métodos y fórmulas para Prueba de varianzas iguales*. Estados Unidos de América: Minitab Inc. International Sales and Support. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/how-to/test-for-equal-variances/methods-and-formulas/methods-and-formulas/>
- Minitab. (2017). *Prueba de normalidad*. Estados Unidos de América: Minitab Inc. International Sales and Support. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/test-for-normality/>
- Mishra, P., & Sharma, R. K. (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), 522–546. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-06-2012-0089>
- Mitreva, E., & Taskov, N. (2015). TO APPLY THE SIX SIGMA METHOD OR THE NEW TQM (TOTAL. *International Journal of Information, Business and Management*, 7(2), 176-184. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1657417670?accountid=36555>
- Montgomery, D. (2013). *Design and Analysis of Experiments*. Arizona, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. Arizona, Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc.
- Morales, P. V. (2012). Tamaño necesario de la muestra : ¿ Cuántos sujetos necesitamos ? *Estadística Aplicada a Las Ciencias Sociales*, 20. Retrieved from <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Tama%F1oMuestra.pdf>
- Mukherjee, S. (2008). A Dose of DMAIC. *Quality Progress*, 41(8), 44–51. Retrieved from <http://ezproxy.library.arizona.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=33986455&site=ehost-live>
- Nair, A., & Nilakantasrinivasan, N. (2005). DMAIC Failure Modes. *Forum American Bar Association*, (May), 30–34.
- Näslund, D. (2008). Emerald Article : Lean , six sigma and lean sigma : fads or real process Lean , six sigma and lean sigma : fads or real process improvement methods ?, 269–287. <https://doi.org/10.1108/14637150810876634>
- Negri, L. (2005). EL pH y acidez de la leche. *Manual de Referencias Técnicas Para El Logro de Leche de Calidad*, 155–161. Retrieved from <http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/pH-y-acidez-en-leche2.pdf>
- NTE INEN 9. (2015). Leche cruda. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 82, 1–8. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/>

- NTE INEN 0082. (2011). Queso mozzarella. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 82, 1–8. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/>
- NTE INEN 161. (2015). Mantequillas. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 161, 1–8. Recuperado de <https://docplayer.es/40708887-Nte-inen-161-tercera-revision-2015-xx.html>
- NTE INEN 1528. (2012). Norma General para quesos frescos no madurados. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*, 1528, 1–11. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1528.2012.pdf>
- Pacheco, D., Pergher, I., Vaccaro, G. L. R., Jung, C. F., & ten Caten, C. (2015). 18 comparative aspects between Lean and Six Sigma. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(2), 161–175. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2014-0012>
- Pepper, M.P.J. & Spedding, T.A. (2010). The evolution of lean six sigma. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(2), 138-155. doi:<http://dx.doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Powell, D., Lundeby, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean six sigma and environmental sustainability: The case of a norwegian dairy producer. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(1), 53-64. Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1872116886?accountid=36555>
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®)*. Project Management Institute, Inc. <https://doi.org/HD69.P75G845.2013.658.4'04--dc23.2012046112>
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. New York, Estados Unidos de América: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Ray, S., & John, B. (2011). Lean Six-Sigma application in business process outsourced organization. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 371–380. <https://doi.org/10.1108/20401461111189443>
- Revere, L., & Black, K. (2003). Integrating Six Sigma with total quality management: a case example for measuring medication errors. *Journal of Healthcare Management / American College of Healthcare Executives*, 48(6), 377–91; discussion 392. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14671947>
- Reyes, P. (2002). Manufactura delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, 205, 1–22. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39520506>
- Rodríguez, J.A., Santoyo, M.A., Miranda, L.G. y Méndez, A.A. (2018). Parámetros químicos de Cremas de leche regulares, light y vegetales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* (3), 381-386
- Ruiz, M. (2016). *Sistema de giro de recipientes lácteos ergonómico para los trabajadores del área de producción de la industria de lácteos "San Salvador" de la ciudad de Riobamba* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- San Salvador. (2018). *Informe de la historia de Productos Alimenticios "San Salvador" e Información relevante de la empresa*.

- Schweikhart, S. A., & Dembe, A. E. (2009). The Applicability of Lean and Six Sigma Techniques to Clinical and Translational Research. *Journal of Investigative Medicine*, 57(7), 748–755. <https://doi.org/10.2310/JIM.0b013e3181b91b3a>
- SENATI. (2018). ELABORACIÓN DE MANTEQUILLA. Recuperado de <http://www.escuelahosteleria.org/portal/recetas/materiales/vH3iOGHro.pdf>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2018). *Misión y Valores Institucionales*. Quito, Ecuador: Servicio Ecuatoriano de Normalización. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/mision-y-valores-institucionales/>
- Shokri, A., Ogleshorpe, D., & Nabhani, F. (2014). Evaluating Six Sigma methodology to improve logistical measures of food distribution SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(7), 998–1027. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2012-0114>
- Snee, R. D. (2013). Lean Six Sigma – getting better all the timenull. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Socconini L. (2016). *Lean Six Sigma Yellow Belt*. México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Socconini L. (2016). *Lean Six Sigma Green Belt*. México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Southard, P. B., Chandra, C., & Kumar, S. (2012). RFID in healthcare: A Six Sigma DMAIC and simulation case study. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 25(4), 291–321. <https://doi.org/10.1108/09526861211221491>
- Svensson, C., Antony, J., Ba-Essa, M., Bakhsh, M., & Albliwi, S. (2015). A Lean Six Sigma program in higher education: University of Warwick eResources. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(9), 951–969. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2014-0141>
- Tecnical. (2018). *Empresa*. Campllong, Girona, España: Technical®. Recuperado de <http://tecnical.com/es/empresa>
- Tornadijo, M. E., Marra, A. I., Fontán, M. C. G., Prieto, B., Carballo, J., Marra, A. I., ... Carballo, J. (2009). LA CALIDAD DE LA LECHE DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE QUESO: CALIDAD QUÍMICA MILK QUALITY FOR CHEESE PRODUCTION: CHEMICAL QUALITY A CALIDADE DA LEITE DESTINADA Á FABRICACIÓN DE QUEIXO: CALIDADE QUÍMICA, 8122. <https://doi.org/10.1080/11358129809487586>
- Triola, M. F. (2013). *Estadística*. México D.F., México: PEARSON Educación.
- Valderrey, P. (2010). *Seis Sigma*. Madrid, España: StarBook Editorial.
- Weisseyre, R. (1980). *Lactología Técnica*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA, S.A. pp. 1-74
- Vizcarra, R., Lasso, R., & Tapia, D. (2015). La Leche del Ecuador. *Centro De La Industria Láctea Del Ecuador*, 183. Retrieved from http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la_leche_del_ecuador.pdf
- Wiegel, V., & Hadzialic, L. B. (2015). Lessons from higher education: adapting Lean Six

Sigma to account for structural differences in application domains. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 9(1), 72. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2015.070104>

Yahia, M. (2011). Six-Sigma: methodology, tools and its future - ABI/INFORM Global - ProQuest. *Assembly Automation*, 31(1), 79–88. Retrieved from <http://search.proquest.com/abiglobal/docview/855071335/FDCAFD6617CB475BPQ/1?accountid=14888>

Zokaei, K., & Hines, P. (2007). Achieving consumer focus in supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 37(3), 223–247. <https://doi.org/10.1108/09600030710742434>

ANEXOS

ANEXO 1:

Detalle de los diagrama SIPOC para cada proceso productivo.

Se elaboraron tablas en donde consta el detalle de la producción de los 4 productos en estudio, en donde se observa con más profundidad cuáles son los proveedores, entradas, operaciones, salidas y clientes de cada uno.

- Queso fresco “San Salvador”.

Tabla 60: Diagrama SIPOC de Queso fresco "San Salvador"

| SUPPLIER | INPUT | | | | | | PROCESS | | OUTPUT | REQUERIMIENTOS DE LAS SALIDAS | COSTUMER |
|----------------------|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------|---------------------------------|----------------|--|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Mano de Obra | Material | Medida | Máquina | Cantidad | Descripción | Proceso | Instrucción de trabajo | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Pasteurización | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Leche pasteurizada | La leche se encuentre a 40°C | Proceso de Cuajado |
| Planta de producción | | | Unidad | Motor con hélice | 1 | Marca "Thunder" | | Encender el motor al iniciar la pasteurización | | | |
| Planta de producción | | Olla de doble fondo | Unidad | | 1 | Olla 3, capacidad 500 L | | Esterilizar y precalentar | | | |
| Bodega | | Termómetro | Temperatura | | 1 | Termómetro de vidrio o líquidos | | Pasteurizar hasta 70° C | | | |
| Bodega | | | Unidad | Bomba | 1 | Marca "TIP" | | Encender la bomba para llenar la olla con leche y apagar cuando esté llena la olla | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|------------------------|-------------|--|--------|---|----------|--|---------------|---|---------------------|
| Tanque de almacenamiento | | Leche cruda | Litros | | 500 L | Leche cruda | | Llenar hasta la marca de llenado en la olla | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Cuajado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Queso (Cuajo) | El cuajo debe tener un corte homogéneo y poca cantidad de suero | Proceso de Moldeado |
| Bodega | | Calcio | Gramos | | 150 g | Marca "Dinza" | | Esparcir el calcio por toda la superficie | | | |
| Bodega | | Conservante | Mili litros | | 500 ml | Marca "Quim" | | Esparcir el conservante luego de lavar el cuajo | | | |
| Bodega | | Cuajo | Mili litros | | 40 ml | Marca "Descalzi" | | Esparcir y dejar en reposo | | | |
| Planta de producción | | Batidor | Unidad | | 1 | Instrumento o utensilio para batir el calcio, cuajo y conservante | | Batir la leche al esparcir el calcio y conservante | | | |
| Planta de producción | | Lira | Unidad | | 1 | Instrumento para cortar el cuajo | | Cortar el cuajo | | | |
| Laboratorio | | Vasos de precipitación | Unidad | | 1 | Utilizar para medir el calcio | | Medir correctamente los fluidos en el utensilio | Suero | | |
| Laboratorio | | Probetas | Unidad | | 2 | Utilizar para medir el conservante y el cuajo | | Medir correctamente los fluidos en el utensilio | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Moldeado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | | La cantidad correcta de quesos en la plancha de prensado | Proceso de Prensado |

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-----------|--------|--|-----|--|---|---|--|
| Bodega | | Manguera | Unidad | | 1 | Manguera corrugada de 2 pulgadas de ancho y 5 metros de largo | Retirar el suero y colocar en el recipiente | Queso con malla en moldes y colocados en la plancha de prensado | |
| Bodega | | Balde | Unidad | | 1 | Marca "Pica" | Colocar cuajo en los moldes | | |
| Bodega | | Cedazo | Unidad | | 1 | Marca "Proclean" | Utilizar para retirar el suero (evita desperdicio de cuajo) | | |
| Bodega | | Recogedor | Unidad | | 1 | Marca "Proclean" | Recoger el cuajo del fondo de la olla y colocar en los moldes | | |
| Planta de producción | | Mesa | Unidad | | 1 | Mesa de acero inoxidable de 1,9x6 metros | Lavar y esterilizar | | |
| Planta de producción | | Tabla | Unidad | | 1 | Tabla de 0,1x1,9 metros | Lavar con agua caliente | | |
| Planta de producción | | Moldes | Unidad | | 123 | Moldes rectangulares de acero inoxidable con agujeros en los laterales | Lavar y esterilizar. Colocar los moldes en la mesa de forma ordena y continua | | |
| Planta de producción | | Planchas | Unidad | | 4 | Planchas rectangulares de acero inoxidable | Lavar y esterilizar. Colocar los moldes en la mesa de forma ordena y continua | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------|-----------|--|-----|--|------------|--|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Planta de producción | | Mallas | Unidad | | 106 | Mallas de plástico rectangulares grandes | | Lavar y esterilizar. Colocar la malla en el interior del molde | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Prensado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos | Quesos duros | Proceso de Salmuerado |
| Planta de producción | | Mallas | Unidad | | 106 | Mallas de plástico rectangulares pequeñas | | Colocar la malla superior en queso, con la parte lisa hacia afuera | | | |
| Planta de producción | | Tacos | Unidad | | 106 | Tapas de acero inoxidable rectangulares | | Colocar los tacos de forma que queden centrados | | | |
| Planta de producción | | Prensadora | Unidad | | 1 | Prensa "Holandesa" | | Colocar las planchas de prensado una arriba de otra | | | |
| Planta de producción | | Tabla | Unidad | | 1 | Tabla rectangular del tamaño de las planchas de prensado | | Colocar al final y realizar el ajustado | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Salmuerado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos con sal | Quesos secos (sin humedad) | Proceso de Empacado |
| Bodega | | Sal | Kilogramo | | 2 | Marca "Crisal" | | Esparcir la sal por todo el contenedor y batir | | | |
| Planta de producción | | Agua | Litros | | 200 | Agua Fría | | Colocar cuidadosamente los quesos frescos ordenadamente | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------------|----------|--------------------|-----|--|---|--|---------------------------|--|--------------------|
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Empacado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos enfundados | Quesos sin grumos aculados en los fillos y pesados | Proceso de Sellado |
| Bodega | | Cuchillo | Unidades | | 1 | Marca "Bellota2" | | Retirar los excesos de queso (filos) | | | |
| Bodega | | Fundas Plásticas | Unidades | | 106 | Fundas impresas Queso San Salvador | | Colocar las fundas con la etiqueta hacia arriba | | | |
| Planta de producción | | Mesas | Unidades | | 2 | Mesas rectangulares de acero inoxidable (grande y pequeña) | | Utilizar la mesa grande para colocar los quesos y retirar el exceso. Utilizar la mesa pequeña para colocar los quesos enfundados | | | |
| Planta de producción | | | Unidades | Balanza | 1 | Marca "Camry" | | Pesar los quesos antes de enfundar | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | | Sellado | | | |
| Planta de producción | | mesa | Unidades | | 1 | Mesa rectangular de acero inoxidable pequeña | Retirar 4 quesos enfundados | | | | |
| Planta de producción | | | Unidades | Selladora al vacío | 1 | Máquina selladora la vacío de doble campana | Colocar 4 quesos a cada lado, cuidando que los fillos de las fundas queden rectos | | | | |

- Queso fresco "Rickooo".

Tabla 61: Diagrama SIPOC de Queso fresco "Rickooo"

| SUPPLIER | INPUT | | | | | | PROCESS | | OUTPUT | REQUERIMIENTOS DE LAS SALIDAS | COSTUMER |
|--------------------------|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------|---------------------------------|----------------|--|--------------------|--|---------------------|
| | Mano de Obra | Material | Medida | Máquina | Cantidad | Descripción | Proceso | Instrucción de trabajo | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Pasteurización | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Leche pasteurizada | La leche se encuentre a 57° C | Proceso de Cuajado |
| Planta de producción | | | Unidad | Motor con hélice | 1 | Marca "Thunder" | | Encender el motor al iniciar la pasteurización | | | |
| Planta de producción | | Olla de doble fondo | Unidad | | 1 | Olla 3, capacidad 500 L | | Esterilizar y precalentar | | | |
| Bodega | | Termómetro | Temperatura | | 1 | Termómetro de vidrio o líquidos | | Pasteurizar hasta 85° C | | | |
| Bodega | | | Unidad | Bomba | 1 | Marca "TIP" | | Encender la bomba para llenar la olla con leche y apagar cuando esté llena la olla | | | |
| Tanque de almacenamiento | | Leche cruda | Litros | | 500 L | Leche cruda | | Llenar hasta la marca de llenado en la olla | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Cuajado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Queso (Cuajo) | El cuajo tenga un corte homogéneo y poca cantidad de suero | Proceso de Moldeado |
| Bodega | | Calcio | Gramos | | 300 g | Marca "Dinza" | | Esparcir el calcio por toda la superficie | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------------------|-------------|--|--------|---|----------|--|---|--|---------------------|
| Bodega | | Conservante | Mili litros | | 500 ml | Marca "Quim" | | Esparcir el conservante luego de lavar el cuajo | | | |
| Bodega | | Cuajo | Mili litros | | 40 ml | Marca "Descalzi" | | Esparcir y dejar en reposo | | | |
| Planta de producción | | Batidor | Unidad | | 1 | Instrumento o utensilio para batir el calcio, cuajo y conservante | | Batir la leche al esparcir el calcio y conservante | | | |
| Planta de producción | | Lira | Unidad | | 1 | Instrumento para cortar el cuajo | | Cortar el cuajo | | | |
| Laboratorio | | Vasos de precipitación | Unidad | | 1 | Utilizar para medir el calcio | | Medir correctamente los fluidos en el utensilio | Suero | | |
| Laboratorio | | Probetas | Unidad | | 2 | Utilizar para medir el conservante y el cuajo | | Medir correctamente los fluidos en el utensilio | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Moldeado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Queso con malla en moldes y colocados en la plancha de prensado | La cantidad correcta de quesos en la plancha de prensado | Proceso de Prensado |
| Bodega | | Manguera | Unidad | | 1 | Manguera corrugada de 2 pulgadas de ancho y 5 metros de largo | | Retirar el suero y colocar en el recipiente | | | |
| Bodega | | Balde | Unidad | | 1 | Marca "Pica" | | Colocar cuajo en los moldes | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------|--------|--|-----|--|----------|---|----------------|--------------|-----------------------|
| Bodega | | Cedazo | Unidad | | 1 | Marca "Proclean" | | Utilizar para retirar el suero (evita desperdicio de cuajo) | | | |
| Bodega | | Recogedor | Unidad | | 1 | Marca "Proclean" | | Recoger el cuajo del fondo de la olla y colocar en los moldes | | | |
| Planta de producción | | Mesa | Unidad | | 1 | Mesa de acero inoxidable de 1,9x6 metros | | Lavar y esterilizar | | | |
| Planta de producción | | Tabla | Unidad | | 1 | Tabla de 0,1x1,9 metros | | Lavar con agua caliente | | | |
| Planta de producción | | Moldes | Unidad | | 131 | Moldes rectangulares de acero inoxidable con agujeros en los laterales | | Lavar y esterilizar. Colocar los moldes en la mesa de forma ordena y continua | | | |
| Planta de producción | | Planchas | Unidad | | 5 | Planchas rectangulares de acero inoxidable | | Lavar y esterilizar. Colocar los moldes en la mesa de forma ordena y continua | | | |
| Planta de producción | | Mallas | Unidad | | 120 | Mallas de plástico rectangulares grandes | | Lavar y esterilizar. Colocar la malla en el interior del molde | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Prensado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos | Quesos duros | Proceso de Salmuerado |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------|-----------|--|-----|--|------------|--|---------------------------|---|---------------------|
| Planta de producción | | Mallas | Unidad | | 120 | Mallas de plástico rectangulares pequeñas | | Colocar la malla superior en queso, con la parte lisa hacia afuera | | | |
| Planta de producción | | Tacos | Unidad | | 120 | Tapas de acero inoxidable rectangulares | | Colocar los tacos de forma que queden centrados | | | |
| Planta de producción | | Prensadora | Unidad | | 1 | Prensa "Holandesa" | | Colocar las planchas de prensado una arriba de otra | | | |
| Planta de producción | | Tabla | Unidad | | 1 | Tabla rectangular del tamaño de las planchas de prensado | | Colocar al final y realizar el ajustado | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Salmuerado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos con sal | Quesos secos (sin humedad) | Proceso de Empacado |
| Bodega | | Sal | Kilogramo | | 2 | Marca "Crisal" | | Esparcir la sal por todo el contenedor y batir | | | |
| Planta de producción | | Agua | Litros | | 200 | Agua Fría | | Colocar cuidadosamente los quesos frescos ordenadamente | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Empacado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos enfundados | Quesos sin grumos aculados en los filos y pesados | Proceso de Sellado |
| Bodega | | Cuchillo | Unidades | | 1 | Marca "Bellota2" | | Retirar los excesos de queso (filos) | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------------|----------|--------------------|-----|--|---------|--|----------------------|--|
| Bodega | | Fundas Plásticas | Unidades | | 120 | Fundas impresas Queso San Salvador | | Colocar las fundas con la etiqueta hacia arriba | | |
| Bodega | | Etiquetas | Unidades | | 120 | Etiquetas Queso Rickooo | | Colocar etiquetas queso Rickooo en fundas queso de San Salvador | | |
| Planta de producción | | Mesas | Unidades | | 2 | Mesas rectangulares de acero inoxidable (grande y pequeña) | | Utilizar la mesa grande para colocar los quesos y retirar el exceso. Utilizar la mesa pequeña para colocar los quesos enfundados | | |
| Planta de producción | | | Unidades | Balanza | 1 | Marca "Camry" | | Pesar los quesos antes de enfundar | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | | |
| Planta de producción | | mesa | Unidades | | 1 | Mesa rectangular de acero inoxidable pequeña | Sellado | Retirar 4 quesos enfundados | Queso freso empacado | Quesos empacados con una agradable presentación (empaque y color blanco) |
| Planta de producción | | | Unidades | Selladora al vacío | 1 | Máquina selladora la vacío de doble campana | | Colocar 4 quesos a cada lado, cuidando que los filos de las fundas queden rectos | | Cliente final Distribuidores Supermercados Pizzerías Tienda |

- Queso mozzarella.

Tabla 62: Diagrama SIPOC de Queso mozzarella

| SUPPLIER | INPUT | | | | | | PROCESS | | OUTPUT | REQUERIMIENTOS DE LAS SALIDAS | COSTUMER |
|--------------------------|--------------|---------------------|-------------|------------------|----------|---------------------------------|----------------|--|--------------------|---|-----------------------|
| | Mano de Obra | Material | Medida | Máquina | Cantidad | Descripción | Proceso | Instrucción de trabajo | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Pasteurización | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Leche pasteurizada | La leche se encuentre a 36°C | Proceso de Fermentado |
| Planta de producción | | | Unidad | Motor con hélice | 1 | Marca "Thunder" | | Encender el motor al iniciar la pasteurización | | | |
| Planta de producción | | Olla de doble fondo | Unidad | | 1 | Olla 5, capacidad 1000 L | | Esterilizar y precalentar | | | |
| Bodega | | Termómetro | Temperatura | | 1 | Termómetro de vidrio o líquidos | | Pasteurizar hasta 36° C | | | |
| Bodega | | | Unidad | Bomba | 1 | Marca "TIP" | | Encender la bomba para llenar la olla con leche y apagar cuando esté llena la olla | | | |
| Tanque de almacenamiento | | Leche cruda | Litros | | 500 L | Leche cruda | | Llenar hasta la marca de llenado en la olla | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Fermentado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Leche pasteurizada | La leche debe incrementar su acidez en 1% | Proceso de Cuajado |
| Bodega | | Fermento | Gramos | | 10 g | Marca "Sacco" | | Esparcir y dejar en reposo | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------------------|-------------|--|--------|---|---------|--|---------------|--|---------------------|
| Planta de producción | | Batidor | Unidad | | 1 | Instrumento o utensilio para batir el calcio, cuajo y conservante | | Batir la leche al esparcir el calcio y conservante | | | |
| Laboratorio | | Vasos de precipitación | Unidad | | 1 | Utilizar para medir el calcio | | Medir correctamente los fluidos en el utensilio | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Cuajado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Queso (Cuajo) | El cuajo tenga un corte homogéneo y poca cantidad de suero | Proceso de Hilado |
| Bodega | | Conservante | Mili litros | | 500 ml | Marca "Quim" | | Esparcir el conservante luego de batir el cuajo | | | |
| Bodega | | Cuajo | Mili litros | | 80 ml | Marca "Descalzi" | | Esparcir y dejar en reposo | Suero | | |
| Laboratorio | | Vasos de precipitación | Unidad | | 1 | Utilizar para medir el cuajo | | Medir correctamente los fluidos en el utensilio | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Hilado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Queso (Cuajo) | El queso tenga una contextura homogénea y elástica | Proceso de Moldeado |
| Planta de producción | | Balde | Litros | | 1 | Marca "Pica" | | Colocar 4 baldes de agua en la mesa | | | |
| Bodega | | Tacho | Litros | | 1 | De color negro con una capacidad de 224 litros | | Llenar el tacho con agua caliente | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|----------|--------|--|-----|---|----------|---|------------------|----------------------------|
| Planta de producción | | Agua | Litros | | | Agua Caliente | | Lavar el cuajo con agua caliente, realizar 2 lavados | | |
| Bodega | | Cedazo | Unidad | | 1 | Marca "Pica" | | Colocar debajo de la salida de agua para evitar que el queso no se desperdicie | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | | |
| Bodega | | Manguera | Unidad | | 1 | Manguera corrugada de 2 pulgadas de ancho y 5 metros de largo | | Retirar el suero y colocar en el recipiente | | |
| Bodega | | Cedazo | Unidad | | 1 | Marca "Proclean" | | Utilizar para retirar el suero (evita desperdicio de cuajo) | | |
| Planta de producción | | Mesa | Unidad | | 1 | Mesa de acero inoxidable de 1,9x6 metros | Moldeado | Lavar y esterilizar | Queso Mozzarella | Queso mozzarella sin molde |
| Planta de producción | | Tabla | Unidad | | 1 | Tabla de 0,1x1,9 metros | | Lavar con agua caliente | | |
| Planta de producción | | Agua | Litros | | | Agua Caliente | | Colocar agua caliente en los moldes para que el queso adquiera la forma deseada | | |
| Planta de producción | | Moldes | Unidad | | 123 | Moldes rectangulares de acero inoxidable | | Lavar y esterilizar. Colocar los moldes en la | | Proceso de Salmuerado |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|------------------|-----------|--|-----|--|------------|---|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| | | | | | | con agujeros en los laterales | | mesa de forma ordena y continua | | | |
| Planta de producción | | Planchas | Unidad | | 4 | Planchas rectangulares de acero inoxidable | | Lavar y esterilizar. Colocar los moldes en la mesa de forma ordena y continua | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Salmuerado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Quesos frescos con sal | Quesos secos (sin humedad) | Proceso de Empacado |
| Bodega | | Sal | kilogramo | | 2 | Marca "Crisal" | | Esparcir la sal por todo el contenedor y batir | | | |
| Planta de producción | | Agua | Litros | | 200 | Agua Fría | | Colocar cuidadosamente y ordenadamente los quesos | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | Empacado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Queso mozzarella enfundado | Quesos mozzarella rectangular y liso | Proceso de Sellado |
| Bodega | | Cuchillo | Unidades | | 1 | Marca "Bellota2" | | Retirar los excesos de queso (filos) | | | |
| Bodega | | Fundas Plásticas | Unidades | | 106 | Fundas impresas Queso Mozzarella | | Colocar las fundas con la etiqueta hacia arriba | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-------|----------|--------------------|---|--|---------|--|---------------------------|--|---|
| Planta de producción | | Mesas | Unidades | | 2 | Mesas rectangulares de acero inoxidable (grande y pequeña) | | Utilizar la mesa grande para colocar los quesos y retirar el exceso. Utilizar la mesa pequeña para colocar los quesos enfundados | | | |
| Planta de producción | | | Unidades | Balanza | 1 | Marca "Camry" | | Pesar los quesos antes de enfundar | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 2 años | | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | | | |
| Planta de producción | | mesa | Unidades | | 1 | Mesa rectangular de acero inoxidable pequeña | Sellado | Retirar 4 quesos enfundados | Queso mozzarella empacado | Quesos empacados con una agradable presentación (empaquete y color blanco) | Cliente final Distribuidores Supermercados Pizzerías Tienda |
| Planta de producción | | | Unidades | Selladora al vacío | 1 | Máquina selladora la vacío de doble campana | | Colocar 4 quesos a cada lado, cuidando que los filos de las fundas queden rectos | | | |

- Mantequilla.

Tabla 63: Diagrama SIPOC de Mantequilla

| SUPPLIER | INPUT | | | | | | PROCESS | | OUTPUT | REQUERIMIENTOS DE LAS SALIDAS | COSTUMER |
|----------------------|--------------|----------------|--------|----------|----------|--|---------|--|--------------------|--|---------------------|
| | Mano de Obra | Material | Medida | Máquina | Cantidad | Descripción | Proceso | Instrucción de trabajo | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 1 año | Batido | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Mantequilla | Mantequilla con mínima cantidad de suero | Proceso de Lavado |
| Planta de producción | | | Unidad | Batidora | 1 | Marca "Hornos Andino" | | Encender en el momento que se acaba de colocar la crema de leche | | | |
| Bodega | | Crema de leche | | | | Crema de leche de la bodega y de los 3 proveedores | | Colocar 60 kg de crema de leche en el interior de la batidora | | | |
| Planta de producción | | Balde | Litros | | 1 | Marca "Pica" | | Usar el balde para poner la crema de leche en el interior de la batidora | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 1 año | Lavado | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | Mantequilla Lavada | Mantequilla exenta de agua | Proceso de Empacado |
| Planta de producción | | Balde | Litros | | 1 | Marca "Pica" | | Colocar 4 baldes de agua en la mesa | | | |
| Bodega | | Tacho | Litros | | 1 | De color negro con una capacidad de 224 litros | | Llenar el tacho con agua helada | | | |
| Planta de producción | | Agua | Litros | | | Agua helada | | Lavar 3 veces la mantequilla con agua helada | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------|-----------------------|-------------|---------|--------|--|----------|--|-------------|---|--|
| Bodega | | Conservante | Mili litros | | 250 ml | Marca "Quim" | | Esparcir el conservante luego de lavar la mantequilla | | | |
| Bodega | | Cedazo | Unidad | | 1 | Marca "Pica" | | Colocar debajo de la salida de agua para evitar que la mantequilla se desperdicie | | | |
| Bodega | | Gavetas | Unidad | | 2 | Marca "Pica" | | Exprimir la mantequilla y colocar en la gaveta | | | |
| Bodega | | Fundas Plásticas | Unidad | | 2 | Fundas transparentes de 250g, 500g y 1 kg | | Colocar las fundas en cada gaveta | | | |
| Recursos Humanos | Operario | | | | 1 | Experiencia mínima de 1 año | | Realizar la tarea siguiendo el instructivo | | | |
| Bodega | | Gavetas | Unidad | | 6 | Marca "Pica" | | Exprimir la mantequilla hasta que quede totalmente libre de humedad y colocar en la gaveta | | | |
| Bodega | | Fundas Plásticas | Unidad | | 6 | Fundas transparentes de 250g, 500g y 1 kg | Empacado | Colocar las fundas en cada gaveta | Mantequilla | Empaques de 250 g, 500 g y 1 kg, 100% de mantequilla como contenido | |
| Bodega | | Etiquetas (adhesivos) | Unidad | | 6 | Etiquetas adhesivas para 250g, 500g y 1 kg | | Colocar las fundas en cada gaveta | | | |
| Bodega | | | Unidad | Balanza | 1 | Marca "Camry" | | Pesar en cada gaveta 50 Kg de contenido neto de mantequilla | | | |
| | | | | | | | | | | | Cliente final |
| | | | | | | | | | | | Distribuidores Supermercados Hoteles Tiendas |