



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Tema:**

---

**ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA LÁCTEOS CRELAC**

---

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la  
obtención del título de Ingeniero Industrial

**ÁREA:** Producción y operaciones

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Diseño, materiales y producción

**AUTOR:** Juan Sebastian Tello Quinteros

**TUTOR:** Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema Mg

**Ambato - Ecuador**

**febrero – 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA LÁCTEOS CRELAC, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Juan Sebastian Tello Quinteros, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, febrero 2024.

-----  
Ing. Christian Ismael Ortiz Sailema Mg.

TUTOR

## AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA LÁCTEOS CRELAC es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2024.



Juan Sebastian Tello Quinteros

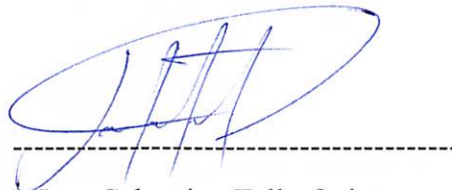
C.C. 1725072563

AUTOR

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2024.



Juan Sebastian Tello Quinteros

C.C. 1725072563

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Juan Sebastian Tello Quinteros, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA LÁCTEOS CRELAC, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024.

-----  
Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

-----  
Ing. Mauricio López Flores, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

-----  
Ing. Jéssica López Árboleda, Mg.  
PROFESOR CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres, Patricio y María, quienes han sido mi constante apoyo, depositando su amor y confianza en mí, por haberme brindado sus consejos y fuerzas para salir adelante.*

*Juan Sebastian Tello Quinteros*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco profundamente a mis padres por ofrecerme su amor y apoyo incondicional a lo largo de todas las etapas de mi vida. Sus valiosos consejos y enseñanzas han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante.*

*A mi hermanos Estefanía y Henry, por haber estado conmigo en los buenos y malos momentos.*

*A mi tutor Ing. Christian Ortiz por haber depositado en mi su tiempo y conocimiento durante mi proceso de titulación.*

*A mis amigos, quienes me acompañaron durante esta etapa, por todas las experiencias, risas y momentos que han enriquecido mi vida.*

*Juan Sebastian Tello Quinteros*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b> .....	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>xxi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxii</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tema de investigación .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Antecedentes investigativos .....	3
1.3 Fundamentación teórica .....	6



1.3.1 Estudio de tiempos y movimientos .....	6
1.3.2 Importancia del estudio de tiempos y movimientos en la mejora de la productividad.....	6
1.3.3 Etapas para realizar un estudio de tiempos y movimientos .....	7
1.3.4 Herramientas y técnicas empleadas en el estudio de tiempos y movimientos ....	8
1.3.5 Tipos de estudio de tiempos.....	8
1.3.6 Cursograma analítico del proceso .....	9
1.3.7 Número de observaciones .....	10
1.3.8 Valoración del ritmo de trabajo.....	11
1.3.9 Cálculo del tiempo normal.....	12
1.3.10 Cálculo de holguras o suplementos.....	12
1.3.11 Tiempo estándar .....	14
1.3.12 Productividad .....	15
1.3.13 Aumentar la productividad.....	15
1.3.14 Mapa del flujo de valor (VSM).....	16
1.3.15 Beneficios del VSM .....	16
1.3.16 Desperdicios.....	17
1.3.17 Herramientas para la mejora de la productividad .....	18
1.4 Objetivos .....	21

1.4.1 Objetivo general.....	21
1.4.2 Objetivos específicos .....	21
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
2.1 Materiales.....	22
2.2 Métodos.....	23
2.2.1 Modalidad de la investigación .....	23
2.2.2 Población y muestra .....	23
2.2.3 Recolección de información.....	24
2.2.4 Procesamiento y análisis de datos .....	25
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>27</b>
3.1 Situación actual de la empresa lácteos Crelac.....	27
3.1.1 Descripción de la empresa .....	27
3.1.2 Selección del producto .....	29
3.1.3 Descripción del proceso de fabricación de queso fresco de 900 gramos.....	31
3.1.4 Diagrama de flujo del proceso .....	39
3.1.5 Diagrama analítico .....	47
3.2 Estudio de tiempos y movimientos .....	53

3.2.1 Cálculo del número de observaciones.....	54
3.2.2 Valoración del ritmo de trabajo.....	54
3.2.3 Suplementos .....	55
3.2.4 Codificación de las actividades .....	57
3.3 Capacidad de producción .....	65
3.3.1 Capacidad de producción estándar por cada proceso.....	65
3.3.2 Capacidad de producción real .....	68
3.3.3 Análisis de productividad.....	69
3.4 Mapa de flujo de valor VSM.....	70
3.4.1 Información general para el VSM.....	70
3.4.2 Indicadores de los procesos para el VSM .....	71
3.4.3 Clientes y proveedores .....	72
3.4.4 Cálculo del lead time.....	72
3.4.5 Gráfica de mapa de flujo de valor VSM .....	73
3.4.6 Identificación de desperdicios.....	75
3.4.7 Análisis ABC de los desperdicios ‘ .....	80
3.4.8 Selección de la herramienta de mejora continua.....	82
3.4.9 Método de factores ponderados .....	83
3.5 Propuesta de mejora .....	86

3.5.1 Pasteurización .....	86
3.5.2 Comparación entre el método actual y el método propuesto .....	90
3.5.3 Cursogramas analíticos propuestos .....	92
3.5.4 Balanceo de líneas.....	98
3.5.5 Metodología 5S .....	106
3.5.6 VSM Propuesto .....	132
3.5.7 Tiempo estándar actual vs propuesto .....	133
3.5.8 Capacidad de producción propuesta.....	133
3.5.9 Capacidad de producción propuesta por cada estación.....	133
3.5.10 Capacidad de producción propuesta por jornada .....	134
3.5.11 Productividad Propuesta.....	135
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>136</b>
4.1 Conclusiones .....	136
4.2 Recomendaciones.....	137
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>142</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología para el diagrama analítico del proceso .....	10
Tabla 2. Suplementos según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) .....	13
Tabla 3. Materiales.....	22
Tabla 4. Población y muestra .....	24
Tabla 5. Recolección de información.....	24
Tabla 6. Información de la empresa.....	27
Tabla 7. Lista de productos de la empresa lácteos Crelac.....	29
Tabla 8. ABC de la demanda anual de lácteos Crelac .....	30
Tabla 9. Levantamiento para el proceso de pasteurización.....	41
Tabla 10. Levantamiento para el proceso de Cuajado y cortado .....	41
Tabla 11. Levantamiento para el proceso de moldeado.....	42
Tabla 12. Levantamiento para el proceso de prensado .....	42
Tabla 13. Levantamiento para el proceso de salado y oreado.....	43
Tabla 14. Levantamiento para el proceso de almacenado.....	43
Tabla 15. Tiempos preliminares de la línea de producción.....	46
Tabla 16. Cursograma analítico pasteurización .....	48
Tabla 17. Cursograma analítico cuajado y cortado.....	49
Tabla 18. cursograma analítico moldeado .....	50
Tabla 19. Cursograma analítico prensado .....	51
Tabla 20. cursograma analítico salado y oreado .....	52

Tabla 21. Cursograma analítico almacenado .....	53
Tabla 22. Número de observaciones por proceso .....	54
Tabla 23. Valoración del ritmo de trabajo en los procesos .....	55
Tabla 24. Suplementos en la empresa lácteos Crelac .....	56
Tabla 25. Codificación de actividades .....	57
Tabla 26. Estudio de tiempos pasteurización .....	58
Tabla 27. Estudio de tiempos cuajado y cortado.....	59
Tabla 28. Estudio de tiempos Moldeado.....	60
Tabla 29. Estudio de tiempos prensado.....	61
Tabla 30. Estudio de tiempos sallado y oreado.....	62
Tabla 31. Estudio de tiempos almacenado .....	63
Tabla 32. Resumen del estudio de tiempos y movimientos .....	64
Tabla 33. Capacidad estándar de cada proceso de queso fresco .....	67
Tabla 34. Resumen capacidad de producción real y estándar.....	68
Tabla 35. Inventarios y tiempo estándar para el VSM.....	72
Tabla 36. Identificación de desperdicios.....	75
Tabla 37. Cantidad de desperdicios .....	77
Tabla 38. ABC de los desperdicios .....	80
Tabla 39. Relación de herramientas y desperdicios .....	82
Tabla 40. Escala de calificación.....	84
Tabla 41. Matriz de factores ponderados para el desperdicio .....	84

Tabla 42. Matriz de factores ponderados para los movimientos innecesarios.....	85
Tabla 43. Matriz de factores ponderados para los transportes innecesarios .....	85
Tabla 44. Tiempos estándar del proceso de pasteurización .....	86
Tabla 45. Instrumento propuesto para el proceso de pasteurización .....	87
Tabla 46. Matriz de comparación método actual y método propuesto .....	90
Tabla 47. Cursograma analítico propuesto pasteurización .....	92
Tabla 48. Cursograma analítico propuesto cuajado y cortado .....	93
Tabla 49. cursograma analítico propuesto moldeado.....	94
Tabla 50. Cursograma analítico propuesto prensado .....	95
Tabla 51. cursograma analítico propuesto salado y oreado .....	96
Tabla 52. Cursograma analítico propuesto almacenado .....	97
Tabla 53. Secuencia de procesos.....	98
Tabla 54. Asignación de tareas a cada una de las estaciones de trabajo .....	100
Tabla 55. Balanceo de líneas propuesto.....	102
Tabla 56. Horas hombre para la estación 3 .....	105
Tabla 57. Resumen de la cantidad de operarios por estación de trabajo.....	106
Tabla 58. Escala de referencia para medir el grado de eficiencia .....	106
Tabla 59. Auditoría S1: Seleccionar .....	107
Tabla 60. Auditoría S2: Ordenar .....	108
Tabla 61. Auditoría S3: Limpiar .....	109
Tabla 62. Auditoría S4: Estandarizar .....	110

Tabla 63. Auditoría S5: Disciplina.....	111
Tabla 64. Resultados de la auditoria de las 5S´s .....	111
Tabla 65. Propuesta para el registro de elementos .....	113
Tabla 66. Hoja de registro de tarjetas rojas.....	117
Tabla 67. Criterio de decisión para la ubicación de elementos necesarios .....	118
Tabla 68. Organización para las herramientas e instrumentos.....	118
Tabla 69. Señalética en la línea de producción de queso fresco 900 gramos .....	120
Tabla 70. Delimitación de área en la línea de producción de queso fresco 900 gramos .....	121
Tabla 71. Procedimiento de limpieza para las herramientas y equipos .....	125
Tabla 72. Procedimiento de limpieza para las superficies y/o pisos.....	126
Tabla 73. Hoja de registro para el control y verificación de elementos.....	129
Tabla 74. Tiempo estándar actual vs propuesto .....	133



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Importancia del estudio de tiempos y movimientos .....	6
Figura 2. Etapas del estudio de tiempos y movimientos .....	8
Figura 3. Herramientas y técnicas empleadas en el estudio de tiempos y movimientos .....	8
Figura 4. Criterio para la valoración del ritmo de trabajo [18] .....	12
Figura 5. Ubicación de la empresa .....	28
Figura 6. Recepción de leche .....	31
Figura 7. Abastecimiento de materia prima .....	32
Figura 8. Mezclado.....	33
Figura 9. Pasteurización.....	33
Figura 10. Enfriado .....	34
Figura 11. cuajado.....	34
Figura 12. Desuerado .....	35
Figura 13. Moldeado .....	36
Figura 14. Envuelto.....	36
Figura 15. Prensado.....	37
Figura 16. Salado .....	37
Figura 17. Enfundado.....	38
Figura 18. Almacenado .....	39
Figura 19. Diagrama de flujo para la fabricación de queso fresco.....	40

Figura 20. Resumen del estudio de tiempos.....	64
Figura 21. Tiempo estándar y tiempos muertos .....	69
Figura 22. Tiempo de ciclo vs Tiempo Takt .....	71
Figura 23. VSM actual de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos ...	74
Figura 24. Desperdicios en la línea de producción de queso fresco .....	78
Figura 25. VSM de la situación actual con los desperdicios identificados .....	79
Figura 26. Impacto de los desperdicios.....	80
Figura 27. Periodo de inactividad de la prensa .....	81
Figura 28. Tiempo de llenado actual y propuesto .....	88
Figura 29. Tiempo estándar actual y propuesto pasteurización .....	89
Figura 30. Diagrama de precedencia para la elaboración de queso fresco .....	99
Figura 31. Representación de las estaciones y sus tareas.....	101
Figura 32. Tiempo estándar vs Takt time propuesto.....	102
Figura 33. Eficiencia actual vs propuesta .....	104
Figura 34. Resultado de la auditoría .....	112
Figura 35. Tarjeta roja propuesta .....	115
Figura 36. Ejemplo de aplicación de Tarjeta roja .....	116
Figura 37. Uso de la tarjeta en elementos innecesarios .....	116
Figura 38. Moldes de acero inoxidable .....	119
Figura 39. Grasas y residuos semielaborados .....	122
Figura 40. Grasas y residuos semielaborados en la marmita .....	123

Figura 41. Contenedores para el manejo de residuos.....	123
Figura 42. Contenedores propuestos para el manejo de residuos .....	124
Figura 43. Propuesta de acta de conformación de un comité 5'S .....	128
Figura 44. VSM propuesto para la línea de producción de queso fresco 900gramos .....	132

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Ficha para el levantamiento de información de los procesos .....	142
Anexo B. Formato para el estudio de tiempos .....	143
Anexo C. Formato para la identificación de desperdicios de la empresa .....	144
Anexo D. Formato de Auditoría 5S .....	145
Anexo E. Acta para la conformación de un comité 5S .....	146
Anexo F. Balanceo de líneas QM for Windows .....	147
Anexo G. Instrumento propuesto .....	148

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación se realizó en la empresa lácteos Crelac. Inicialmente, se describió a la empresa y mediante un análisis realizado a cada línea de producción se identificó que el queso fresco de 900 gramos era el producto más viable. enfocando así el estudio para su línea de producción.

Para la mejora de la productividad se siguieron 4 etapas principales. La primera etapa consistió en conocer la situación actual de la empresa mediante el levantamiento de procesos. En la segunda etapa el estudio de tiempos y movimientos permitió calcular el tiempo estándar y establecer una capacidad de producción de 12 lotes diarios. Para la tercera etapa se realizó un diagnóstico a través del VSM donde se identificaron desperdicios como esperas, movimientos y transportes innecesarios. La cuarta etapa involucró propuestas de mejora como: cursogramas analíticos propuestos para optimizar actividades, balanceo de líneas para equilibrar las cargas de trabajo lo que redujo los tiempos muertos de 75.92 minutos a 13.14 minutos y elevó la eficiencia de producción del 67.41% al 90.51%, y la implementación de las 5S para lograr un entorno de trabajo limpio y organizado. Estas propuestas tuvieron como objetivo reducir los desperdicios identificados en la línea de producción de queso fresco 900 gramos.

Finalmente se realizó un análisis de la mejora obtenida donde se determinó un aumento en la capacidad de producción a 13 lotes por día, esto se traduce en un aumento de la productividad del 8.3% pasando de 144 quesos por hora a 155 quesos por hora.

**Palabras clave:** Productividad, VSM, balanceo de líneas, 5S.

## ABSTRACT

The research project was carried out at the Crelac dairy company. Initially, the company was described and through an analysis carried out on each production line, it was identified that the 900 gram fresh cheese was the most viable product, thus focusing the study for its production line.

To improve productivity, four main stages were followed. The first stage involved understanding the current situation of the company by surveying processes. In the second stage, the study of times and movements aimed to calculate the standard time and establish a production capacity of 12 batches per day. The third stage, involved a diagnosis using VSM, where waste such as waiting times, unnecessary movements, and transports were identified. The fourth stage involved improvement proposals such as: proposed analytical coursegrams to optimize activities, line balancing to balance workloads which reduced downtime from 75.92 minutes to 13.14 minutes and raised production efficiency from 67.41% to 90.51%. Additionally, the implementation of the 5S methodology aimed to achieve a clean and organized work environment. These proposals aimed to reduce the waste identified in the 900 gram fresh cheese production line.

Finally, an analysis of the improvement achieved determined an increase in production capacity to 13 batches per day, resulting in an 8.3% increase in productivity, going from 144 cheeses per hour to 155 cheeses per hour.

**Keywords:** Productivity, VSM, line balancing, 5S.

## **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Tema de investigación**

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA LÁCTEOS CRELAC.

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En la industria láctea, al igual que en otras, las empresas buscan constantemente formas de mejorar sus procesos productivos para poder competir en un mercado cada vez más exigente. La implementación de estudios de tiempos y movimientos se hace imprescindible para lograr la optimización de los procesos y la reducción de los tiempos improductivos. La eficiencia y el desempeño en todas las etapas del proceso productivo son fundamentales para el éxito en el mercado [1].

Una fracción reducida del volumen total de productos lácteos se destina al comercio internacional, representando aproximadamente el 7%, principalmente debido a la naturaleza altamente perecedera de varios de estos productos. Se estima que más del 80% de la leche comercializada en países en desarrollo es manejada por comerciantes informales, los cuales suelen consistir en empresas artesanales o pequeños productores locales de cada región [2].

Empresas artesanales de diferentes partes del mundo como Fromagerie Haxaire todavía no han implementado un estudio de tiempos y movimientos en sus procesos productivos, lo que puede llevar a una pérdida de competitividad en el mercado a largo plazo [3]. La falta de optimización de los procesos puede resultar en tiempos de producción más largos, mayores costos y menor calidad del producto final, lo que puede afectar negativamente la satisfacción del cliente y la lealtad a la marca [4].

La industria láctea en Ecuador ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. El país es uno de los principales productores y exportadores de lácteos de la región. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la producción de leche en Ecuador en 2020 fue de aproximadamente 5,3 millones de

toneladas, lo que representa un aumento del 2,2% en comparación con el año anterior [4].

Sin embargo, a pesar de este crecimiento, la industria láctea ecuatoriana todavía enfrenta varios desafíos. Uno de los principales problemas es la informalidad en la producción y comercialización de lácteos, lo que dificulta el control de calidad, la estandarización y optimización de los procesos. Además, La falta de estudios de tiempos y movimientos puede llevar a procesos poco eficientes, lo que se traduce en costos más altos y en una baja capacidad de producción por esta razón en Ecuador la industria láctea tiene un largo camino por recorrer en cuanto a la implementación de tecnología para automatizar procesos [4].

Otro desafío importante es el aumento en los costos de producción, que pueden afectar la rentabilidad de los productores y procesadores de lácteos. Esto se debe a factores como el aumento en el precio de los insumos, la fluctuación en el precio internacional de los lácteos y la falta de eficiencia en la gestión de los procesos productivos. A pesar de estos desafíos, la industria láctea ecuatoriana sigue siendo un importante motor de la economía del país y se espera que continúe creciendo en los próximos años [5].

Crelac es una empresa dedicada a la fabricación de productos lácteos se encuentra ubicada en el cantón Pillaro y destaca por tener una excelente calidad tiene proyecciones de llegar a nuevos mercados a nivel nacional con su línea de producción de queso fresco y mozzarella. El incremento de empresas competidoras en la región ha motivado a la empresa Crelac implementar mejoras para ser más competitiva, el estudio de tiempos y movimientos le permitirá optimizar los recursos y maximizar la productividad mediante técnicas de gestión más avanzadas [5].

La empresa no tiene implementado un estudio de tiempos y movimientos, las mejoras que se han implementado a lo largo de su trayectoria se han realizado empíricamente actualmente tiene retrasos y tiempos improductivos y se plantea establecer mejoras que permitan maximizar la productividad de la empresa, es por ello que es necesario realizar un estudio de tiempos para determinar la situación actual de la empresa Además, el estudio de tiempos y movimientos también permitirá identificar cuellos de botella o ineficiencias en la asignación de recursos, como la mano de obra, maquinaria



y materiales, lo que contribuirá a optimizar la utilización de estos recursos y reducir costos [6].

## **1.2 Antecedentes investigativos**

El estudio de tiempos es una técnica utilizada en la industria para medir y analizar el tiempo requerido para llevar a cabo una tarea o proceso específico. Se basa en la observación y el registro meticuloso de cada paso involucrado, con el fin de identificar ineficiencias y oportunidades de mejora. Este enfoque permite optimizar los procesos, aumentar la productividad, reducir los costos y mejorar la calidad en diversas áreas industriales, como la manufactura, la logística y los servicios.

En la investigación llevada a cabo en la empresa láctea Leito, se centró en la creación de módulos de trabajo para determinar la distribución óptima de los procesos, identificar tiempos inactivos y reducir movimientos innecesarios. Se utilizaron diversas metodologías, como el estudio de tiempos y movimientos, diagrama de hilos, VSM (mapeo del flujo de valor) y simulación en FlexSim. Como resultado de estas mejoras, se logró aumentar la producción de 760 a 920 unidades, con un incremento en la eficiencia del 29.21%. Esto representa un avance significativo en el proceso productivo de la empresa láctea El Leito [7].

El estudio de tiempos y movimientos en la empresa Viñedos VIVA SPR de RI consistió en la determinación de la media estándar del tiempo en cada actividad, obteniendo un tiempo promedio estándar para la obtención de siete cajas con uva de mesa de 58 minutos, en base a esta información se estableció un nuevo modelo de trabajo en el que se consideraron las variables de trabajo con más demora, lo que redujo el tiempo promedio en 53 minutos su estudio concluyó en que los movimientos encontrados en los procesos son los necesarios, y en su mayoría, no llegan a entorpecer o afectar la funcionalidad de los mismo [8].

En el artículo científico Análisis de tiempos en el envasado de leche condensada en una Industria Láctea Ecuatoriana, se realizó una mejora de la productividad en los proceso de envasado de leche condensada, aplicando herramientas como el estudio de tiempos, análisis operacional y diagrama hombre-maquina. Los resultados obtenidos

de estudio mostro un incremento de la capacidad productiva en un 58%, además de una reducción de perdidas en el proceso en un 99% [9].

En la tesis Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la empresa kuri néctar sac, se tuvo como objetivo fundamental reducir tiempos improductivos aplicando técnicas de Ingeniería Industrial, se utilizó diagramas de operaciones, diagrama de análisis de cada procesos y formatos de estudio de tiempos y movimientos. El resultado obtenido en este estudio es una reducción del tiempo estándar del proceso de elaboración de néctar de maracuyá de 279.16 minutos a 230.41 minutos y un aumento de la productividad de 40 cajas/operario a 52 cajas/operario obteniendo un beneficio-costo de 1.63 concluyendo como un proyecto rentable para la empresa [10].

En la tesis “Estudio de Tiempos y Movimientos para aumentar la Productividad en el Área de Producción de la distribuidora Vania S.R.L, Trujillo 2020” tiene como objetivo principal realizar un estudio de tiempos y movimientos para aumentar la productividad, para ello se determinó la situación actual de la empresa en las líneas de producción de panes. Kekes y pasteles. Los resultados obtenidos indican que el estudio de tiempos y movimientos realizada en cada una de las líneas de producción lograron aumentar la productividad obteniendo un beneficio reduciendo los tiempos de operación en 21.9% e incrementando la capacidad en 13.9% en cada uno de las líneas de producción [11].

El estudio de tiempos realizado en la empresa de lácteos “El enjambre” tiene como propósito mejorar el proceso productivo, estandarizar los procesos y aumentar la productividad, A partir de la situación actual de la empresa se identificó oportunidades de mejora en el proceso de fabricación de queso mozzarella dado que es el producto de mayor demanda y se determinó que existe cuellos de botella, ausencia de procesos estandarizados, y actividades que no generan valor. Para lo cual se planteó propuestas de mejoras como el balanceo de líneas para equilibrar las cargas de trabajo y un manual de procedimientos para estandarizar los procesos lo que ayudaría a incrementar la productividad [12].

El trabajo de investigación “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa POSTES DEL NORTE S.A.” mediante un diagnóstico inicial determinó que la productividad actual de la empresa es de 2463 postes por hora y 195 postes al año en pérdida en base a ello se ha implementado mejoras aplicando estandarización de tiempos, mantenimiento predictivo y opciones de mejora para reducir cuellos de botella. El resultado obtenido mediante las mejores implementadas generó un aumento de la productividad en 2805 postes por hora y sin pérdidas obteniendo una productividad del 13,88% y mediante un análisis económico se determinó un VAN de \$47,243.63 en 3 años, TIR 153% y un costo beneficio de 2.832 siendo un proyecto de investigación rentable para la empresa [13].

El estudio de tiempos realizado en el área de inspección de la empresa CIAUTO tiene como objetivo estandarizar las operaciones que se emplean para el modelo DFSK GLORY 560. Dicho estudio de tiempos demostró que existen cuellos de botella y actividades innecesarias en las operaciones del modelo, para solucionar estos problemas se eliminaron, reubicaron y unieron actividades obteniendo mejora nuevos tiempos operacionales y en consecuencia un aumento de la productividad del 4,9% [14].

En la tesis titulada “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la empresa ALUMINIOS Y VIDRIOS ESTRUCTURALES S.A.S” tiene como objetivo principal mejorar la productividad mediante el estudio de tiempos y movimientos para ello se determinó la situación actual de la empresa y en base a ello se identificó oportunidades de mejora, se realizó una redistribución de la planta y se elaboró una propuesta en la modificación del proceso para eliminar las actividades críticas permitiendo una reducción en los tiempos de fabricación [15].

En el proyecto de investigación titulado “Estudio de tiempos y movimientos en el centro de faenamiento E.T “ELINA TORRES” en los procesos de producción de la línea bovina” se estableció un tiempo estándar de 5.64 minutos para el proceso de desangrado, lo que equivale a una capacidad de producción de 425 reses faenadas. Además, se identificaron actividades que no agregan valor, y la falta de organización y limpieza generaba un flujo de trabajo ineficiente. Con la implementación del

balanceo de líneas y las 5S, se logró un incremento del 22.59% en la capacidad de producción [16].

### **1.3 Fundamentación teórica**

#### **1.3.1 Estudio de tiempos y movimientos**

El estudio de tiempos y movimientos es una técnica utilizada en la gestión de operaciones para analizar y mejorar los procesos de trabajo. Consiste en la observación sistemática y registro detallado de cada paso involucrado en una tarea o proceso, con el objetivo de identificar ineficiencias, tiempos improductivos y movimientos innecesarios [17].

El estudio de tiempos se enfoca en medir y analizar el tiempo requerido para realizar cada actividad, permitiendo establecer estándares de tiempo para futuras referencias. Por otro lado, el estudio de movimientos se centra en analizar los movimientos físicos realizados por los trabajadores, identificando aquellos que pueden ser eliminados, simplificados o mejorados para aumentar la eficiencia [17].

#### **1.3.2 Importancia del estudio de tiempos y movimientos en la mejora de la productividad**

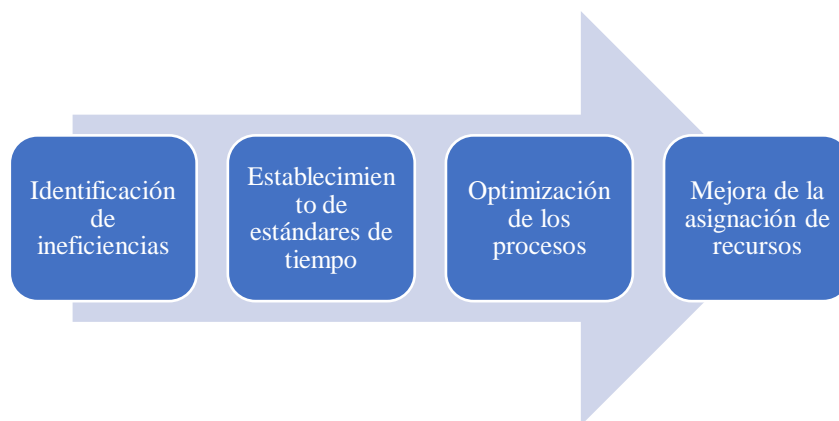


Figura 1. Importancia del estudio de tiempos y movimientos [17]

Identificación de ineficiencias: El estudio de tiempos y movimientos permite identificar actividades innecesarias, movimientos redundantes y procesos ineficientes. Al analizar en detalle cada paso de una tarea, se pueden identificar y eliminar o reducir aquellos aspectos que generan desperdicio de tiempo y recursos [17].

Establecimiento de estándares de tiempo: A través del estudio de tiempos, se pueden establecer estándares de tiempo para realizar tareas específicas. Esto ayuda a definir expectativas claras de desempeño, establecer metas realistas y evaluar la eficiencia de los trabajadores y los procesos [17].

Optimización de procesos: Al comprender a fondo los movimientos y las actividades involucradas en un proceso, es posible identificar oportunidades de mejora. El estudio de tiempos y movimientos proporciona una base sólida para rediseñar los métodos de trabajo, eliminar pasos innecesarios, simplificar tareas y mejorar la secuencia de actividades, lo que conduce a una mayor eficiencia y productividad [18].

Mejora de la asignación de recursos: Al tener una comprensión precisa de los tiempos requeridos para realizar diferentes tareas, se puede realizar una asignación más eficiente de los recursos disponibles, como mano de obra, maquinaria y materiales. Esto evita la subutilización o sobreutilización de recursos, optimizando su uso y reduciendo costos [18].

### **1.3.3 Etapas para realizar un estudio de tiempos y movimientos**

El proceso para llevar a cabo un estudio de tiempos y movimientos comprende una serie de etapas fundamentales que permiten analizar y mejorar la eficiencia de las operaciones industriales [18]. En la Figura 2 se muestra las etapas principales para llevar a cabo un estudio de tiempos y movimiento.

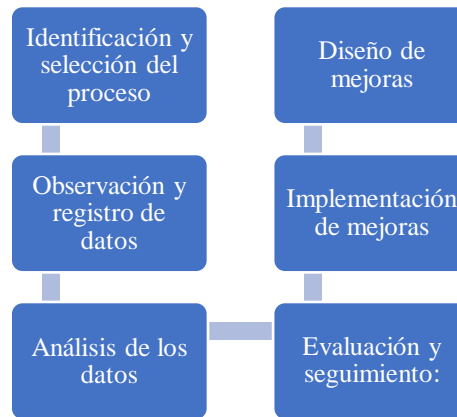


Figura 2. Etapas del estudio de tiempos y movimientos [18]

### 1.3.4 Herramientas y técnicas empleadas en el estudio de tiempos y movimientos

Existen varias herramientas y técnicas empleadas en un estudio de tiempos y movimientos. En la Figura 3, se presentan algunas de las herramientas más utilizadas.

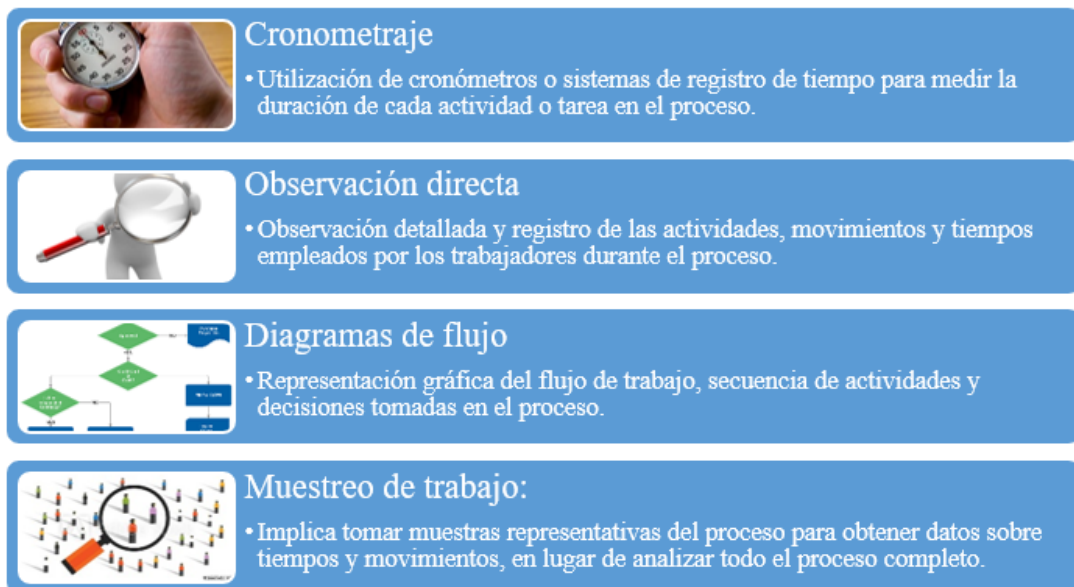


Figura 3. Herramientas empleadas en el estudio de tiempos y movimientos [18]

### 1.3.5 Tipos de estudio de tiempos

- Método continuo:** Es una técnica de medición del trabajo que se utiliza para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una

norma de ejecución preestablecida. En este método, el cronómetro se inicia al comienzo de la tarea y se detiene al final de la misma, registrando el tiempo total empleado en la tarea [19].



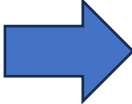


- Vuelta a cero: se utiliza para registrar los tiempos de cada elemento de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. En este método, el cronómetro se inicia al comienzo de cada elemento y se detiene al final del mismo, registrando el tiempo empleado en el elemento. Luego, el cronómetro se restablece a cero y se repite el proceso para el siguiente elemento [19].

### **1.3.6 Cursograma analítico del proceso**

El cursograma analítico es una herramienta utilizada en el estudio de tiempos y movimientos que permite representar gráficamente el orden de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen lugar durante un proceso o procedimiento. Este diagrama comprende la información considerada adecuada para el análisis, como por ejemplo, el tiempo requerido y la distancia recorrida [19].

En el cursograma analítico, se muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo que corresponda. Existen tres tipos de cursogramas: el cursograma de operario, el cursograma de material y el cursograma de equipo. El cursograma de operario registra lo que hace la persona que trabaja, el cursograma de material registra cómo se manipula o trata el material y el cursograma de equipo registra cómo se usa el equipo [19]. En la Tabla 1 se describe la simbología utilizada en el diagrama analítico del proceso.

Tabla 1. Simbología para el diagrama analítico del proceso

Simbología	Nombre	Descripción
	Operación	Este símbolo se utiliza para indicar las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto en estudio, se modifica durante la operación.
	Inspección	Representa la verificación de la calidad, cantidad o ambas de un producto o procedimiento. Este símbolo se utiliza para indicar que se realiza una inspección en un punto específico del proceso o procedimiento.
	Transporte	Este símbolo se utiliza para indicar el desplazamiento de los materiales, productos o personas de un lugar a otro dentro del proceso o procedimiento.
	Demora	Este símbolo se utiliza para indicar el tiempo que se pierde en un punto específico del proceso o procedimiento.
	Almacenamiento	Este símbolo se utiliza para indicar el almacenamiento de materiales, productos o herramientas en un punto específico del proceso o procedimiento.

### 1.3.7 Número de observaciones

El número de observaciones en el estudio de tiempos y movimientos se refiere a la cantidad de veces que se mide un elemento o tarea para obtener un promedio representativo. El número de observaciones es importante porque afecta la precisión y la confiabilidad de los resultados del estudio de tiempos [11].

- Criterio de la general electric
- Abaco de lifson
- Tabla de Westinghouse



- Formulas estadísticas

### **1.3.8 Valoración del ritmo de trabajo**

La valoración del ritmo de trabajo en el estudio de tiempos y movimientos es la evaluación del ritmo de trabajo de un operario en comparación con el ritmo estándar. El ritmo estándar se define como el ritmo de trabajo que se espera de un trabajador calificado que trabaja en condiciones normales [19].

No existe un método universal para la valorización del ritmo de trabajo, por lo que el analista debe considerar una aproximación razonable al desempeño normal. Considerando el método de Westinghouse se tiene 4 factores principales para realizar esta valorización en la Figura 4 se presenta la valorización destinada a cada factor de desempeño [20].

- Habilidad: conocimiento del trabajo, rapidez, destreza con las herramientas y equipos, seguridad en los movimientos, coordinación manual.
- Esfuerzo: voluntad para trabajar eficientemente, capacidad para cumplir las actividades a tiempo.
- Condiciones: temperatura, ruido, ventilación, luz.
- Consistencia: valores constantes de medición en el tiempo.

Habilidad			Esfuerzo		
A1	Habilísimo	+0.15	A1	Excesivo	+0.13
A2		+0.13	A2		+0.12
B1	Excelente	+0.11	B1	Excelente	+0.10
B2		+0.08	B2		+0.08
C1	Bueno	+0.06	C1	Bueno	+0.05
C2		+0.03	C2		+0.02
D	Promedio	0.00	D	Promedio	0.00
E1	Regular	-0.05	E1	Regular	-0.04
E2		-0.10	E2		-0.08
F1	Deficiente	-0.15	F1	Deficiente	-0.12
F2		-0.22	F2		-0.17
Condiciones			Consistencia		
A	Ideales	+0.06	A	Perfecto	+0.04
B	Excelentes	+0.04	B	Excelente	+0.03
C	Buena	+0.02	C	Buena	+0.01
D	Promedio	0.00	D	Promedio	0.00
E	Regulares	-0.03	E	Regulares	-0.02
F	Malas	-0.07	F	Deficientes	-0.04

Figura 4. Criterio para la valoración del ritmo de trabajo [20]

### 1.3.9 Cálculo del tiempo normal

El tiempo normal o básico se refiere al tiempo promedio requerido para realizar una tarea o actividad específica bajo condiciones normales. Es una estimación del tiempo que tomaría realizar una tarea cuando se realiza de manera constante y a un ritmo sostenido. Como se muestra en la ecuación (1), se determina partir del producto entre el tiempo promedio observado y el factor de desempeño del trabajador [21].

$$TN = TOP * FD \quad (1)$$

Donde:

TN = Tiempo normal o básico

TOP = Tiempo promedio observado

FD = Factor de desempeño

### 1.3.10 Cálculo de holguras o suplementos

Las condiciones de trabajo, como la fatiga, la complejidad de la tarea o la ergonomía del entorno laboral, pueden afectar significativamente la velocidad y la eficiencia con

la que se realizan las actividades. Al incorporar suplementos, se tiene en cuenta la variabilidad asociada con estas condiciones específicas [22]. En la Tabla 2 se muestra el criterio de valorización para los suplementos según la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Tabla 2. Suplementos según la Organización Internacional del Trabajo (OIT)

Suplementos constantes			Suplementos variables	H	M
Suplementos	H	M	E. Condiciones atmosféricas (milicalorías/cm2/segundo)		
A. Necesidades personales	5	7	16	0	
B. Suplementos base por fatiga	4	4	14	0	
<b>Suplementos variables</b>			12	0	
A. Por trabajar de pie	2	4	10	3	
B. Por postura anormal			8	10	
Ligeramente incomoda	0	1	6	21	
Incómoda (inclinada)	2	3	5	31	
Muy incómoda (estirado)	7	7	4	45	
<b>C. Uso de fuerza</b>			3	64	
Levantamiento por kg			2	100	
2.5	0	1	<b>F. Concentración intensa</b>		
5	1	2	con cierta precisión	0	0
7.5	2	3	Trabajos fatigosos	2	2
10	3	4	Trabajos de gran precisión	5	5
12.5	4	6	<b>G. Ruido</b>		
15	5	8	Continuo	0	0
17.5	7	10	Intermitente y fuerte	2	2
20	9	13	Intermitente y muy fuerte	5	5
22.5	11	16	Estridente y fuerte	7	7
25	13	20	<b>H. Tensión mental</b>		
30	17		Proceso bastante complejo	1	1
33.5	22		Complejo	4	4
<b>D. Mala Iluminación</b>			Muy complejo	8	8
Por debajo	0	0	<b>I. monotonía</b>		
Bastante por debajo	2	2	Algo monótono	0	0
Absolutamente insuficiente	5	5	monótono	1	1
			Muy monótono	4	4
			<b>J. Tedio</b>		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

La tabla de suplementos es una herramienta propuesta por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) que clasifica los suplementos en dos grupos: los variables y los constantes. Los suplementos constantes son aquellos que se conceden para cubrir las necesidades personales del trabajador, como ir al baño o tomar un

descanso para comer. Los suplementos variables se conceden para compensar la fatiga básica y se aplican en función de la postura del trabajador, el uso de fuerza muscular, la tensión mental, entre otros factores [22].

### **1.3.11 Tiempo estándar**

El tiempo estándar se refiere a la cantidad de tiempo que se considera como la duración promedio para llevar a cabo una tarea específica bajo condiciones de trabajo normales y eficientes. En la gestión industrial y el estudio de tiempos y movimientos, el tiempo estándar es una medida fundamental utilizada para estimar la duración de las actividades en un proceso de producción [21].

$$Ts = Tn * (1 + S) \quad (2)$$

Donde:

Ts = Tiempo estándar

Tn = Tiempo normal

S = Holgura o suplementos

### **Capacidad de producción**

La capacidad de producción se refiere a la cantidad máxima de productos que una empresa puede producir en un período de tiempo determinado. La capacidad de producción está vinculada a la eficiencia y la eficacia de los procesos de fabricación, y su gestión es esencial para satisfacer la demanda del mercado y lograr los objetivos comerciales [23]. Para el cálculo se emplea el uso de la ecuación (3).

$$Cp = \frac{1}{Ts} * TTP \quad (3)$$

Donde:

Cp = Capacidad de producción

Ts = Tiempo estándar

TTP = Tiempo productivo total

### **1.3.12 Productividad**

La productividad se mide mediante la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados, como el tiempo, la mano de obra, los materiales y el capital. Al calcularlo es posible conocer la eficiencia con la que se utilizan los recursos de la empresa [24]. Para determinar se utiliza la ecuación (4).

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos\ utilizados} \quad (4)$$

Esto puede expresarse en diversas unidades, como unidades de producto por hora, valor monetario de la producción por empleado, entre otras.

### **1.3.13 Aumentar la productividad**

Aumentar la productividad en la producción implica mejorar la eficiencia y aprovechar al máximo los recursos disponibles. Esto puede lograrse mediante la implementación de prácticas de gestión eficientes, la automatización de procesos, la formación y capacitación del personal, la optimización de la cadena de suministro, entre otras estrategias [24].

Aumentar la producción: implica optimizar el rendimiento y la eficiencia de los procesos de fabricación para obtener más productos con los mismos recursos o, en algunos casos, con menos recursos. Aquí hay algunas estrategias: Aumentar la fuerza laboral, tiempos extras, aumentar la velocidad de la producción, expandir la planta [24].

Racionalizar: Racionalizar implica mejorar el aprovechamiento de todos los recursos a los que se tiene acceso. Aquí hay algunas estrategias: Mejorar el aprovechamiento de los materiales, maquinaria y tiempo: Estandarizar, mantener estable el abasto de

materiales, reducir los tiempos donde la maquina este detenida, reducir horas hombre y redistribuir el trabajo [24].

#### 1.3.14 Mapa del flujo de valor (VSM)

El Mapa del Flujo de Valor (VSM por sus siglas en inglés, Value Stream Mapping) es una herramienta visual utilizada en el ámbito de la mejora continua y la gestión de procesos. Este mapa representa gráficamente la secuencia de pasos y actividades que constituyen un proceso específico, desde la llegada de materia prima hasta la entrega del producto final al cliente [25].

El VSM busca identificar y visualizar todos los pasos del proceso, así como cualquier tipo de desperdicio, demora o ineficiencia que pueda existir en la cadena de valor [25].

#### Parámetros

- **Tiempo de ciclo:** se refiere al tiempo que toma completar una unidad de producto desde el inicio hasta el final del proceso [26].
- **Lead time:** Es el tiempo que transcurre desde la recepción de la materia prima hasta la expedición del producto final [26].
- **Takt time:** Es el tiempo de ciclo al cual los procesos deben ajustarse para satisfacer los requerimientos de producción exigidos por el cliente. Se calcula dividiendo el tiempo disponible para la producción entre la demanda del cliente[26].

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ para\ la\ producción}{Demanda} \quad (5)$$

#### 1.3.15 Beneficios del VSM

Visualización Integral del Proceso: El Mapeo del Flujo de Valor (VSM) proporciona una visión completa y detallada de todo el proceso de producción, permitiendo una comprensión clara de las actividades, flujos y relaciones entre diferentes etapas [27].

Identificación de Desperdicios: Facilita la identificación y cuantificación de desperdicios en el proceso, como tiempos de espera, exceso de inventario, transporte innecesario y sobreproducción, lo que ayuda a tomar medidas para eliminar o reducir estos desperdicios [27].

Análisis de Tiempo y Eficiencia: Permite analizar los tiempos de ciclo y los tiempos de espera en cada fase del proceso, brindando la oportunidad de mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de entrega, lo que contribuye a una producción más ágil [27].

Enfoque en el Valor del Cliente: Orienta el análisis hacia las actividades que generan valor para el cliente, eliminando aquellas que no aportan valor. Esto ayuda a optimizar el proceso para satisfacer mejor las necesidades del cliente [27].

### **1.3.16 Desperdicios**

Sobreproducción: Producir más de lo necesario antes de que sea requerido por el siguiente proceso o cliente [28].

Esperas: Tiempo perdido debido a la inactividad de los empleados, máquinas u otros recursos debido a retrasos o interrupciones [28].

Transporte innecesario: Movimiento no esencial de materiales o productos que no agrega valor al proceso [28].

Sobrepuestos: Realizar más trabajo del necesario, como agregar características que no son solicitadas o realizar operaciones que no aportan valor [28].

Inventario: Mantener existencias de materiales o productos más allá de lo necesario, lo que puede llevar a costos adicionales y obsolescencia [28].

Movimiento innecesario: Desplazamiento de personas o equipos que no contribuye al proceso productivo.

Productos defectuosos: Producción de artículos que no cumplen con los estándares de calidad, lo que puede resultar en retrabajos, desperdicio de materiales y pérdida de tiempo [28].

### **1.3.17 Herramientas para la mejora de la productividad**

#### **Metodología 5'S**

La metodología 5S es un enfoque de mejora continua que se originó en Japón y se centra en la organización y limpieza del lugar de trabajo para aumentar la eficiencia, la seguridad y la calidad. El término "5S" proviene de cinco palabras japonesas que describen cada una de las cinco fases de la metodología [29]. Aquí están las 5S:

**Seiri (Clasificación):** Se refiere a la clasificación y organización de los elementos en el lugar de trabajo. La idea es eliminar los elementos innecesarios y organizar lo que queda de manera eficiente [29].

**Seiton (Orden):** Consiste en establecer un orden sistemático y lógico para los elementos esenciales después de la clasificación. Cada elemento debe tener un lugar asignado y ser fácilmente accesible [29].

**Seiso (Limpieza):** Implica la limpieza regular y sistemática de todos los elementos y áreas de trabajo. Esto va más allá de la simple limpieza superficial y busca mantener un ambiente de trabajo limpio y ordenado en todo momento [30].

**Seiketsu (Normalización):** Busca establecer normas y procedimientos estandarizados para mantener las prácticas de clasificación, orden y limpieza en el tiempo. La normalización asegura la consistencia y la sostenibilidad de los resultados obtenidos [30].

**Shitsuke (Disciplina):** Se refiere a la disciplina personal y organizacional para mantener y mejorar continuamente los estándares establecidos. Implica la creación de hábitos y la incorporación de la metodología 5S en la cultura organizacional [30].

#### **TPM**

TPM son las siglas de Mantenimiento Productivo Total (por sus siglas en inglés, Total Productive Maintenance). Es una metodología de gestión orientada a la mejora continua de la eficiencia y la productividad de los equipos y maquinarias en una



organización. Su objetivo principal es minimizar las pérdidas asociadas con el tiempo de inactividad no planificado, defectos de calidad y costos de mantenimiento [31].

El TPM se originó en Japón y se ha convertido en una parte integral de muchas filosofías de gestión, como el Lean Manufacturing. La metodología se basa en la participación activa de los operarios y el mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad y el rendimiento de los equipos. Algunos de los principios clave del TPM incluyen:

**Mantenimiento Autónomo:** Los operarios participan activamente en el mantenimiento de sus propias máquinas y equipos, realizando tareas de limpieza, inspección y lubricación de manera regular [31].

**Mantenimiento Planificado:** Se lleva a cabo mantenimiento preventivo y predictivo en momentos programados para evitar paradas no planificadas y reducir la probabilidad de fallas [32].

**Mejora Continua:** Se fomenta la identificación y eliminación de las causas raíces de los problemas, y se busca constantemente la mejora de los procesos y equipos [32].

**Formación y Desarrollo:** Se proporciona formación y desarrollo continuo a los empleados para mejorar sus habilidades técnicas y conocimientos sobre mantenimiento [32].

**Participación de Todos:** El TPM involucra a todos los niveles de la organización, desde la alta dirección hasta los operarios de línea, para garantizar una cultura de mejora continua [32].

### **Balanceo de líneas**

El balanceo de líneas es una técnica utilizada en la gestión de la producción e ingeniería industrial que tiene como objetivo distribuir de manera equitativa la carga de trabajo entre las estaciones de trabajo en una línea de producción. En este proceso, se busca optimizar el flujo de trabajo y minimizar los tiempos muertos asegurando que cada estación en la línea tenga un tiempo de ciclo similar. La idea fundamental es evitar cuellos de botella y maximizar la eficiencia de la línea, garantizando una producción constante y eficiente. Este enfoque implica ajustar la secuencia de operaciones en cada

estación para lograr tiempos de ciclo uniformes, lo que contribuye a mejorar la productividad, reducir costos y aumentar la calidad del producto final [33].

Los beneficios del balanceo de líneas incluyen:

Reducción de tiempos muertos: Al equilibrar las cargas de trabajo, se minimizan los tiempos en los que algunas estaciones están inactivas esperando a otras [34].

Mejora en la eficiencia: Se evitan los cuellos de botella y se logra una producción más constante y eficiente [34].

Aumento de la productividad: Al distribuir equitativamente las tareas, se puede aumentar la producción total de la línea [34].

Reducción de costos: Se optimiza el uso de recursos, lo que puede llevar a una reducción de costos operativos [34].

Mejora en la calidad: Al tener tiempos de ciclo más uniformes, se reduce la posibilidad de errores y se mejora la calidad del producto [34].

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Desarrollar un estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en la empresa lácteos Crelac.

### **1.4.2 Objetivos específicos**








- Realizar un levantamiento de procesos para el reconocimiento de la situación actual en la empresa lácteos Crelac.
- Ejecutar un estudio de tiempos y movimientos con el fin de determinar la productividad en la línea de producción de queso fresco.
- Plantear una propuesta de mejora en la línea de producción de queso fresco de la empresa lácteos Crelac, enfocado en maximizar la eficiencia y aumentar la productividad.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

En la Tabla 3 se detallan los materiales e instrumentos que se utilizaron para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3. Materiales

<b>Materiales</b>	<b>Detalle</b>	<b>Imagen</b>
Microsoft Word	Aplicación de escritorio empleada con el objetivo de elaborar el informe final.	
Microsoft Excel	Se empleo para la realización de los cálculos	
Visio	Es un programa enfocado en proveer todas las herramientas para desarrollar diagramas de flujo, vsm, etc.	
Computadora	Equipo empleado para el desarrollo del informe de trabajo de titulación	
Cronómetro	Instrumento que permite cronometrar y determinar el tiempo empleado en una tarea o actividad	
Cinta métrica	Articulo cuya utilidad es la de medir superficies y distancias.	
Celular	Dispositivo utilizado para fotografiar el proceso de fabricación en la empresa Crelac.	

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Modalidad de la investigación**

#### **Investigación bibliográfica/documental**

Se empleó esta modalidad de investigación con el propósito de respaldar el proyecto de investigación con información de la comunidad científica y académica mediante el uso fuentes bibliográficas provenientes de revistas, libros, artículos científicos publicados en congresos, tesis y páginas web como eLibro, Springer y Dialnet. De esta manera, se busca obtener datos actualizados, respaldados y relevantes en relación con el tema de investigación.

#### **Investigación de campo**

Se utilizó esta modalidad de investigación ya que se realizaron visitas a las instalaciones de la empresa con el fin de obtener información del área de producción de la empresa lácteos Crelac sobre sus productos, procesos, tiempos, métodos y condiciones de trabajo. Este se llevó a cabo mediante el uso de técnicas como la observación directa y encuestas.

#### **Investigación aplicada**

Se empleó este tipo de investigación para la aplicación de la teoría del estudio de tiempos y movimientos como la de otras temáticas aprendidas durante la carrera de ingeniería industrial tales como lean manufacturing y herramientas de mejora continua.

### **2.2.2 Población y muestra**

La área de producción de lácteos Crelac cuenta con 7 trabajadores que están distribuidos en distintas actividades. Debido a que la población no supera las 100 personas no es necesario emplear una muestra y se trabajó con la totalidad de la población. En la Tabla 4 se observa la cantidad de trabajadores asignados a cada proceso.

Tabla 4. Población y muestra

<b>Proceso productivo</b>	
<b>Procesos</b>	<b>Trabajadores</b>
Recepción de materia prima	1
Pasteurización	1
Cuajado y cortado	
Moldeado	3
Prensado	
Salado y oreado	2
Almacenado	

### 2.2.3 Recolección de información

En este estudio, se llevó a cabo la recolección de información en el área de producción de la empresa lácteos Crelac durante las jornadas de trabajo normales. Con el objetivo de evitar interferir en las actividades de los operarios en la medida de lo posible, se utilizaron diversas técnicas y herramientas mismas que se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Recolección de información

<b>Técnica/Herramienta</b>	<b>Descripción</b>
Observación directa	Se realizó una observación detallada de las operaciones en el área de producción, registrando las actividades, tiempos, desperdicios y oportunidades de mejora.
Entrevistas	Se llevó a cabo entrevistas con el personal de producción mas capacitado para obtener información cualitativa sobre sus experiencias y perspectivas en el trabajo diario.
Registro fotográfico	Se tomaron fotografías de los equipos, maquinarias y áreas de trabajo para complementar la documentación y facilitar el análisis posterior.
Cuestionarios	Se utilizaron cuestionarios breves para recopilar información cualitativa sobre las condiciones de trabajo de la empresa Crelac.
Análisis de tiempos	Se realizó un seguimiento y registro del tiempo requerido para completar diferentes tareas y procesos en el área de producción, utilizando cronómetros u otras herramientas adecuadas.

La entrevista está destinada a recolectar información cualitativa mediante una conversación abierta realizada al trabajador más experimentado de la empresa lácteos Crelac. A continuación, se muestra las preguntas planteadas.

Entrevista no estructurada

¿Cuál es tu experiencia previa en la producción de productos lácteos, y cómo has contribuido a mejorar los procesos en empresas anteriores?

Desde tu perspectiva, ¿cuáles son los principales desafíos en la producción de lácteos?

¿Cuál es el catálogo de productos que tiene la empresa?

¿Cuántas líneas de producción tiene la empresa?

¿Cuál es el objetivo de cada línea de producción?

¿Qué problemas has identificado en cada línea de producción?

¿Puedes describir alguna situación en la que hayas identificado un problema en el proceso de producción y hayas implementado con éxito una solución para mejorarlo?

¿Los puestos de trabajo están adecuadamente definidos?

Considerando el tamaño de la empresa, ¿qué estrategias implementarías para aumentar la flexibilidad y adaptabilidad de la producción a la demanda del mercado?

#### **2.2.4 Procesamiento y análisis de datos**

- **Recopilación de datos:** Se recopilaron datos sobre los diferentes procesos y actividades relacionadas con la producción láctea, como la recepción de la leche, el procesamiento, el envasado y el almacenamiento. Se registraron los tiempos de duración de cada tarea, los movimientos realizados por los operarios y otros datos relevantes para el estudio.
- **Registro de tiempos y movimientos:** Se utilizó la observación directa para registrar los tiempos y movimientos de los operarios durante el desempeño de las tareas. Esto implicó el uso de cronómetro.
- **Organización de los datos:** Los datos recopilados se organizaron y registraron en hojas de cálculo, incluyendo el uso del software especializado Microsoft Excel. Se crearon tablas y gráficos para visualizar los tiempos promedio y totales de cada tarea o proceso específico.

- **Análisis de tiempos y movimientos:** Se realizaron el análisis de los tiempos y movimientos realizados por los operarios para identificar posibles mejoras en la eficiencia y ergonomía. Se utilizaron herramientas como el diagrama de proceso de flujo y el diagrama de analítico para visualizar y evaluar los movimientos realizados.
- **Identificación de tiempos improductivos:** Se identificaron y registraron los tiempos improductivos, como esperas, traslados innecesarios o movimientos ineficientes. Estos datos permitieron identificar áreas de mejora y reducir los tiempos muertos en el proceso.
- **Propuesta de mejoras:** Con base en el análisis de datos, se propusieron mejoras específicas para optimizar los tiempos y movimientos en la empresa lácteos Crelac. Estas mejoras incluyen cambios en los métodos de trabajo, reorganización de las áreas de producción o implementación de equipos más eficientes.
- **Presentación de resultados:** Los resultados obtenidos se presentaron utilizando gráficos, tablas y visualizaciones diseñadas en Microsoft Excel.



## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Situación actual de la empresa lácteos Crelac

#### 3.1.1 Descripción de la empresa

Lácteos Crelac, fundada en el año 2000 en el cantón Píllaro, se destaca en la fabricación de una amplia gama de quesos. A lo largo de sus años de experiencia, la empresa ha consolidado un sólido conocimiento, impulsándola constantemente a perfeccionar tanto sus procesos como sus productos. El compromiso primordial es ofrecer a los clientes productos de la más alta calidad.

Actualmente la empresa distribuye sus productos en el mercado de guayaquil, tiene proyecciones de crecimiento y planea expandir sus productos al resto del país.

#### Datos informativos de la empresa

Tabla 6. Información de la empresa

Logotipo	
Nombre Comercial	Lácteos Crelac
RUC	0501978217001
Razón Social	Brayan Patricio Tello Yugsi
Teléfono	0979705027
Mail	lacteoscrelac@gmail.com

## Ubicación de la empresa



Figura 5. Ubicación de la empresa

La planta de producción de Lácteos Crelac está ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro, Parroquia La Matriz, Barrio Tunguipamba,

## Catálogo de productos

Lácteos Crelac se dedica a la elaboración de quesos, Dentro de su catálogo se encuentra distintos tipos de queso en diferentes tamaños y formas. Las distintas presentaciones de los productos se reflejan en el diseño de las fundas, variando según el tamaño del queso. Por ejemplo, el queso fresco de 900 gramos se presenta con una funda de color amarillo, mientras que el queso fresco de 800 gramos tiene una funda de color verde. El queso bloque casero cuenta con un diseño distintivo y está disponible en presentaciones redondas y rectangulares. Por último, el queso mozzarella se presenta en formato cuadrado y en rebanadas. En la Tabla 7 se presenta la lista de productos que fabrica la empresa.

Tabla 7. Lista de productos de la empresa lácteos Crelac

Presentación	Producto
	Queso bloque el casero
	Queso fresco 800 gramos
	Queso fresco 900 gramos
	Queso fresco redondo
	Mozarella Crelac
	Queso Juanito

### 3.1.2 Selección del producto

La empresa lácteos Crelac dispone de varios productos que son fabricados en distintas líneas de producción. En la Tabla 8 se presenta el ABC de la demanda anual que tiene la empresa Crelac, donde se evidencia que el producto con mayor demanda es el queso fresco de 900 gramos.

Tabla 8. ABC de la demanda anual de lácteos Crelac

Producto	Venta Semanal (Gaveta)	Venta Anual (Gaveta)	%	% A	Clase
Queso fresco 900 gr	135	7020	49%	49%	A
Queso bloque el casero	68	3536	25%	73.8%	A
Queso fresco 800 gr	44	2288	16%	90%	B
Queso Juanito	18	936	7%	96%	C
Mozarella Crelac	6	312	2%	99%	C
Queso fresco redondo	4	208	1%	100%	C

A continuación, se presenta la información detallada de cada línea de producción recopilada mediante entrevistas y observación directa. El propósito es identificar el producto más viable para la empresa.

- **Línea de producción de queso fresco 900 gramos:** La línea de producción en cuestión es responsable de fabricar el producto con mayor demanda. A diferencia de la línea de producción de mozzarella no cuenta con una asignación fija de operarios, ya que estos trabajadores son compartidos con otras líneas de producción. Sin embargo, en total, la empresa cuenta con nueve empleados. Dada la alta demanda del producto, esta línea de producción se mantiene operativa durante toda la jornada laboral.
- **Línea de producción de queso:** Se fabrica el queso fresco de 800 gramos, redondo y Juanito. Debido a que la demanda de estos productos no es elevada, es posible fabricar los tres productos en esta línea a lo largo de la jornada laboral. Al igual que en la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, no se asigna una cantidad fija de operarios.
- **Línea de producción de queso mozzarella:** Esta línea de producción cuenta con dos operarios y se activa a partir de las 10:00 a. m. hasta la finalización de la jornada laboral. No se registran problemas de incumplimiento de pedidos.
- **Línea de producción de queso bloque:** Esta línea de producción se activa desde las 09:00 a. m. hasta las 16:00 p. m. Similar a la línea de producción de queso fresco, no cuenta con una cantidad fija de operarios. Actualmente, no se

presentan problemas relacionados con la producción, la principal dificultad radica en la búsqueda de nuevos clientes.

### **Línea de producción de queso fresco de 900 gramos**

Durante las visitas a la empresa, se identificaron traslados innecesarios de operarios hacia otras líneas de producción durante períodos inactivos. Además, se observó que las herramientas e instrumentos carecen de una ubicación fija, generando búsquedas innecesarias y un flujo de trabajo ineficiente.

Ante estos inconvenientes, es crucial realizar un análisis detallado para identificar oportunidades de mejora. Se ha tomado la decisión de enfocar la investigación en la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, dada su importancia como una de las líneas más productivas que opera continuamente durante toda la jornada laboral, es necesario garantizar la eficiente utilización de recursos.

#### **3.1.3 Descripción del proceso de fabricación de queso fresco de 900 gramos**

- **Recepción de Leche**

La recepción se lleva a cabo todos los días de 8:00 a. m. a 12:00 p. m, la primera actividad consiste en analizar los parámetros de calidad a la materia prima para comprobar la acidez y la densidad de la leche en la Figura 6 se observa como se desarrolla dicho proceso.



Figura 6. Recepción de leche

- **Almacenamiento de materia prima**

Una vez analizada la materia prima, el siguiente paso es transportar la leche por medio de bombas sanitarias hacia los tanques de enfriamiento donde la leche permanece en reposo hasta ser utilizada en las marmitas de pasteurización, en la Figura 7 se observa como ocurre dicho proceso.



Figura 7. Abastecimiento de materia prima

- **Distribución de la materia prima**

Este es el primer paso en el área de producción, que implica el transporte de la leche hacia la marmita de pasteurización.

- **Mezclado**

Una vez obtenida la leche se coloca en la marmita de pasteurización donde se encuentra la leche entera y se procede a la mezcla, en la Figura 8 se muestra como sucede este proceso, la leche llega a la marmita y un agitador mezcla la leche.



Figura 8. Mezclado

- **Pasteurización**

Una vez que la mezcla de leche está lista, se lleva a cabo la pasteurización a una temperatura de 81°C durante 3 segundos. Durante este proceso, es crucial mantener la leche en constante agitación para prevenir la separación de la grasa y asegurar una pasteurización homogénea.



Figura 9. Pasteurización

- **Enfriado**

En esta etapa, se cierra la válvula de vapor y se procede a enfriar la leche hasta alcanzar una temperatura de 60°C, en la Figura 10 se observa la ubicación de la válvula utilizada para este proceso.



Figura 10. Enfriado

- **Cuajado**

Como se muestra en la Figura 11 cuando se encuentra la leche a 60°C, se añade el cuajo líquido dependiendo la cantidad de leche a procesar y se deja reposar por 15 minutos.



Figura 11. cuajado

- **Cortado**

Para llevar a cabo el corte, se emplea la lira introduciéndola en la marmita y desplazándola de un lado a otro. Luego, se gira 180° y se repite el proceso, asegurándose de cubrir toda la superficie.



- **Agitado de la cuajada**

Se realiza el batido con el fin de permitir la salida del suero. Los granos se compactan, el suero puede ser drenado sin peligro que se desintegren, esto contribuye a la consistencia final del queso.

- **Desuerado**

Al llevar a cabo el corte de la cuajada, se logra separar el suero de los gránulos de cuajada, como se muestra en la Figura 12 el propósito de este proceso es separar el suero y conservar únicamente los gránulos de cuajada.



Figura 12. Desuerado

- **Moldeado**

Se utiliza moldes dependiendo la planificación de producción, se coloca los moldes en la mesa y se distribuye la cuajada sobre estos, tal como de observa en la Figura 13.



Figura 13. Moldeado

- **Envuelto**

Una vez realizado el virado se coloca los lienzos en el producto para proceder al prensado, estos lienzos son limpios y desinfectados para evitar contaminación microbiológica, el desarrollo de este proceso se evidencia en la Figura 14.



Figura 14. Envuelto

- **Prensado**

Como se muestra en la Figura 15 se coloca los moldes con producto semiterminado en planchas de acero inoxidable y se introducen en la prensa para el prensado, con una duración de aproximadamente 8 minutos. Durante este período, se lleva a cabo un volteo del queso para lograr una compactación uniforme.



Figura 15. Prensado

- **Salado**

Después de finalizar el tiempo de prensado, el queso se sumerge en salmuera para el proceso de salado, manteniéndolo sumergido durante 12 minutos. Es crucial que la salmuera se encuentre a una temperatura de 16 a 18 °C. La salmuera tiene que estar entre 16 a 18°C.



Figura 16. Salado

- **Oreado**

Después de transcurrir los 12 minutos, se retiran los quesos de la salmuera y se transportan a la mesa para el proceso de oreado. El objetivo de esta etapa es escurrir el queso para facilitar su enfundado.

- **Empacado**

El queso se empaca en fundas de Polietileno de Baja densidad cumpliendo con las normas INEN de etiquetado, luego se procede al sellado. El desarrollo de este proceso se evidencia en la Figura 17.



Figura 17. Enfundado

- **Almacenado**

Una vez listo el producto el producto se coloca en gavetas para colocar en el cuarto frío hasta su despacho a la temperatura de  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . En la Figura 18 se observa el producto terminado en el cuarto frío.



Figura 18. Almacenado

- **Distribución**

EL producto es transportado a su destino manteniendo las condiciones ambientales óptimas para evitar deterioro en el mismo.

### **3.1.4 Diagrama de flujo del proceso**

El diagrama de flujo se realizó con el objetivo de identificar la secuencia de procesos empleado para la fabricación del queso fresco de 900 gramos. Esta secuencia es esencial conocerla ya que permite identificar oportunidades para optimizar el flujo de trabajo, eliminando redundancias y cuellos de botella. Esto puede llevar a una producción más eficiente y ahorro de tiempo.

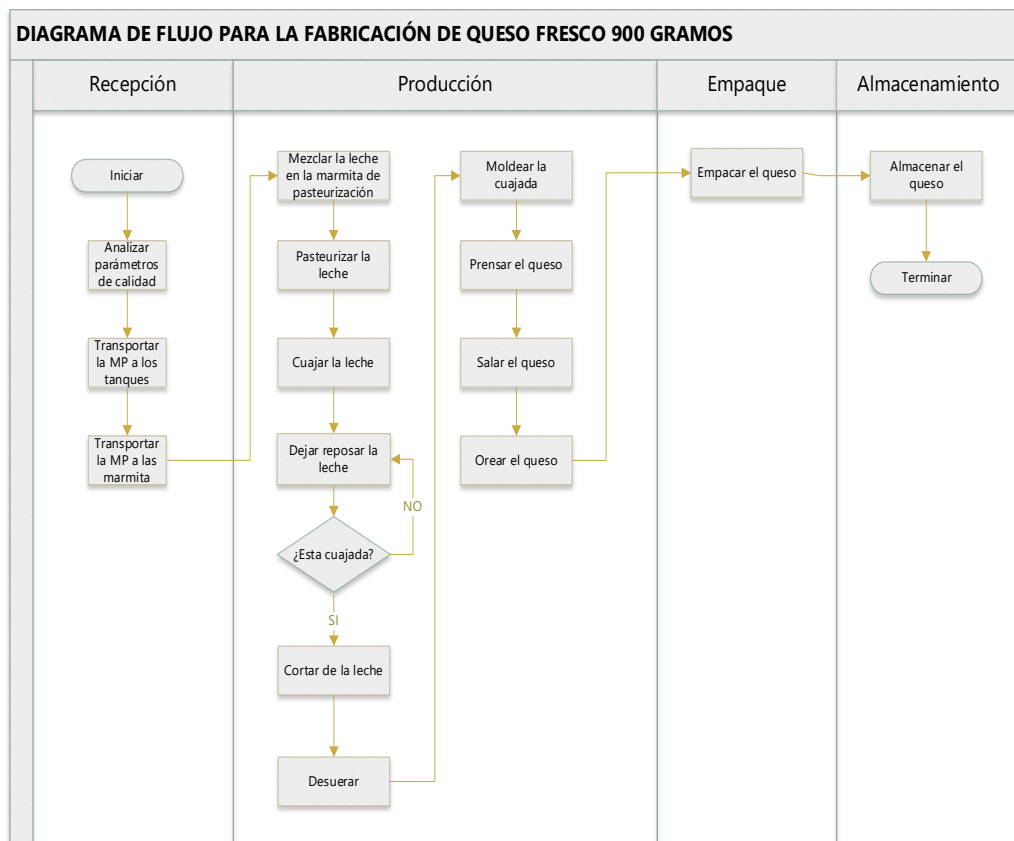


Figura 19. Diagrama de flujo para la fabricación de queso fresco

### 3.1.5 Levantamiento de proceso productivo

Se llevó a cabo el levantamiento de procesos con el objetivo de recopilar, analizar y documentar información detallada sobre las actividades, pasos, recursos y procedimientos implicados en la fabricación de queso fresco de 900 gramos. La información se obtuvo mediante observación directa, entrevistas y revisión de documentación y registros.

Tabla 9. Levantamiento para el proceso de pasteurización

		<b>LÁCTEOS CRELAC</b>	
<b>Proceso</b>	Pasteurización	<b>Responsable</b>	Operario
<b>Objetivo</b>	Eliminar la presencia de microorganismos patógenos y otros microorganismos deteriorantes presentes en la leche.		
<b>Entradas</b>	Leche	<b>Salidas</b>	Leche pasteurizada
<b>Recursos</b>	Marmita, operario, agitador, agua, y vapor		
<b>N</b>	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	
1	Lavar la marmita de pasteurización		
2	Llenar las marmita de pasteurización con leche	Existe demoras, se puede mejorar	
3	Encender el agitador		
4	Calentar la leche a 80°C		
5	Enfriar la leche a 63°C		
6	Añadir calcio		

Tabla 10. Levantamiento para el proceso de Cuajado y cortado

		<b>LÁCTEOS CRELAC</b>	
<b>Proceso</b>	Cuajado y cortado	<b>Responsable</b>	Operario
<b>Objetivo</b>	Obtener la cuajada y separar los gránulos y el suero de la cuajada		
<b>Entradas</b>	Leche pasteurizada	<b>Salidas</b>	Cuajada
<b>Recursos</b>	Marmita, cuajo, vapor, hilera y recipientes.		
<b>N</b>	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	
1	Enfriar a 60	Los insumos no están cerca del lugar de trabajo	
2	Añadir cuajo		
3	Dejar reposar la cuajada		
4	Llevar la hilera para cortar la cuajada		
5	Realizar el corte de la leche cuajada		
6	Madurar la cuajada	Las herramientas no están cerca del lugar de trabajo	
7	Desuerar		

Tabla 11. Levantamiento para el proceso de moldeado

		LÁCTEOS CRELAC	
<b>Proceso</b>	Moldeado	<b>Responsable</b>	Operario
<b>Objetivo</b>	Realizar el moldeado para darle forma a los gránulos de la cuajada		
<b>Entradas</b>	Cuajada	<b>Salidas</b>	Queso moldeado
<b>Recursos</b>	Aros, mesa, moldes, Operarios, y recipientes.		
<b>N</b>	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	
1	Llevar los moldes y los lienzos a la mesa		
2	Preparar los moldes y lienzos en la mesa		
3	Llevar la cuajada a la mesa		
4	Desuerar en la mesa		
5	moldeo		

Tabla 12. Levantamiento para el proceso de prensado

		LÁCTEOS CRELAC	
<b>Proceso</b>	Prensado	<b>Responsable</b>	Operario
<b>Objetivo</b>	Compactar los moldes para darle forma al queso		
<b>Entradas</b>	Queso moldeado	<b>Salidas</b>	Queso prensado
<b>Recursos</b>	Prensa, bandejas y operario		
<b>N</b>	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	
1	Llevar el molde a la máquina de prensar		
2	Prensar los moldes para compactar la cuajada		
3	Vuelteo		
4	Prensar los moldes		
5	Separar el queso del molde		



Tabla 13. Levantamiento para el proceso de salado y oreado


		<b>LÁCTEOS CRELAC</b>	
<b>Proceso</b>	Salado y oreado	<b>Responsable</b>	Operario
<b>Objetivo</b>	Mejorar significativamente el sabor, textura y conservación del queso		
<b>Entradas</b>	Queso prensado	<b>Salidas</b>	Queso oreado
<b>Recursos</b>	Tinas de salmuera, bodegas, mesa y operario		
<b>N</b>	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	
1	Llevar el queso al recipiente con sal muera	La bandeja que transporta los quesos no tiene mucha capacidad	
2	Dejar salar el queso		
3	llevar el queso a la mesa para enfundarlo		
4	Orear el queso		

Tabla 14. Levantamiento para el proceso de almacenado

		<b>LÁCTEOS CRELAC</b>	
<b>Proceso</b>	Almacenado	<b>Responsable</b>	Operario
<b>Objetivo</b>	Realizar el enfudado del queso para posteriormente almacenarlo en el cuarto frío para su adecuada conservación.		
<b>Entradas</b>	Queso oreado	<b>Salidas</b>	Queso fresco 900 gramos
<b>Recursos</b>	Fundas, mesa y operario		
<b>N</b>	<b>Actividad</b>	<b>Observaciones</b>	
1	Llevar las gavetas a la mesa		
2	Enfundar el queso	Los insumos no están cerca del lugar del trabajo	
3	llevar el queso a la gaveta		
4	llevar la gavetas al cuarto frío	Se apilan las gavetas y se arrastran	

### **Análisis del proceso del Área de recepción**

Operación 1: Llevar los instrumentos de análisis a los tanques del proveedor

Inspección 1: Analizar parámetros de calidad a la materia prima

Transporte 1: Transportar la materia prima a los tanques de almacenamiento

### **Análisis del proceso del Área de producción**

Operación 2: Lavar la marmita de pasteurización

Transporte 2: Llenar la marmita de pasteurización con leche

Operación 3: Encender el agitador

Operación 4: Calentar/pasteurizar la leche a 80°C

Operación 5: Enfriar la leche a 63°C

Operación 6: Añadir calcio

Operación 7: Enfriar a 60

Operación 8: Añadir cuajo

Operación 9: Dejar reposar la cuajada

Operación 10: Llevar la hilera para cortar la cuajada

Operación 11: Realizar el corte de la leche cuajada

Operación 12: Madurar la cuajada

Operación 13: Desuerar

Operación 14: Llevar los moldes y los lienzos a la mesa

Operación 15: Preparar los moldes y lienzos en la mesa

Transporte 3: Llevar la cuajada a la mesa

Operación 16: Desuerar en la mesa

Operación 17: moldeo

Transporte 4: Llevar el molde a la máquina de prensar

Operación 18: Prensar los moldes para compactar la cuajada

Operación 19: Vuelteo

Operación 20: Prensar los moldes

Operación 21: Separar el queso del molde

Transporte 5: Llevar el queso al recipiente con sal muera

Operación 22: Dejar salar el queso

Transporte 6: llevar el queso a la mesa

Operación 23: Orear el queso

Análisis del proceso del Área de almacenado

Operación 24: Llevar las gavetas a la mesa

Operación 25: Enfundar el queso

Transporte 7: llevar el queso a la gaveta

Transporte 8: llevar la gavetas al cuarto frio

### Tiempo preliminares de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos

Los tiempos preliminares de cada actividad se lo realizó mediante el promedio de 5 muestras que se midieron durante la elaboración de queso fresco, la unidad de medida que se utilizó es en minutos. En la Tabla 15 se presenta el resultado obtenido en el estudio de tiempos preliminares que se realizaron con el objetivo de conocer los tiempos de producción de la situación actual previo al estudio de tiempos y movimientos.

Tabla 15. Tiempos preliminares de la línea de producción

Proceso	Actividades	1	2	3	4	5	Promedio (min)
Pasteurización	Lavar la marmita de pasteurización	3.80	3.20	2.10	3.80	3.50	3.28
	Llenar las marmita de pasteurización con leche	20.10	19.10	18.20	20.90	18.30	19.32
	Encender el agitador	0.50	0.80	0.60	0.70	0.40	0.60
	Calentar/pasteurizar la leche a 80°C	6.80	6.30	6.50	7.20	5.90	6.54
	Enfriar la leche a 63°C	3.10	3.30	2.80	4.10	3.40	3.34
	Añadir calcio	0.10	0.30	0.40	0.20	0.30	0.26
Cuajado y cortado	Enfriar a 60	1.90	3.30	2.40	2.40	1.90	2.38
	Añadir cuajo	0.70	0.60	0.50	0.60	0.70	0.62
	Dejar reposar la cuajada	7.50	8.30	6.90	7.60	8.10	7.68
	Llevar la hilera para cortar la cuajada	0.15	0.20	0.40	0.50	0.30	0.31
	Realizar el corte de la leche cuajada	3.20	3.50	3.90	3.70	2.80	3.42
	Madurar la cuajada	3.50	2.90	2.40	1.90	2.10	2.56
	Desuerar	4.50	3.90	2.90	2.80	3.20	3.46
Moldeado	Llevar los moldes y los lienzos a la mesa	3.10	2.20	3.40	1.90	2.10	2.54
	Preparar los moldes y lienzos en la mesa	3.20	2.40	1.70	2.10	3.20	2.52
	Llevar la cuajada a la mesa	6.20	5.40	4.10	5.10	5.70	5.30
	Desuerar en la mesa	4.10	3.20	2.90	3.50	2.10	3.16

	moldeo	7.90	7.20	7.70	7.4	8.00	7.70
Prensado	Llevar el molde a la máquina de prensar	4.50	5.40	3.90	4.80	4.40	4.60
	Prensar los moldes para compactar la cuajada	4.40	3.80	4.30	4.80	3.90	4.24
	Vuelteo	1.50	1.20	2.20	2.10	1.30	1.66
	Prensar los moldes	1.70	1.80	2.20	2.90	2.10	2.14
	Separar el queso del molde	1.10	1.20	0.90	1.50	1.80	1.30
Salado y oreado	Llevar el queso al recipiente con sal muera	1.40	1.80	2.10	1.10	1.30	1.54
	Dejar salar el queso	13.50	12.90	12.90	14.40	14.20	13.58
	llevar el queso a la mesa	2.00	3.00	2.00	2.20	2.00	2.24
	Orear el queso	9.50	10.30	8.90	11.20	10.30	10.04
Almacenado	Llevar las gavetas a la mesa	1.30	1.90	1.20	0.90	0.80	1.22
	Enfundar el queso	9.40	11.40	10.60	11.20	9.90	10.5
	llevar el queso a la gaveta	4.20	3.90	4.30	4.10	3.50	4.00
	llevar la gavetas al cuarto frio	2.60	2.10	1.90	2.80	3.10	2.50

### 3.1.6 Diagrama analítico

El diagrama analítico fue elaborado con el objetivo de examinar minuciosamente cada uno de los procesos, de esta manera, se logró identificar la duración de cada actividad, la distancia recorrida, observaciones y el tipo de actividad a la que pertenece, entre las cuales se encuentran transportes, operaciones, inspecciones, esperas y almacenamiento. Esta representación proporciona una comprensión más clara y facilita el análisis detallado de cada proceso.

Tabla 16. Cursograma analítico pasteurización



		LÁCTEOS CRELAC						
Diagrama	Hoja N° 1 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr	Operación	○	5				
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Pasteurización	Espera	D					
		Transporte	⇒	1				
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		3				
<b>Método</b>	Actual	Tiempo (s)		33,24				
Descripción	Tiempo	Distancia (metros)	Símbolo					Observación
			○	□	D	⇒	▽	
Lavar la marmita de pasteurización	3,28		●					
Llenar las marmita de pasteurización con leche	19,32	3				●		Existe demoras, se puede mejorar
Encender el agitador	0,6		●					
Calentar la leche a 80°C	6.54		●					
Enfriar la leche a 63°C	3.34		●					
Añadir calcio	0,26		●					
TOTAL	33,34	3						

Tabla 17. Cursograma analítico cuajado y cortado



		<b>PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC</b>							
Diagrama	Hoja N° 2 de 6	Actividad			Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr	Operación	○	6					
		Inspección	□						
<b>Actividad</b>	Cuajado y cortado	Espera	D						
		Transporte	⇒						
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽						
		Distancia (m)							
<b>Método</b>	Actual	Tiempo (s)			20.43				
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo					Observación
Enfriar a 60		2.38		○	□	D	⇒	▽	
Añadir cuajo		0.62		●					Los insumos no están cerca del lugar de trabajo
Dejar reposar la cuajada		7.68		●					
Llevar la hilera para cortar la cuajada		0.31		●					
Realizar el corte de la leche cuajada		3.42		●					
Madurar la cuajada		2.56		●					
Desuerar		3,46		●					Las herramientas no están cerca del lugar de trabajo
TOTAL		20,43							

Tabla 18. cursograma analítico moldeado



		LÁCTEOS CRELAC						
Diagrama	Hoja N° 3 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr	Operación	○	4				
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Moldeado	Espera	D					
		Transporte	⇒	1				
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		3.1				
<b>Método</b>	Actual	Tiempo (s)		21,22				
Descripción	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observación
			○	□	D	⇒	▽	
Llevar los moldes y los lienzos a la mesa	2,54		●					
Preparar los moldes y lienzos en la mesa	2,52		●					
Llevar la cuajada a la mesa	5,3	3.1				●		
Desuerar en la mesa	3,16		●					
moldeo	7,7		●					
<b>TOTAL</b>	21,22	3.1						



Tabla 19. Cursograma analítico prensado



		LÁCTEOS CRELAC						
Diagrama	Hoja N° 4 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr	Operación	○	4				
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Prensado	Espera	D					
		Transporte	⇒	1				
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		1.8				
<b>Método</b>	Actual	Tiempo (s)		13.94				
Descripción	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observación
			○	□	D	⇒	▽	
Llevar el molde a la máquina de prensar	4,6	1.8						
Prensar los moldes para compactar la cuajada	4,24		●					
Vuelteo	1,66		●					
Prensar los moldes	2,14		●					
Separar el queso del molde	1,3		●					
<b>TOTAL</b>	<b>13,94</b>	<b>1.8</b>						

Tabla 20. cursograma analítico salado y oreado





		LÁCTEOS CRELAC						
Diagrama	Hoja N° 5 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr	Operación	○	2				
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Salado y oreado	Espera	D					
		Transporte	⇒	2				
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		3.9				
<b>Método</b>	Actual	Tiempo (s)		27.4				
Descripción	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observación
			○	□	D	⇒	▽	
Llevar el queso al recipiente con sal muera	1,54	2.1						La bandeja que transporta los quesos no tiene mucha capacidad
Dejar salar el queso	13.58		●					
llevar el queso a la mesa para enfundarlo	2.24	1.8					●	
Orear el queso	10		●					
TOTAL	27.4	3.9						

Tabla 21. Cursograma analítico almacenado

		LÁCTEOS CRELAC					
Diagrama	Hoja N° 6 de 6	Actividad		Actual	Propuesta		
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr	Operación	○	2			
		Inspección	□				
<b>Actividad</b>	Almacenado	Espera	D				
		Transporte	⇒	2			
<b>Lugar</b>	Área de almacenamiento	Almacenamiento	▽				
		Distancia (m)		7.5			
<b>Método</b>	Actual	Tiempo (s)		18,22			
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo			Observación
Llevar las gavetas a la mesa		1.22		●			
Enfundar el queso		10.5		●			Los insumos no están cerca del lugar del trabajo
llevar el queso a la gaveta		4	1.1			●	
llevar la gavetas al cuarto frío		2,5	6.4			●	Se apilan las gavetas y se arrastran
TOTAL		18,22	7.5				

### 3.2 Estudio de tiempos y movimientos

Se realizó el estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de queso fresco Crelac de 900 gramos con el fin de conocer los tiempos estándar y la capacidad que tiene la fábrica. Es importante mencionar que el estudio de tiempos se realizó para la fabricación de 1 lote que consta de 90 quesos.

Para el estudio de tiempos se utilizó el método vuelta a cero donde el cronómetro se reinicia después de cada ciclo, se empleó este método debido a que es más preciso ya que elimina la necesidad de realizar cálculos manualmente restando los tiempos de ciclo, además se mejora la eficiencia del estudio ya que el analista se centra en la observación exclusiva de la tarea. Es importante mencionar que el estudio de tiempos

y movimientos obtenido pertenece a la fabricación de 1 lote de producción que consta de 90 quesos

### 3.2.1 Cálculo del número de observaciones

Una vez calculado los tiempos preliminares de cada uno de los procesos se procede a determinar el número de observaciones que se debe emplear para el estudio de tiempos, se ha utilizado la tabla de General Electric donde establece el número de observaciones en base al tiempo de ciclo de cada proceso. En la Tabla 22 se presenta el resultado obtenido para el número de observaciones.

Tabla 22. Número de observaciones por proceso

Proceso	Tiempo	N observaciones
Pasteurización	33,24	5
Cuajado y cortado	20,43	5
Moldeado	21,22	5
Prensado	13,94	8
Salado y oreado	27,40	5
Almacenado	18,22	8
Total horas	2,24	

### 3.2.2 Valoración del ritmo de trabajo

Para la valoración del ritmo del trabajo se utilizó el criterio de Westinghouse de la Figura 4 donde se consideran 4 factores para la valoración del ritmo de trabajo: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

El criterio Westinghouse es aplicable para valorar el ritmo de trabajo de los operarios que trabajan en la línea de producción. Al evaluar la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia de los trabajadores, se puede determinar el ritmo de trabajo óptimo para cada tarea y establecer tiempos estándar de ejecución. En el contexto del área de producción de la empresa lácteos Crelac cada factor considera los siguientes aspectos.

Habilidad: Destreza en el método del trabajo, Competencia en el uso de herramientas y equipos, precisión y coordinación, adaptabilidad.

Esfuerzo: rapidez, disposición para llevar a cabo las tareas eficientemente.

Condiciones: ruido, temperatura, iluminación, monotonía.

Consistencia: variación en los tiempos transcurridos, valores de tiempo con tendencia constante.

Tabla 23. Valoración del ritmo de trabajo en los procesos

Procesos	Factores					
	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Valoración	Factor de desempeño
Pasteurización	0.03	0	0.02	0.01	0.06	1.06
Cuajado y cortado	0.03	0.02	0.02	0	0.07	1.07
Moldeado	0.06	0	0.02	0	0.08	1.08
Prensado	0.03	0.02	0	0	0.05	1.05
Salado y oreado	0.03	0.02	0	0.01	0.06	1.06
Almacenado	0.03	0.02	0	0	0.05	1.05

### 3.2.3 Suplementos

El cálculo de los suplementos se realizó utilizando el criterio de valoración expuesta por la organización internacional del trabajo (OIT) de la Tabla 2. A continuación, se detalla los aspectos que se consideraron para la asignación de valores suplementarios en cada uno de los procesos de la línea de producción de la empresa lácteos Crelac.

Pasteurización: El operario realiza este proceso de pie, no emplea el uso de la fuerza dado que las marmitas ya incluyen un motor que mezcla la leche continuamente y la repetición de la tarea a lo largo de la jornada genera fatiga.

Cuajado y cortado: El operario realiza este proceso de pie, no emplea el uso de la fuerza y la repetición de la tarea a lo largo de la jornada genera fatiga.

Moldeado: El operario realiza este proceso de pie, emplea el uso de la fuerza para llevar la cuajada hasta la mesa de moldeo con un peso aproximado de 7kg, Al colocar

la cuajada en el molde se emplean movimientos que son repetitivos (mismo movimiento para los 90 quesos) la falta de variedad genera monotonía y fatiga a lo largo de la jornada de trabajo.

Prensado: El operario realiza este proceso de pie, emplea el uso de la fuerza para llevar los quesos (con molde) hasta la máquina de prensar con un peso aproximado de 15kg, Al colocar los quesos en la bandeja de soporte se emplean movimientos que son repetitivos (mismo movimiento para los 90 quesos) la falta de variedad genera monotonía y fatiga a lo largo de la jornada de trabajo.

Salado y oreado: El operario realiza este proceso de pie, emplea el uso de la fuerza para llevar los quesos (sin molde) hasta el recipiente de salar con un peso aproximado de 7kg. Al colocar los quesos en el recipiente se emplean movimientos que son repetitivos (mismo movimiento para los 90 quesos) la falta de variedad genera fatiga a lo largo de la jornada de trabajo.

Almacenado: El operario realiza este proceso de pie, el uso de la fuerza se emplea cuando el operario debe llevar las gavetas de queso al cuarto frío con un peso aproximado de 15kg. La repetición de las tareas en el momento de enfundar los 90 quesos genera fatiga a lo largo de la jornada de trabajo.

Tabla 24. Suplementos en la empresa lácteos Crelac

Área	Producción	Suplementos						Sexo	H
Proceso	Constantes		Variables					Total (%)	
	Por necesidades personales	Por fatiga	Por trabajo de pie	Uso de fuerza	Ruidos	Monotonía	Tedío		
Pasteurización	5	4	2	-	0	0	0	11	
Cuajado y cortado	5	4	2	0	0	0	0	11	
Moldeado	5	4	2	2	0	1	0	14	
Prensado	5	4	2	5	0	1	2	19	
Salado y oreado	5	4	2	2	0	0	2	15	
Almacenado	5	4	2	2	0	0	0	13	

### 3.2.4 Codificación de las actividades



Se empleó una codificación para las diversas actividades en cada proceso, con el propósito de establecer una organización más simplificada en las tablas del estudio de tiempos. Además, esto contribuye a una identificación más eficiente de cada actividad.

Tabla 25. Codificación de actividades

Descripción de actividades	
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gr
<b>Área</b>	Producción
<b>Operación</b>	Pasteurización
A: Lavar la marmita B: Llenar la marmita con leche C: Encender el agitador D: Calentar la leche a 80°C E: Enfriar la leche a 60°C F: Añadir Calcio	
<b>Operación</b>	Cuajado y cortado
A: Enfriar a 60 B: Añadir cuajo C: Dejar reposar la cuajada D: Llevar la hilera para cortar la cuajada E: Realizar el corte de la leche cuajada F: madurar la cuajada G: Desuerar	
<b>Operación</b>	Moldeado
A: Llevar los moldes y los lienzos a la mesa B: Preparar los moldes y lienzos en la mesa C: Llevar la cuajada a la mesa D: Desuerar en la mesa E: Moldeo	
<b>Operación</b>	Prensado
A: Llevar el molde a la máquina de prensar B: Prensar los moldes para compactar la cuajada C: Vuelteo D: Prensar los moldes E: Separar el queso del molde	
<b>Operación</b>	Salado y oreado
A: Llevar el queso al recipiente de sal muera B: Dejar salar el queso C: llevar el queso a la mesa D: Orear el queso	
<b>Operación</b>	Almacenado
A: Llevar las gavetas a la mesa B: Enfundar el queso C: llevar el queso a la gaveta D: llevar la gaveta al cuarto frío	

## Estudio de tiempos del proceso de pasteurización



Tabla 26. Estudio de tiempos pasteurización

		LÁCTEOS CRELAC										
<b>Fecha de elaboración</b>	15/11/2023	<b>Hora de comienzo</b>	8:30 AM									
<b>Área</b>	Producción	<b>Hora de finalización</b>	12:30 PM									
<b>Operación</b>	Pasteurización	<b>Operador</b>	Hombre									
<b>Estudio</b>	1	<b>Elaborado por</b>	Juan Tello									
<b>Tipo de cronometraje</b>	Vuelta a cero	<b>Aprobado por</b>	Christian Ortiz									
N°	Descripción	Muestra (min)					Resumen					
		1	2	3	4	5	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	3.70	4.40	2.50	4.00	3.30	17.90	3.60	1.06	3.82	0.11	4.24
2	B	18.10	19.70	18.10	19.70	20.40	96.00	19.20	1.06	20.35	0.11	22.59
3	C	0.80	0.80	0.70	0.80	0.60	3.60	0.70	1.06	0.74	0.11	0.82
4	D	5.30	5.10	5.40	5.80	6.00	27.60	5.50	1.06	5.83	0.11	6.47
5	E	2.80	3.90	3.50	4.00	4.30	18.50	3.70	1.06	3.92	0.11	4.35
6	F	0.30	0.40	0.30	0.20	0.10	1.30	0.30	1.06	0.32	0.11	0.35
<b>Total (min)</b>												38.83



## Estudio de tiempos del proceso de cuajado y cortado

Tabla 27. Estudio de tiempos cuajado y cortado

		LÁCTEOS CRELAC										
<b>Fecha de elaboración</b>		15/11/2023			<b>Hora de comienzo</b>		8:30 AM					
<b>Área</b>		Producción			<b>Hora de finalización</b>		12:30 PM					
<b>Operación</b>		Cuajado y cortado			<b>Operador</b>		Hombre					
<b>Estudio</b>		2			<b>Elaborado por</b>		Juan Tello					
<b>Tipo de cronometraje</b>		Vuelta a cero			<b>Aprobado por</b>		Christian Ortiz					
N°	Descripción	Muestra (min)					Resumen					
		1	2	3	4	5	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	1.64	1.40	1.20	2.00	2.10	8.34	1.67	1.07	1.78	0.11	1.98
2	B	0.43	0.52	0.65	0.80	0.50	2.90	0.58	1.07	0.62	0.11	0.69
3	C	6.30	5.10	6.90	5.90	6.50	30.70	6.14	1.07	6.57	0.11	7.29
4	D	0.20	0.33	0.30	0.40	0.30	1.53	0.31	1.07	0.33	0.11	0.36
5	E	2.30	1.20	1.80	1.80	1.30	8.40	1.68	1.07	1.80	0.11	2.00
6	F	1.20	2.10	1.80	2.10	1.80	9.00	1.80	1.07	1.93	0.11	2.14
7	G	2.11	2.10	3.40	3.10	3.20	13.91	2.78	1.07	2.98	0.11	3.30
<b>Total (min)</b>											17.76	


## Estudio de tiempos del proceso de Moldeado.

Tabla 28. Estudio de tiempos Moldeado

		LÁCTEOS CRELAC										
<b>Fecha de elaboración</b>		15/11/2023			<b>Hora de comienzo</b>		8:30 AM					
<b>Área</b>		Producción			<b>Hora de finalización</b>		12:30 PM					
<b>Operación</b>		Moldeado			<b>Operador</b>		Hombre					
<b>Estudio</b>		3			<b>Elaborado por</b>		Juan Tello					
<b>Tipo de cronometraje</b>		Vuelta a cero			<b>Aprobado por</b>		Christian Ortiz					
N°	Descripción	Muestra (min)					Resumen					
		1	2	3	4	5	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	1.90	2.40	2.50	1.20	2.90	10.90	2.18	1.08	2.35	0.14	2.68
2	B	3.30	3.23	1.54	3.14	2.10	13.31	2.66	1.08	2.87	0.14	3.28
3	C	5.20	5.45	4.50	4.85	6.20	26.20	5.24	1.08	5.66	0.14	6.45
4	D	2.63	3.00	3.30	3.03	2.10	14.06	2.81	1.08	3.04	0.14	3.46
5	E	6.49	7.10	6.90	7.44	8.46	36.39	7.28	1.08	7.86	0.14	8.96
Total (min)											24.84	

## Estudio de tiempos del proceso de Prensado

Tabla 29. Estudio de tiempos prensado

		LÁCTEOS CRELAC													
<b>Fecha de elaboración</b>		15/11/2023				<b>Hora de comienzo</b>				8:30 AM					
<b>Área</b>		Producción				<b>Hora de finalización</b>				12:30 PM					
<b>Operación</b>		Prensado				<b>Operador</b>				Hombre					
<b>Estudio</b>		4				<b>Elaborado por</b>				Juan Tello					
<b>Tipo de cronometraje</b>		Vuelta a cero				<b>Aprobado por</b>				Christian Ortiz					
N°	Descripción	Muestra								Resumen					
		1	2	3	4	5	6	7	8	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	5.87	6.22	5.01	3.07	2.96	6.42	3.89	4.14	37.58	4.70	1.05	4.94	0.19	5.87
2	B	2.93	3.04	5.73	2.68	4.13	4.53	5.89	5.73	34.66	4.33	1.05	4.55	0.19	5.41
3	C	1.44	1.05	2.26	1.64	1.28	1.15	1.31	1.45	11.58	1.45	1.05	1.52	0.19	1.81
4	D	2.83	2.57	2.83	1.58	2.76	1.62	1.50	2.84	18.53	2.32	1.05	2.44	0.19	2.90
5	E	1.27	1.52	0.84	1.81	1.52	1.49	1.26	1.07	10.78	1.35	1.05	1.42	0.19	1.69
<b>Total (min)</b>															17.68



**Estudio de tiempos del proceso de salado y oreado.**

Tabla 30. Estudio de tiempos sellado y oreado

		LÁCTEOS CRELAC										
<b>Fecha de elaboración</b>		15/11/2023			<b>Hora de comienzo</b>		8:30 AM					
<b>Área</b>		Producción			<b>Hora de finalización</b>		12:30 PM					
<b>Operación</b>		Salado y oreado			<b>Operador</b>		Hombre					
<b>Estudio</b>		5			<b>Elaborado por</b>		Juan Tello					
<b>Tipo de cronometraje</b>		Vuelta a cero			<b>Aprobado por</b>		Christian Ortiz					
N°	Descripción	Muestra (min)					Resumen					
		1	2	3	4	5	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	1.86	1.41	1.10	1.46	1.34	7.17	1.43	1.06	1.52	0.15	1.75
2	B	14.36	9.43	15.17	10.28	14.26	63.50	12.70	1.06	13.46	0.15	15.48
3	C	1.50	2.59	2.61	2.67	2.03	11.40	2.28	1.06	2.42	0.15	2.78
4	D	11.70	9.90	13.70	11.24	12.14	58.68	11.74	1.06	12.44	0.15	14.31
<b>Total (min)</b>												<b>34.31</b>

**Estudio de tiempos del proceso de almacenado.**

Tabla 31. Estudio de tiempos almacenado

		LÁCTEOS CRELAC													
<b>Fecha de elaboración</b>		15/11/2023				<b>Hora de comienzo</b>		8:30 AM							
<b>Área</b>		Producción				<b>Hora de finalización</b>		12:30 PM							
<b>Operación</b>		Almacenado				<b>Operador</b>		Hombre							
<b>Estudio</b>		6				<b>Elaborado por</b>		Juan Tello							
<b>Tipo de cronometraje</b>		Vuelta a cero				<b>Aprobado por</b>		Christian Ortiz							
N°	Descripción	Muestra								Resumen					
		1	2	3	4	5	6	7	8	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1	A	0.88	1.43	0.82	0.77	1.03	1.50	0.84	1.13	8.40	1.05	1.05	1.10	0.13	1.25
2	B	14.00	12.50	13.50	11.90	12.50	12.90	10.23	8.94	96.47	12.06	1.05	12.66	0.13	14.31
3	C	3.48	2.87	2.92	5.29	4.00	3.96	4.11	5.10	31.73	3.97	1.05	4.16	0.13	4.71
4	D	3.50	2.20	3.40	2.30	2.30	4.30	2.30	2.40	22.70	2.84	1.05	2.98	0.13	3.37
<b>Total (min)</b>															23.63

## Resumen del estudio de tiempos y movimientos.

En la Tabla 32 se presenta un resumen del estudio de tiempos y movimientos realizado en cada uno de los procesos para la línea de producción de queso fresco 900 gramos. Se determinó un tiempo total de 157.05 minutos por lote. Considerando que el lote consta de 90 quesos se obtuvo el tiempo estándar en minutos por unidad para cada proceso.

Tabla 32. Resumen del estudio de tiempos y movimientos

Proceso	Ts (min/lote)	Ts (min/u)
Pasteurización	38.83	0.43
Cuajado y cortado	17.76	0.20
Moldeado	24.84	0.28
Prensado	17.68	0.20
Salado y oreado	34.31	0.38
Almacenado	23.63	0.26
total	157.05	1.74

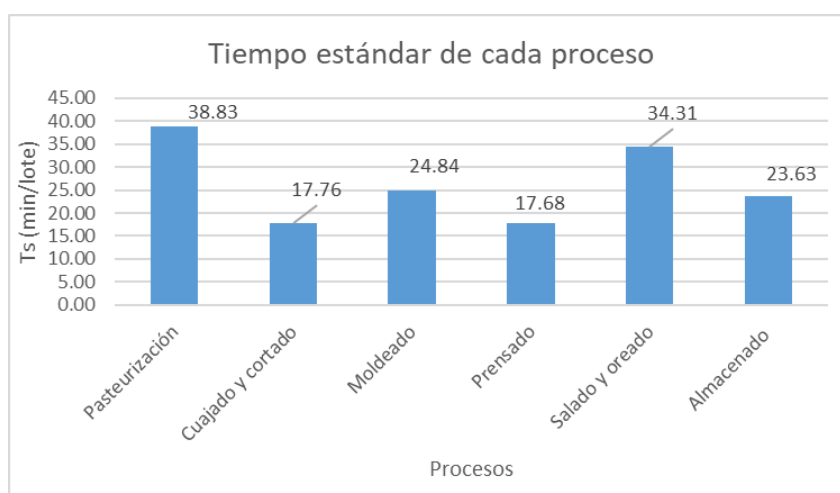


Figura 20. Resumen del estudio de tiempos

En la Figura 20 se tiene la representación gráfica de los tiempos estándar de cada proceso, existen procesos que tardan más tiempo de ejecución que otros. Esto repercute directamente en el ritmo de producción del proceso, dando lugar a posibles retrasos, tiempos de espera y momentos inactivos.

### 3.3 Capacidad de producción

La capacidad de producción se determinó con el fin de conocer la cantidad de lotes o quesos que pueden ser elaborados en la línea de producción de queso fresco 900 gramos. Para la realización de los cálculos se consideró los tiempos estándar de cada proceso proporcionados en la Tabla 32 y para la jornada laboral se determinó que la empresa labora en un horario de 8:00 hasta las 16:00. Dado que la empresa solo puede producir lotes completos, se realizó un redondeo al número entero más cercano.

La empresa asigna 30 minutos para el almuerzo por lo que el tiempo disponible para la producción es de 450 minutos

#### 3.3.1 Capacidad de producción estándar por cada proceso

$$Cps = \frac{1}{T_s} * \text{jornada laboral} \quad (6)$$

$$\text{Tiempo disponible} = 8h * \frac{60 \text{ min}}{1h} - 30 \text{ minutos} = 450 \text{ min}$$

$$1 \text{ lote} = 90 \text{ quesos}$$

- **Pasteurización**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{38.83 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 11.59 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 12 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Capacidad de producción por unidades**

$$Cps = 12 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}} = 1080 \frac{\text{quesos}}{\text{día}}$$

- **Cuajado y cortado**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{17.76 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 25.33 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 25 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Capacidad de producción por unidades**

$$Cps = 25 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}} = 2250 \frac{\text{quesos}}{\text{día}}$$

- *Moldeado*

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{24.84 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 18.12 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 18 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Capacidad de producción por unidades**

$$Cps = 18 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}} = 1620 \frac{\text{quesos}}{\text{día}}$$

- *Prensado*

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{17.68 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 25.45 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 25 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Capacidad de producción por unidades**

$$Cps = 25 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}} = 2250 \frac{\text{quesos}}{\text{día}}$$

- *Salado y oreado*

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{34.31 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 13.11 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$



- **Capacidad de producción por unidades**

$$Cps = 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}} = 1170 \frac{\text{quesos}}{\text{día}}$$

- **Almacenado**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{23.63 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 19.05 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 19 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Capacidad de producción por unidades**

$$Cps = 19 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}} = 1710 \frac{\text{quesos}}{\text{día}}$$

### Cuello de botella

Tabla 33. Capacidad estándar de cada proceso de queso fresco

Proceso	Ts (min/lote)	Ts (min/u)	Cps
Pasteurización	38.83	0.43	12
Cuajado y cortado	17.76	0.20	25
Moldeado	24.84	0.28	18
Prensado	17.68	0.20	25
Salado y oreado	34.31	0.38	13
Almacenado	23.63	0.26	19
total	157.05	1.74	

Una vez calculado la capacidad de producción estándar de cada operación del proceso de fabricación de queso fresco 900 gramos se puede determinar el cuello de botella. En la Tabla 33 se observa que la operación de pasteurización es el proceso que más tarda en ejecutarse con 38.83 min/lote en consecuencia la empresa no puede fabricar más de 12 lotes al día generando tiempos de espera y momentos inactivos en los procesos donde la capacidad es mayor, es decir el tiempo de ciclo de la línea de producción es de 38.83 minutos por lote.

### 3.3.2 Capacidad de producción real

Una vez identificado el cuello de botella y el tiempo de ciclo de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos se procede a calcular la capacidad de producción diaria, semanal y mensual.

$$Cp = \frac{1}{38.83 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} = 0.026 \frac{\text{lote}}{\text{min}} * 450 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} = 12 \frac{\text{lote}}{\text{jornada}}$$

Capacidad de producción semanal

$$Cp = 12 \frac{\text{lote}}{\text{jornada}} * 7 \text{ dias} = 84 \frac{\text{lote}}{\text{semana}}$$

Capacidad mensual

$$Cp = 84 \frac{\text{lote}}{\text{semana}} * 4 \text{ semanas} = 336 \frac{\text{lote}}{\text{mes}}$$

### Tiempo muerto

Tabla 34. Resumen capacidad de producción real y estándar

Proceso	Ts (min/lote)	Cps	Ts Real (min/lote)	Cpr	Tiempo muerto	Tiempo muerto %
Pasteurización	38.83	12	38.83	12	0.00	0%
Cuajado y cortado	17.76	25	38.83	12	21.06	54%
Moldeado	24.84	18	38.83	12	13.99	36%
Prensado	17.68	25	38.83	12	21.15	54%
Salado y oreado	34.31	13	38.83	12	4.51	12%
Almacenado	23.63	19	38.83	12	15.20	39%

En la Tabla 34 se presenta un resumen de la capacidad de producción real y estándar para la línea de producción de queso fresco 900 gr. Los procesos se limitan a producir hasta 12 lotes u 1080 quesos diarios debido a que el proceso de pasteurización es el cuello de botella y en consecuencia en cada uno de los siguientes procesos se generan tiempos muertos donde las estaciones de trabajo no están generando valor.

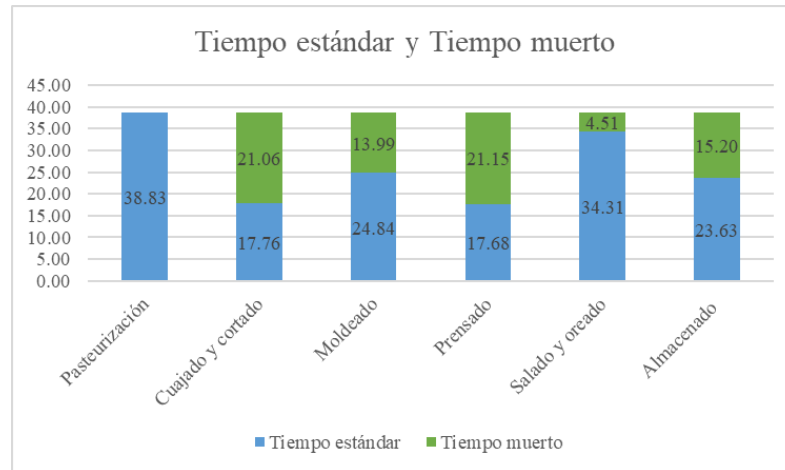


Figura 21. Tiempo estándar y tiempos muertos

En la Figura 21 se observa la variabilidad que existe en el tiempo estándar de cada proceso, influyendo negativamente en el uso eficiente de recursos debido a que las cargas de trabajo no se encuentran equilibradas, la sumatoria del tiempo muerto de cada proceso es de 75.92 minutos por cada lote.

### 3.3.3 Análisis de productividad

Para conocer la productividad en la línea de producción de queso fresco se debe dividir las unidades producidas para las horas empleadas en un día.

$$Productividad = \frac{12 \frac{\text{lote}}{\text{día}} * 90 \frac{\text{quesos}}{\text{lote}}}{7.5 \text{ horas}}$$

$$Productividad = 144 \frac{\text{quesos}}{\text{hora}}$$

La productividad obtenida con el método de trabajo actual es de 144 quesos cada hora, el objetivo es aumentar la productividad en la línea de producción de queso fresco, actualmente los procesos están sujetos a esperas, tiempos muertos o inactivos lo que afecta negativamente a la productividad, Se plantea utilizar el mapa de flujo de valor para analizar a detalle cada uno de los procesos e identificar los desperdicios asociados al proceso de fabricación de queso fresco 900gr.

### 3.4 Mapa de flujo de valor VSM

El mapa de flujo de valor es una herramienta para analizar con mayor detalle los procesos de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, la idea es determinar el ritmo a la que la empresa debería fabricar el producto para lograr cumplir con la demanda, identificar las actividades que no generan valor y los desperdicios involucrados en los procesos con el fin de mejorar el método de trabajo actual mediante las herramientas de mejora continua y en consecuencia aumentar la productividad.

#### 3.4.1 Información general para el VSM

- Número de operarios: 7
- Horas de trabajo: 8 horas/día (480 min)
- Descansos/Almuerzo: 30 min
- Sueldo básico: 425 dólares/mes
- Demanda diaria: 27 gavetas (1161 quesos)

La empresa asigna un tiempo de 30 minutos para el almuerzo, es decir el tiempo disponible para la producción es de 450 minutos.

$$\textit{Tiempo disponible} = 480 \text{ min} - 30 \text{ min}$$

$$\textit{Tiempo disponible} = 450 \text{ min}$$

Una vez recopilados los datos de la demanda diaria y el tiempo disponible para la producción, se procede a determinar el Takt Time, esta métrica es útil para saber cuál es el ritmo de producción que debería tener la línea de producción de queso fresco de 900 gramos para cumplir con la demanda de 1161 quesos que vendrían a conformar 12.9 lotes, como la empresa solo puede producir lotes completos y para el mejor aprovechamiento de los recursos la demanda diaria se aproxima a 13 lotes al día.

- **Takt time por lote**

$$Takt\ Time = \frac{450\ min}{13\ lotes}$$

$$Takt\ Time = 34.62\ \frac{min}{lote}$$

- **Takt time por unidad**

$$Takt\ time = \frac{450\ min}{1170\ quesos}$$

$$Takt\ time = 0.38\ \frac{min}{queso}$$

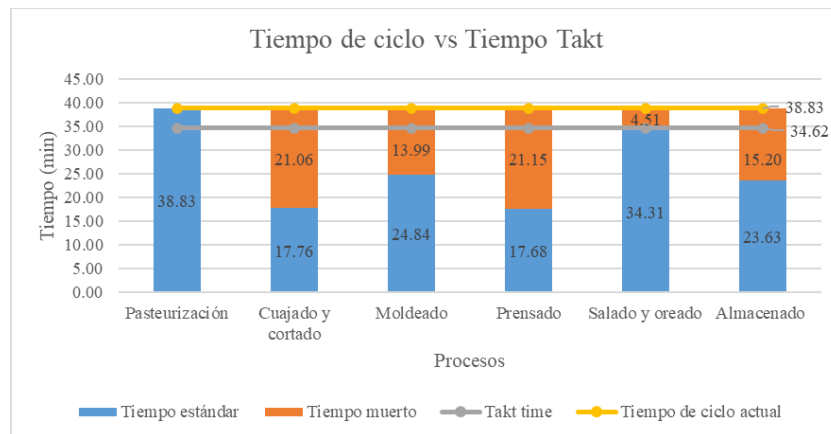


Figura 22. Tiempo de ciclo vs Tiempo Takt

En la Figura 22 se presenta una representación gráfica del tiempo de ciclo y el tiempo Takt. La línea de producción de queso fresco de 900 gramos tiene un tiempo de ciclo de 38.83 minutos por lote evidenciando que con el método de trabajo actual la empresa no puede fabricar al ritmo de 34.62 minutos por lote lo que significa que los requerimientos de producción de 13 lotes diarios no están siendo producidos en su totalidad. De igual manera como las cargas de trabajo no están equilibradas se generan tiempos muertos en cada proceso.

### 3.4.2 Indicadores de los procesos para el VSM

Tiempo disponible: 450 min

Turnos: 1

Lote: 90 quesos

En la Tabla 35 se especifica los inventarios y el tiempo de estándar por cada proceso que se obtuvo mediante el estudio de tiempos y movimientos realizado previamente. En el mapa de flujo de valor el inventario está representado con un símbolo de triángulo.

Tabla 35. Inventarios y tiempo estándar para el VSM

Pasteurización	Ts: 38.83 min/lote Inventario: 0
Cuajado y cortado	Ts: 17.76 min/lote Inventario: 90 quesos
Moldeado	Ts: 24.84 min/lote Inventario: 0
Prensado	Ts: 17.68 min/lote Inventario: 90
Salado y oreado	Ts: 34.31 min/lote Inventario: 0
Almacenado	Ts: 23.63 min/lote Inventario: 0

### 3.4.3 Clientes y proveedores

La empresa obtiene pedidos de sus clientes por vía telefónica o mensajes de texto, los pedidos son despachados 4 días a la semana, estos días son lunes, miércoles, viernes y domingo.

Los proveedores de la empresa lácteos Crelac entregan la materia prima diariamente en un horario de 7:00 am a 12:00 pm, en el día se procesan alrededor de 5000 litros de leche.

### 3.4.4 Cálculo del lead time

En el mapa de flujo de valor el lead time es el tiempo total que transcurre desde el inicio de la producción hasta que el queso fresco está listo para ser entregado o puesto a disposición del cliente, se representa mediante líneas donde se identifica el tiempo de estándar de los procesos que generan valor y de los que no generan valor. El objetivo

es determinar el tiempo total que el producto de la empresa recorre a lo largo de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos.

Para calcular el lead time primero se debe determinar el tiempo total de las actividades que no generan valor (NVA) y de las que generan valor (VA) la sumatoria de esto da como resultado el lead time de la línea de producción de queso fresco.

$$\textit{Tiempo VA} = 157.05 \text{ min} = 2.62 \text{ horas}$$

$$\textit{Tiempo NVA} = 4.31 \text{ horas}$$

$$\textit{lead time} = VA + NVA$$

$$\textit{lead time} = 2.62 + 4.04$$

$$\textit{lead time} = 6.66 \text{ horas}$$

### **3.4.5 Gráfica de mapa de flujo de valor VSM**

Con los datos obtenidos el siguiente paso es graficar el VSM asociado a la línea de producción de queso fresco de 900 gramos. De manera general la demanda diaria para el producto de mayor demanda es de 13 lotes o 1170 y el ritmo de producción que debe tener para cumplir con dicha demanda esta dada por el Takt time de 34.62 min/lote. Es importante destacar que el cuello de botella es el proceso de pasteurización por lo que se limita a producir a un ritmo de 38.83 min/lote. A continuación, se adjunta el mapa de flujo de valor de la situación actual de la línea de producción de queso fresco Crelac de 900 gramos.

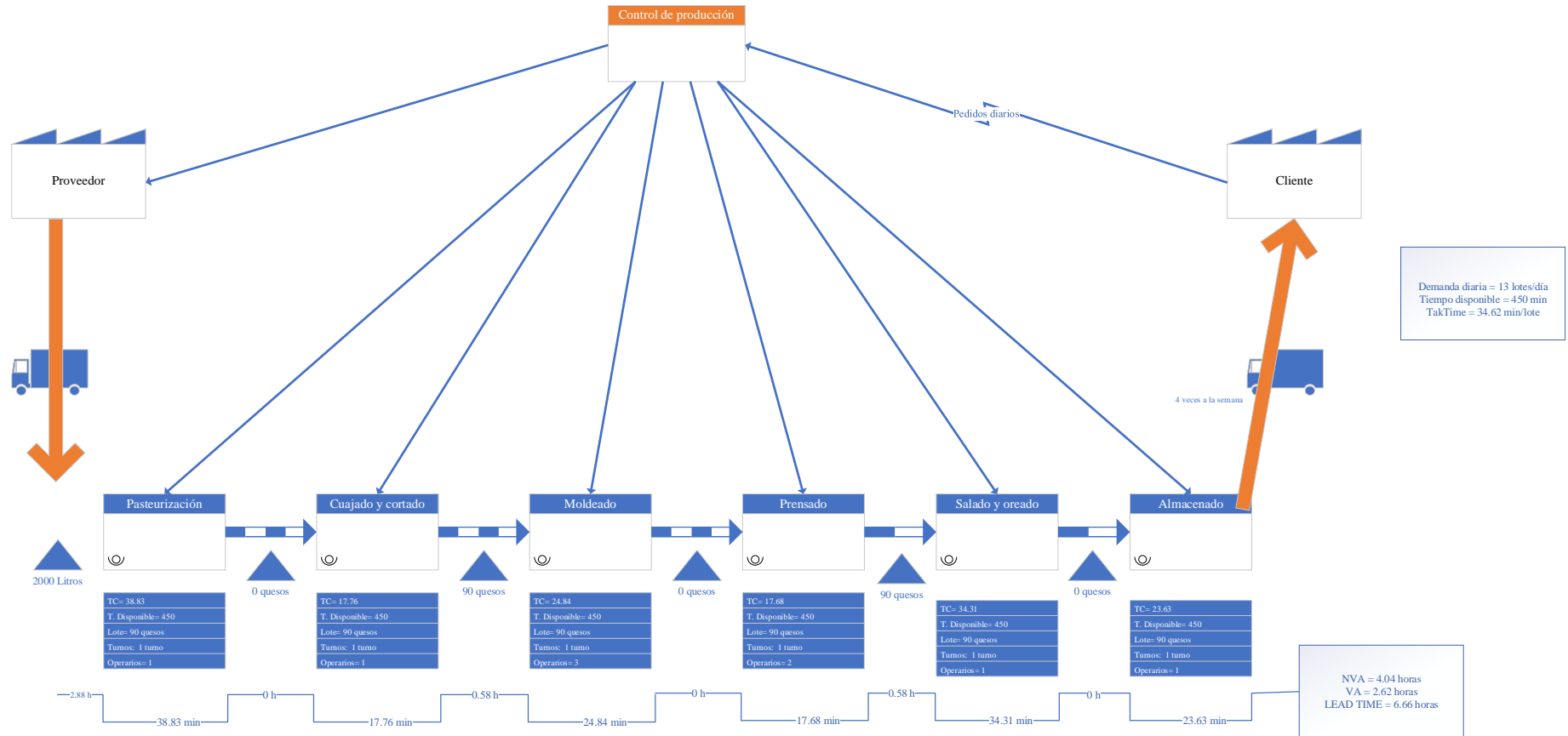




Figura 23. VSM actual de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos



### 3.4.6 Identificación de desperdicios

En la Tabla 36 se identificó los desperdicios que tiene la empresa lácteos Crelac en cada uno de los procesos de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, se consideró los 7 desperdicios u 7 mudas aplicadas en Toyota, así mismo se planteó una solución ya sea si el proceso necesita ser mejorado, reducido o eliminado. Identificar y abordar los desperdicios en los procesos de fabricación es esencial para mejorar la eficiencia, reducir costos, y garantizar la calidad el producto.

Tabla 36. Identificación de desperdicios

		LÁCTEOS CRELAC											
<b>Fecha de elaboración</b>		01/12/2023		<b>Hora de comienzo</b>			8:30 AM						
<b>Área</b>		Producción		<b>Hora de finalización</b>			12:30 PM						
<b>Producto</b>		Queso fresco 900 gr		<b>Elaborado por</b>			Juan Tello						
<b>Estudio</b>		1		<b>Revisado por</b>			Christian Ortiz						
N°	Proceso	Actividades	Desperdicios							Solución			
			Sobreproducción	Esperas	Transportes innecesarios	Sobrepesos	Inventarios	Movimientos innecesarios	Producción defectuosa	Mejorar	Reducir	Eliminar	
1	Pasteurización	Lavar la marmita de pasteurización		X	X	X			X		X		

		Llenar las marmitas de pasteurización con leche		X					X		
		Encender el motor		X			X			X	
		Calentar/pasteurizar la leche a 80°C		X		X			X		
		Enfriar la leche a 63°C		X					X		
		Añadir calcio			X			X	X		
2	Cuajado y cortado	Enfriar a 60					X			X	
		Añadir cuajo		X	X			X	X		
		Dejar reposar la cuajada		X				X	X		
		Llevar la hilera para cortar la cuajada			X		X			X	
		Realizar el corte de la leche cuajada					X		X		
		Madurar la cuajada			X	X			X		
		Desuerar		X	X		X	X	X		
3	Moldeado	Llevar los moldes y los lienzos a la mesa		X				X		X	
		Preparar los moldes y lienzos en la mesa				X			X		
		Llevar la cuajada a la mesa		X				X	X		
		Desuerar en la mesa		X				X	X		
		moldeo				X		X	X		
4	Prensado	Llevar el molde a la máquina de prensar				X		X		X	
		Prensar los moldes para compactar la cuajada			X				X		
		Vuelteo				X		X			X
		Prensar los moldes				X		X			X
		Separar el queso del molde			X	X			X		
5	Salado y oreado	Llevar el queso al recipiente con sal muera		X	X				X		
		Dejar salar el queso	X				X			X	
		llevar el queso a la mesa para enfundarlo			X					X	
		Orear el queso				X					X

6	Almacenado	Llevar las gavetas a la mesa		X				X			X		
		Enfundar el queso		X	X					X			
		llevar el queso a la gaveta			X			X					X
		llevar la gavetas al cuarto frío			X			X		X			

Luego de identificar los desperdicios se procede a cuantificar el porcentaje asociado a cada desperdicio de cada proceso en la Tabla 37 se presenta el resultado obtenido realizado mediante observación directa.

Tabla 37. Cantidad de desperdicios

<b>Tipos de desperdicios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
Sobreproducción	1	2%
Esperas	14	24%
Transportes innecesarios	13	22%
Sobreprocesos	10	17%
Inventarios	3	5%
Movimientos innecesarios	12	20%
Producción defectuosa	6	10%
Total	59	100%

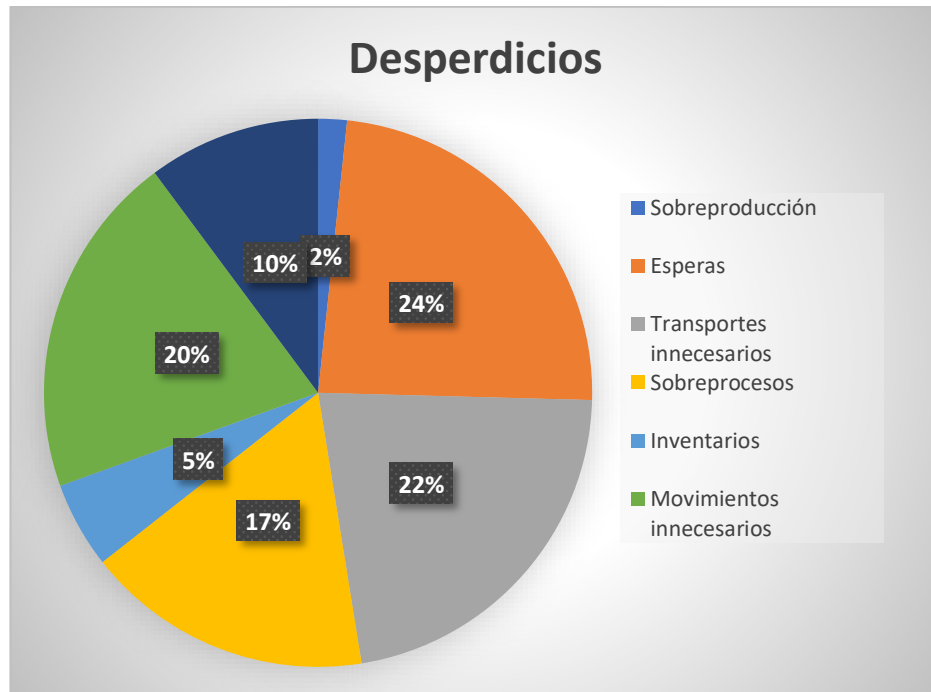


Figura 24. Desperdicios en la línea de producción de queso fresco

En la Figura 24 se presenta gráficamente la distribución de los 7 desperdicios o mudas que suceden en la línea de producción de queso fresco de 900 gr, se determinó 59 desperdicios entre los cuales las esperas comprenden el 24% de los 59 desperdicios con un total de 14 esperas, seguido de los transportes innecesarios con el 22%, los movimientos innecesarios con el 20% , los sobreprocesos con un 17% , la producción defectuosa con un 10%, los inventarios con el 5% y finalmente la sobreproducción con el 2%. Considerando esta información el siguiente paso fue incluir en el VSM los desperdicios asociados a cada proceso.

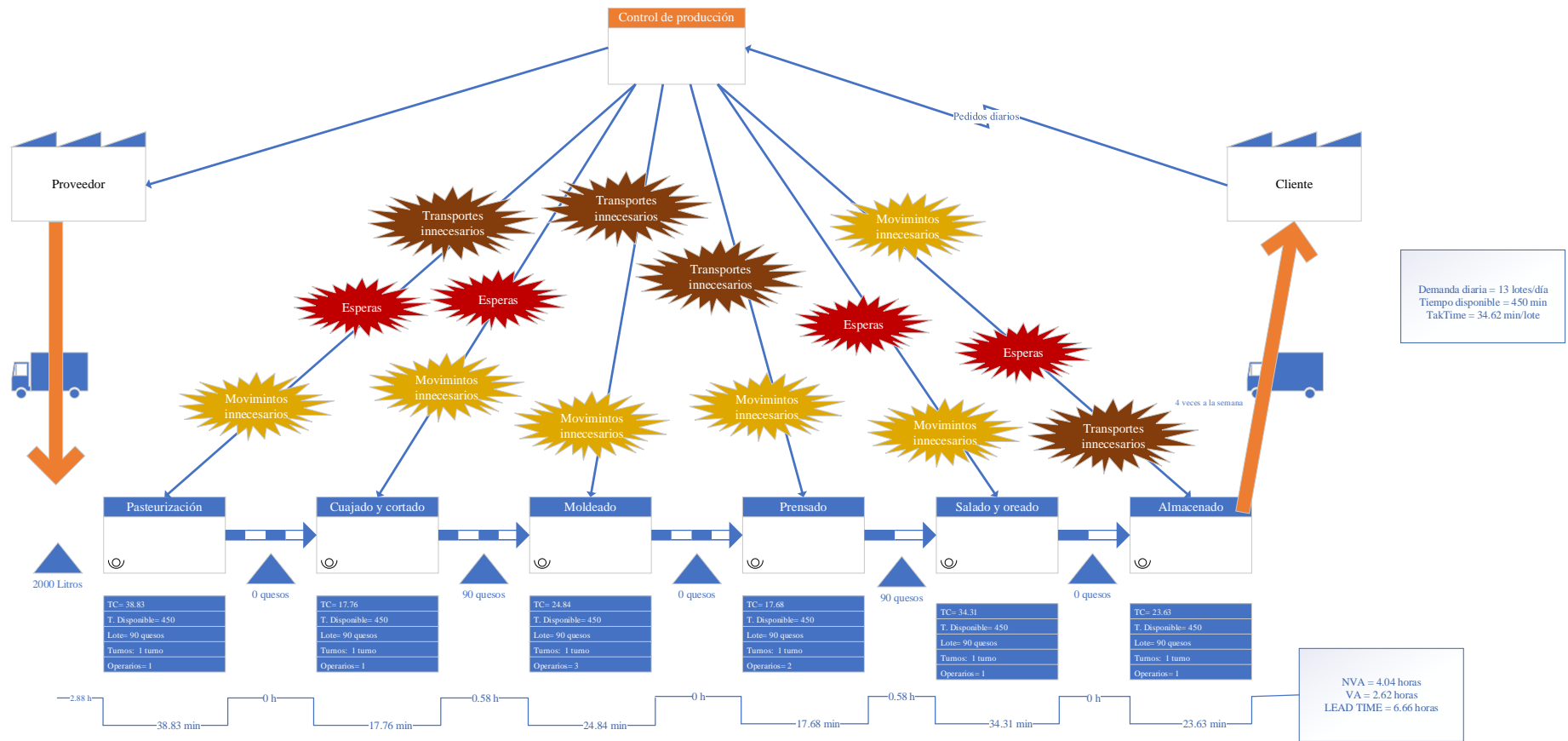


Figura 25. VSM de la situación actual con los desperdicios identificados

### 3.4.7 Análisis ABC de los desperdicios

Al cuantificar la cantidad de desperdicios asociados a cada proceso el siguiente paso consistió en clasificarlos utilizando la clasificación ABC. En la Tabla 38 se presenta el resultado obtenido con la clasificación ABC, donde la categoría A engloba el 80% de los desperdicios, la categoría B abarca hasta el 95%, y finalmente, la categoría C comprende del 95% al 100% de los desperdicios. Esta categorización se empleó para analizar el impacto de los desperdicios asociados a la línea de producción de queso fresco 900 gramos de la empresa Crelac.

Tabla 38. ABC de los desperdicios

Tipos de desperdicios	Cantidad	%	% Acumulado	Categoría
Esperas	14	24%	24%	A
Transportes innecesarios	13	22%	46%	A
Movimientos innecesarios	12	20%	66%	A
Sobreprocesos	10	17%	83%	B
Producción defectuosa	6	10%	93%	B
Inventarios	3	5%	98%	C
Sobreproducción	1	2%	100%	C

En el diagrama de Pareto se identificó que el 80% de los desperdicios son generados por las esperas, transportes y movimientos innecesarios. Una vez identificado los desperdicios que generan mayor impacto en la línea de producción de queso fresco 900 gramos, se procede analizarlos.

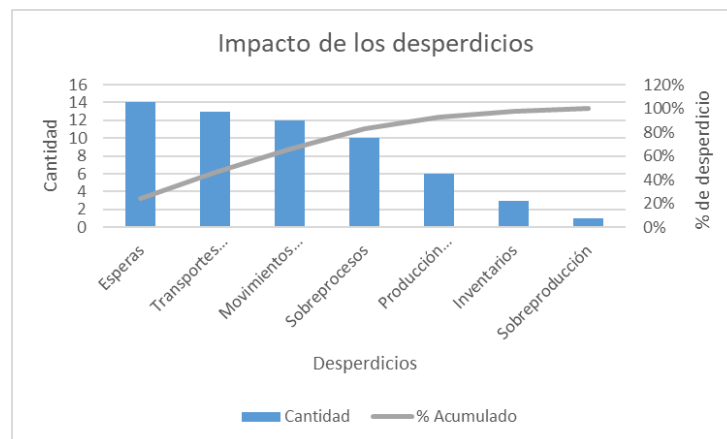


Figura 26. Impacto de los desperdicios

## **Esperas y tiempos muertos**

Debido a que las cargas de trabajo de cada procesos no se encuentran equilibradas es normal observar a lo largo de la jornada de trabajo el desaprovechamiento de recursos en momentos donde las herramientas, moldes, aros, tinas, mesa y prensa permanecen inactivos y no están siendo utilizados de manera productiva debido a la espera del proceso anterior.

En la Figura 27, se observa que la prensa permanece inactiva, a la espera de que se complete el proceso de moldeado. Este período de espera no solo afecta a este proceso en particular, sino que también se observa en otros procesos y esto se debe a que el ritmo de producción de cada proceso es diferente.



Figura 27. Periodo de inactividad de la prensa

Reducir el tiempo de espera es crucial, ya que al minimizar estos períodos inactivos se contribuye a mejorar la productividad y optimizar el uso de recursos, permitiendo que los procesos fluyan de manera más eficiente.

## **Transportes Innecesarios**

En el método de trabajo actual, se observan transportes innecesarios que podrían mejorarse o reducirse; de lo contrario, esto resultaría en una pérdida de recursos y tiempo. Por ejemplo, en el proceso de pasteurización, el traslado de la materia prima hasta las marmitas demanda un tiempo considerable, ya que aún no se ha implementado un método más eficiente como el de una bomba para transporte de la leche.

### Movimientos Innecesarios

Las líneas de producción de la empresa lácteos Crelac no tiene estandarizado el método de trabajo por estaciones de trabajo, no se ha asignado una ubicación fija a los operarios para que desempeñen las actividades eficientemente, esto provoca que durante la jornada laboral exista momentos donde el operario abandona una línea de producción y se traslada a otra línea de producción en momentos donde es necesario un operario adicional.

En el área de pasteurización y moldeado, es frecuente observar charcos de agua y suero en el suelo, lo que genera un entorno resbaladizo. Además, algunas herramientas no cuentan con una ubicación fija para su depósito correspondiente, lo que implica que, al necesitarlas, el operario deba buscarlas en el área de producción, generando movimientos innecesarios.

### 3.4.8 Selección de la herramienta de mejora continua

Tabla 39. Relación de herramientas y desperdicios

Desperdicios	5S	SMED	Diseño de planta	Gestión visual	Estandarización	Jidoka	Kanban	Kaizen
Esperas	Relación alta	Relación alta	Relación media	Relación media	Relación alta	Relación baja	Relación media	Relación media
Movimientos innecesarios	Relación alta	Relación baja	Relación media	Relación alta	Relación baja	Relación baja	Relación media	Relación media
Transportes innecesarios	Relación media	Relación alta	Relación media	Relación alta	Relación baja	Relación baja	Relación baja	Relación baja
Sobreprocesos	Relación media	Relación baja	Relación media	Relación media	Relación baja	Relación alta	Relación baja	Relación alta
Inventarios	Relación alta	Relación baja	Relación media	Relación media	Relación alta	Relación baja	Relación alta	Relación media
Sobreproducción	Relación baja	Relación baja	Relación media	Relación media	Relación alta	Relación baja	Relación alta	Relación media
	Relación Baja		Relación media		Relación alta			

Las herramientas de la manufactura esbelta se aplican de manera diferenciada según el tipo de desperdicio, se ha elaborado la Tabla 39. para establecer una semaforización, donde el color rojo indica una relación baja, el amarillo representa una relación media y el verde refleja una relación alta. El objetivo es determinar la relación entre los desperdicios y las herramientas de mejora, con la finalidad de seleccionar la



herramienta más apropiada para abordar eficazmente el desperdicio identificado en la línea de producción de queso fresco de la empresa lácteos Crelac.

### **3.4.9 Método de factores ponderados**

Se implementó la metodología de factores ponderados con el objetivo de elegir la herramienta de mejora más adecuada para abordar, eliminar o reducir los desperdicios que tienen un mayor impacto en la línea de producción de queso fresco de 900 gramos. A continuación, se describen los pasos seguidos para aplicar esta metodología.

#### **Paso 1: Realizar una lista de factores**

- **Compatibilidad con el sistema:** Con el objetivo de considerar si la herramienta es compatible con el sistema de producción actual de tu empresa.
- **Facilidad de uso:** Si la herramienta es demasiado complicada, puede llevar mucho tiempo capacitar al personal, lo que puede retrasar la implementación.
- **Flexibilidad:** Con el objetivo de seleccionar una herramienta que se pueda adaptar a las necesidades específicas de la empresa. Si la herramienta no es lo suficientemente flexible, es posible que no pueda ser aprovechada al máximo.
- **Impacto de la herramienta:** Con el objetivo de seleccionar una herramienta que solucione problemas claves en la organización. Si la herramienta no tiene un impacto positivo entonces no vale la pena su uso.
- **Costo de mantenimiento:** Con el objetivo de seleccionar una herramienta con un costo de mantenimiento razonable ya que si el costo es demasiado alto puede ser difícil justificar la inversión

#### **Paso 2. Asignación de ponderación a cada factor**

La ponderación representa la importancia o el peso que tiene cada factor.

- **Compatibilidad con el sistema:** 30%
- **Facilidad de uso:** 15%

- **Flexibilidad:** 15%
- **Impacto de la herramienta:** 25%
- **Costo de mantenimiento:** 15%

### Paso 3: Escala de calificación

Tabla 40. Escala de calificación

No importante	Poco importante	Neutral	Importante	Muy importante
1-2	3-4	5-6	7-8	9-10

### Paso 3: Realizar la calificación de las herramientas en relación a los factores.

Una vez obtenido los datos relacionados a la metodología de factores ponderados tales como factores, ponderación y escala de calificación, el siguiente paso consiste en evaluar cada una de las herramientas en función de los desperdicios identificados.

### Esperas

Tabla 41. Matriz de factores ponderados para el desperdicio

Selección de la herramienta de mejora				
Fecha	04/12/2023	Elaborado por	Juan Tello	
Desperdicio	Esperas	Revisado por	Christian Ortiz	
Factores	Herramientas de mejora			
	Ponderación	SMED	5S	Nivelación de carga
Compatibilidad	30%	5	8	9
Facilidad de uso	15%	6	8	7
Flexibilidad	15%	7	9	8
Impacto de la herramienta	25%	7	7	9
Costo de mantenimiento	15%	7	8	7
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>6.25</b>	<b>7.9</b>	<b>8.25</b>

**Análisis:** En la Tabla 41 se presenta la calificación realizada a cada una de las herramientas de mejora con respecto a los factores que se consideraron para la selección de la herramienta de mejora, los resultados obtenidos indican que la herramienta la nivelación de cargas con una calificación de 8.25, es la adecuada para solucionar las esperas asociadas a la línea de producción de queso fresco 900 gramos, para este caso la nivelación de carga se lo realizó mediante el balanceo de líneas.

## Movimientos innecesarios

Tabla 42. Matriz de factores ponderados para los movimientos innecesarios

Selección de la herramienta de mejora				
Fecha	04/12/2023	Elaborado por		Juan Tello
Desperdicio	Movimientos innecesarios	Revisado por		Christian Ortiz
Factores	Herramientas de mejora			
	Ponderación	Control visual	5S	Kaizen
Compatibilidad	30%	6	8	7
Facilidad de uso	15%	6	9	7
Flexibilidad	15%	8	7	8
Impacto de la herramienta	25%	7	8	7
Costo de mantenimiento	15%	6	7	6
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>6.55</b>	<b>7.85</b>	<b>7</b>

**Análisis:** En la Tabla 42 se detalla la calificación realizada a cada una de las herramientas de mejora con respecto a los factores que se consideraron para la selección de la herramienta de mejora para el desperdicio de movimientos innecesarios, los resultados obtenidos indican que las 5S, con una calificación de 7.85, es la opción más adecuada para abordar los problemas de este desperdicio.

## Transportes innecesarios

Tabla 43. Matriz de factores ponderados para los transportes innecesarios

Selección de la herramienta de mejora				
Fecha	04/12/2023	Elaborado por		Juan Tello
Desperdicio	Transportes innecesarios	Revisado por		Christian Ortiz
Factores	Herramientas de mejora			
	Ponderación	SMED	Diseño de planta	5S
Compatibilidad	30%	5	6	7
Facilidad de uso	15%	6	5	7
Flexibilidad	15%	7	7	8
Impacto de la herramienta	25%	6	7	9
Costo de mantenimiento	15%	6	7	8
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>5.85</b>	<b>6.4</b>	<b>7.8</b>

**Análisis:** En la Tabla 43 se detalla la calificación realizada a cada una de las herramientas de mejora con respecto a los factores que se consideraron para la selección de la herramienta de mejora para el desperdicio de transportes innecesarios, los resultados obtenidos indican que las 5S con una calificación de 7.8 es la más adecuada para solucionar este desperdicio

### 3.5 Propuesta de mejora

Al implementar la metodología del método de factores, se identificaron las herramientas de mejora dirigidas a eliminar los desperdicios identificados en la línea de producción de queso fresco de 900 gramos. El balanceo de línea se utiliza para equilibrar las cargas de trabajo, eliminando los tiempos muertos entre procesos o estaciones. Por otro lado, la metodología 5S tiene como objetivo crear un entorno de trabajo ordenado, eficiente y seguro, fomentando la disciplina y la mejora continua en la empresa, esta herramienta busca solucionar los movimientos innecesarios.

En el método de trabajo actual el tiempo de ciclo es de 38.83 min/lote determinado principalmente por el proceso de pasteurización, que actúa como cuello de botella, mientras que el Tack Time es de 34.62 min/lote es decir el ritmo de producción del método de trabajo actual no es óptimo para satisfacer completamente la demanda diaria.

El primer paso implica realizar un análisis exhaustivo de los procesos ejecutados en la línea de producción, con el fin de identificar mejoras en el método de trabajo actual. La primera herramienta de mejora previo al balanceo de líneas y la metodología 5s es la creación de cursogramas analíticos propuestos con el fin de combinar, mejorar o eliminar actividades que permitan reducir los tiempos de producción de cada proceso.

#### 3.5.1 Pasteurización

En el estudio de tiempos realizado para el proceso de pasteurización de la Tabla 44 se observa que la actividad perteneciente a llenar la marmita de pasterización con leche toma mucho tiempo en comparación con otras actividades de ese proceso. El tiempo estándar calculado para esa actividad es de 22.59 min/lote. tiene un resumen de los tiempos estándar de cada actividad relacionados al proceso de pasteurización.

Tabla 44. Tiempos estándar del proceso de pasteurización

Actividad	Tiempo estándar
Lavar la marmita de pasteurización	4.24
Llenar la marmita de pasteurización con leche	22.59
Encender el motor	0.82

Calentar/pasteurizar la leche a 80°C	6.47
Enfriar la leche a 63°C	4.35
Añadir calcio	0.35

El proceso de llenado de leche en las marmitas tarda 22.59 minutos debido a que el método de trabajo actual consiste en dejar fluir la leche hacia la marmita aprovechando el principio físico de la gravedad.

$$Caudal Actual = \frac{Capacidad\ de\ la\ marmita}{Tiempo\ de\ llenado}$$


$$Caudal Actual = \frac{400\ litros}{22.59\ minutos} = 17.71 \frac{litros}{minuto}$$

La marmita de pasteurización tiene una capacidad de 400 litros, considerando que el tiempo que tarda en llenarse es de 22.59 minutos/lote entonces el caudal actual a la que se llena la marmita es de 17.71 litros cada minuto.

Para mejorar este tiempo de llenado se propone utilizar una bomba sanitaria MB 110 de la casa comercial Debem, en la Tabla 45 se detalla las especificaciones de la bomba.

Tabla 45. Instrumento propuesto para el proceso de pasteurización

MB 110			
<b>max. flow rate</b>	20 m3/h	<b>Viscosidad</b>	<b>500cP</b>
<b>Certificación</b>	1935/2004 EC. MEI. ATEX. FDA. EAC		
<b>Máxima presión:</b>	3 bar		
<b>Velocidad</b>	3600 rpm	<b>Tiempo de Respuesta:</b>	<b>5ms</b>
<b>máx. fuerza de motor</b>	2.2 kW		
<b>Temperatura de Servicio:</b>	-30°C a 45°C		
DATOS DE OPERACIÓN			
<b>Elemento de Medida:</b>		Caudal	
<b>Señal de Salida:</b>		mA	
<b>Variable Medida:</b>		(m3/h)	
<b>Fotografía</b>		<b>Aplicaciones</b>	
	Estas bombas de bajo costo tienen carcasas de acero inoxidable 316L construidas en	Líquidos limpios y ligeramente contaminados procedentes de lecherías, fábricas de queso, cervecerías, destilerías,	

	placa laminada en frío, 100% no porosas.y extremadamente suave.	etc.
		Leche, suero, cuajada, masa, salmuera, cerveza, CIP, alcohol, etc.

El tasa de flujo de la bomba MB 110 es de 20 m<sup>3</sup>/h estos datos fueron obtenidos por medio de la hoja técnica que ofrece la casa comercial Debem, en base a ello se procede a determinar cuál es el caudal propuesto.

$$Caudal\ propuesto = 20 \frac{m^3}{h} * \frac{1000\ litros}{1\ m^3} * \frac{1\ h}{60\ minutos}$$

$$Caudal\ propuesto = 333.33 \frac{litros}{minuto}$$

La siguiente formula permite determinar el tiempo de llenado que se obtiene considerando el caudal propuesto previamente calculado.

$$Tiempo\ propuesto = \frac{Capacidad\ de\ la\ marmita}{Caudal\ propuesto}$$

$$Tiempo\ propuesto = \frac{400\ litros}{333.33 \frac{litros}{minuto}} = 1.2\ minutos$$

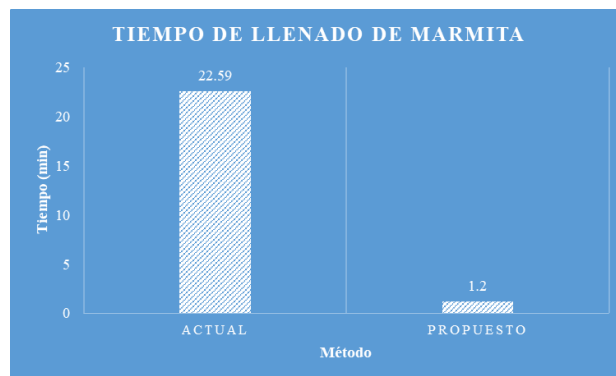


Figura 28. Tiempo de llenado actual y propuesto

**Análisis:** El tiempo actual es de 22.59 minutos y el propuesto de 1.2 minutos, es decir, la implementación de una bomba para transportar la leche desde los tanques de recepción hacia las marmitas de pasteurización genera una mejora significativa en el tiempo estándar de la actividad de llenado del proceso de pasteurización. Se reduce

21.39 minutos aproximadamente, es una reducción del 94.7 % al tiempo de llenado actual, lo que permite optimizar el método de trabajo actual y en consecuencia los recursos y la productividad de la línea de producción de queso fresco.

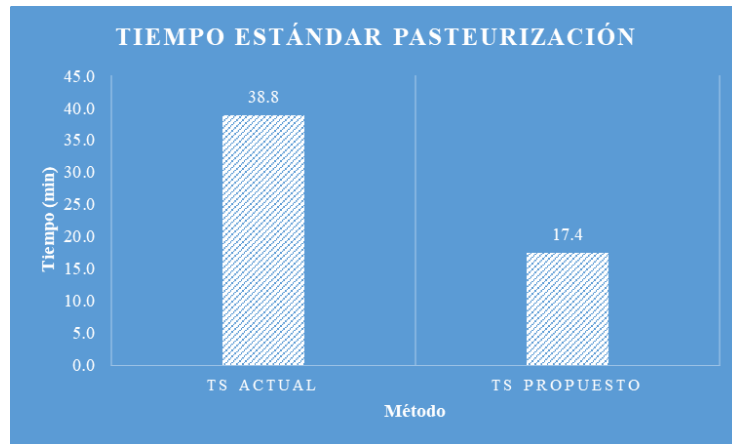


Figura 29. Tiempo estándar actual y propuesto pasteurización

Al reducir el tiempo de llenado de marmita el tiempo estándar del proceso de pasteurización también se reduce, en la Figura 29 se puede visualizar que el tiempo estándar actual es de 38.8 min/lote y el propuesto de 17.4 min/lote.

### 3.5.2 Comparación entre el método actual y el método propuesto

Tabla 46. Matriz de comparación método actual y método propuesto

N°	Proceso	Actividades	Agregan valor		No agregan valor		Observaciones	Tiempos	
			Necesario	No necesario	Necesario	No necesario		Actual	Propuesto
1	Pasteurización	Lavar la marmita de pasteurización	X					4.24	4.24
		Llenar las marmita de pasteurización con leche		X			Se puede aumentar la velocidad de llenado con el uso de una bomba sanitaria	22.59	1.2
		Encender el agitador			X		La actividad puede ser realizada cuando la marmita haya alcanzado el 75% del llenado.	0.82	-
		Calentar/pasteurizar la leche a 80°C	X					6.47	6.47
		Enfriar la leche a 63°C	X					4.35	4.35
		Añadir calcio	X					0.35	0.35
2	Cuajado y cortado	Enfriar a 60	X					1.98	1.98
		Añadir cuajo	X				.	0.69	0.69
		Dejar reposar la cuajada	X					7.29	7.29
		Llevar la hilera para cortar la cuajada			X		La actividad de transporte puede ser realizada mientras se reposa la cuajada	0.36	-
		Realizar el corte de la leche cuajada	X					2	2
		Madurar la cuajada	X					2.14	2.14
		Desuerar	X					3.30	3.30
3	Moldeado	Llevar los moldes y los lienzos a la mesa	X					2.68	2.68
		Preparar los moldes y lienzos en la mesa			X		Esta actividad puede ser realizada en simultaneo con	3.28	-



							la actividad de llevar los moldes		
		Llevar la cuajada a la mesa	X					6.45	6.45
		Desuerar en la mesa	X					3.46	3.46°
		moldeo	X					8.96	8.96
4	Prensado	Llevar el molde a la máquina de prensar			X		La actividad puede ser realizada simultáneamente mientras se moldea el queso.	5.9	-
		Prensar los moldes para compactar la cuajada	X					5.4	5.4
		Vuelteo	X					1.8	1.8
		Prensar los moldes	X					2.9	2.9
		Separar el queso del molde	X					1.7	1.7
5	Salado y oreado	Llevar el queso al recipiente con sal muera	X					1.75	1.75
		Dejar salar el queso	X					15.48	15.48
		llevar el queso a la mesa para enfundarlo	X					2.78	2.78
		Orear el queso	X					14.31	14.31
6	Almacenado	Llevar las gavetas a la mesa	X					1.2	1.2
		Enfundar el queso	X					14.31	14.31
		llevar el queso a la gaveta	X					4.7	4.7
		llevar la gavetas al cuarto frio	X					3.37	3.37
								157.05	125.32

En la matriz de la Tabla 46 se ha identificado las actividades que agregan valor y las que no agregan valor con el fin de encontrar oportunidades de mejora en el método de trabajo actual. Se eliminaron, suprimieron y combinaron actividades. El resultado obtenido es una reducción en el tiempo de valor agregado de 157.05 minutos a 125.32 minutos.

### 3.5.3 Cursogramas analíticos propuestos

La información recopilada en la Tabla 46 sirvió como base para el desarrollo de cursogramas analíticos propuestos, el objetivo de esa herramienta es proponer un nuevo método de trabajo que le permita a la empresa reducir los tiempos de procesamiento y aumentar su productividad. A continuación, se presenta los cursogramas analíticos propuestos asociados a la línea de producción de queso fresco 900 gramos Crelac.

Tabla 47. Cursograma analítico propuesto pasteurización



		PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC						
Diagrama	Hoja N°1 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gramos.	Operación	○	5	4			
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Pasteurización	Espera	D					
		Transporte	⇒	1	1			
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		3	3			
<b>Método</b>	Propuesto	Tiempo (s)		38.83	16.61			
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo			Observación	
				○	□	D	⇒	▽
Lavar la marmita de pasteurización		4.24		●				
Llenar las marmita de pasteurización con leche		1.2	3				●	
Calentar la leche a 80°C		6.47		●				
Enfriar la leche a 63°C		4.35		●				
Añadir calcio		0.35		●				
TOTAL		16.61	3					

Tabla 48. Cursograma analítico propuesto cuajado y cortado



		<b>PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC</b>							
Diagrama	Hoja N° 2 de 6	Actividad			Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gramos.	Operación	○	6	5				
		Inspección	□						
<b>Actividad</b>	Cuajado y cortado	Espera	D						
		Transporte	⇨						
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽						
		Distancia (m)							
<b>Método</b>	Propuesto	Tiempo (s)			17.76	17.40			
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo					Observación
Enfriar a 60		1.98		○	□	D	⇨	▽	
Añadir cuajo		0.69		●					
Dejar reposar la cuajada		7.29		●					
Realizar el corte de la leche cuajada		2		●					
Madurar la cuajada		2.14		●					
Desuerar		3.30		●					
TOTAL		17.40							

Tabla 49. cursograma analítico propuesto moldeado



		<b>PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC</b>						
Diagrama	Hoja N°3 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gramos.	Operación	○	4	3			
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Moldeado	Espera	D					
		Transporte	⇒	1	1			
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		3.1	3.1			
<b>Método</b>	Propuesto	Tiempo (s)		24.84	21.56			
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo			Observación	
				○	□	D		⇒
Llevar los moldes y los lienzos a la mesa		2.68		●				
Llevar la cuajada a la mesa		6.45	3.1				●	
Desuerar en la mesa		3.46		●				
moldeo		8.96		●				
TOTAL		21.56	3.1					

Tabla 50. Cursograma analítico propuesto prensado



		<b>PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC</b>					
Diagrama	Hoja N°4 de 6	Actividad		Actual	Propuesta		
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gramos.	Operación	○	4	4		
		Inspección	□				
<b>Actividad</b>	Prensado	Espera	▷				
		Transporte	⇒	1	1		
<b>Lugar</b>	Área de producción	Almacenamiento	▽				
		Distancia (m)		1.8	1.8		
<b>Método</b>	Propuesto	Tiempo (s)		17.68	11.81		
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo			Observación
Prensar los moldes para compactar la cuajada		5.41		●			
Vuelteo		1.81		●			
Prensar los moldes		2.90		●			
Separar el queso del molde		1.69		●			
TOTAL		11.81					

Tabla 51. cursograma analítico propuesto salado y oreado





		<b>PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC</b>							
Diagrama	Hoja N°5 de 6	Actividad			Actual	Propuesta			
Producto	Queso fresco 900 gramos.	Operación	○	2	2				
		Inspección	□						
Actividad	Salado y oreado	Espera	D						
		Transporte	⇒	2	2				
Lugar	Área de producción	Almacenamiento	▽						
		Distancia (m)		3.9	3.9				
Método	Propuesto	Tiempo (s)			34.31	34.31			
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo					Observación
				○	□	D	⇒	▽	
Llevar el queso al recipiente con sal muera		1,75	2.1						La bandeja que transporta los quesos no tiene mucha capacidad
Dejar salar el queso		15.48		●					
llevar el queso a la mesa para enfundarlo		2.78	1.8					●	
Orear el queso		14.31		●					
TOTAL		34.31	3.9						

Tabla 52. Cursograma analítico propuesto almacenado

		<b>PRODUCTOS LÁCTEOS CRELAC</b>						
Diagrama	Hoja N°6 de 6	Actividad		Actual	Propuesta			
<b>Producto</b>	Queso fresco 900 gramos.	Operación	○	2	2			
		Inspección	□					
<b>Actividad</b>	Almacenado	Espera	D					
		Transporte	⇒	2	2			
<b>Lugar</b>	Área de almacenamiento	Almacenamiento	▽					
		Distancia (m)		7.5	7.5			
<b>Método</b>	Propuesto	Tiempo (s)		23.63	23.63			
Descripción		Tiempo	Distancia	Símbolo			Observación	
				○	□	D	⇒	▽
Llevar las gavetas a la mesa		1.25		●				
Enfundar el queso		14.31		●				Los insumos no están cerca del lugar del trabajo
llevar el queso a la gaveta		4.71	1.1				●	
llevar la gavetas al cuarto frio		3.37	6.4				●	Se apilan las gavetas y se arrastran
TOTAL		23.63	7.5					

### 3.5.4 Balanceo de líneas

La segunda herramienta empleada como propuesta de mejora es el balanceo de líneas, esta herramienta de mejora permite nivelar las cargas de trabajo y en consecuencia reducir los tiempos inactivos asociados a cada proceso de la línea de producción de queso fresco 900 gramos. Actualmente la empresa cuenta con tiempos muertos en cada proceso debido a la variabilidad de capacidad que tiene cada proceso lo que provoca que algunas herramienta o equipos como marmitas, aros, mesas, moldes y prensadora. pasen desocupadas de manera intermitente a lo largo de la jornada. Al nivelar las cargas de trabajo mediante el balanceo de líneas se logra una mejor aprovechamiento de los recursos que tiene la empresa y en consecuencia aumenta la productividad. A continuación, se detallan los pasos que se emplearon para la realización del balanceo de líneas.

#### Paso 1: Secuencia de procesos

Este paso es esencial porque se proporciona un visión clara y estructurada de la secuencia de los procesos, en la Tabla 53 se presenta el resultado obtenido de este paso donde se identificó por cada proceso la precedencia y los tiempos estándar proporcionados por los cursogramas analíticos propuestos.

Tabla 53. Secuencia de procesos

Tarea	Descripción	Tiempo de tarea por lote (min/lote)	Tarea predecesora
A	Pasteurización	16.61	
B	Cuajado y cortado	17.40	A
C	Moldeado	21.56	B
D	Prensado	11.81	C
E	Salado y oreado	34.31	D
F	Almacenado	23.63	E

#### Paso 2: Diagrama de precedencia

Mediante la precedencia definido en la Tabla 53 el siguiente paso es representar la secuencia de actividades con el diagrama de precedencia.



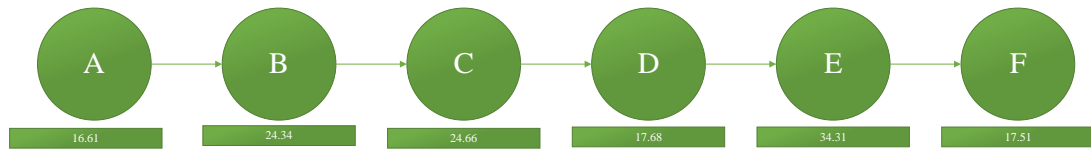


Figura 30. Diagrama de precedencia para la elaboración de queso fresco

### Paso 3: Determinar el tiempo de ciclo

En este paso el objetivo es determinar el tiempo de ciclo que cada estación de trabajo debería tener para satisfacer la demanda diaria. El tiempo disponible es de 450 minutos debido a que 30 minutos son asignados para el almuerzo de los operarios. La demanda es de 1161 o 12.9 lotes diarios, pero se considera 13 lotes debido a que la empresa solo puede producir lotes completos

$$T_c = \frac{\text{Tiempo disponible para la producción}}{\text{Requerimiento del producto al día}} \quad (7)$$

$$T_c = \frac{450}{13 \frac{\text{lote}}{\text{día}}} = 34.62 \frac{\text{min}}{\text{lote}}$$

A través del cálculo realizado, se determinó un tiempo de ciclo de 34.62 minutos por lote. Esto significa que cada una de las estaciones de trabajo debe asegurar el cumplimiento de este tiempo de ciclo para satisfacer los requisitos diarios de producción del queso fresco de 900 gramos.

### Paso 4: Calcular el número de estaciones

El propósito de este paso es establecer el número de estaciones necesario para equilibrar las cargas de trabajo. de tal manera que se pueda cumplir con la demanda diaria.

$$N_t = \frac{\sum T_c \text{ de los procesos}}{\text{Tiempo de ciclo}} \quad (8)$$

$$N_t = \frac{125.32 \frac{\text{min}}{\text{lote}}}{34.62 \frac{\text{min}}{\text{lote}}}$$

$$N_t = 3.61 \approx 4 \text{ estaciones}$$

### Paso 5 Seleccionar la regla para la asignación de las tareas

En este paso se debe seleccionar la distribución heurística que mejor se adapte al proceso productivo de la empresa lácteos Crelac para la asignación de tareas y estaciones de trabajo.

Tabla 54. Asignación de tareas a cada una de las estaciones de trabajo

Estación	Tarea	Número de tareas subsecuentes	TS	Reorden	Tiempo Acumulado	Tiempo Restante	Tarea disponible
I	A	5	16.61	A	16.61	18	B
	B	4	17.40	B	34.01	0.6	-
II	C	3	21.56	C	21.56	13	D
	D	2	11.81	D	33.37	1.25	-
III	E	1	34.31	E	34.31	0.3	-
IV	F	0	23.63	F	23.63	11	-

Se utilizó la regla de mayor número de tareas subsecuentes debido a que de esta manera las tareas que tienen más tareas subsecuentes se pueden realizar primero, además al reordenar las tareas el orden secuencial que tiene los procesos de la línea de producción de queso fresco no se altera proporcionando una mayor ventaja en el balanceo de líneas.

Al aplicar la regla, se obtienen los resultados indicados en la Tabla 54, donde se muestra el balanceo de líneas para la línea de producción de queso fresco de 900 gramos. Se han establecido 4 estaciones de trabajo, cada una con un tiempo de ciclo adecuado para satisfacer los requisitos diarios de producción.

### Cálculo de tiempo de ocio

Se evaluó el tiempo ocioso presente en la línea de producción de queso fresco para determinar si realmente hay una mejora en comparación con la situación actual.

### Tiempo de ocio actual

$$T_o = (T_c * N_t) - \sum \text{Tiempo total de tareas} \quad (9)$$

$$T_o = \left( 38.83 \frac{\text{min}}{\text{lote}} * 6 \right) - 157.05 \frac{\text{min}}{\text{lote}}$$

$$T_o = 75.92 \frac{\text{min}}{\text{lote}}$$

### Tiempo de ocio propuesto

$$T_o = (34.62 * 6) - 125.32$$

$$T_o = 13.14 \text{ min}$$

Al realizar el balanceo, se evidenció una mejora significativa en los tiempos muertos o inactivos. El tiempo de ocio actual es de 75.92 minutos, mientras que con la propuesta se reduce a 13.14 minutos. Esta mejora se debe a la nivelación de las cargas de trabajo y a la implementación de los cursogramas analíticos propuestos.

### Paso 6 Asignar las tareas a las estaciones de trabajo

El siguiente paso consiste en asignar las tareas a las estaciones de trabajo. En la Figura 31 se presenta el balanceo de líneas propuesto para la línea de producción de queso fresco de 900 gramos con la asignación de tareas correspondiente.

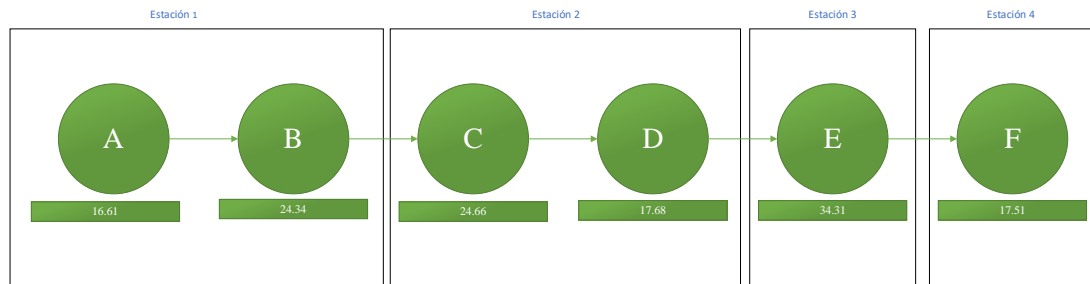


Figura 31. Representación de las estaciones y sus tareas

Tabla 55. Balanceo de líneas propuesto

Estación	Identificación	Tarea	Ts (min/lote)	Ts por estación
I	A	Pasteurización	16.61	34.01
	B	Cuajado y cortado	17.40	
II	C	Moldeado	21.56	33.37
	D	Prensado	11.81	
III	E	Salado y oreado	34.31	34.31
IV	F	Almacenado	23.63	23.63

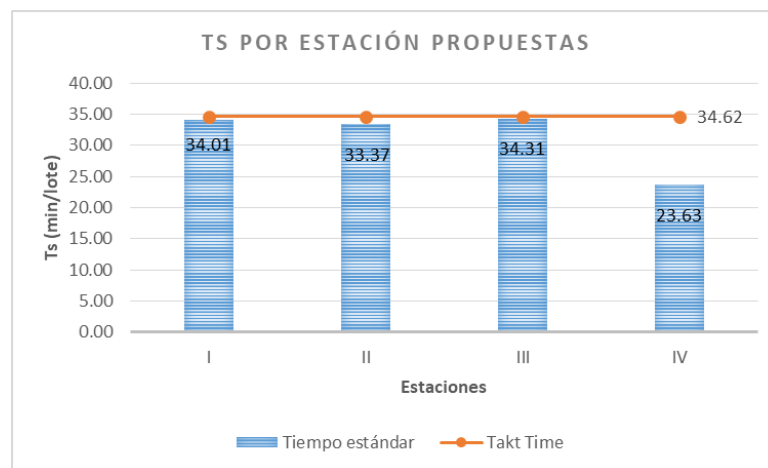


Figura 32. Tiempo estándar vs Takt time propuesto

**Análisis:** Al equilibrar las cargas de trabajo, se crearon 4 estaciones de trabajo lo cual coincide con el número de estaciones de trabajo teóricas, cada estación tiene un tiempo de ciclo inferior a 32.62 minutos por lote. esto es positivo, ya que es posible ajustar el tiempo de ciclo al tiempo Takt para cumplir con la demanda diaria, en comparación con la situación actual donde la empresa no puede cumplir con los requerimientos diarios de producción de 13 lotes por día.

Con el balanceo de líneas propuesto el desperdicio de tiempos muertos se ha reducido en comparación con la situación actual, esto garantiza un mejor aprovechamiento de los recursos. En el anexo F se presenta el balanceo de líneas realizado con el software QM for Windows

## **Pase 7 Evaluar la eficiencia actual y propuesta**

Con el fin de evaluar la propuesta de mejora mediante un balanceo de líneas se realizó un análisis de la eficiencia para determinar que tan efectivo es el método de trabajo propuesto bajo la herramienta de balanceo de líneas.

### **Eficiencia Actual**

En la situación actual, la línea de producción cuenta con 6 estaciones de trabajo y un tiempo de ciclo de 38.83 minutos por lote. Basándonos en estos datos, se ha calculado una eficiencia del 67.41%, revelando la presencia de una ineficiencia en el aprovechamiento de recursos y tiempo.

$$Eficiencia = \frac{\sum \text{Tiempos de las tareas}}{\text{Número real de estaciones } (Nt) * \text{Tiempo de ciclo } Tc}$$

$$Eficiencia = \frac{157.05}{6 \text{ estaciones} * 38.83} * 100 = 67.41 \%$$

### **Eficiencia Propuesta**

En la situación propuesta, la línea de producción cuenta con 4 estaciones de trabajo y un tiempo de ciclo de 34.62 minutos por lote. Basándonos en estos datos, se ha calculado una eficiencia del 90.51%, evidenciando que mediante el balanceo de líneas propuesto es posible mejorar la eficiencia y, por ende, se aprovechan mejor los recursos de la empresa.

$$Eficiencia = \frac{125.32}{4 \text{ estaciones} * 34.62} * 100 = 90.51 \%$$

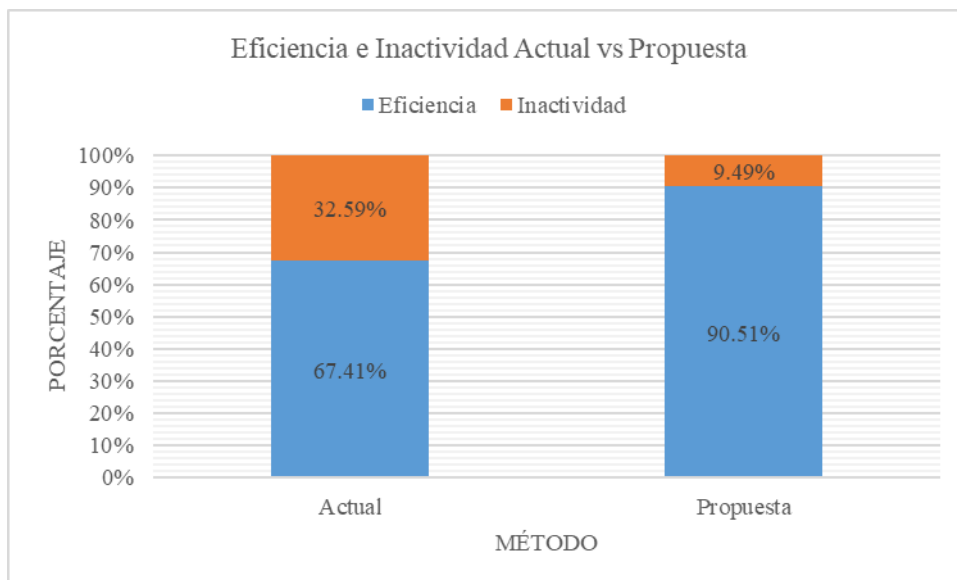


Figura 33. Eficiencia actual vs propuesta

### Paso 8: Cálculo de numero de operarios

Actualmente, la empresa no ha estandarizado la cantidad de operarios por cada estación. Tiene un total de 7 operarios, ya que además de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, existen otras líneas de producción de diferentes productos. Por lo tanto, este paso implica identificar la cantidad de operarios necesarios para cada estación de trabajo para la línea de producción de queso fresco de 900 gramos.

$$No = \frac{\text{Tiempo estándar (ts)} * \text{Requerimiento diario}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (9)$$

#### Operarios en la estación 1

$$No = \frac{34.01 \frac{\text{min}}{\text{lote}} * 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}}$$

$$No = 0.98 \text{ operarios}$$

#### Operarios en la estación 2

$$No = \frac{33.37 \frac{\text{min}}{\text{lote}} * 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}}$$

$$No = 0.96 \text{ operarios}$$

### Operarios en la estación 3

En la estación 3, se realizan actividades en las que no se requiere la participación directa del operario, ya que se trata de tareas no manuales. El objetivo es identificar la cantidad de horas hombre en la estación de trabajo, por lo que se clasifican las actividades en manuales y no manuales. Se determina como tiempo estándar únicamente aquel en el que se involucra al operador.

Tabla 56. Horas hombre para la estación 3

Proceso	Actividades	Manual	No manual	Horas hombre (min)
Salado y oreado	Llevar el queso al recipiente con sal muera	X		1.75
	Dejar salar el queso		X	
	llevar el queso a la mesa para enfundarlo	X		2.78
	Orear el queso		X	
				4.53

$$No = \frac{4.53 \frac{\text{min}}{\text{lote}} * 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}}$$

$$No = 0.13 \text{ operarios}$$

### Operarios en la estación 4

$$No = \frac{23.63 \frac{\text{min}}{\text{lote}} * 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{min}}{\text{día}}}$$

$$No = 0.68 \text{ operarios}$$

## Resumen de lo operarios

Tabla 57. Resumen de la cantidad de operarios por estación de trabajo

Estación	Identificación	Tarea	Ts (min/lote)	hh por estación (min)	hh por día (min)	operarios	Total
I	A	Pasteurización	16.61	34.01	442.17	0.98	1
	B	Cuajado y cortado	17.40				
II	C	Moldeado	21.56	33.37	433.76	0.96	1
	D	Prensado	11.81				
III	E	Salado y oreado	34.31	4.52	58.81	0.13	1
IV	F	Almacenado	23.63	23.63	307.14	0.68	

La empresa no tiene asignado una cantidad fija de operarios en la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, durante la jornada de trabajo se ha observado que los operarios de una línea de producción tienden a cambiar a otra línea de producción en momentos donde se presentan tiempos inactivos. El balanceo de líneas permitió equilibrar las cargas de trabajo y reducir los tiempos inactivos. Para garantizar que estos traslados no ocurran y para evitar recaer en movimientos innecesarios, se estableció la cantidad óptima de operarios necesarios para cada estación de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos. En la Tabla 57 se presenta los resultados obtenidos.

### 3.5.5 Metodología 5S

El primer paso es determinar la situación actual de la empresa con relación a las 5S mediante una auditoría. Para la recopilación de información se realizó una lista de chequeo por cada aspecto de la metodología 5s y se estableció una calificación para analizar el cumplimiento de la metodología. La lista de chequeo tiene 10 preguntas y cada pregunta tiene una calificación de 1 punto que solamente se asigna cuando es un aspecto positivo para la empresa en la Tabla 58 se presenta la escala de referencia para medir el grado de eficiencia para la auditoría 5s .

Tabla 58. Escala de referencia para medir el grado de eficiencia

Denominación	Rango de calificación
Deficiente	Menor a 5



Aceptable	Entre 5 y 10
Excelente	Igual a 10

## Auditoria 5s

Tabla 59. Auditoría S1: Seleccionar

<b>Auditoria 5s</b>				
<b>Auditor</b>	Juan Tello	<b>Area</b>	Producción	
<b>Empresa</b>	Lacteos Crelac	<b>Fecha</b>	13/12/2023	
<b>SEIRI (SELECCIONAR)</b>				
<b>Nº</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>V</b>
1	¿Hay elementos en el área de trabajo que no se han utilizado en los últimos 6 meses?		X	1
2	¿Se identifican claramente las materias primas, productos semi elaborados o residuos en las áreas de trabajo?		X	
3	¿Se han ubicado cerca del área de trabajo los elementos que se utilizan con frecuencia?		X	
4	¿Se han establecido estándares visuales para indicar la clasificación y ubicación de los elementos en el lugar de trabajo?		X	
5	¿Hay elementos que se utilizan con frecuencia en un área de trabajo pero que estaban ubicados en un área de trabajo diferente?	X		
6	¿Existe presencia de objetos o material que interfieran con el desplazamiento del obrero?	X		
7	¿Se han eliminado los elementos que no se utilizan en el área de trabajo?	X		1
8	¿Se implementa un plan para retirar rápidamente cualquier material descartado o desperdicio, evitando su acumulación en el lugar de trabajo?		X	
9	¿Se ha establecido un proceso para revisar y actualizar regularmente la clasificación de los elementos en el área de trabajo?		X	
10	¿El personal está capacitado y consciente de la importancia de la clasificación y eliminación de elementos no necesarios?		X	
<b>Puntuación</b>				<b>2</b>

Tabla 60. Auditoría S2: Ordenar

<b>Auditoría 5s</b>				
<b>Auditor</b>	Juan Tello	<b>Area</b>	Producción	
<b>Empresa</b>	Lacteos Crelac	<b>Fecha</b>	13/12/2023	
<b>SEITON (ORDENAR)</b>				
Nº	Preguntas	Si	No	V
1	¿Cada elemento en el lugar de trabajo tiene un lugar designado y claramente etiquetado?		X	
2	¿Existe un sistema de ubicación que permita identificar fácilmente las herramientas y objetos según su importancia y frecuencia de uso?		X	
3	¿La empresa utiliza códigos visuales o codificación para facilitar la identificación rápida y precisa de herramientas y procesos en el lugar de trabajo?		X	
4	¿El personal sigue procedimientos establecidos para organizar y almacenar herramientas y materiales de manera consistente?	X		1
5	¿Se realiza una revisión regular de los procedimientos de orden para asegurar su eficacia y realizar ajustes según sea necesario?	X		1
6	¿Se han establecido estándares visuales para indicar la disposición y el orden de los elementos en el lugar de trabajo?		X	
7	¿El personal recibe capacitación para entender y seguir los procedimientos de organización y orden establecidos?		X	
8	¿Existe un sistema de retroalimentación para que los empleados informen y resuelvan problemas relacionados con la organización y el orden en el lugar de trabajo?		X	
9	¿Se han implementado estantes, contenedores u otros dispositivos de almacenamiento para facilitar el orden y la accesibilidad de los elementos?	X		1
10	¿El equipo y las herramientas se devuelven a sus lugares designados después de su uso, de manera regular y consistente?	X		1
<b>Puntuación</b>				<b>4</b>

Tabla 61. Auditoría S3: Limpiar


<b>Auditoría 5s</b>				
<b>Auditor</b>	Juan Tello	<b>Area</b>	Producción	
<b>Empresa</b>	Lacteos Crelac	<b>Fecha</b>	13/12/2023	
<b>SEISO (LIMPIAR)</b>				
Nº	Preguntas	Si	No	V
1	¿El personal sigue procedimientos definidos para la limpieza rápida de derrames o situaciones inesperadas que afecten la limpieza del lugar de trabajo?		X	
2	¿Se realiza una inspección periódica para identificar y abordar cualquier problema relacionado con la limpieza o el estado de las tuberías?	X		1
3	¿Presentan las ventanas y puertas signos de suciedad o están obstruidas de alguna manera que afecte su funcionalidad?	X		
4	¿Se implementa un procedimiento para abordar rápidamente y corregir cualquier elemento defectuoso en las luminarias?		X	
5	¿La inspección de ollas de cocción, mesas de trabajo, prensas, estantes y herramientas revela que están libres de impurezas y residuos de productos?	X		1
6	¿Se realiza una inspección regular para identificar y corregir cualquier problema relacionado con la limpieza y el orden en el lugar de trabajo?	X		
7	¿Los residuos y desechos se eliminan adecuadamente y se sigue un protocolo establecido para la disposición de materiales no deseados?		X	
8	¿Se han implementado contenedores específicos para reciclar de manera adecuada los distintos tipos de residuos generados en el lugar de trabajo?		X	
9	¿Los empleados están conscientes de la importancia de mantener limpias sus estaciones de trabajo y participan activamente en actividades de limpieza?	X		1
10	¿Se proporcionan los recursos necesarios, como productos de limpieza y herramientas, para que los empleados mantengan limpias sus áreas de trabajo?	X		1
<b>Puntuación</b>				<b>4</b>

Tabla 62. Auditoría S4: Estandarizar


<b>Auditoría 5s</b>				
<b>Auditor</b>	Juan Tello	<b>Area</b>	Producción	
<b>Empresa</b>	Lacteos Crelac	<b>Fecha</b>	13/12/2023	
<b>SEIKETSIU (ESTANDARIZAR)</b>				
Nº	Preguntas	Si	No	V
1	¿Existe un sistema de etiquetado uniforme para identificar claramente la ubicación de herramientas y materiales en todas las estaciones de trabajo?		X	
2	¿Se han establecido procedimientos estándar para la clasificación y disposición de elementos en todas las áreas de trabajo?		X	
3	¿Se fomenta activamente la participación del personal en la generación de ideas y propuestas para mejorar los procesos y prácticas en sus respectivas áreas?		X	
4	¿Se han desarrollado y documentado procedimientos estándar para las principales actividades y procesos de la empresa?		X	
5	¿Se realiza una evaluación periódica para verificar que se sigan aplicando las tres primeras S, incluyendo la eliminación de elementos innecesarios, la definición de espacios y la limitación de pasillos?		X	
6	¿Existen medios visuales, como tableros informativos, para mantener a los trabajadores informados sobre cambios en la producción o cualquier eventualidad?		X	
7	¿La señalización en la zona de producción es clara y ofrece información precisa sobre las normas de seguridad y la ubicación de elementos importantes?	X		1
8	¿Se han documentado y distribuido claramente instructivos o procedimientos para cada uno de los procesos de producción?		X	
9	¿Existen manuales o fichas técnicas que los operarios tengan acceso a manera de información de los procesos?		X	
10	¿Se han documentado y estandarizado los procesos de limpieza y mantenimiento en todas las instalaciones de la empresa?		X	
<b>Puntuación</b>				1

Tabla 63. Auditoría 5S: Disciplina

<b>Auditoria 5s</b>				
<b>Auditor</b>	Juan Tello	<b>Area</b>	Producción	
<b>Empresa</b>	Lacteos Crelac	<b>Fecha</b>	13/12/2023	
<b>SHITSUKE (DISCIPLINA)</b>				
<b>Nº</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>V</b>
1	¿Existe un sistema diario de verificación para asegurar que se lleve a cabo el control y mantenimiento de la limpieza en las áreas de trabajo?	X		1
2	¿Existe un compromiso constante por parte del personal para seguir las prácticas establecidas en las primeras cuatro S de manera disciplinada?		X	
3	¿La alta dirección demuestra y promueve activamente la importancia de la disciplina en la implementación y mantenimiento de las 5S?		X	
4	¿Las herramientas y las piezas se encuentran almacenadas de manera ordenada y de acuerdo con los estándares establecidos?	X		1
5	¿Se cumplen regularmente todas las actividades especificadas en las 5S, y se realiza un seguimiento efectivo para garantizar su implementación continua?		X	
6	¿Se verifica regularmente que los puestos y áreas de trabajo estén limpios al comienzo y al finalizar cada jornada laboral?	X		1
7	¿Se reconocen y recompensan los esfuerzos disciplinados de los empleados para mantener las áreas de trabajo organizadas y limpias?		X	
8	¿El personal es consciente de la importancia de la disciplina en la aplicación constante de las 5S en su rutina diaria?		X	
9	¿Los nuevos empleados reciben capacitación específica sobre la importancia y aplicación de la disciplina en relación con las 5S?		X	
10	¿Existe un mecanismo eficiente para reportar y corregir rápidamente cualquier incumplimiento disciplinario en relación con las 5S?		X	
<b>Puntuación</b>				<b>3</b>

Tabla 64. Resultados de la auditoria de las 5S's

<b>Herramienta 5s</b>	<b>Calificación</b>
SEIRI	2
SEITON	4
SEISO	4
SEIKETSU	1
SHITSUKE	3
Total	14/50

En la Tabla 64 se presenta los resultados obtenidos de la auditoria 5S, donde el Seiri alcanza un calificación de 2 sobre diez, Seiton y Seiso con 4 cada uno, Seiketsu alcanza una calificación de 1, y Shitsuke llega al 3. Cada s tiene una calificación inferior a 5 indicando un estado deficiente en la implementación de la metodología 5S en la

empresa lácteos Crelac. Por este motivo, se propone llevar a cabo un estudio exhaustivo de las 5S con el objetivo de elevar la eficiencia y productividad de la organización.

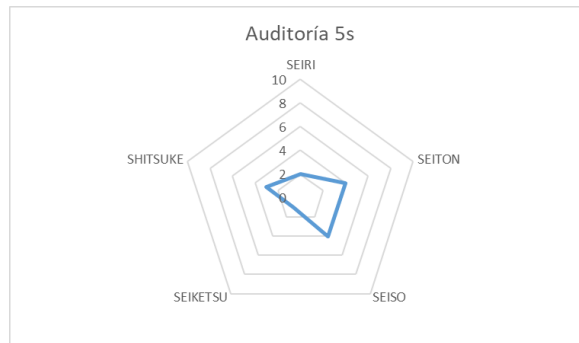


Figura 34. Resultado de la auditoría

### **Seiri (Organizar)**

El objetivo primordial de la primera S, "Seiri" o clasificación, es llevar a cabo una selección cuidadosa de elementos tales como productos terminados, productos semiterminados, equipos, herramientas, materias primas e insumos. Esta selección tiene como propósito separar lo necesario de lo innecesario, con el fin de eliminar aquello que no aporta utilidad en cada estación de trabajo.

Si se identifican elementos innecesarios en una estación de trabajo, se procede a su eliminación o traslado a otra estación donde sí sean útiles. En la línea de producción de queso fresco, se han observado elementos como tinas y baldes que obstruyen las rutas de los operarios. Estos objetos deben ser reubicados en un área designada y accesible para garantizar un desplazamiento más fluido. Por otro lado, los elementos esenciales deben ser dispuestos en lugares de fácil acceso para los operarios, con el objetivo de minimizar movimientos innecesarios y optimizar la eficiencia del proceso.

### **Listado de elementos necesarios**

Es fundamental que los operarios puedan distinguir entre los elementos necesarios e innecesarios en su entorno de trabajo. Con base en las observaciones realizadas durante las visitas a la empresa lácteos Crelac, se ha compilado una lista detallada de los elementos identificados como necesarios. A continuación, se presenta el listado correspondiente.

- Tinas y baldes
- Aros
- Botellas de cuajo y calcio
- Fundas
- Gavetas
- Hilera
- Bandejas

Algunos elementos de la lista están ubicados de manera arbitraria entre las estaciones de trabajo lo que obstaculiza la vías de circulación y no pueden ser eliminados debido a que se utilizan de manera momentánea, por ejemplo, el balde es necesario en algunas actividades del proceso de pasteurización y cuajado pero su disposición luego de ser utilizado no es la adecuada. También se encontró otros elementos como las botellas de cuajo que si deben ser eliminados o desechados. A continuación en la Tabla 65, se propone una hoja de registro de control/verificación para identificar los elementos innecesarios y necesarios en la línea de producción de queso fresco.

Tabla 65. Propuesta para el registro de elementos

REGISTRO DE ELEMENTOS NECESARIOS						
Estación				Fecha		
Realizado por				Aprobado por		
N°	Elemento	Estado	Necesario	No necesario	Eliminar	Observación


Esta hoja tiene como objetivo registrar todos los elementos de una estación y clasificarla de acuerdo a si es necesario, no necesario o si debe ser eliminado. Esto le permite a la empresa dar seguimiento e iterar rápidamente ante un cambio.

### **Tarjeta Roja**

Esta herramienta visual se implementa con el propósito de señalar la presencia de un problema en un elemento específico, indicando la necesidad de una mejora urgente. La responsabilidad de manejar esta tarjeta recae tanto en los operarios como en el gerente de producción. La tarjeta roja se coloca de manera visible en aquellos elementos que no son necesarios en la estación de trabajo, sirviendo como una alerta clara para la pronta atención y resolución del inconveniente identificado

En la Figura 35 se muestra un modelo de tarjeta roja que se propone utilizar para la implementación efectiva de la primera S. La tarjeta incluye campos específicos para la clasificación de elementos innecesarios. En la cabecera, se proporciona campos para obtener información general sobre el elemento, como la fecha, área, cantidad, y descripción. En la sección de estado, se debe utilizar una marca "x" para indicar el estado en el que se encontró el elemento. Para seleccionar el tipo de elemento, se dispone de la sección de categoría.

La sección de plan de acción se indica la acción realizada respecto al elemento, ya sea si se reubicó, eliminó o reparó. En el pie de la tarjeta, se encuentran dos campos adicionales: observaciones y fecha de aplicación. Estos campos proporcionan información adicional sobre el elemento y el tiempo dedicado a su resolución.



<b>TARJETA ROJA</b>																													
Fecha: <input style="width: 60px;" type="text"/>	Cantidad: <input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Área: <input style="width: 60px;" type="text"/>	Nº: <input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Elemento: <input style="width: 60px;" type="text"/>																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Estado</th> <th style="width: 40px;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">Dañado</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Innecesario</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Obsoleto</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Pertenece a otra estación</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> </tbody> </table>	Estado		Dañado	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Innecesario	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Obsoleto	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Pertenece a otra estación	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Categoría</th> <th style="width: 40px;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">Equipo</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Herramienta</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Residuo</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Desechos</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Insumo</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Materia Prima</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Producto terminado</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Otro</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> </tbody> </table>	Categoría		Equipo	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Herramienta	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Residuo	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Desechos	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Insumo	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Materia Prima	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Producto terminado	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Otro	<input style="width: 60px;" type="text"/>
Estado																													
Dañado	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Innecesario	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Obsoleto	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Pertenece a otra estación	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Categoría																													
Equipo	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Herramienta	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Residuo	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Desechos	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Insumo	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Materia Prima	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Producto terminado	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Otro	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">Plan de acción</th> <th style="width: 40px;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="padding: 2px;">Eliminar</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Reubicar</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Reparar</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Otro</td><td style="text-align: center;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> </tbody> </table>	Plan de acción		Eliminar	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Reubicar	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Reparar	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Otro	<input style="width: 60px;" type="text"/>																			
Plan de acción																													
Eliminar	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Reubicar	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Reparar	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Otro	<input style="width: 60px;" type="text"/>																												
Comentario:..... ..... .....																													
Fecha de finalización <input style="width: 60px;" type="text"/>																													

Figura 35. Tarjeta roja propuesta

Con el fin de mostrar el uso correcto de la tarjeta, a continuación, se presenta un ejemplo de cómo se deben llenar los campos, utilizando como referencia la lista de elementos innecesarios.

TARJETA ROJA			
<b>Fecha:</b>	<input type="text" value="17/12/2023"/>	<b>Cantidad:</b>	<input type="text" value="2"/>
<b>Área:</b>	<input type="text" value="Producción"/>	<b>Nº:</b>	<input type="text" value="1/1"/>
<b>Elemento:</b>	<input type="text" value="Baldes"/>		
<b>Estado</b>		<b>Categoría</b>	
Dañado	<input type="text"/>	Equipo	<input type="text"/>
Innecesario	<input type="text"/>	Herramienta	<input checked="" type="checkbox"/>
Obsoleto	<input type="text"/>	Residuo	<input type="text"/>
Pertenece a otra estación	<input checked="" type="checkbox"/>	Desechos	<input type="text"/>
<b>Plan de acción</b>		Insumo	<input type="text"/>
Eliminar	<input type="text"/>	Materia Prima	<input type="text"/>
Reubicar	<input checked="" type="checkbox"/>	Producto terminado	<input type="text"/>
Reparar	<input type="text"/>	Otro	<input type="text"/>
Otro	<input type="text"/>		
Comentario:.....			
Fecha de finalización <input type="text" value="17/12/2023"/>			

Figura 36. Ejemplo de aplicación de Tarjeta roja



Figura 37. Uso de la tarjeta en elementos innecesarios

Se utilizó la tarjeta roja focalizándose en el balde. En la cabecera, se incluyó información general sobre el elemento. El estado identificado del balde fue que no pertenecía a la estación de trabajo, por lo tanto, se determinó realizar una reubicación como parte del plan de acción.

En la Figura 37 se presenta una ejemplo para la colocación de la tarjeta roja en cada uno de los elementos considerados como innecesarios. Esta asignación se llevó a cabo después de la jornada laboral, revelando la falta de un espacio designado para almacenar las herramientas.

A medida que se integra esta herramienta visual en la rutina diaria, se hace esencial la utilización de una hoja de registro de tarjetas rojas para documentar la información relacionada con los elementos seleccionados. A continuación, en la Tabla 66, se presenta una propuesta de hoja de registro de tarjetas rojas.

Tabla 66. Hoja de registro de tarjetas rojas

REGISTRO DE TARJETAS ROJAS							
Estación					Fecha		
Realizado por					Aprobado por		
N°	Elemento	cantidad	Fecha		Acción	Responsible	Comentarios
			Inicio	Finalización			

### Seiton (Ordenar)

El objetivo de este paso es establecer una organización en los puestos de trabajo de la línea de producción de queso fresco, cada elemento considerado como necesario debe ubicarse de manera estratégica para garantizar su fácil accesibilidad tanto al ser utilizado como al ser devuelto a su lugar original.

Para lograr una organización más efectiva, se sugiere emplear el criterio de la Tabla 67 para tomar decisiones sobre la ubicación de los elementos. La estrategia consiste en colocar los elementos según la frecuencia con la que se utilizan, asegurando así que los elementos esenciales estén fácilmente disponibles. Esto, por ende, contribuye a reducir los movimientos y los tiempos de búsqueda innecesarios.

Tabla 67. Criterio de decisión para la ubicación de elementos necesarios

<b>Frecuencia de uso</b>	<b>Ubicación</b>
Usado muchas veces al día	Lo más cercano posible al trabajador
Usado varias veces al día	Cerca del puesto de trabajo
Usado varias veces a la semana	Cerca de la estación de trabajo
Usado algunas veces al mes	Entre áreas específicas o cerca de puntos clave
Usado algunas veces al año	En bodega con identificación adecuada
No usado, pero podría tener otro fin	Área designada para elementos versátiles

Una vez que se han definido los criterios para la disposición de los elementos necesarios, se avanza en la formulación de una propuesta que fomente la organización eficiente de la línea de producción de queso fresco.

### Propuesta de organización

**Herramientas e instrumentos:** Las herramientas e instrumentos empleadas para la fabricación del queso fresco como hilera, baldes, tinajas, recipientes, termómetros, etc. carecen de una ubicación fija y son manejadas de manera arbitraria, lo que resulta en movimientos y traslados innecesarios.

Tabla 68. Organización para las herramientas e instrumentos

Situación actual	
Propuesta	



**Propuesta:** Dado que estas herramientas e instrumentos se usan muchas veces a lo largo del día, es fundamental asignar una ubicación cercana y accesible al trabajador. En la segunda fila de la Tabla 68 se propone implementar ganchos, perchas y estanterías colgantes en la pared para reorganizar elementos como baldes, hileras, recipientes, termómetros, entre otros. Esta medida tiene como objetivo reducir movimientos y transportes innecesarios. Por ejemplo, durante la actividad de desuerado, el operario hace uso de los recipientes y baldes; con esta propuesta, el operario solo tendría que acercarse al estante colgante, recoger los elementos a utilizar, realizar la actividad y luego retornar los elementos al mismo lugar, eliminando obstáculos y búsquedas innecesarias presentes en la disposición actual.

**Moldes de acero inoxidable:** Como se observa en la Figura 38 los moldes de acero inoxidable se encuentran dispuestos de manera organizada y cercana al área de trabajo. No es necesario realizar un reordenamiento, ya que la disposición actual garantiza una fácil identificación y accesibilidad a los moldes.



Figura 38. Moldes de acero inoxidable

**Útiles de limpieza:** Se encuentran dispuestos en un área cerca a la de producción, su disposición actual es adecuada. No es necesario realizar un reordenamiento.

**Señalética:** Se requiere la implementación de señalización en el área de producción, esto contribuirá a facilitar la identificación de elementos, equipos e instrumentos.

Tabla 69. Señalética en la línea de producción de queso fresco 900 gramos

<p>Situación actual</p>	
<p>Propuesta</p>	

**Propuesta:** Con el fin de facilitar la búsqueda y disposición de los instrumentos, herramientas, insumos, equipos y áreas de producción se propone realizar la letreros y ubicarlos estratégicamente. En la segunda fila de la Tabla 69 se presenta un ejemplo de como llevar a cabo esta señalización, con etiquetas específicas para instrumentos y herramientas en la parte central, y en los extremos, etiquetas destinadas a recipientes e insumos. Esta práctica debe extenderse a otros elementos como mesas, moldes, marmitas, útiles de aseo, equipos de protección personal, entre otros.

**Delimitación de áreas:** En la configuración actual, la falta de delimitación de las estaciones de trabajo incrementa la probabilidad de interferencias, desplazamientos innecesarios, así como la ocurrencia de errores y malentendidos. La ausencia de esta delimitación afecta directamente la eficiencia en la realización de las actividades.

Tabla 70. Delimitación de área en la línea de producción de queso fresco 900 gramos

<p>Situación actual</p>	
<p>Propuesta</p>	

**Propuesta:** Se propone delimitar las estaciones de trabajo, dado que cada estación tiene asignado tareas específicas su delimitación ayuda a que el trabajo sea mas fluido y lógico, de esta manera se minimizan los tiempos de traslado y se optimiza la secuencia de procesos.

### **Seiso (Limpiar)**

El propósito fundamental de Seiso es identificar y abordar las causas subyacentes de la suciedad, con el objetivo de establecer un entorno de trabajo limpio y ordenado. La idea es eliminar la suciedad, el polvo y los desechos para mantener un entorno de trabajo higiénico. Para lograrlo, es crucial actuar estratégicamente al identificar las fuentes de suciedad, permitiendo así desarrollar soluciones preventivas que eviten la generación de suciedad en el futuro.

Lácteos Crelac, como empresa dedicada en la fabricación de alimentos, tiene el compromiso de asegurar que sus equipos y herramientas estén completamente libres de microbios, bacterias y patógenos. Para alcanzar este objetivo, es necesario identificar los distintos tipos de suciedad presentes en la línea de producción de queso fresco y determinar cómo abordarlos. Durante las visitas llevadas a cabo en la empresa,

se observaron charcos de suero y leche, así como una acumulación de grasa en las marmitas, mesas y moldes. Estos constituyen elementos de suciedad comunes, originados debido a la naturaleza de las actividades realizadas en el área de producción. A continuación, se proporciona un análisis detallado de cada tipo de suciedad, junto con las propuestas correspondientes para su abordaje.

**Grasa y residuos semielaborados:** En el proceso de moldeado, ciertas actividades generan suciedad, especialmente en forma de grasa. Esto se origina porque los residuos de cuajada y suero tienden a adherirse a los moldes de acero inoxidable durante el proceso de compactación en la prensa tal como se muestra en la Figura 39. Además, en la mesa donde se envuelve la cuajada en el molde, las esquinas tienden a acumular partículas de cuajada que, a lo largo de la jornada, contribuyen a la generación de grasa.



Figura 39. Grasas y residuos semielaborados

En el proceso de pasteurización, al tratar la leche para su cuajado, también se genera grasa, dado que las marmitas de pasteurización retienen la materia prima por un período de tiempo más prolongado en comparación con otros procesos, siendo este un paso clave, la empresa lleva a cabo una limpieza a la marmita al inicio de cada lote de producción, en la Figura 40 se evidencia la grasa y residuos que se adhieren a la marmita de pasteurización.





Figura 40. Grasas y residuos semielaborados en la marmita

Los residuos de cuajada y suero también se acumulan en el suelo durante el transporte de la cuajada a la mesa de moldeo mediante el uso de baldes.

**Envases y fundas plásticas:** A lo largo de la jornada laboral, es frecuente encontrar fundas plásticas con defectos durante la ejecución del proceso de enfundado, ya sea por acciones del operario o por fallos del fabricante. Estos elementos pueden dar lugar a contaminación visual. En el proceso de pasteurización, se acumulan envases vacíos de cuajos y calcio. Actualmente, la empresa cuenta con una clasificación de desechos, pero los contenedores están en mal estado y carecen de una identificación adecuada, esto se evidencia en la Figura 41.



Figura 41. Contenedores para el manejo de residuos

### **Propuesta para el manejo de residuos**

La disposición actual de envases y fundas plásticas se lleva a cabo en contenedores en un estado deficiente y sin las etiquetas correspondientes para clasificarlos según el tipo

de residuo. En la Figura 42, se sugiere la adquisición de contenedores fácilmente identificables para facilitar la adecuada disposición de cada tipo de residuo, como residuos peligrosos, plásticos, ordinarios, inorgánicos y de uso común.



Figura 42. Contenedores propuestos para el manejo de residuos

Con el objetivo de disminuir la acumulación de residuos plásticos, como las fundas o envases de cuajo, se sugiere la implementación de pequeños recipientes ubicados en proximidad a la línea de producción. Asimismo, se propone reubicar los contenedores de basura para prevenir traslados innecesarios.

### **Propuesta para el control de limpieza**

Dada la naturaleza de los procesos involucrados en la fabricación de queso fresco, la mejora se centra en asegurar una buena limpieza en los equipos y herramientas para garantizar que estén libres de microbios, bacterias y patógenos. Como propuesta para estandarizar este proceso, se presenta en la Tabla 71 un procedimiento de limpieza. Este procedimiento tiene como objetivo que los responsables lleven a cabo las actividades de limpieza de la misma manera.

Tabla 71. Procedimiento de limpieza para las herramientas y equipos



<b>PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA</b>		
Herramientas y equipos		
<b>Responsable (s):</b> Operarios	<b>Tiempo:</b> 10 minutos	<b>Frecuencia:</b> Diaria
<b>Objetivo:</b> Mantener un entorno de trabajo higiénico y garantizar la calidad del producto mediante la implementación de procedimientos de limpieza efectivos para las herramientas utilizadas en la producción de queso fresco.		
<b>Productos de limpieza</b>	<b>Procedimiento</b>	
<p>Para la limpieza: baldes, mangueras, trapos, vapor, estropajo, cepillos con cerdas suaves, agua caliente, y detergente neutro</p> <p>Para el operario: guantes, botas, delantales, gorro.</p>	<p><b>Eliminación de Residuos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Retirar los residuos sólidos y restos de queso con un cepillo de cerdas suaves.</li> </ul> <p><b>Lavado con Detergente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizar un detergente neutro diluido en agua caliente para lavar las herramientas y equipos.</li> <li>Cepillar todas las superficies asegurándose de alcanzar todas las áreas, incluidos rincones y esquinas.</li> </ul> <p><b>Enjuague:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enjuagar completamente con agua caliente para eliminar residuos de detergente.</li> </ul> <p><b>Desinfección:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar una solución desinfectante aprobada en todas las superficies, prestando especial atención a las áreas de contacto directo con el queso.</li> </ul> <p><b>Secado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Secar las herramientas completamente con paños limpios y desinfectados.</li> <li>Asegurarse de que no quede agua estancada en áreas difíciles de alcanzar.</li> </ul> <p><b>Almacenamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenar las herramientas limpias y secas en un lugar designado y protegido del polvo.</li> </ul> <p><b>Inspección (si aplica):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeccionar visualmente las herramientas en busca de cualquier daño o desgaste.</li> <li>Registrar y reportar cualquier problema identificado para reparación o reemplazo.</li> </ul>	
<p><b>Resultados clave:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Minimizar el riesgo de contaminación cruzada al eliminar de manera efectiva los residuos</li> <li>Garantizar que las herramientas estén completamente libres de residuos sólidos y restos de queso, contribuyendo así a mantener una producción de queso fresco higiénica.</li> <li>Promover una cultura de limpieza entre los operadores y personal responsable</li> </ul>		

Tabla 72. Procedimiento de limpieza para las superficies y/o pisos

<b>PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA</b>		
Superficies y/o pisos		
<b>Responsable (s):</b> Operarios	<b>Tiempo:</b> 10 minutos	<b>Frecuencia:</b> Diaria
<b>Objetivo:</b> Mantener un entorno de trabajo higiénico y garantizar la calidad del producto mediante la implementación de procedimientos de limpieza efectivos para las superficies y pisos de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos.		
<b>Productos de limpieza</b>	<b>Procedimiento</b>	
<p>Para la limpieza: baldes, mangueras, trapos, vapor, estropajo, escobas, agua caliente, y detergente neutro.</p> <p>Para el operario: guantes, botas, delantales, gorro.</p>	<p><b>Eliminación de Residuos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barrer o aspirar los pisos y superficies para retirar restos y partículas.</li> </ul> <p><b>Lavado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezclar detergente multiusos con agua en un cubo.</li> <li>• Aplicar la solución con mopas o trapeadores.</li> <li>• Fregar las superficies, prestando atención a las áreas de mayor tráfico.</li> </ul> <p><b>Enjuague:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aclarar las mopas o trapeadores y pasar sobre las superficies para eliminar el detergente.</li> </ul> <p><b>Secado:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dejar que las superficies se sequen al aire.</li> <li>• Utilizar paños limpios para secar áreas específicas si es necesario.</li> </ul> <p><b>Orden y Reposición:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurarse de que todos los utensilios y equipos estén en sus lugares designados.</li> </ul> <p><b>Inspección Rápida:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una inspección visual rápida para identificar áreas que necesitan atención adicional.</li> </ul> <p><b>Registro Básico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anotar la fecha y hora de la limpieza en un registro simple.</li> </ul>	
<p><b>Resultados clave:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar el riesgo de contaminación cruzada al eliminar de manera efectiva los residuos</li> <li>• Garantizar que el piso este libre de residuos sólidos y restos de queso, contribuyendo así a mantener una producción de queso fresco higiénica.</li> <li>• Promover una cultura de limpieza entre los operadores y personal responsable</li> </ul>		

### Seiketsu (Estandarizar)

En este paso, se busca establecer normas y procedimientos estandarizados para mantener la limpieza y el orden logrados con los pasos anteriores (seiri, seiton, y seiso). La idea es institucionalizar las prácticas eficientes y asegurar que se mantengan a lo largo del tiempo.

Se proponen cuatro fases clave para involucrar a todo el personal en la aplicación de las 5S, con el objetivo de mejorar los puestos de trabajo y, por ende, aumentar la productividad.

### **Fase 1: Socializar la propuesta de metodología 5s**


Para garantizar la participación activa y el éxito de esta herramienta, es esencial difundir toda la información entre el personal de la empresa. El objetivo principal de esta fase es que comprendan los beneficios derivados de mantener un entorno laboral organizado, limpio y ordenado. Esto contribuye a crear un espacio de trabajo más cómodo para los empleados, al mismo tiempo que permite la eliminación de transportes y movimientos innecesarios.

Para socializar la metodología 5S entre los empleados de la empresa artesanal de quesos, se plantea considerar los siguientes aspectos:

- Organizar sesiones de capacitación para explicar los principios y beneficios de la metodología 5S.
- Organizar sesiones interactivas donde los empleados puedan hacer preguntas y compartir sus ideas sobre cómo aplicar las tres primeras S en su día a día.
- Proporcionar ejemplos específicos relacionados con la producción de quesos para que los empleados comprendan mejor la aplicación práctica.
- Crea material informativo, como folletos, carteles o presentaciones, que resuman los conceptos clave de las 5S.
- Invita a los empleados a participar activamente en la organización y limpieza de sus áreas de trabajo.

## Fase 2: Definir al personal responsable

Se propone realizar un comité 5S para gestionar y promover la implementación exitosa de la metodología en una empresa. En la Figura 43 se plantea una acta para la conformación de un comité 5S.



**Acta de conformación de comité 5S**

Fecha: [Fecha de la reunión]

Lugar: [Lugar de la reunión]

**Roles y Responsabilidades:** Se definen los roles y responsabilidades de cada miembro del comité.

Nombre	Cargo	Responsabilidades
[Nombre del primer miembro]	Gerente general	Responsable de liderar y coordinar todas las actividades del comité.
[Nombre del segundo miembro]	Gerente de producción	Supervisa la ejecución de las acciones y cambios necesarios para implementar las 5S.
[Nombre del tercer miembro]	Operario	Participa activamente en la aplicación de acciones específicas dentro de su área de trabajo, siguiendo las directrices establecidas por el comité.

**Objetivo:** Gestionar y promover la implementación de la metodología 5s en la empresa.

**Duración:** Temporal, dependerá del progreso de la implementación de la metodología 5s en la área de producción.

**Firmas:**

\_\_\_\_\_  
primer miembro

\_\_\_\_\_  
segundo miembro

\_\_\_\_\_  
tercer miembro

Pillaro: Barrio Tunguipamba, Av. El Carbón.      Telf: 2874754      Correo electrónico: lacteoscrelac@gmail.com

Figura 43. Propuesta de acta de conformación de un comité 5'S

### Fase 3: Control y verificación

El propósito de esta etapa es llevar a cabo una supervisión mediante el uso de hojas de control y verificación, garantizando así la limpieza y el orden en los puestos de trabajo. A continuación en la Tabla 73, se presenta un formato de hoja de control que detalla las actividades de limpieza y el responsable asignado para cada una de ellas.

Tabla 73. Hoja de registro para el control y verificación de elementos

CONTROL Y VERIFICACIÓN						
Responsable (s): Operarios		Tiempo: 10 minutos			Frecuencia: Diaria	
Fecha	Elemento	Estado			Responsable	Observaciones
		Limpio	Sucio	Ordenado		
	Marmita					
	Hilera					
	Bandejas					
	Mesa					
	Moldes					
	Paletas					
	Superficies					
	Piso/Suelo					
	Marmita					
	Hilera					
	Bandejas					
	Mesa					
	Moldes					
	Paletas					
	Superficies					
	Piso/Suelo					

### Shitsuke (Mantener o Disciplina)

El propósito de esta quinta fase, conocida como "Shitsuke" o Disciplina, consiste en definir estrategias esenciales que aseguren la permanencia del hábito de mejora continua en toda la organización. Esto se aplica no solo a la disciplina en sí misma, sino también a las cuatro primeras S (Seiri, Seiton, Seiso y Seiketsu). La meta es asegurar la continuidad de un entorno de trabajo limpio, organizado y eficiente. A continuación, se propone utilizar las siguientes estrategias.

La primera estrategia consiste en realizar auditorías al final de cada mes con el propósito de evaluar el estado de las 5S en la línea de producción de queso fresco, para ello se propone utilizar la Tabla 59 que fue utilizada al inicio de la propuesta de las 5s para determinar la situación actual de las 5S en la empresa lácteos Crelac.

Como segunda estrategia, se sugiere la implementación de métricas específicas para evaluar el grado de cumplimiento en las tres primeras S, con el fin de monitorear de manera efectiva la limpieza y el orden en la línea de producción de queso fresco.

### **Métrica para el Seiri**

Esta métrica evalúa la precisión del proceso de clasificación. Mide la proporción de elementos que se clasificaron correctamente en relación con el total de elementos clasificados. Un porcentaje más alto indica una mejor eficiencia en la clasificación, reflejando una implementación más efectiva del principio SEIRI. Para el cálculo se emplea el uso de la ecuación (10).

$$\text{Eficiencia de clasificación} = \frac{\text{Elementos clasificados correctamente}}{\text{Total de elementos clasificados}} * 100 \quad (10)$$

### **Métrica para el Seiton**

En la ecuación (11) se muestra una métrica que evalúa qué tan bien se han organizado los elementos en comparación con la cantidad total de elementos organizados. Un aumento en la eficiencia del orden indica una mejor organización, reflejando un cumplimiento más efectivo del principio SEITON.

$$\text{Eficiencia del orden} = \frac{\text{Elementos ordenados correctamente}}{\text{Total de elementos ordenados}} * 100 \quad (11)$$

### **Métrica para el Seiso**

Esta métrica evalúa la proporción de equipos y herramientas que se han mantenido limpias y libres de residuos en comparación con el total de equipos y herramientas



evaluadas. Un índice más alto indica un mejor cumplimiento del principio SEISO. Para el cálculo se emplea el uso de la ecuación (12).

$$\text{Índice de limpieza} = \frac{\text{Equipos y herramientas limpias}}{\text{Total de equipos y herramientas empleadas}} * 100 \quad (12)$$

La tercera y última. estrategia consiste en realizar sesiones de recordatorio sobre los objetivos y beneficios de las 5S. Estas sesiones son oportunidades para recordar los objetivos, revisar los procedimientos, compartir éxitos y reforzar la importancia de mantener un entorno de trabajo organizado, limpio y eficiente. Esto contribuye a la permanencia de la cultura de mejora continua a la organización,

### 3.5.6 VSM Propuesto

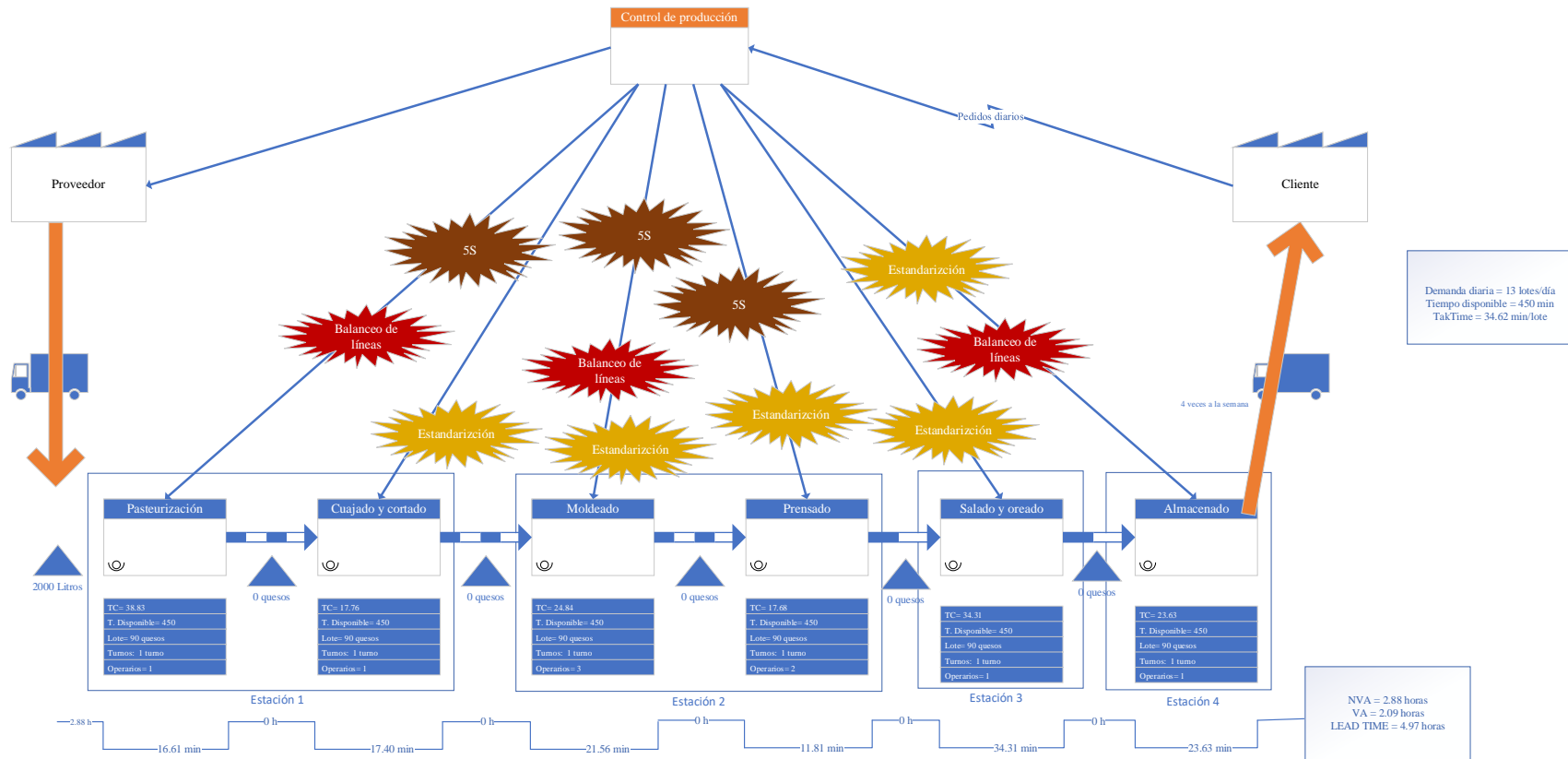


Figura 44. VSM propuesto para la línea de producción de queso fresco 900gramos

### 3.5.7 Tiempo estándar actual vs propuesto

Tabla 74. Tiempo estándar actual vs propuesto

Proceso	Actual	Propuesto		Tc por estación (min/lote)	% Mejora por proceso
	Ts (min/lote)	Estaciones	Ts (min/lote)		
Pasteurización	38.83	I	16.61	34.01	57.21%
Cuajado y cortado	17.76		17.40		2.05%
Moldeado	24.84	II	21.56	33.37	13.20%
Prensado	17.68		11.81		33.22%
Salado y oreado	34.31	III	34.31	34.31	0.00%
Almacenado	23.63	IV	23.63	23.63	0.00%
Total	157.05	4	125.32		20%

Se mejoró el tiempo estándar de algunos procesos, en la Tabla 74 se presenta el porcentaje de mejora de cada proceso, el proceso de pasteurización tuvo una mejora significativa en comparación a la situación actual. En el método actual, el tiempo de Valor Añadido (VA) es de 157.05 minutos por lote, mientras que con el método propuesto se logra reducir a 125.32 minutos por lote, representando una mejora del 20% para la línea de producción de queso fresco de 900 gramos. Además, en el método propuesto se proporcionan detalles sobre las estaciones de trabajo y el tiempo de ciclo de cada estación.

### 3.5.8 Capacidad de producción propuesta

Para la realización de los cálculos se consideró los tiempos de ciclo de cada estación de trabajo proporcionados en la Tabla 74 y para la jornada laboral se determinó que la empresa labora en un horario de 8:00 hasta las 16:00. La empresa asigna 30 minutos para el almuerzo por lo que el tiempo disponible para la producción es de 450 minutos. Dado que la empresa solo puede producir lotes completos, se realizó un redondeo al número entero más cercano.

### 3.5.9 Capacidad de producción propuesta por cada estación

$$Jornada\ laboral = 450\ min$$

$$Cp = \frac{1}{Tc} * jornada\ laboral$$

- **Estación 1**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{34.01 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 13.23 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Estación 2**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{33.37 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 13.49 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Estación 3**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{34.31 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 13.11 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 13 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

- **Estación 4**

- **Capacidad de producción por lotes**

$$Cps = \frac{1}{23.63 \frac{\text{min}}{\text{lote}}} * 450 \text{ min} = 19.05 \frac{\text{lotes}}{\text{día}} = 19 \frac{\text{lotes}}{\text{día}}$$

### 3.5.10 Capacidad de producción propuesta por jornada

Si bien en la estación 4 es posible producir hasta 19 lotes al día las otras estaciones restringuen la producción hasta 13 lotes por día, esta capacidad es positiva ya que son los mismos lotes que la empresa requiere para cubrir la demanda diaria. Una vez calculado la capacidad de producción diaria propuesta para la línea de producción de queso fresco 900 gramos, el siguiente paso es conocer la productividad.

### 3.5.11 Productividad Propuesta

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Producción propuesta}}{\mathbf{horas empleadas}}$$

$$\mathbf{Productividad} = \frac{13 \frac{\mathbf{lote}}{\mathbf{día}} * 90 \frac{\mathbf{quesos}}{\mathbf{lote}}}{7.5 \mathbf{horas}}$$

$$\mathbf{Productividad} = 156 \frac{\mathbf{quesos}}{\mathbf{hora}}$$

**Análisis de los resultados:** La productividad del método actual es de 144 quesos por hora. En el método propuesto se determinó una productividad de 156 quesos por hora lo que representa un incremento de la productividad del 8.3%. Este aumento equivale a 1 lote o 90 quesos adicionales cada día, siendo esencial para satisfacer la demanda diaria de 13 lotes.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Mediante el levantamiento de procesos realizado en la empresa lácteos Crelac se identificó información relevante acerca de cada uno de los procesos incluyendo tiempos preliminares, distancias recorridas, tipo de actividad y observaciones. Se encontró que el método de trabajo actual no es eficiente debido a la presencia de tiempos inactivos, búsquedas innecesarias de herramientas que no tienen una ubicación fija y traslados innecesarios de operarios de una línea de producción a otra.
- Con el estudio de tiempos y movimientos para la línea de producción de queso fresco de 900 gramos se determinaron los tiempos estándar y la capacidad de producción de cada proceso, se evidencia que al existir un cuello de botella de 38.83 minutos en el proceso de pasteurización entonces la empresa no puede producir más de 12 lotes por día, Esta restricción genera tiempos inactivos en los procesos siguientes.
- Mediante el VSM, se identificaron los desperdicios presentes en los procesos, destacando aquellos que generan un mayor impacto, como las esperas, movimientos y transportes innecesarios. Asimismo, se determinó un tiempo Takt de 34.62 minutos por lote, lo cual evidencia que el método de trabajo actual no es el idóneo para cumplir con la totalidad de la demanda diaria.
- Al realizar el balanceo de líneas se consiguió equilibrar las cargas de trabajo y en consecuencia se redujeron los tiempos de ocio de 75.92 minutos a 13.14 minutos, lo que representa una mejora en la eficiencia del proceso productivo de 67.41% a 90.51%. El balanceo generó 4 estaciones de trabajo las cuales poseen un tiempo de ciclo que se ajusta al Takt time de 32.64 minutos/lote requeridos para producir 13 lotes diarios y en consecuencia cumplir con la demanda diaria.

- La asignación de operarios a cada estación permitió definir una cantidad fija de operarios a cada estación de trabajo de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, esto contribuye a la eliminación de los movimientos innecesarios ya que al fijar un número específico de operarios en la línea de producción de queso fresco de 900 gramos, se evita que estos se trasladen de una línea a otra durante los períodos de inactividad o tiempos muertos.
- Al usar la metodología 5S se plantearon propuestas para crear un entorno de trabajo ordenado, eficiente y limpio. Para la organización se propuso reubicar los elementos necesarios en un sitio de fácil acceso para evitar búsquedas innecesarias. Asimismo, el procedimiento de limpieza tiene como objetivo garantizar un entorno de trabajo limpio y libre de contaminación. Lo que facilita la ejecución de las tareas y contribuye a la reducción de movimientos innecesarios, resultando en un flujo de trabajo más eficiente.
- Mediante el desarrollo de este proyecto de investigación se ha conseguido aumentar la capacidad de producción de 12 a 13 lotes diarios. Este incremento se traduce en una mejora de la productividad. En la situación actual, la empresa alcanza una productividad de 144 quesos por hora. Sin embargo, con la propuesta de mejora planteada, se logra elevar la productividad a 156 quesos por hora, representando un aumento del 8.3% para la productividad de la línea de producción de queso fresco de 900 gramos.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se sugiere implementar las propuestas de mejora descritas en este proyecto de investigación, ya que contribuye significativamente a mejorar la productividad de la empresa.
- Desarrollar instructivos de trabajo ya que actualmente la empresa lácteos Crelac no disponen de un instructivo donde se documente la información detallada de los procesos como las actividades, funciones, responsabilidades, recursos, etc.

- Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de elementos de automatización en el área de producción, con el objetivo de optimizar el flujo de trabajo y mejorar la productividad.
- Impartir capacitaciones al personal para promover y consolidar una cultura de mejora continua, fortaleciendo así el compromiso y la eficiencia en la organización.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Zelaya, “Diagnóstico de la situación actual de las pequeñas y medianas empresas productoras de queso en el casco urbano de la ciudad,” vol. 10, no. 2, 2020.
- [2] A. Orús, “El sector lácteo en el mundo - Datos estadísticos,” Madrid, Jan. 2024.
- [3] OCDE, *Lácteos y sus productos*, 1st ed., vol. 1. Madrid, 2023.
- [4] Terán Julian, *Análisis del mercado de la leche en Ecuador*, vol. 1. València: Universitat Politècnica de València, 2019.
- [5] J. Pastor, *Análisis de la herramienta SMED en los procesos de la industria láctea*, 1st ed., vol. 1. Arequipa: Universidad Católica San Pablo, 2020.
- [6] L. Oliva, *Oportunidades de negocio y maximización de valor en la industria láctea.*, 1st ed., vol. 1. Montevideo : Universidad de la República , 2020.
- [7] J. Marcalla, “Estudio del proceso de fabricación del yogurt para la optimización de tiempos y movimientos en la Empresa de Productos Lácteos ‘Leito’,” Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
- [8] J. Ramírez, “El estudio de tiempos y movimientos en la empresa Viñedos VIVA SPR de RI ,” Universidad de las américas, Quito, 2020.
- [9] A. Sánchez, “Análisis de tiempos en el envasado de leche condensada en una Industria Láctea Ecuatoriana,” *Ingeniería Industrial*, vol. 43, no. 4, pp. 1–16, Oct. 2022.
- [10] R. Rodríguez, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la empresa kuri néctar sac,” Universidad señor de sipán, Pimentel, 2018.
- [11] K. Acuña and A. Guarniz, “Estudio de Tiempos y Movimientos para aumentar la Productividad en el Área de Producción de la Distribuidora Vania S.R.L, Trujillo 2020.,” Universidad César Vallejo, Trujillo, 2021.
- [12] M. Esparza, “Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento del proceso productivo en la empresa de lácteos ‘El Enjambre,’” Universidad técnica de ambato, Ambato, 2023.
- [13] A. Peña, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la línea de producción de postes en la empresa POSTES DEL NORTE S.A.,” Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2022.
- [14] A. Guacho *et al.*, “Estudio de tiempos para la estandarización de operaciones del modelo dfsk glory 560 en el área de inspección previa al despacho perteneciente a la empresa CIAUTO.,” Latacunga, Mar. 2022.

- [15] A. Y. Vidrios, E. S. A. S. Miguel, and A. Peña Valbuena, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de la empresa ALUMINIOS Y VIDRIOS ESTRUCTURALES S.A.S,” Bogotá, 2021.
- [16] M. Arcos, “Estudio de tiempos y movimientos en el centro de faenamiento E.T ‘ELINA TORRES’ en los procesos de producción de la línea bovina,” Ambato, Jul. 2022.
- [17] C. Cuevas Arteaga, Y. Á. González Montenegro, M. del C. Torres Salazar, and M. G. Valladares Cisneros, “Importancia de un estudio de tiempos y movimientos,” *Inventio*, vol. 16, no. 39, Jul. 2020.
- [18] B. Livaque Gonzales, B. Peña Figueroa, D. Fortunato, M. Armas Zavaleta, and J. Manuel, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa de alimentos balanceados KIME.”
- [19] B. Escudero, “Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing,” *Ingeniería Industrial*, no. 039, pp. 51–72, Dec. 2020.
- [20] R. García, *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo*, Segunda edición. 2005.
- [21] F. Meyers, *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*, Segunda edición. México: Pearson Educación, 2000.
- [22] J. Yumbulema, “Estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en el proceso de producción de suelas para calzado en la empresa Preplast ,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.
- [23] B. Maizancho, “Mejoramiento del proceso de producción de quesos en la empresa lácteos ‘la esencia’ mediante herramientas de manufactura esbelta,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [24] A. Hosono, *Workers, Managers, Productivity*. palgrave, 2020.
- [25] E. Oña, “Mejora de la productividad mediante herramientas de manufactura esbelta en la producción de helados,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.
- [26] L. Pico, “Estudio de tiempos y movimientos para la mejora del proceso de lavado en la producción de jeans de la empresa Anderson Jean’s,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [27] L. Socconini, *Lean Manufacturing. Step By Step*. Marge Books, 2021.
- [28] J. Porras, “Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa anti flama de Lima - Perú,” *Indsutrial Data*, vol. 2, Jul. 2022.
- [29] E. Vargas, “Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos


de una empresa manufacturera,” *Industrial Data*, vol. 24, no. 2, pp. 249–260, Feb. 2021.

- [30] H. Guamán, “Metodología 5’s para la optimización en la gestión de bodega en la empresa textil ‘ROPA INFANTIL ECUATORIANA (RIE),” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.
- [31] N. Apaza, “Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica,” *Industrial Data*, vol. 24, no. 1, Jun. 2021.
- [32] C. Castro, “Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo mediante el método TPM para el área de producción en las secciones de inyección de la empresa Halley corporación C.L,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [33] A. Heredia, “Mejora de los procesos de producción mediante el estudio de tiempos y movimientos en la empresa de productos lácteos Rengifo Gallo ‘Poltreg,’” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.
- [34] D. Domínguez, “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar el proceso de producción de la empresa CEPESA,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.

## ANEXOS

### Anexo A. Ficha para el levantamiento de información de los procesos

En la Tabla A1 se presenta el formato empleado para levantar la información de los procesos.

		<b>LÁCTEOS CRELAC</b>					
Proceso		Área					
Entradas		Salidas					
Objetivo		Recursos					
N°	Actividad	Tiempos preliminares					Observaciones
		1	2	3	4	5	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Anexo B. Formato para el estudio de tiempos

En la Tabla B1 se muestra el formato empleado para el estudio de tiempos.

		<b>LÁCTEOS CRELAC</b>										
<b>Fecha de elaboración</b>							<b>Hora de comienzo</b>					
<b>Área</b>							<b>Hora de finalización</b>					
<b>Operación/Proceso</b>							<b>Operador</b>					
N°	Actividad	Muestra (min)					Resumen					
		1	2	3	4	5	TT	TOP	FD	TN	S	TS
1												
2												
3												
4												
5												
6												
<b>Total (min)</b>												


Anexo C. Formato para la identificación de desperdicios de la empresa

En la Tabla C1 se presenta el formato empleado para la identificación de desperdicios.

N°	Proceso	Actividades	Desperdicios						
			Sobreproducción	Esperas	Transportes innecesarios	Sobrepuestos	Inventarios	Movimientos innecesarios	Producción defectuosa
1									
2									
3									

Anexo D. Formato de Auditoría 5S

En la Tabla D1 se muestra el formato para realizar auditorías 5S.

<b>Auditoria 5s</b>								
<b>Auditor</b>				<b>Area</b>				
<b>Línea de producción</b>				<b>Fecha</b>				
<b>5S</b>		<b>1s</b>	<b>2s</b>	<b>3s</b>	<b>4s</b>	<b>5s</b>		
<b>N°</b>	<b>Preguntas</b>					<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>V</b>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
						<b>Puntuación</b>		
Evaluación realizada por				Evaluación validada por				
Firma				Firma				

## Anexo E. Acta para la conformación de un comité 5S

En la Tabla E1 se muestra la acta propuesta para la conformación de un comité 5S.



### Acta de conformación de comité 5S

Fecha: [Fecha de la reunión]

Lugar: [Lugar de la reunión]

**Roles y Responsabilidades:** Se definen los roles y responsabilidades de cada miembro del comité.

Nombre	Cargo	Responsabilidades
[Nombre del primer miembro]	Gerente general	Responsable de liderar y coordinar todas las actividades del comité.
[Nombre del segundo miembro]	Gerente de producción	Supervisa la ejecución de las acciones y cambios necesarios para implementar las 5S.
[Nombre del tercer miembro]	Operario	Participa activamente en la aplicación de acciones específicas dentro de su área de trabajo, siguiendo las directrices establecidas por el comité.

**Objetivo:** Gestionar y promover la implementación de la metodología 5s en la empresa.

**Duración:** Temporal, dependerá del progreso de la implementación de la metodología 5s en la área de producción.

**Firmas:**

\_\_\_\_\_  
primer miembro

\_\_\_\_\_  
segundo miembro

\_\_\_\_\_  
tercer miembro



## Anexo F. Balanceo de líneas QM for Windows

En la Figura F1 se muestra el balanceo de líneas realizado con QM for Windows.

Balanceo de líneas CRELAC Solution					
Station	Task	Time (Minutes)	Time left (Minutes)	Ready tasks (# followers)	
1	A	16,61		A(5)	
	B	17,4		B(4)	
2	C	21,56		C(3)	
	D	11,81		D(2)	
3	E	34,31		E(1)	
4	F	23,63		F(0)	
<b>Summary Statistics</b>					
Cycle time	34,62	Minutes			
Min (theoretical) # of stations	4				
Actual # of stations	4				
Time allocated (cycle time * # stations)	138,46	Minutes/cycle	10,99		
Time needed (sum of task times)	125,32	Minutes/unit			
Idle time (allocated-needed)	13,14	Minutes/cycle			
Efficiency (needed/allocated)	90,51%				
Balance Delay (1-efficiency)	9,49%				

## Anexo G. Instrumento propuesto

En la Figura G1 se muestra la hoja técnica del instrumento propuesto.



BOMBAS CENTRÍFUGAS ELÉCTRICAS

### MB 110

- Caudal máx: 20 m<sup>3</sup>/h
- Conexiones de la aspiración: G 2" m o DN 50
- Conexiones de la impulsión: G 1"1/2 m o DN 40

### Datos técnicos

#### Datos técnicos

Conexiones de la aspiración	G 2 f o DN 50
Conexiones de la impulsión	G 1" 1/2 m o DN 40
Caudal máx.*	20 m <sup>3</sup> /h
Altura máx.*	15 m
Viscosidad	hasta 500 cps
Impulsor abierto estándar	Ø 130 mm H 4 mm (bajo pedido posibilidad de ejecuciones especiales en función del fluido bombeado)
Sólidos de paso:	Ø max 2 mm

#### Materiales de construcción (cuerpo y colectores), peso neto y temperatura

Versión	Peso	Min	Max
PP (con carga vidrio)	3,4 kg	0° C	70° C
PVDF (con carga de carbono)	4,3 kg	-10° C	100° C

#### Disponible en los siguientes materiales

PP PVDF

#### Motores eléctricos bajo pedido

- MONOFASE
- ATEX

#### Materiales de las juntas tóricas de sellado

- EPDM
- VITON®

#### Embalaje

- Envoltura de protección de espuma poliuretánica dentro de una caja de madera – dimensiones cm 55 x 28 x 42 – peso 10 Kg

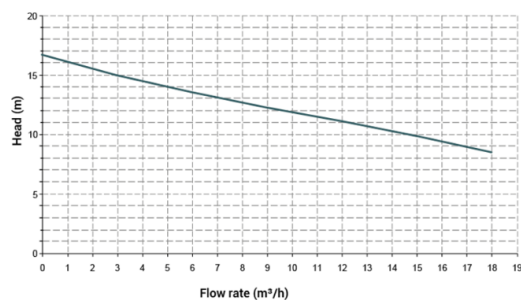
El peso se refiere solo al embalaje sin bomba en su interior

#### Accesorios relacionados

- JUEGO DE BRIDAS (Estándar DIN – bajo pedido ANSI):
  - KITFLANGMB110P (de PP)
  - KITFLANGMB110F (de PVDF)
- Filtro de cesto de polipropileno o PVDF

### VALORES

### Prestaciones



\* Las prestaciones indicadas se refieren a bombas cebadas (con fluido agua a 20°C) con descarga libre y varían en función de los materiales de composición.

\*\* Atención: valores medios de las distintas configuraciones de materiales para bolas y sedes de bola.