



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN DE
LOS QUESOS EN LA PLANTA DE LÁCTEOS SAN ANTONIO DE
LA CIUDAD DE CAÑAR APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX
SIGMA PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD DE LOS PESOS.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

WILLIAM LEONARDO SANTANDER ROMERO

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN DE
LOS QUESOS EN LA PLANTA DE LÁCTEOS SAN ANTONIO DE
LA CIUDAD DE CAÑAR APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX
SIGMA PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD DE LOS PESOS.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: WILLIAM LEONARDO SANTANDER ROMERO

DIRECTOR: Ing. ÁNGEL GEOVANNY GUAMÁN LOZANO

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, William Leonardo Santander Romero

Se autoriza reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, WILLIAM LEONARDO SANTANDER ROMERO, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 julio de 2022



William Leonardo Santander Romero

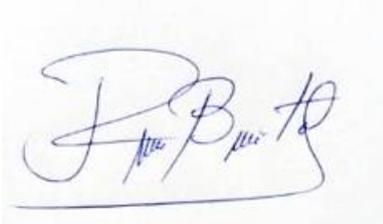
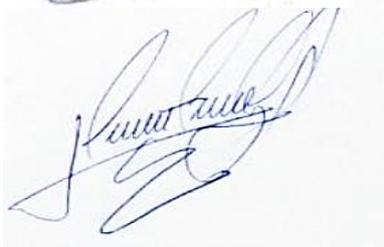
Cédula de Identidad: 030220051-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Proyecto Técnico, “**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN DE LOS QUESOS EN LA PLANTA DE LÁCTEOS SAN ANTONIO DE LA CIUDAD DE CAÑAR APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD DE LOS PESOS.**”, realizado por el señor: **WILLIAM LEONARDO SANTANDER ROMERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jesús Román Brito Carvajal PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-07-20
Ing. Ángel Geovany Guamán Lozano DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-07-20
Ing. Julio César Moyano Alulema MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-07-20

DEDICATORIA

A mis hijos que fueron el pilar fundamental y motivación durante todo el proceso de la carrera, que con su amor y apoyo permitieron alcanzar el objetivo de ser un profesional. A mi esposa que cumplió un rol muy importante durante mi formación, que con su apoyo y sacrificio permitió cristalizar tan anhelado sueño de crecer como persona y en el ámbito profesional.

William

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios, que fue el que me dio salud, vida y sabiduría, y así poder alcanzar los objetivos planteados. A mis padres que siempre me apoyaron y confiaron en mí, dándome sus consejos e inculcaron valores para ser una persona de bien, honesta y respetuosa. A mis hermanos y a toda la familia, quienes de una u otra manera estaba presentes cuando más lo he necesitado, y colaboraron con ese granito de arena para poder hacer realidad mis sueños. Un eterno agradecimiento a la ESPOCH, a la carrera de Ingeniería industrial y a todos los docentes que compartieron todos sus conocimientos durante mi formación académica. Agradezco al ingeniero Ángel Guamán Lozano (director) y al ingeniero Julio Moyano (miembro), por su aporte y colaboración para la elaboración del trabajo de titulación.

William

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	6
2.1. Gestión por procesos.	6
2.2. Variabilidad de los procesos.	6
2.3. Tipos de procesos.....	6
2.3.1. <i>Proceso en línea</i>	6
2.3.2. <i>Proceso intermitente</i>	7
2.3.3. <i>Proceso por proyecto</i>	7

2.4. Calidad.....	7
2.5. Metodología Six Sigma.....	7
<i>2.5.1. Historia.....</i>	<i>7</i>
<i>2.5.2. Definición Six sigma.....</i>	<i>8</i>
2.6. Metodología DMAIC.....	9
<i>2.6.1. Definir.....</i>	<i>9</i>
<i>2.6.2. Medir.....</i>	<i>10</i>
<i>2.6.3. Analizar.....</i>	<i>11</i>
<i>2.6.4. Mejorar.....</i>	<i>11</i>
<i>2.6.5. Controlar.....</i>	<i>12</i>
2.7. Carta de proyecto.....	12
2.8. Hoja de verificación.....	13
2.9. Estratificación.....	13
2.10. Mapa de procesos.....	14
2.11. Diagrama de procesos.....	14
2.12. Diagrama de flujo.....	14
2.13. Diagrama de Pareto.....	15
2.14. Diagrama de Ishikawa.....	15
2.15. Plan de recolección de datos.....	16
2.16. Gráficos de Control de Calidad.....	16
2.17. Histograma.....	17
2.18. Análisis de capacidad.....	17
2.19. ANOVA.....	18
2.20. SIPOC.....	18
2.21. Diseño experimental.....	19
2.22. Cinco porqués.....	19
2.23. Plan de control.....	20

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Tipo de proyecto	21
3.2. Tipo de investigación	21
3.2.1. Investigación bibliográfica	21
3.2.2. Investigación Aplicada	21
3.2.3. Investigación Descriptiva	21
3.3. Técnicas e Instrumentos	22
3.3.1. Técnicas	22
3.3.2. Instrumentos	22
3.4. Diagnóstico y análisis de la situación actual	22
3.4.1. Identificación de la empresa	22
3.4.2. Reseña Histórica	22
3.4.3. Localización de la empresa	23
3.4.4. Descripción del personal de Lácteos San Antonio	23
3.4.5. Productos Elaborados	24
3.4.6. Mapa de procesos de Lácteos San Antonio	25
3.4.7. Identificación de los puestos de trabajo en la línea de queso fresco	27
3.5. Etapa de definición	32
3.5.1. Selección del proyecto	32
3.5.2. Diagrama SIPOC	32
3.6. Carta del proyecto (Project Charter)	35
3.7. Etapa de medición	36
3.7.1. Plan de recolección de datos	36
3.7.2. Planificación de recolección de datos	37
3.7.3. Estudio de repetibilidad y reproductibilidad. (R&R)	37

CAPITULO IV

4. RESULTADOS	47
4.1. Etapa de análisis	47
<i>4.1.1. Diagrama 5 porqués</i>	47
<i>4.1.2. Diagrama Ishikawa</i>	49
<i>4.1.3. Diagrama de Pareto</i>	53
<i>4.1.4. Análisis de la causa raíz</i>	54
<i>4.1.5. Análisis de varianza</i>	55
4.2. Etapa de mejora	60
<i>4.2.1. Diseño experimental (DOE)</i>	60
<i>4.2.2. Propuestas de mejora</i>	66
<i>4.2.3. Poka – Yoke</i>	66
<i>4.2.4. Beneficios a la empresa</i>	69
4.3. Etapa de control	71
<i>4.3.1. Gráfica de control</i>	73
<i>4.3.2. Plan de control</i>	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Project charter	13
Tabla 2-2: Interpretación cualitativa del índice Cp.	18
Tabla 1-3: Descripción del personal de planta San Antonio.....	23
Tabla 2-3: Diagrama SIPOC; recepción de leche.	32
Tabla 3-3: Diagrama SIPOC; pasteurización de leche.....	33
Tabla 4-3: Diagrama SIPOC; queso fresco.	34
Tabla 5-3: Carta del Proyecto.....	35
Tabla 6-3: Plan de recolección de datos	37
Tabla 7-3: Datos para prueba R&R	38
Tabla 8-3: Datos para prueba R&R	38
Tabla 9-3: Datos para prueba R&R.....	39
Tabla 10-3: Datos para prueba R&R.....	39
Tabla 11-3: Especificaciones del producto.....	41
Tabla 12-3: Datos de los pesos del queso.....	42
Tabla 1-4: Matriz Causa-Efecto.	52
Tabla 2-4: Datos de la velocidad de descarga.	55
Tabla 3-4: Análisis de varianza de la velocidad de descarga (Excel)	55
Tabla 4-4: Tabla ANOVA: Velocidad de descarga Minitab 2019.....	56
Tabla 5-4: Datos de los operadores de la cuba.	57
Tabla 6-4: Análisis de varianza de los operadores	57
Tabla 7-4: Tabla ANOVA: Operadores.....	57
Tabla 8-4: Datos de los operadores de la cuba.	59
Tabla 9-4: Análisis de varianza de tiempo de enduredo	59
Tabla 10-4: Tomas de datos.	61
Tabla 11-4: Tabla ANOVA del DOE.....	63
Tabla 12-4: Coeficiente de determinación.....	64
Tabla 13-4: Propuesta poka yoke para la cuba	67
Tabla 14-4: Propuesta poka yoke para llenadora.....	68
Tabla 15-4: Tabla de variación.....	69
Tabla 16-4: Tabla de rangos.....	70
Tabla 17-4: Ahorro en desperdicios.	70
Tabla 18-4: Datos posteriores a la mejora	71

Tabla 19-4: Plan de control74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Mapa de procesos.....	14
Figura 2-2: Herramientas para la mejora de calidad.....	15
Figura 3-2: Plan de recolección de datos.....	16
Figura 4-2: Índice Cp.....	17
Figura 5-2: Diagrama SIPOC.....	19
Figura 6-2: Diagrama cinco porqués.....	20
Figura 1-3: Ubicación de la planta Lácteos San Antonio	23
Figura 2-3: Queso fresco.....	24
Figura 3-3: Queso mozzarella	24
Figura 4-3: Mantequilla Nutri.....	25
Figura 5-3: Mapa de procesos de Lácteos San Antonio	26
Figura 6-3: Llenado de cuba.	28
Figura 7-3: Corte de cuajada.....	29
Figura 8-3: Dosificación.	29
Figura 9-3: Apilamiento de multimoldes	30
Figura 10-3: Volteado de multimoldes.....	30
Figura 11-3: Prensado de queso.	31
Figura 12-3: Desmoldeo y salado de quesos	31
Figura 13-3: Empaquetado de quesos.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Gráfico de control.....	16
Gráfico 1-3: Informe del sistema.....	40
Gráfico 2-3: Índice de capacidad.....	46
Gráfico 1-4: Diagrama 5 porqués; Máquina.	47
Gráfico 2-4: Diagrama 5 porqués; Mano de obra.	48
Gráfico 3-4: Diagrama 5 porqués; Materia prima.	48
Gráfico 4-4: Diagrama 5 porqués; Método.....	50
Gráfico 5-4: Diagrama Ishikawa.	51
Gráfico 6-4: Diagrama de Pareto; Principales causas.	53
Gráfico 7-4: Gráfico de varianza de velocidad de descarga.	56
Gráfico 8-4: Gráfico de varianza de los operadores.	58
Gráfico 9-4: Gráfico de variabilidad del tiempo de enduredo.....	59
Gráfico 10-4: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.....	58
Gráfico 11-4: Gráfica de efectos principales.	59
Gráfico 12-4: Gráfico de intervalos de tratamientos.....	60
Gráfico 13-4: Gráfica de rangos.....	70
Gráfico 14-4: Gráfica de control de pesos.....	64
Gráfico 15-4: Gráfica de capacidad del proceso.....	65
Gráfico 16-4: Gráfica de rangos.....	70
Gráfico 17-4: Gráfica de control de peso.....	73
Gráfico 18-4: Gráfica de capacidad de proceso.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DIAGRAMA DE FLUJO: RECEPCIÓN DE LECHE

ANEXO B: DIAGRAMA DE FLUJO: PASTEURIZACIÓN DE LECHE

ANEXO C: DIAGRAMA DE FLUJO: QUESO FRESCO

ANEXO D: DIAGRAMA SIPOC: RECEPCIÓN DE LECHE

ANEXO E: DIAGRAMA SIPOC PASTEURIZACIÓN DE LECHE

ANEXO F: DIAGRAMA SIPOC: QUESO FRESCO

ANEXO G: COMPARATIVA DE RENDIMIENTOS

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de titulación fue mejorar el proceso de elaboración de los quesos en la planta de lácteos San Antonio de la ciudad de Cañar aplicando la metodología Six Sigma para reducir la variabilidad de los pesos. Por lo que se aplicó la metodología DMAIC iniciando la fase de definición del problema y una descripción de la institución, luego la etapa de medición de los procesos con la recolección de datos necesarios para la etapa de análisis en la que se aplicó herramientas como los cinco por qué, diagrama Ishikawa, análisis de varianzas que permiten llegar a la etapa de mejora, en la cual se determinó los tratamientos y métodos adecuados para mejorar el proceso mediante la aplicación de diseño experimental. Por último, la etapa de control con la aplicación de cartas de control, planes de control. Como resultado se obtuvo que la variación de los pesos se encuentra dentro del rango, con algunos datos acercándose a los límites superior e inferior, pudiendo concluir que el proceso se encuentra bajo control, lo que redujo la cantidad de recortes en la línea de producción obteniendo un ahorro estimado de S 44.616,00 al año. Se concluyó que se requería una estrategia de mejoramiento enfocado en tres puntos importantes como: la estandarización de la velocidad de descarga, un aumento de .15 minutos en el tiempo de enduredo de la cuajada y la capacitación de los operadores de la máquina dosificadora para reducir las diferencias en los tratamientos desarrollados. Para la elaboración una estrategia de mejoramiento se debe basar en los resultados obtenidos en la fase de análisis, así también se debe considerar la manera en la que se controlará los procesos para mantener a través del tiempo la mejora aplicada.

Palabras clave: <MEJORAMIENTO DE PROCESOS> <SIX SIGMA> <METODOLOGÍA DMAIC> <CONTROL DE VARIABILIDAD> <GESTIÓN DE LA CALIDAD>.

1792-DBRA-UTP-2022

ESPOCH - DBRAI

PROCESOS TECNICOS Y ANALISIS
BIBLIOGRAFICO Y DOCUMENTAL



12 SEP 2022

REVISION DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFIA

Por: *Rosario* Hora: 15:45

SUMMARY

The main objective of this research was to improve the cheese manufacturing process at San Antonio dairy plant in Caiar city applying Six Sigma methodology to reduce the variation of weights. Therefore, the DMAIC methodology was applied beginning with the problem definition phase and a description of the institution, then the process measurement stage with the collection of data required for the analysis stage in which tools such as the five whys, Ishikawa diagram, variance analysis were applied to determine the appropriate treatments and methods to improve the process through the application of experimental design. Finally, the control stage with the application of control charts and control plans. As a result, it was obtained that the variation of the weights is located within the range, with some data approaching the upper and lower limits, being able to conclude that the process is under control, which reduced the number of cuts in the production line obtaining an estimated saving of \$ 44,616.00 per year. It was concluded that an improvement strategy focused on three important points such as: standardization of the unloading speed, an increase of 15 minutes in the curd enduring time and training of the operators of the dosing machine to reduce the differences in the treatments developed. The development of an improvement strategy should be based on the results obtained in the analysis phase, as well as the way in which the processes will be controlled in order to maintain the improvement applied over time.

Keywords: <PROCESS IMPROVEMENT> <SIX SIGMA> <DMAIC METHODOLOGY>
<VARIABILITY CONTROL> <QUALITY MANAGEMENT>.



• Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.
C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento y estandarización de procesos es algo fundamental en el accionar de las empresas en la actualidad, debido a que les permite mantener un mayor control sobre las características de los productos y servicios que estas ofrecen al mercado, de esta manera se puede asegurar un nivel de calidad deseado, agilizar el proceso productivo y reducir tiempos y costos de producción. Además, la mejora y estandarización de procesos conlleva al cumplimiento de las características ofertadas en los productos o servicios, de esta manera cumplimiento con las regulaciones de protección al cliente vigentes en el país.

Dentro de este ámbito una de las metodologías más empleadas para la estandarización de los procesos es la metodología Six Sigma que combinado con diversas herramientas estadística contribuyen a la reducción de costos operativos, reducción de tiempos de entrega, reducción de fallas en procesos, productos y servicios, así también mejora la percepción de los clientes a la empresa. Por lo que las empresas que aplican esta metodología generalmente obtienen un impacto positivo en su entorno y un notable beneficio económico.

Por otra parte, la empresa ecuatoriana Lácteos San Antonio ha detectado la existencia de una variabilidad indeseada en el peso de los quesos producidos en su planta de lácteos ubicada en la ciudad de Cañar, dicha variabilidad denota que el proceso no se encuentra controlado, lo que puede generar que no se cumplan las especificaciones de calidad esperadas y mermas económicas para la empresa, por lo que se considera que es de gran interés desarrollar un mejoramiento del proceso que dé solución a dicho problema.

Por ende, el presente trabajo de titulación desarrolla la generación de una propuesta de mejoramiento de los procesos en la elaboración de los quesos en la planta de lácteos San Antonio de la ciudad de Cañar aplicando la metodología Six Sigma enfocado en reducir la variabilidad de los pesos, esto se lleva a cabo debido al interés de la empresa de controlar el proceso y evitar pérdidas económicas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Para poder desarrollar el trabajo de titulación que tiene como objetivo realizar el mejoramiento de los procesos de elaboración del queso, es necesario recurrir a trabajos ya realizados de igual similitud, para comparar con los elementos teóricos y metodológicos aplicados para el estudio de la problemática.

En el trabajo denominado PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMAS PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE LA LECHE EN FUNDA, se estudia la variabilidad y el mejoramiento de los procesos en la empresa Lácteos San Antonio, en donde en su tercer capítulo expone el estado actual del proceso de envasado aséptico que se está manejando en la empresa, para la elaboración de la leche en funda de polietileno, producto de mayor demanda de la empresa. Tenemos como conclusión del proyecto, que el rendimiento del proceso es aproximadamente es de 15,13% correspondiente a un nivel de sigma de 0,46. Estos valores están por debajo para ser competitivo lo ideal esta entre 4 y 6 sigmas. Aunque existe una mejora en la línea B de 7,88% y el aumento de nivel de sigma de 0,27 a 0,62, las ganancias son altas así la eficiencia y el nivel sigma se observen bajos (Vásquez Vanegas, 2015).

Otras de las investigaciones que se analiza es la APLICACIÓN DE SIX SIGMA EN LAS ORGANIZACIONES. En el que se analiza como una metodología para mejorar los procesos y servicios, alcanzando importantes aportes en los resultados en empresas grandes. Esto no da garantía de éxito para otras empresas. El objetivo principal de este trabajo fue dar a conocer más de esta revolucionaria filosofía gerencial; y demostrar básicamente a todos que el uso de six sigma es ser más eficientes y eficaces. Los resultados mostraron que la técnica del Six Sigma es más aplicable en empresas que constan de una organización sólida y organizada en todos sus procesos, ya sea productivos como administrativos, en general esto pasa en empresas grandes y medianas (Montoya, Portilla y Benjumea, 2008).

Para brindar un mayor contexto a la investigación se realizó un análisis del artículo METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN DE SIX SIGMA. Esta revisión tiene como objetivo

de aumentar la capacidad de los procesos, de tal manera que estos desarrollen la menor cantidad de fallos o defectos por millón de unidades producidas. Asimismo, Obteniéndose como conclusiones que los componentes importantes para la aplicación de esta metodología es el compromiso absoluto del responsable del proyecto, los distintos roles tomados por el grupo de trabajo y la necesidad de mejora de la organización. Con la aplicación de DMAIC podemos conseguir el uso adecuado de los recursos y reducción de los costos de producción y ser una organización competitiva (Eduardo Navarro, Gisbert Soler y Molina Pérez, 2017).

Por último, se analiza el tema DISEÑO DE MODELO SIX SIGMA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE PRODUCCIÓN BANANERA EN LA COMPAÑÍA MARISBELL S.A. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Administración de Empresas. En el estudio se utilizó la investigación descriptiva, cuantitativa, de campo, basados en el estudio al personal usando indagaciones y utilización de las fases Six sigma. Observándose un resultado muy importante en el año 2018 de un crecimiento de 3% en la producción. Incluso con estas condiciones, se mostraron limitantes en el proceso de producción, con una capacidad de 75% en la transportación de los racimos en el cable vía. La propuesta fue de mejorar el cable vía y colocar alimentadores que llevarán los racimos a las piscinas y los procesos de pegado y etiquetado se realice de manera mecánica, así incrementar la producción en un 12,13%. Se validó la factibilidad de la propuesta, ya que la recuperación del capital será recuperada en 48 meses, generando una Tasa TIR de 42,03% y un VAN de \$30.660,59, demostrándose que casi se duplicará la inversión inicial (Suárez Arreaga, 2020).

1.2. Planteamiento del problema

La planta de lácteos de “San Antonio” es una empresa que se dedica a la elaboración de productos derivados de la leche como: queso fresco, queso mozzarella, crema de leche y mantequilla, que no cuentan con procesos estandarizados adecuados en el área de la quesera, esto hace que exista una variabilidad en sus procesos en especial en los pesos de sus productos en la línea de producción de elaboración del queso fresco.

La producción del queso fresco es de 2500 unidades por día, lo que implica un gran volumen de producción diario, por lo que mantener control del proceso y de su variabilidad en el peso de los productos sin contar con procesos estandarizados adecuados se convierte en un problema por resolver de gran interés dentro de la planta para lograr mantener una mayor eficiencia en el uso de tiempos y recursos.

Dentro de los factores que pueden tener una influencia significativa en la variabilidad del proceso se encuentran: Máquinas (cubas para la elaboración de la cuajada con capacidad de 3000 litros y la dosificadora con calibración no adecuados para el proceso), insuficiente capacitación de los operadores, menoscabo de comunicación entre los distintos procesos, entre otros que deben ser identificados mediante metodologías especializadas como es la metodología SIPOC.

Además, existe un desconocimiento por parte de la empresa de los factores que tienen una influencia significativa sobre la variabilidad en los pesos de los quesos de la línea de producción, lo que imposibilita una adecuada toma de decisiones que permita controlar la variabilidad dentro de rangos tolerables.

1.3. Justificación

Toda organización busca alcanzar sus metas y objetivos mediante los procesos productivos. En la actualidad la innovación de la competencia, así como el mercado tanto nacional e internacional, exige que los productos tengan una mejor calidad, además la mejora continua de los procesos y aumentar su eficiencia, por lo tanto, la presente investigación busca identificar las posibles causas de la variabilidad existente en los procesos de la planta de lácteos San Antonio de la ciudad de Cañar.

La estandarización de los procesos ayuda a un mejor control de la producción, fácil y rápida identificación de las posibles causas que conllevan a fallos o defectos en los procesos. El beneficiario directo de esta investigación será lácteos San Antonio y sus colaboradores, al igual que sus clientes que adquirirán un producto de mejor calidad, por consecuencia el mejoramiento de sus procesos productivos.

La adecuada selección del lugar para aplicar el estudio cumple con las características necesarias que permitirán que la metodología six sigma sea estudiada de forma íntegra y correcta esto con el fin de cualificar y brindar asistencia en el mejoramiento del proceso. Cumpliendo con un estudio serio, que muestre de forma teórica y práctica las deficiencias que acarrea el no tener una buena estandarización de los procesos.

Por tal motivo se ha determinado la necesidad de generar una propuesta de mejora para la línea de quesos frescos que permitan estandarizar la variabilidad del peso de los productos, para esto

se considera como una medida viable la aplicación de la metodología Six Sigma que permite identificar y analizar las fuentes de variabilidad y la capacidad de los procesos. Además, esta metodología ha demostrado durante el paso del tiempo que las empresas que la han aplicado se han visto notable beneficiadas en la apreciación de los clientes sobre la marca y el factor económico.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

- Mejorar el proceso de elaboración de los quesos en la planta de lácteos San Antonio de la ciudad de Cañar aplicando la metodología six sigma para reducir la variabilidad de los pesos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico previo de las condiciones de los procesos de producción de la empresa de lácteos San Antonio.
- Identificar los factores de variabilidad mediante la aplicación del método SIPOC, diagrama Ishikawa y Anova en los procesos de la empresa lácteos San Antonio en la Ciudad de Cañar.
- Establecer CPK de los procesos que se encuentra sujetos la línea de producción.
- Analizar los factores mediante Diseño Factorial Mixto.
- Elaborar una estrategia de mejoramiento de los procesos de producción.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Gestión por procesos.

De acuerdo con Cantabria (2016,p.5) “Es la forma de gestionar toda la organización basándose en los Procesos, entendiendo estos como un conjunto de recursos y actividades interrelacionadas que transforman elementos de entrada en elementos de salida, con valor añadido para el cliente” (Cantabria, 2016).

2.2. Variabilidad de los procesos.

Los recursos que se emplean en los procesos con el objetivo de producir productos o de entregar un servicio son diversos. La mano de obra, la maquinaria, los procedimientos, el ambiente y los materiales son los recursos y elementos más importantes dentro de un proceso. Tanto individual como en interacción entre estos recursos ocasionan que exista variaciones. Por lo tanto, por más preciso que sea un proceso, siempre va a existir variabilidad. Mientras que la variabilidad sea la mínima y se encuentre entre el rango máximo y mínimo permitido se dice que el producto es de calidad, a esto se le llama “características de calidad” (Cuatrecasas y González Babón, 2017).

2.3. Tipos de procesos.

Los procesos se clasifican en:

2.3.1. *Proceso en línea.*

El proceso en línea está enfocado en realizar productos con las mismas características y en grandes cantidades, su materia prima y demás materiales que van a intervenir en el proceso se encuentran cerca de las líneas de producción. Las operaciones de cada proceso son las mismas y con baja variabilidad. Este proceso es muy adaptable para una línea automatizada total, donde reduce la intervención del personal (Paz y Gómez, 2013,p.3).

2.3.2. Proceso intermitente.

Paz y Gómez (2013) manifiestan que “ En estos procesos se logran volúmenes medios pero con gran variedad de productos. Los productos entonces comparten recursos. Se producen un lote de productos y luego se cambian al siguiente” (Paz y Gómez, 2013).

2.3.3. Proceso por proyecto.

Es un proceso a gran escala y su tiempo de elaboración es a largo plazo, su elaboración es único y cubre las necesidades específicas de cada cliente. Su principal característica es el elevado costo de fabricación y es muy difícil elaborar la planificación y su control (Paz y Gómez, 2013).

2.4. Calidad.

La calidad a cambiado al transcurrir del tiempo, aumentando sus objetivos y cambiando sus directrices. La calidad es un pilar fundamental hoy en día en las estrategias de las empresas, ha ido evolucionando y tomando un rol muy importante. La calidad en su inicio era muy costosa ya que todos los productos que salían defectuosos se rechazaban y tenían que realizar un trabajo de mejora que en algunos casos y se consideraba un gasto adicional. El departamento de calidad era el único ente responsable de la calidad. Al pasar el tiempo se implementó herramientas estadísticas para verificar y controlar los productos terminados o de salida (Cuatrecasas y González Babón, 2017).

2.5. Metodología Six Sigma.

2.5.1. Historia.

La metodología six sigma es aplicada por primera ocasión en la empresa Motorola en el año de 1987, con la finalidad de reducir fallos en sus aparatos electrónicos, Robert Galvin, director general de motorola quien propone reducir los productos defectuosos. Debido a que la sugerencia provenía del gerente nacional de ventas de la línea de productos más rentable, se solicitó el estudio a fondo de la calidad de la compañía.

En esta revisión Motorola mostro que tenía fallos en los productos nuevos entre los tres a nueve meses de uso, esto perjudica la fama de la calidad de la compañía, al mismo tiempo se identificó

que existe contratiempos en la producción y en la entrega del producto terminado. El ingeniero Mikel Harry incitó a que la compañía estudie la variación de los procesos de producción, esta iniciativa se convirtió en el punto inicial para la mejora de la calidad de Motorola.

Después de que Motorola implantara todas las acciones necesarias para el cumplimiento de las mejoras de calidad de sus productos, la compañía fue la ganadora del premio Malcolm Baldrige a la calidad Nacional en el año de 1988. En 1992 Motorola llegó a un nivel six sigma de 5,7 aunque no cumplió con el objetivo planteado los resultados eran impresionantes, aumentando sus ventas por empleado de 62 600 en 1988 a 111 000 en 1992.

Tras el éxito de Motorola Lawrence Bossidy decide tomar el control de la compañía Allied Signal, llevando de una empresa en problemas a una empresa exitosa aplicando six sigma en el año de 1990, Texas instrument decide tomar como ejemplo el éxito de Bossidy logrando resultados similares (Socconini, L. y Escobedo, E. (2021).

2.5.2. Definición Six sigma.

Six sigma es una metodología que combina herramientas estadísticas, con la finalidad de mejorar un proceso tomando decisiones acertadas. Esta metodología se compone de cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. El objetivo principal de esta metodología es reducir el número de defectos por el número de unidades producidas y aumentar la capacidad de procesos. Los defectos no tienen que ser apreciables a simple vista para el cliente (Eduardo Navarro, Gisbert Soler y Molina Pérez, 2017).

La aplicación de la metodología six sigma da un impacto positivo a los negocios, las empresas latinoamericanas que han aplicado esta metodología han sufrido un impacto positivo en las variables de negocio tales como, la reducción de costos operativos, reducción de tiempos de entrega, Reducción de fallas en procesos, productos y servicios, mejora en la percepción de los clientes, mejora de la percepción de los empleados, mejor percepción de los accionistas y por último el beneficio económico que obtienen por la reducción de los gastos o el incremento de los ingresos (Pérez Ortiz, 2016).

2.6. Metodología DMAIC.

El método DMAIC es la herramienta eficaz a la hora de aplicar six sigma en una organización, las cinco fases que está estructurada la metodología son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Para conseguir la mejora hay que seguir estos pasos (Eduardo Navarro Et al., 2017).

2.6.1. Definir.

La dirección debe evaluar todos los posibles proyectos seis sigmas, con el propósito de aprovechar al máximo los recursos y herramientas que se utilizara en el proyecto. Una vez seleccionado el proyecto el paso a seguir es la elaboración de la misión y la asignación de los integrantes que van a llevar a cabo este proyecto. Las herramientas de los análisis de datos que se aplican en esta etapa y se elabora un plan de mejoras a través de una elaboración de una hipótesis y aplicación de pruebas estadísticas para determinar factores críticos para el desempeño del final del proceso (Eduardo Navarro Et al., 2017).

En esta fase se debe identificar el problema y la selección del proyecto describiendo las causas que provocan la situación adversa a la empresa o las mejoras que se va a realizar. Aquí es en donde se debe plantear los objetivos de la implementación de la metodología six sigma y el impacto que va a tener la empresa. En esta fase se configura el equipo de trabajo y cuál va a ser el compromiso con este proyecto (Pellegero, 2015).

2.6.1.1 Definir el alcance del proyecto.

El inicio de mejora de un proceso es el adquirir información sobre lo bueno y lo malo en relación con el proceso, para un funcionamiento seguro de debe realizar la pregunta: ¿Qué es lo que quieres obtener como resultado final? Ya identificado el proyecto, se debe realizar una investigación a fondo sobre el alcance de los problemas y establecer la posibilidad del proyecto. Una vez determinado los problemas se puede establecer los objetivos de una mejor manera sobre la mejora de los procesos. Para la respuesta del objetivo de debe realizar la siguiente pregunta: "¿Qué mejoras es lo que queremos lograr?". El objetivo se establece comúnmente atendiendo las inquietudes de los clientes durante la fase de descubrimiento. Se debe realizar entrevistas o crear un cuestionario para determinar indicadores primarios, es decir establecer los parámetros de lo que se quiere medir, así como lo que se mide para establecer las metas.

2.6.1.2. Declaración del problema.

El planteamiento del problema no es obligatorio fijar en esta etapa inicial, debido a que se puede redefinir al encontrar nuevos límites de especificaciones del proyecto. Recolectado los datos de referencia se tiene una visión más amplia sobre el enunciado del problema. Es aquí en donde se cambia el enfoque de no saber lo que quiero hacer a saber con seguridad lo que quiero hacer. En esta etapa debido a la información de los datos obtenidos se tiene una visión clara de cómo es el funcionamiento del proceso que se está estudiando.

Un planteamiento del problema bien definido hace que el equipo se encamine de una manera lógica (Yesserie, 2015,p.21).

2.6.1.3. Definir los métricos apropiados.

Según Roughton y Crutchfield (como se cito en Yesserie, 2015) Es aquí en donde se debe determinar si las mediciones están relacionados con el negocio en cuestiones de costos, fallos, u otras métricas. El quipo debe comprender sobre las vías primarias y secundarias de seguimiento de mejora, en base a los datos debe ser tomada una decisión para establecer si es necesario otros objetivos medibles como métricas consecuentes de la mejora realizada, que permita medir los aspectos negativos que ocasionaron la implementación de soluciones del proyecto.

2.6.1.4. Seleccionar y organizar el equipo.

En esta parte es importante seleccionar a las personas idóneas para formar parte del equipo. Es aquí en donde se debe asegurar de que usted esté dispuesto a invertir los recursos para realizar la mejora, incluyendo el tiempo, dinero y materiales; otorgar información necesaria para la ejecución del proyecto y determinar el nivel del equipo de la autoridad. Esto se debe realizar en una carta de compromiso escrita (Yesserie, 2015).

2.6.2. Medir.

Ya identificado el problema a tratar se debe implantar que tipos de variables determinan el comportamiento del proceso. Una vez identificado las variables que afectan a la variabilidad del proceso. El desarrollo de un plan de recolección de datos es importante para un buen desarrollo del proyecto, para finalmente comparar los resultados obtenidos con las especificaciones del cliente. Los entregables de esta etapa son: (Antonio y Fernández, 2017)

- Análisis estadístico de los datos
- Análisis de los procesos
- Identificar las características críticas para la calidad.
- Identificación de las causas raíz de los problemas (ALMEIDA, 2014).

2.6.3. Analizar.

En esta fase se valora los datos obtenidos y se determina los posibles factores que intervienen en la variabilidad; para esto se utiliza algunas herramientas estadísticas como: (Antonio y Fernández, 2017)

- Diagrama causa- efecto
- Prueba de Chi-Cuadrado, T y F
- Diagrama de flujo
- Estudio de correlación
- los 5 porque o un FMEA

2.6.4. Mejorar.

En esta fase es en donde se corrige los problemas que resultaron de la etapa de análisis es aquí en donde se nota la evolución del proyecto, a través de la herramienta 5why podemos realizar acciones correctivas y para un mayor soporte utilizar el diseño experimental para medir correctamente las acciones tomadas y comparar con el funcionamiento inicial (Antonio y Fernández, 2017).

Los entregables en esta etapa son:

- Estrategias de soluciones
- Análisis económico de las soluciones.
- Elaboración de una matriz de criterios para seleccionar la mejor solución.
- La aplicación de las pruebas y control de estas para medir la efectividad de las mejoras realizadas y su implementación.

2.6.5. Controlar.

Es la etapa final, se implementan las variables y los indicadores que deben ser controlados para asegurar el desempeño eficiente de los procesos y poder llegar a cumplir con los requerimientos de los clientes internos y externos. Las preguntas para responder en esta etapa son:

- ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto?
- Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados?
- ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso?

Los entregables en esta etapa son:

- Estandarización de los procesos.
- La documentación del plan de control.
- La definición de indicadores de control para garantizar la sostenibilidad de las soluciones.
- La documentación y difusión del proyecto.
- Herramientas y técnicas (Antonio y Fernández, 2017).

2.7. Carta de proyecto.

Es un documento que lleva la información clave relacionada al proyecto, en donde se identifica la creación de un equipo, la elaboración de las cartas del proyecto. Las cartas del proyecto y la formación del equipo son los elementos importantes en todo proyecto para asegurar que el escrito del problema este bien definido.

El análisis de caso de negocio un entregable del project chárter, en donde se debe incluir: El enunciado de problema, objetivos, Alcance, roles y responsabilidades (Yesserie, 2015).

Tabla 1-2: Project charter

CARTA DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO SIX SIGMA		PROYECTO #	
Nombre del iniciador		Fecha de inicio	
Fecha		Fecha esperada fin	
Documento #		Fecha fin	
1. CASO DE NEGOCIO			
2. PROPÓSITO (CTQ's a mejorar)			
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO			
4. ALCANCE			
5. ROLES Y RESPONSABILIDADES			
	Nombre	e -mail	teléfono/movil
6. RECURSOS			
7. METRICOS			

Fuente: (Socconini, L. y Escobedo, E. (2021).

Realizado por: Socconini, L. y Escobedo, E. (2021)

2.8. Hoja de verificación.

Es usada para la recolección de datos en un formato lógico, donde los datos son usados para generar gráficas de control, histogramas, diagramas de Pareto, etc. La hoja de verificación tiene diferentes propósitos, en donde el principal objetivo es enseñar al usuario a la recolección de los datos en un formato de manera eficiente y ágil, tanto para la recolección como su interpretación (Maldonado, 2012,p.46).

2.9. Estratificación.

La estratificación de datos consiste básicamente en la clasificación y separación de los mismos en grupos o categorías con el objeto de realizar un análisis más profundo y exacto de las causas, indagar sobre problemas o comprobar que las acciones correctivas y de mejora son eficientes. Es

un tipo de técnica que por sí sola no representa una herramienta de mejora, pero sirve de inestimable ayuda en la elaboración de otras herramientas como el diagrama de Pareto o el diagrama de dispersión. En este último caso, puede ocurrir que mediante la estratificación de los datos se aprecien algunas correlaciones no visibles si se tuvieran en cuenta todos los datos de forma conjunta (Cuatrecasas y González Babón, 2017).

2.10. Mapa de procesos.

Un proceso se puede definir como una secuencia de actividades y la interrelación de los recursos necesarios para transformar los elementos de entrada en productos de salida añadiendo valor para el cliente. Existen una serie de recursos que pueden intervenir en el proceso tales como, Personal, métodos, equipos, instalaciones, etc.

Un mapa de procesos es una herramienta en donde se representa de manera gráfica los procesos que realiza la organización y la relación con los clientes.(García et al., 2007)



Figura 1-2: Mapa de procesos.

Fuente: García et al., 2007.

2.11. Diagrama de procesos.

“Un diagrama de procesos es una descripción gráfica de las actividades que se llevan a cabo en el desarrollo de un proceso, mostrando cómo se interrelacionan entre sí y también cómo aportan valor y contribuyen a los resultados” (Cantabria, 2016,p.11).

2.12. Diagrama de flujo.

El diagrama de flujo o flujograma es la representación de manera gráfica de la secuencia de un proceso, que sirve para mejorar el proceso de transformación del sistema productivo donde interviene, la materia prima, información, equipos o herramientas, diseño del producto, diseño de

los puestos. Se puede cambiar alguno o todo el sistema para mejorar la eficacia de un proceso productivo. Utiliza una serie de símbolos preestablecidos para desarrollar el diagrama de flujo de un proceso. Este diagrama es muy usado cuando se quiere mejorar los procesos o solo reajustar (Cuatrecasas y González Babón, 2017).

2.13. Diagrama de Pareto.

Es una técnica gráfica para la comparación ordenada de componentes relacionados a un problema. Esta herramienta que se muestra mediante un diagrama de barras de forma descendente y en relación de su prioridad en los problemas de calidad. El diagrama de Pareto se puede elaborar en función del análisis de las causas y la solución de estas. La regla consistía en que el 80% de los problemas se deben al 20% de las causas. Es aquí en donde se visualiza que tan solo el 20% de las causas pueden ocasionar el 80% de los problemas en una empresa (Cuatrecasas y González Babón, 2017).

2.14. Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa analiza de forma organizada y sistemática los problemas, sus causas, y las causas de estas causas, cuyo resultado en lo que afecta a la calidad se denominará efecto. Existen dos aspectos básicos que definen esta técnica: ordena y profundiza. Describir las causas evidentes de un problema puede ser más o menos sencillo, pero es necesario ordenar dichas causas, ver de dónde provienen y profundizar en el análisis de sus orígenes con el objetivo de solucionar el problema desde su raíz (Cuatrecasas y González Babón, 2017).

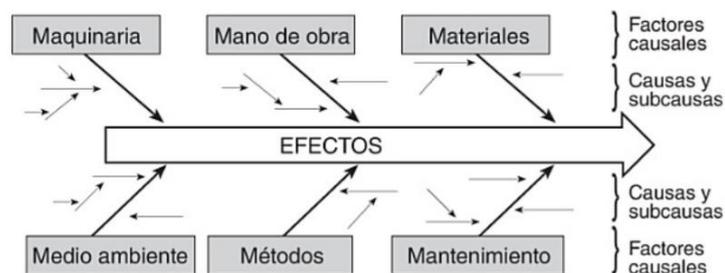


Figura 2-2: Herramientas para la mejora de calidad

Fuente: (Cuatrecasas y González Babón, 2017)

2.15. Plan de recolección de datos.

“El plan de recolección de datos es una herramienta que sirve para identificar cuáles son las variables a medir dentro del proceso y permite identificar si corresponden a un métrico de entrada, del proceso o de salida” (SUAREZ, 2015,p.39).



Figura 3-2: Plan de recolección de datos

Fuente: (Ubillús, 2014)

2.16. Gráficos de Control de Calidad.

Es una herramienta que sirve para verificar si un proceso está dentro de los parámetros establecidos o si es necesario realizar un ajuste. Estos gráficos son utilizados con gran frecuencia en las industrias, en donde pueden utilizar en mediciones de volumen, peso, diámetros, longitudes esto en cuanto a la elaboración de productos y el tiempo para lo que se trata de servicios. La utilidad de esta herramienta es identificar las variaciones que afectan la calidad de un producto, referente a un proceso productivo (Wennermark, 2019).

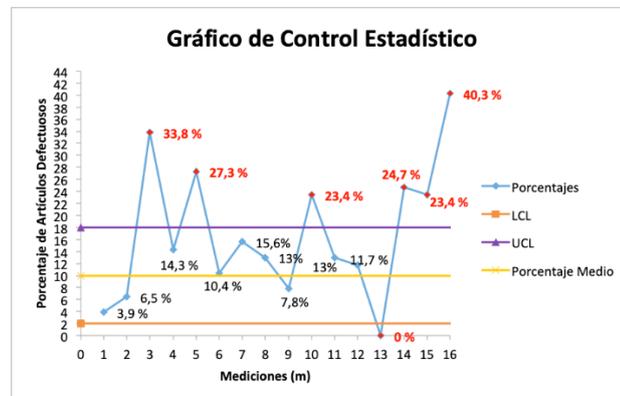


Gráfico 1-2: Gráfico de control

Fuente:(Wennermark, 2019)

2.17. Histograma.

El histograma es una representación gráfica de la distribución, en donde la superficie de la barra representa la frecuencia de los datos que se representa, en el eje horizontal representa la marca de clase, donde los datos se clasifican por su magnitud. Representa la distribución de los datos, la dispersión y su tendencia central (Pulido Gutiérrez & De la Vara Salazar, 2009,p.23).

2.18. Análisis de capacidad.

La capacidad del proceso es el talento que posee una empresa para elaborar un producto que se encuentre entre los límites de especificación determinados. Para asegurar que todo el producto cumpliera con las especificaciones, es idóneo que los límites de un proceso estén dentro de los límites de especificaciones. El histograma es una de las herramientas útiles en la determinación de la capacidad de proceso, para ello es necesario obtener un mínimo de cien a doscientos datos. La capacidad del proceso es utilizada en las fases de medir y analizar para verificar el estado actual del funcionamiento proceso que servirá como iniciativa para la mejora de este.

En la fase de mejora, es utilizada para evaluar el acierto de las mejoras realizadas y por último en la fase de control la afirmación de los resultados positivos de mejora y la aplicabilidad en el tiempo (Ricardo y Anacleto, [sin fecha]).

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$
$$Cp = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

donde:

- σ = desviación estándar del proceso
- ES = especificación superior
- EI = especificación inferior

Figura 4-2: Índice Cp.

Fuente: (Tejada, 2018)

Tabla 2-2: Interpretación cualitativa del índice Cp.

Valor del Cp.	Clase de proceso	Decisión
$Cp. > 2$	Clase mundial	Tiene calidad seis sigma
$1.33 \leq Cp. \leq 2$	1	Más que adecuado
$1 \leq Cp. < 1.33$	2	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme el Cp. se acerca a uno.
$0.67 \leq Cp. < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$Cp. < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias.

Fuente: (SALAZAR LÓPEZ, 2019)

Realizado por: (Salazar López, 2019)

2.19. ANOVA.

El ANOVA es un conjunto de técnicas estadísticas de gran utilidad y ductilidad. Es útil cuando hay más de dos grupos que necesitan ser comparados, cuando hay mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se desea analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos diferentes (Dagnino, 2014).

2.20. SIPOC.

El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es una herramienta que permite visualizar de manera general todos los procesos que están involucrados en la elaboración de un producto y su interpretación es sencilla (Castro, 2017).

Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso

- Recursos (inputs): Se considera como recurso a todo lo que se necesita para ejecutar el proceso correctamente estos son: material, información, materiales y personas.
- Proceso (process): Todas las actividades necesarias para transformar las entradas en salidas dándole un valor agregado.

- Cliente (customer): Es la persona a la que está destinada la entrega del producto y obtener la satisfacción de este.

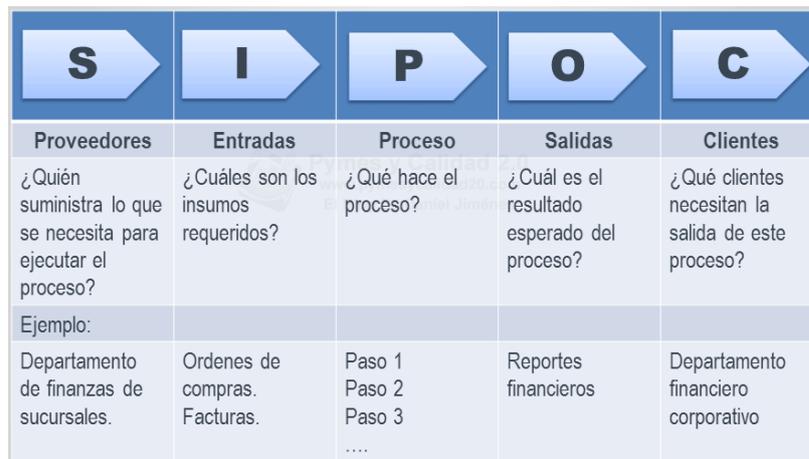


Figura 5-2: Diagrama SIPOC

Fuente: Jimenez, 2012

2.21. Diseño experimental.

De acuerdo con Westreicher (2021) “El diseño experimental es una técnica estadística. Esta consiste en manipular intencionalmente la variable independiente de un modelo para observar y medir sus efectos en la variable dependiente.”

En otras palabras, el diseño experimental busca determinar el efecto sobre una variable como resultado de cambiar otra variable. Esto, en el marco de un procedimiento o de un estudio estadístico. Cabe señalar que este tipo de método se caracteriza por su carácter cuantitativo. Es decir, se utilizan las matemáticas para medir los cambios observados en la variable dependiente. Se debe tener en cuenta que en un estudio o modelo estadístico la variable dependiente es la variable que es explicada por otras variables independientes. Las manipulaciones realizadas en el diseño experimental tienen una base teórica, a partir de la cual se buscan conclusiones (Westreicher, 2021).

2.22. Cinco porqués.

Es una herramienta de análisis que nos permite establecer relaciones de causa-efecto que nos permite analizar una problemática haciéndonos la pregunta ¿por qué?, obteniendo una respuesta a la que nuevamente le generamos la misma cuestión. Es técnica suele denominarse los cinco

porqués, pero no existe un número establecido de repeticiones, la secuencia se debe continuar hasta que se considere que hemos determinado la causa raíz (Betancourt, 2018).



Figura 6-2: Diagrama cinco porqués

Fuente: Betancourt, 2018

2.23. Plan de control.

Es un documento que expone de manera clara y concisa las estrategias que se utilizarán para garantizar que los principales procesos o una parte característica de un producto o servicio se controlarán a través de detección o prevención. Así se plantea la posibilidad de mantener a largo plazo las mejoras desarrolladas en los procesos mediante la aplicación de medidas correctivas o metodologías (Escobedo y Socconini, 2021).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de proyecto.

El presente trabajo de titulación está catalogado como un proyecto de tipo “Técnico” debido a que se encuentra referido a la implementación de metodologías enfocadas al mejoramiento de la calidad en la industria, como lo es la metodología Six Sigma.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. *Investigación bibliográfica.*

En esta investigación se guía en fuentes como libros, revistas científicas, artículos científicos y sitios web. Los mismos que sirvieron para la consolidación de bases sólidas en el conocimiento de la metodología Six Sigma, sus diferentes herramientas y etapas.

3.2.2. *Investigación Aplicada.*

Este trabajo presenta las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, debido a que tiene como objetivo la solución de problemas reales. Por lo que aplicaremos la metodología six sigma para reducir la variabilidad y mejorar el proceso de elaboración de queso fresco en la empresa Lácteos San Antonio.

3.2.3. *Investigación Descriptiva*

Se va a describir el proceso actual de la elaboración del queso fresco en la empresa Lácteos San Antonio de la provincia de Cañar, para la identificación de la problemática de la presente investigación.

3.3. Técnicas e Instrumentos.

3.3.1. Técnicas.

La técnica que se utilizará es la observación de los procesos de elaboración de quesos de la empresa que está bajo estudio. Además, se realizará entrevistas y encuesta a los altos directivos que están involucrados en este proceso.

3.3.2. Instrumentos.

Es necesario aplicar el análisis para evaluar el estado actual de los procesos de la empresa en estudio.

Además, se utilizará los cuestionarios y entrevistas direccionados todas las personas que están involucradas en el proceso. Estos instrumentos fueron previamente elaborados para todos los entrevistados con preguntas abiertas según el nivel de información y decisión.

3.4. Diagnóstico y análisis de la situación actual.

3.4.1. Identificación de la empresa.

- **Razón social:** Lácteos San Antonio C.A
- **Actividad económica:** Elaboración de leche fresca líquida, crema de leche líquida, bebidas a base de leche, yogurt, incluso caseína o lactosa, pasteurizada, esterilizada, homogeneizada y/o tratada a altas temperaturas.

3.4.2. Reseña Histórica.

En 1975 Lácteos San Antonio C.A inició como el emprendimiento de un grupo de hacendados en el cantón Cañar, para enfriar la leche y venderla al granel. Gracias a la visión del señor de Alejandrino Moncayo, se potenció este negocio, creando la marca Nutri Leche, con la que la empresa despuntó en el mercado de lácteos, ampliando sus líneas de negocios y posicionándose en el segmento de autoservicios.

3.4.3. Localización de la empresa.

Lácteos san Antonio C.A. se encuentra ubicada en la provincia de cañar, cantón Cañar, Parroquia San Antonio, Panamericana Norte Km. 80 Vía Duran-Tambo. A continuación, se presenta un croquis para un mejor entendimiento.



Figura 1-3: Ubicación de la planta Lácteos San Antonio

Fuente: (Google maps. 2021)

3.4.4. Descripción del personal de Lácteos San Antonio

El personal de lácteos san Antonio C.A. son caracterizados por el compromiso, respeto, honestidad y confianza, a la hora de desempeñar sus labores cotidianas, obteniendo así un ambiente laboral adecuado en la empresa. El personal que labora en la planta esta detallado en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Descripción del personal de planta San Antonio

Área	Cargo		Número de trabajadores	
Administrativa		Administrador de planta	1	
		Jefe de producción	1	
		Auxiliar administrativo	2	
		Mantenimiento	2	
Total			6	
Área	Subárea	Cargo	Número de trabajadores	
Producción	Recepción	Operario-Máquina MRU	1	
	Pasteurización	Operario pasteurización	1	
	Mantequilla	Operario pasteurización	1	
	Quesera		Operador cuba	1
			Operador dosificador	1
			Operador quesero	4
			Operador empacador	2
	Laboratorio	Laboratorista	2	
Total			13	

Fuente: LÁCTEOS SAN ANTONIO, 2021.

Realizado por: Santander William, 2022

3.4.5. Productos Elaborados.

3.4.5.1. Queso Fresco.

Es un producto de textura sólida se obtiene en base a la cuajada de leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, su proceso de producción está controlado con los más altos estándares de calidad referente a la inocuidad, la vida útil de este producto es de 30 días y su nombre comercial es “Nutri Queso Fresco”, se encuentra en dos presentaciones, de 500g y 250g.



Figura 2-3: Queso fresco

Fuente: Lácteos San Antonio, 2021

3.4.5.2. Queso Mozzarella.

El queso mozzarella tiene una textura viscosa y elástica de aroma láctico, con un aspecto suave brillante y húmedo. Posee algunas características como el color del queso mozzarella es blanco, su firmeza y frescura que confirman que el queso es de buena calidad.



Figura 3-3: Queso mozzarella

Fuente: Lácteos San Antonio, 2021

3.4.5.3. Mantequilla.

La mantequilla es un derivado de la leche, contiene un alto porcentaje de grasa obtenido directamente de la leche o de productos lácteos, principalmente en forma de emulsión del tipo agua en aceite. De acuerdo con su contenido en sal se clasifican en mantequilla sin sal y mantequilla con sal. A partir de su elaboración tiene una vida útil en anaquel sin necesidad de refrigeración de 60 días.



Figura 4-3: Mantequilla Nutri.

Fuente: Lácteos San Antonio, 2021

3.4.6. Mapa de procesos de Lácteos San Antonio.

Este mapa de procesos detalla de mejor manera el funcionamiento, el desempeño de los procesos y actividades que la planta ejecuta, dando valor a los aspectos claves de la empresa, el cual es representado en la **Figura 5-3**.

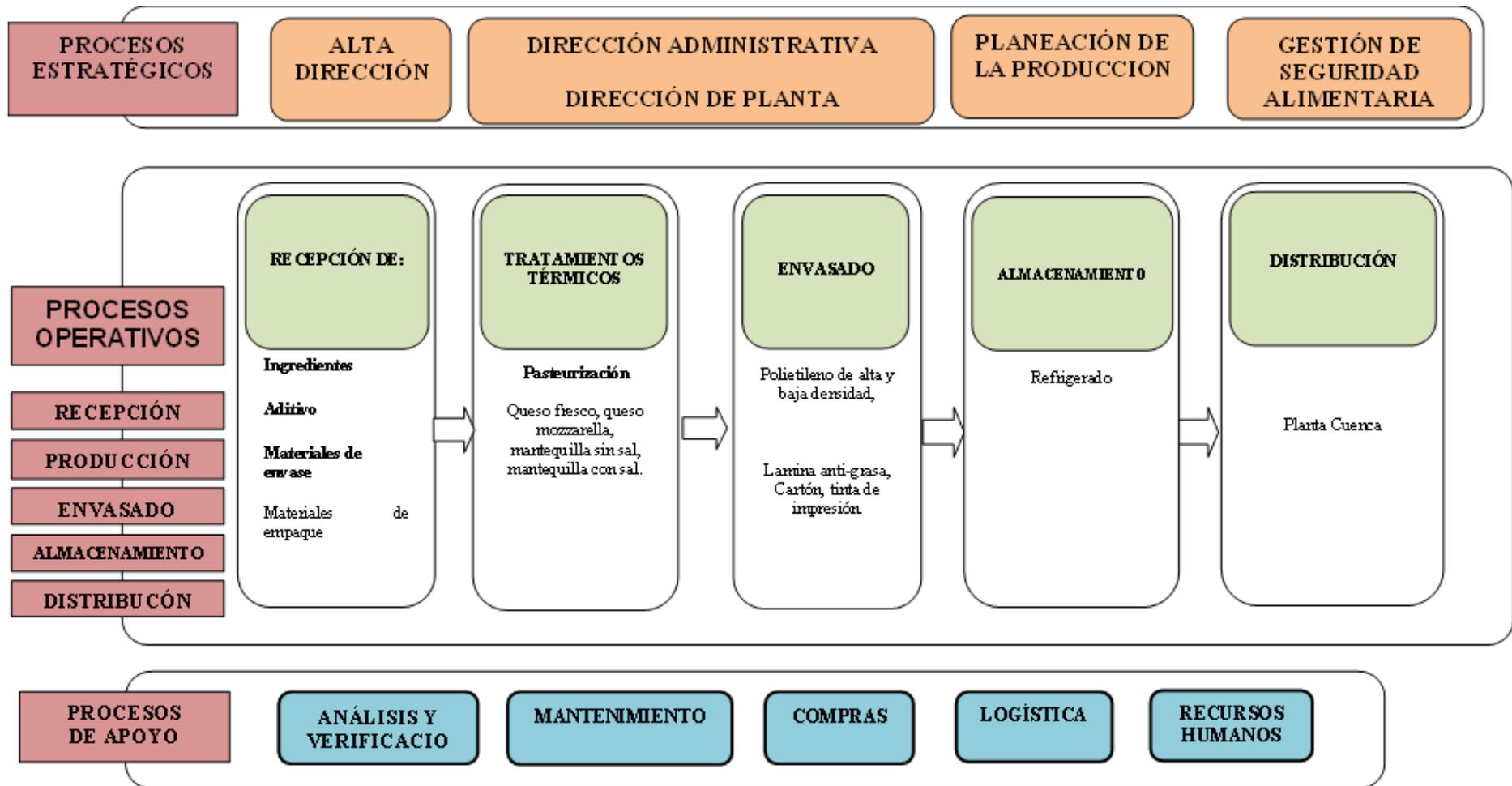


Figura 5-3: Mapa de procesos de Lácteos San Antonio

Fuente: (Lácteos San Antonio. 2021)

3.4.7. Identificación de los puestos de trabajo en la línea de queso fresco.

La empresa dispone de diversos procesos productivos en la planta san Antonio, los que se mencionan a continuación:

La recepción de la materia prima, el análisis físico- químico de la leche cruda, descarga, almacenaje, control de calidad del producto en proceso, etc. Todos estos procesos ayudan a que la empresa cumpla con la demanda de manera eficiente y siempre cumpliendo con los estándares de calidad en cada uno de estos procesos. Los principales procesos son:

3.4.7.1 Recepción de leche.

La empresa lácteos san Antonio de la ciudad de Cañar recibe aproximadamente 50000 litros de leche por día, producto que proviene de los sectores aledaños a la planta de San Antonio.

Cuando el transporte llega a la planta, se realiza una inspección visual del estado de higiene del vehículo, luego se procede a agitar la leche del tanque para tomar la respectiva muestra de 500 mililitros aproximadamente, posteriormente se analiza la muestra en el laboratorio en donde se determina si la leche cumple o no con los estándares necesarios. Si el producto no cumple con los parámetros se rechaza y se devuelve al proveedor.

Si cumple con los parámetros se acepta la leche y se procede a la descarga y control volumétrico mediante el MRU (bomba automática para descarga de leche), luego pasa por las placas de enfriamiento para obtener leche cruda enfriada a 4 grados Celsius aproximadamente, el siguiente proceso es el almacenamiento en un silo de 30000 litros de capacidad. Para una mejor comprensión se presenta el diagrama de flujo de la recepción de leche en el **ANEXO A**.

3.4.7.2 Pasteurización

El método de pasteurización que maneja la planta es el denominado proceso HTSH en sus siglas en inglés (High Temperature/Short Time) Alta Temperatura/Corto Tiempo. Este método consiste en elevar la temperatura a un rango de 75 °C a 85 °C durante un lapso de 15 a 20 segundos, para en lo posterior ser enfriada drásticamente a 4 °C.

Este proceso, inicial para la elaboración de productos lácteos, asegura su inocuidad al controlar el riesgo de contaminación con microorganismos patógenos que causen enfermedades al consumidor,

y para efecto del proceso se lo realiza en un intercambiador de placas. Finalmente, la leche pasteurizada se almacena en silos, los mismos que mantienen la temperatura de la leche a 4° C. Más tarde, esta empezará a circular hacia la planta controlando el balance de flujo. Este control del caudal estará en función de la capacidad del equipo a donde se envíe.

Para la elaboración de crema de leche y mantequillas, la leche purificada, pasa por una máquina centrifugadora la cual se mueve a 6500 rpm, en donde, por efecto de la fuerza centrífuga, cualquier impureza en la leche que pudo haber pasado por los 2 filtros anteriores se separan, aquí también se obtienen las grasas de la leche que servirán para elaborar mantequillas y crema de leche. Finalmente se tiene la leche estandarizada con un determinado porcentaje de grasa de acuerdo con el tipo de leche que se elaborará (entera, semidescremada y descremada). Para una mejor comprensión se presenta el diagrama de flujo de la pasteurización de la leche en el **ANEXO B**.

3.4.7.3. Queso Fresco.

Para iniciar con el proceso de elaboración del queso, se debe liberar todos los equipos que va a intervenir en el proceso, esta actividad lo realiza el personal de laboratorio con la finalidad de tener esterilizado todas las áreas que va a estar en contacto con el producto.

Se recibe la leche a una temperatura de 20 a 30 °C en una cuba que tiene la capacidad de 3000 litros, posterior a esto se procede al calentamiento de la leche hasta llegar a una temperatura de 34 °C, es este transcurso de calentamiento se añade cloruro de calcio (600 gramos), y el ácido cítrico cuando la cuba está a medio llenar.



Figura 6-3: Llenado de cuba.

Realizado por: Santander William, 2021

Se toma una muestra de la leche cuando la cuba está llena para el respectivo análisis en el laboratorio, en donde se realiza los análisis Físicos- químicos (acidez, grasa, pH, sólidos totales, sólidos no grasos, densidad).

La adición de la Quimosina depende de la acidez de la leche ($^{\circ}\text{D}$), Al transcurrir un cierto tiempo de cuajado se realiza una prueba de corte para verificar el estado del coágulo por lo que se procede al corte de la cuajada de manera vertical por toda la masa de coágulo a una temperatura de 34°C .



Figura 7-3: Corte de cuajada.

Realizado por: Santander William, 2021

Luego del corte se realiza una agitación de la cuajada durante un tiempo de 20 minutos, después de este tiempo se procede al endureado de la misma subiendo la temperatura a 38°C . Una vez endureada la cuajada procedemos a la descarga a una temperatura de 38°C .



Figura 8-3: Dosificación.

Realizado por: Santander William, 2021

Para el moldeo se recoge la cuajada en una tolva de nivelador en donde es transportada por una cinta de desuere para el posterior llenado de los moldes. Una vez llenado los multimoldes son transportado por una cinta transportadora hasta la estación en donde se coloca las tapas en cada uno de los mismos y después son apilados en 7 filas.



Figura 9-3: Apilamiento de multimoldes

Realizado por: Santander William, 2021

Luego es llevado a la estación de volteado mediante un transpalet para que la pila de bandejas se introducido en la maquina volteadora, en la que se gira 180° con la finalidad de sacar la mayor cantidad de suero de la cuajada.



Figura 10-3: Volteado de multimoldes.

Realizado por: Santander William, 2021

Posteriormente se transporta a una prensa por un tiempo de 6 minutos a una presión de 0,4 bares, luego es regresado a la maquina volteadora para regresar a su posición inicial para posteriormente ser desmoldado.



Figura 11-3: Prensado de queso.

Realizado por: Santander William, 2021

Se coloca cada multimodo en la cinta transportadora para ser llevado a la maquina extractora de tapas de moldes, posterior a eso se retira los quesos del multimodo, y luego llevado a la máquina desmoldeadora donde mediante ventosas extrae los quesos del molde, el queso es sumergido en la tina con salmuera durante 45 minutos y luego ser colocados en bandejas y ser llevado a la zona de secado en donde permanecerá el queso hasta el siguiente día.



Figura 12-3: Desmoldeo y salado de quesos

Realizado por: Santander William, 2021

Para el empaque se traslada de la cámara de frío hasta la maquina empacadora y posterior a eso ser almacenado en un cuarto de frío hasta que el producto sea liberado para su distribución. Para



Figura 13-3: Empaquetado de quesos

Realizado por: Santander William, 2021

un mejor entendimiento revisar el **ANEXO C** donde se expone de manera detallada el diagrama de flujo sobre la elaboración de queso fresco.

3.5. Etapa de definición.

En esta etapa la definición del problema es la parte más importante para desarrollar esta metodología, es la comparación entre el proceso actual y el proceso adecuado. Toda propuesta de mejora y análisis estará enfocada en resolver la problemática que se plantea en esta etapa.

3.5.1. Selección del proyecto.

El desarrollo del proyecto Six Sigma se debe a que el director de planta de lácteos san Antonio, ha revelado el alto índice de variabilidad existente en la línea de elaboración de queso fresco, relacionado al peso del producto. Debido a este antecedente se planea aplicar la metodología antes mencionada para dar solución a esta problemática.

3.5.2. Diagrama SIPOC.

Para tener una idea más clara del proceso de elaboración de queso fresco se presenta el diagrama SIPOC en donde se representa todas las actividades que se realiza para la obtención del producto.

Tabla 2-3: Diagrama SIPOC; recepción de leche.

Proveedores	Entrada	Actividades				Salida
		¿Quién?	¿Qué?	¿Cómo?	Decisión/condición	
Transportistas de leche cruda	Leche cruda	Supervisor	Reserva de insumos para recepción	Mediante el sistema sap	No exista insumo en la producción	Leche cruda enfriada
			Recepción y validación de los insumos	Visualmente	Cumple con lo solicitado	
		Transportista	Ingreso de transporte	Vehículo con tanque inox	Aprueba laboratorio	
	Cantidad de leche cruda	Operativo	Control	Registro de recepción	Acepta o rechaza el transporte	
	Leche cruda		Agitación	Registro de inspección visual	Homogenizada	
			Muestreo	Muestra con su tarjeta de identificación	Cantidad de muestra	
	Leche cruda	Laboratorio	Gestión de laboratorio en la recepción	Análisis físico químico de la leche	¿Cumple con los parámetros? Si: se acepta la leche no: se rechaza	
		Operativo	Control del mru para la medición de volumen	Control del equipo	Aceptación de la medición	

			Control de la temperatura de enfriamiento	Mediante flujo	Temperatura de refrigeración
			Almacenamiento	Tubería	Silo liberado
	Notificar	Supervisor	Notificación de recepción	Mediante sistema sap	Verificación de cantidad
	Cantidad de leche cruda	Administrativo	Verificación de recepción de cantidades	Mediante registros	Ingreso al sap
	Leche cruda	Operativo	Despacho	Mediante carga de tanqueros	Planificación

Fuente: Lácteos San Antonio, 2021.

Realizado por: Santander William, 2021.

Tabla 3-3: Diagrama SIPOC; pasteurización de leche.

Proveedor	Entrada	Actividades				Salida
		¿Quién?	¿Qué?	¿Cómo?	Decisión/condición	
Recepción	Planificación	Supervisor	Orden de producción	Mediante el sistema sap	Exista orden de pedido	Leche pasteurizada
			Reserva de insumos para pasteurización	Mediante el sistema sap	No exista insumo en la producción	
			Recepción y validación de los insumos	Visualmente	Cumple con lo solicitado	
	Leche cruda	Operativo	Transporta el producto desde recepción	Mediante tubería	Leche pasada por el mru	
			Almacenamiento de leche en el tanque	Mediante tubería	Silo liberado	
		Operador	Regulación de flujo	Flujo1 (5000 l/h) flujo 2 (2000 l/h)	Capacidad del equipo	
			Control de temperatura para el precalentamiento	Con regeneración de calor	Cumplir etapas de pasteurización	
			Clarificación	Mediante centrifuga	Planificación	
			Estandarización	Mediante centrifuga	Planificación	
			Pasteurización	75 a 85°C durante 15 a 20 seg	Planificación	
			Control de temperatura de enfriamiento	Flujo y lectura de termómetros	Tipo de proceso	
			Almacenamiento de leche pasteurizada	Mediante tubería	Silo liberado	
			Supervisor	Notificación de leche pasteurizada	Mediante el sistema sap	

		Laboratorio	Gestión de laboratorio en pasteurización	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos	¿cumple con los parámetros? Si: se despacha no: se reprocesa	
--	--	-------------	--	---	--	--

Fuente: Lácteos San Antonio, 2021.

Realizado por: Santander William, 2021

Tabla 4-3: Diagrama SIPOC; queso fresco.

Proveedor	Entrada	Actividades				Salida	
		¿Quién?	¿Qué?	¿Cómo?	Decisión/condición		
Pasteurización	Planificación	Supervisor	Orden de pedido	Mediante el sistema SAP	Exista orden de pedido	Queso Fresco	
	Notificar		Reservas de insumos para producción	Mediante el sistema SAP	No exista insumo en la producción		
			Recepción y validación de los insumos	Visualmente	Cumple con lo solicitado		
	Leche cruda	Operador de la quesera	Limpieza de equipos	CIP/COP	Planificación de la producción		
	Cantidad de leche cruda		Solicitar liberación de equipos	Aviso a laboratorio	Cumplimiento del procedimiento de limpieza		
	Leche cruda	Laboratorio	Control de limpieza de equipos	Control ATP	¿Cumple con los parámetros? Si: Continúa el proceso No: limpieza de equipos		
			Operador de la quesera	Control para llenado de cubas	Registro de control de la quesera		
				Control de temperatura de calentamiento	Termómetro		
		Adición de aditivo					
		Operador de la quesera	Laboratorio	Gestión de Laboratorio en la quesera			¿Cumple con los parámetros? Si: continúa el proceso No: Fin del proceso
				Control de Corte de Cuajada	Control de Endurado de cuajada		
			Descarga				
			Moldeado				
			Tapado				
			Volteado				
			Prensado		Registro de control de la quesera		
			Volteado				
			Desmoldeado				
	Almacenamiento		Traslado del queso a la cámara de secado				
		Empacado					
Sellado							
Fecha							
Notificar	Supervisor	Notifica el producto terminado					
Leche cruda	Laboratorio	Gestión de Laboratorio en la quesera	10 muestras: 4 primera parada 4 segunda parada 2 tercera parada	¿Cumple con los parámetros? Si: Se despacha No: se desecha			

	Operador de la quesera	Despacho		
--	------------------------	----------	--	--

Fuente: Lácteos San Antonio, 2021.

Realizador por: Santander William, 2021.

3.6. Carta del proyecto (Project Charter).

Tabla 5-3: Carta del Proyecto

TÍTULO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN DE LOS QUESOS EN LA PLANTA DE LÁCTEOS SAN ANTONIO DE LA CIUDAD DE CAÑAR APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD DE LOS PESOS.		
EQUIPO DE TRABAJO		
Nombre		Cargo en la Empresa
William Santander	Investigador	
Ing. Juan Carlos Romero	Jefe de Planta	
Ing. Franklin Tusa	Calidad	
Ing. José Orbe	Administrador	
Ing. Cecilia Barahona	Jefa de Producción	
PROBLEMA		OBJETIVO
El área de producción del queso fresco existe alta variabilidad en los pesos del queso, en lo cual no cumple con los parámetros establecidos por las especificaciones técnicas, provocando quejas por parte de los clientes y pérdidas a la empresa.		Reducir la variabilidad de los pesos en el área de elaboración de quesos y así cumplir con los parámetros establecidos y así satisfacer las demandas del cliente.
ALCANCE DEL PROYECTO		PARTES INTERESADAS
El proyecto abarca desde el llenado de la cuba hasta su empaque, haciendo uso de la metodología DMAIC.		<ul style="list-style-type: none"> • Gerente General • director de planta • Administrador • jefe de producción
PLAN DEL PROYECTO		
ETAPA	INICIO	FIN
Definir	22/11/2021	03/12/2021
Medir	06/12/2021	24/12/2021
Analizar	28/08/2021	07/01/2022
Controlar	24/01/2022	04/02/2022

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2021.

3.7. Etapa de medición.

3.7.1. Plan de recolección de datos.

La recolección de datos de manera adecuada es crucial para el éxito del proyecto, es aquí en donde se determina la forma de trabajo actual que está realizando la empresa y mide cuantitativamente el estado actual del proceso respecto al deseado.

Se iniciará con el control de peso de varias muestras de queso luego del proceso, muestras que se usaran para el estudio de la variabilidad que está presente en la producción, la misma que se busca medir.

3.7.1.1. Fórmula del tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad \text{Ecuación 1: tamaño de muestra}$$

En donde:

N = tamaño de la población,

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada,

Q = probabilidad de fracaso, i = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Los datos para el manejo de la ecuación mostrada son:

N= 800 (quesos)

Z= 2,24 (97,5%)

P=95%

q= 5%

i= 5%

Con estos datos para el cálculo del tamaño de la muestra, se obtiene que el número de muestra mínimo con la que se debe trabajar es de 85.

La recolección de los datos fue tomada en diferentes días para que exista la variación de condiciones como en el caso de la materia prima, operarios y materiales que intervienen en el proceso.

3.7.2. Planificación de recolección de datos.

Se planteo una planificación con las fechas tentativas en las que se llevará a cabo las diferentes etapas de la metodología DMAIC empleada en el presente trabajo de titulación, los datos se encuentran presentados en la **tabla 6-3** que se encuentra a continuación:

Tabla 6-3: Plan de recolección de datos

ACCIÓN	COMPONENTES	OBJETIVOS	HERRAMIENTAS	MESES																			
				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO											
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Metodología Six Sigma (DMAIC)	Definir	Realizar un diagnóstico previo de las condiciones de los procesos de producción de la empresa de lácteos San Antonio.	-Project Chárter -SIPOC -VOC -CTQ																				
	Medir	Recolectar los datos, parametrizar los fallos, y calcular el rendimiento del proceso y el nivel sigma de desempeño y reconocer de las oportunidades de mejora	-Gráficos de Control de Calidad. -Histograma -Análisis de capacidad																				
	Analizar	Llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos	-Diagrama Ishikawa - ANOVA																				
	Mejorar	Desarrollar, implementar y validar alternativas de mejora para el proceso.	-Diseño de experimentos - Estandarización de procesos																				
	Controlar	Diseñar e implementar una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente	-Gráficos de Control de Calidad. -Histograma -Análisis de capacidad																				

Fuente: Santander William, 2021.

Realizado por: Santander William, 2021.

3.7.3. Estudio de repetibilidad y reproductibilidad. (R&R).

Antes de empezar con la toma de datos se realizó el estudio del instrumento de medición, para asegurar que los datos no tengan problema de medición con relación al instrumento. El instrumento que se utilizara en una balanza digital modelo PA1502 con una capacidad máxima de 1510 gramos.

Para que la prueba sea válida se tomó como referencia científica el libro de Gutiérrez y Salazar “Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma”, en donde se consideró las indicaciones a seguir para un correcto estudio de repetibilidad y reproductividad, las que se mencionan a continuación:

- Las muestras se tomaron por 2 operadores diferentes.

- El periodo de muestreo se realizó en dos días, con el objetivo que cambie las condiciones ambientales de trabajo.
- Se recolecto un tamaño de muestra de 10 unidades al azar de la producción total.
- Se realizo dos replicas por operador.

Las muestras fueron escogidas de manera aleatoria de modo que todos tengan la misma probabilidad de ser escogidas para la realización del estudio. Los ensayos realizados con el instrumento se presentan a continuación en la **tabla 7-3**.

Tabla 7-3: Datos para prueba R&R

250 g				
	Día 1		Día 2	
	OPERARIOS			
# de ensayo	MARCO		JORGE	
1	270	270	270	270
2	253	253	253	253
3	249	249	249	249
4	279	279	279	279
5	250	250	250	250
6	247	247	247	247
7	255	254	254	254
8	265	265	265	265
9	256	256	256	256
10	251	251	251	251

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2021

Los cálculos fueron desarrollados mediante el programa Minitab 2019, en donde se dio los resultados que a continuación se detalla.

Tabla 8-3: Datos para prueba R&R

R&R del sistema de medición para Medición

Nombre del sistema de medición:	Variación de la Medición
Fecha del estudio:	11/11/2021
Notificado por:	William Santander
Tolerancia:	<30%
Misc:	Lácteos San Antonio

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2021

Tabla 9-3: Datos para prueba R&R

Componentes de la varianza

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,025	0,02
Repetibilidad	0,025	0,02
Reproducibilidad	0,000	0,00
Operadores	0,000	0,00
Parte a parte	109,856	99,98
Variación total	109,881	100,00

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2021

El resultado de esta medición es de 0,02% en donde indica las medidas de los datos y su valor es menor al 10%.

Tabla 10-3: Datos para prueba R&R

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. Estudio (6 × DE)	%Var.estudio(%VE)
Gage R&R total	0,1581	0,9487	1,51
Repetibilidad	0,1581	0,9487	1,51
Reproducibilidad	0,0000	0,0000	0,00
Operadores	0,0000	0,0000	0,00
Parte a parte	10,4812	62,8872	99,99
Variación total	10,4824	62,8944	100,00

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2021

Indicador de Precisión/Tolerancia = 1,5%. En función a los valores la norma general dice, que la contribución a la variabilidad del instrumento debe ser menor a 30%, como se observa en los datos el resultado es de 1,5 %, es decir la contribución del instrumento es mínima por lo que se considera que el instrumento es óptimo para realizar la toma de datos.

Informe de R&R del sistema de medición (ANOVA) para Medición

Nombre del sistema de medición : Variación de la Medición
 Fecha del estudio: 11/08/2021

Notificado por: William Santander
 Tolerancia: <30%
 Misc: Lácteos San Antonio

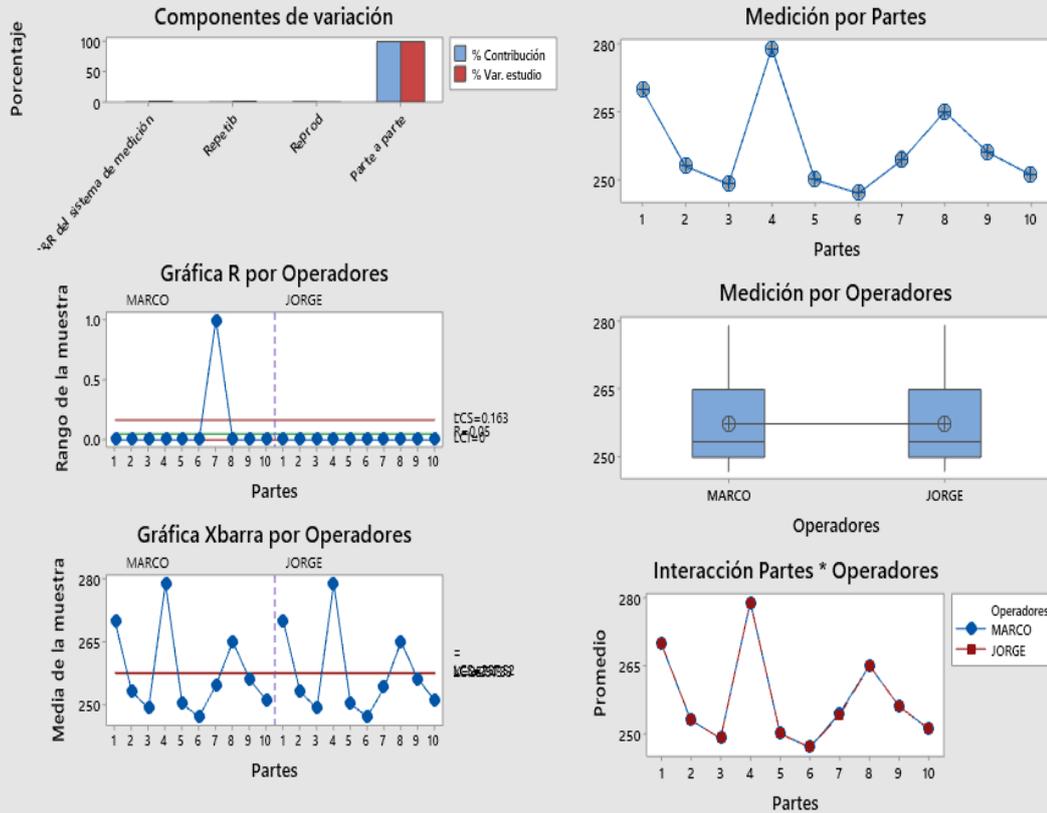


Gráfico 1-3: Informe del sistema

Fuente: Lácteos San Antonio

3.7.3.1. Componentes de variación.

El gráfico muestra que la repetibilidad y reproducibilidad son bajas y el parte a parte es alto cumpliendo así las condiciones.

3.7.3.2. Gráfico R por operador.

En este gráfico se observa que el operador Marco tiene inconsistencia al momento de utilizar el sistema de medición.

3.7.3.3. Gráfico Xbarra por operador

Los datos se encuentran fuera de los límites de control esto demuestra la variación que existe entre las partes, es decir el sistema de medición está identificando correctamente la diferencia que existe entre las partes generando así esta salida de control de los datos.

3.7.3.4. Medición por partes

En la medición por partes no existe variabilidad o hay poca variabilidad por lo que se puede concluir que las mediciones de las partes no tienen variabilidad significativa.

3.7.3.5. Medición por operador

Las mediciones de los operarios están en un mismo rango, es decir que las mediciones son las mismas entre los operarios, con una mediana de 253,5 para los dos operarios y las líneas son paralelas entre sí.

3.7.3.6. Análisis de la capacidad del proceso.

En capítulos anteriores se revisó la teoría de la capacidad de proceso y de allí la conclusión de que si se cumple o no con los parámetros de calidad que se desea.

Se recolectaron 85 muestras en diferentes días durante cuatro días dando un total de 340 datos, este es un valor recomendable para el manejo de histogramas y cartas de control. Los límites de especificación para el queso de 500g han sido dados por la propia empresa, estos son:

Tabla 11-3: Especificaciones del producto

Límite	Gramos
Límite inferior	495
Peso Óptimo	520
Límite Superior	550

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2022

A continuación, se muestra los datos tomados de los pesos, para realizar el cálculo de análisis de capacidad del proceso a estudiar, los datos se detallan en la tabla **12-3**.

Tabla 12-3: Datos de los pesos del queso

N°	PESO(gramos)	PESO(gramos)	PESO(gramos)	PESO(gramos)
1	515	540	563	552
2	489	544	550	510
3	567	528	573	527
4	536	517	556	542
5	528	539	578	540
6	522	520	571	562
7	538	501	538	551
8	544	527	561	543
9	555	519	525	547
10	543	537	541	539
11	530	524	560	531
12	517	541	541	508
13	545	533	533	511
14	528	530	553	547
15	516	517	558	548
16	496	503	542	554
17	545	514	532	577
18	550	503	543	536
19	534	497	557	579
20	524	513	523	557
21	494	546	551	527
22	519	521	534	495
23	523	535	553	506
24	539	558	527	481
25	515	531	548	487
26	544	510	556	538
27	543	560	545	497
28	536	541	541	530
29	515	532	557	541
30	529	542	566	513
31	510	536	575	491
32	495	537	548	523
33	502	536	541	516
34	544	555	536	519
35	532	554	535	550
36	538	534	535	511
37	555	547	528	505
38	457	530	525	541
39	461	515	548	504
40	449	549	513	496
41	568	548	501	538
42	539	531	527	559
43	547	552	525	552
N°	PESO(gramos)	PESO(gramos)	PESO(gramos)	PESO(gramos)

44	541	520	518	524
45	555	502	548	543
46	542	515	548	543
47	560	530	542	558
48	559	516	526	568
49	567	535	516	537
50	548	511	532	499
51	554	538	534	534
52	535	533	542	538
53	548	543	536	546
54	575	528	555	552
55	544	538	559	492
56	525	544	543	558
57	512	541	520	563
58	503	518	513	550
59	543	515	523	517
60	523	536	500	502
61	515	502	528	527
62	580	507	514	554
63	528	559	524	548
64	530	530	493	508
65	507	524	522	508
66	515	525	539	530
67	521	525	532	523
68	553	578	525	517
69	561	553	536	535
70	559	526	510	516
71	527	555	537	518
72	554	498	515	502
73	558	544	506	515
74	551	508	519	527
75	520	518	528	527
76	533	514	508	512
77	508	535	555	557
78	535	531	559	527
79	482	547	552	557
80	514	569	652	565
81	602	598	601	563
82	615	596	568	586
83	593	604	596	613
84	603	598	620	601
85	578	522	524	589

Fuente: Lácteos San Antonio

Realizado por: Santander William, 2022

Se calcula X media de las medias del proceso, la cual se obtienen con la siguiente formula.

$$\bar{X} = \frac{\sum(\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 \dots + \bar{X}_n)}{n} \quad \text{Ecuación 2: media}$$

En donde:

n= 85 que es el número de muestras por subgrupo.

$$\bar{X} = \quad | \quad 536.14$$

Se realizó la sumatoria de las medias en base al número de subgrupos, a los cuales se los dividió por el n=85 subgrupos, dando como resultado una media de 536,14. Luego se calcula la desviación estándar, la cual se obtiene con la siguiente formula.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{Ecuación 3: desviación estándar}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R(\#max - \#min)}{n}$$

Donde:

\bar{R} = Media de los rangos

d2 = Valor constante que depende del número de subgrupos, donde para el tamaño de subgrupo de 4 con el cual se está trabajando, el valor de $d_2=2,059$

$$\bar{R} = \frac{\sum R(\#maxn - \#min)}{n}$$

$$\bar{R} = 44,72$$

Se calculó la media del rango con respecto a los 85 subgrupos, dando un total de 44,72.

Calculado el \bar{R} se procede a reemplazar datos en la fórmula.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\sigma = \frac{44,72}{2,059}$$

$$\sigma = 21,72$$

En base a la media de los rangos 44,72 y el valor d_2 , constante utilizada para el número de subgrupos, se obtuvo la desviación estándar igual a 21,72 la cual nos indica que nuestros datos están dispersos con respecto a la media.

Por último, se calcula el Cp. (capacidad del proceso). Aplicando la siguiente formula.

$$Cp = \frac{LES - LEI}{6 * \sigma} \quad \text{Ecuación 4: capacidad del proceso}$$

Donde:

LES= Límite superior

LEI= Límite Inferior

σ = Desviación estándar del proceso anteriormente calculada, multiplicada por 6 ya que es la variación real debido a las propiedades de la distribución normal.

$$Cp = \frac{550 - 495}{6 * 21,72}$$

$$Cp = 0,42$$

La capacidad del proceso es de 0,42 por lo que se ubica en la categoría 4, esto quiere decir que el proceso no es adecuado para el trabajo, por lo que se recomienda de modificaciones.

3.7.3.2 Índices de capacidad variable mediante software Minitab 19.

A continuación, se presenta el gráfico 2-3, que muestra el índice de capacidad de la variable peso, haciendo uso del software Minitab 19.

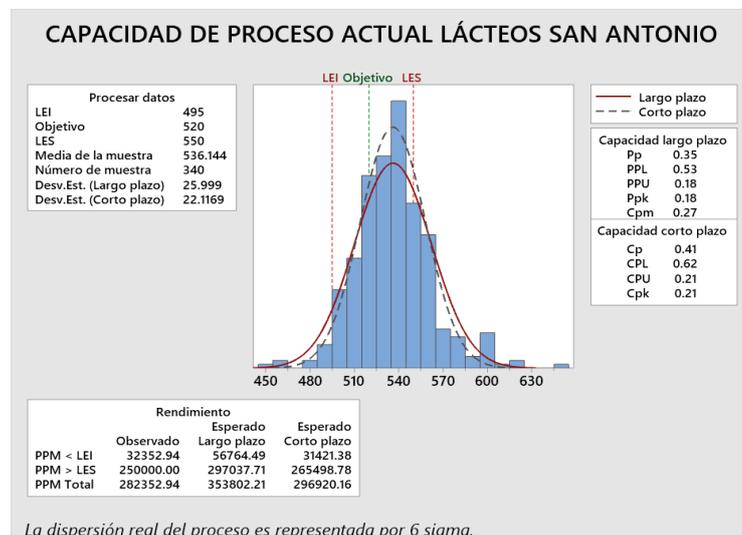


Gráfico 2-3: Índice de capacidad

Realizado por: Santander William, 2021.

La representación del gráfico indica los resultados que se obtuvieron con respecto a la capacidad del proceso actual, en relación con el peso del producto. La cual se visualiza una variabilidad muy alta, datos que se encuentran alejados del objetivo así también valores que se encuentran fuera de los límites de especificación inferior y superior.

- **Índice de capacidad Cp (Pp):** Para que el proceso sea aceptable el valor de $Cp > 1.33$ por lo cual se afirma que el proceso no está controlado, el valor Cp que se obtuvo en el estudio es de 0.41.
- **Índice de Capacidad inferior Cpi (PPL):** De la misma manera el valor recomendado es de 1.25 para afirmar que el proceso no trabaja con las condiciones inferiores. Es aquí el punto crítico del proceso ya que es de suma importancia el cumplimiento del límite inferior para que se empaque pesos mayores al límite inferior.
- **Índice de Capacidad superior Cps (PPU):** Para este índice el valor recomendado es de 1.25. El valor calculado es de 0.18 obteniendo valores altos en pesos en gran cantidad.
- **Índice de Capacidad real del proceso Cpk (Ppk):** Aquí es en donde se enfocan el centrado del proceso y se considera el valor mínimo de Cps y Cpi, como el valor es de 0,21 por lo que se considera que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones.
- **PPM < LEI:** La probabilidad de que existan productos defectuosos por debajo del límite inferior es de 32352,94 unidades por cada 1 000 000 de unidades producidas.
- **PPM < LES:** La probabilidad de que existan productos defectuosos por encima del límite superior es de 250 000 unidades por cada 1 000 000 de unidades producidas.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Etapa de análisis.

4.1.1. Diagrama 5 porqués.

Como ya se sabe el principal problema es, la alta variabilidad del peso de los quesos, por lo que se analizará el problema usando la herramienta 5 porqués y el diagrama Ishikawa simultáneamente, es aquí en donde mediante la representación gráfica se encontrara las posibles causas que afectan directamente a la alta variabilidad en los pesos de los quesos. El uso de las 5 M s (Materia prima, método, mano de obra, máquinas y medio ambiente) es indispensable a la hora del uso del diagrama Ishikawa. Para el correcto análisis de la herramienta 5 porqués era necesario entablar una conversación con el administrador de planta, la jefa de producción y los operarios involucrados en la dosificación de la cuajada en el multimolde.

El factor “medio ambiente” no influye en ninguna circunstancia con el peso de los quesos por lo que es descartado para el estudio, debido que en toda la línea de producción se encuentra limpia y ordenado, además de que la temperatura y otros factores se mantienen constantes, las actividades que realizan los hacen bajo estrictas normas de higiene, ya que los trabajadores están en contacto con el producto. Entonces los 5 porqués se realiza a la Mano de Obra, Máquinas,

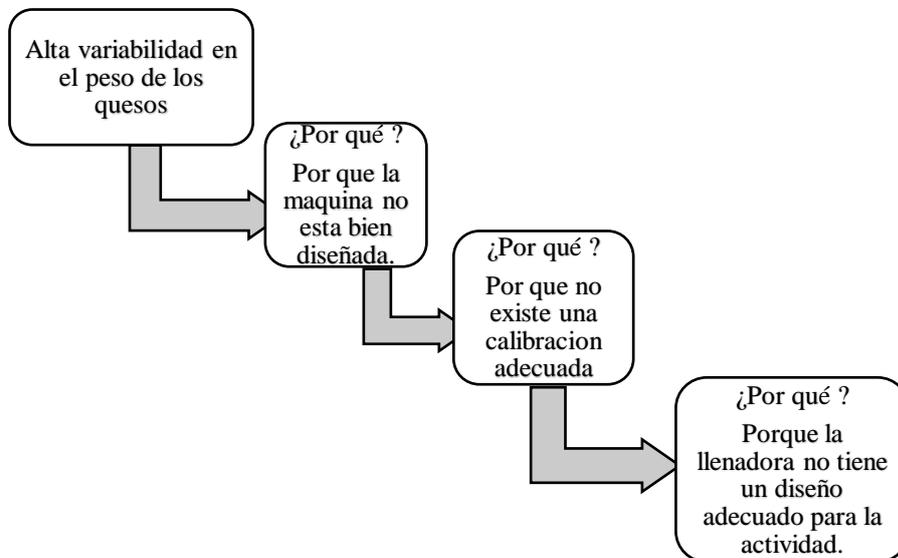


Gráfico 1-4: Diagrama 5 porqués; Máquina.

Realizado por: Santander William, 2021.

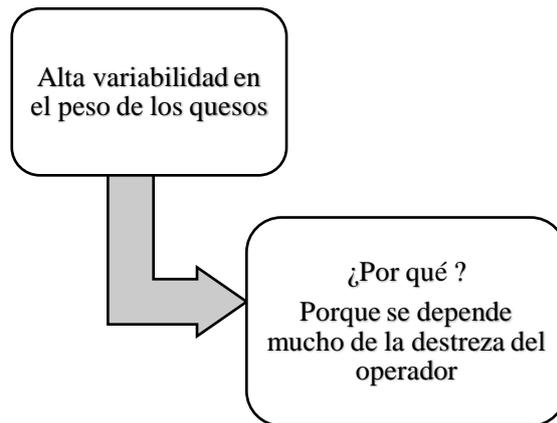


Gráfico 2-4: Diagrama 5 porqués; Mano de obra.

Realizado por: Santander William, 2021

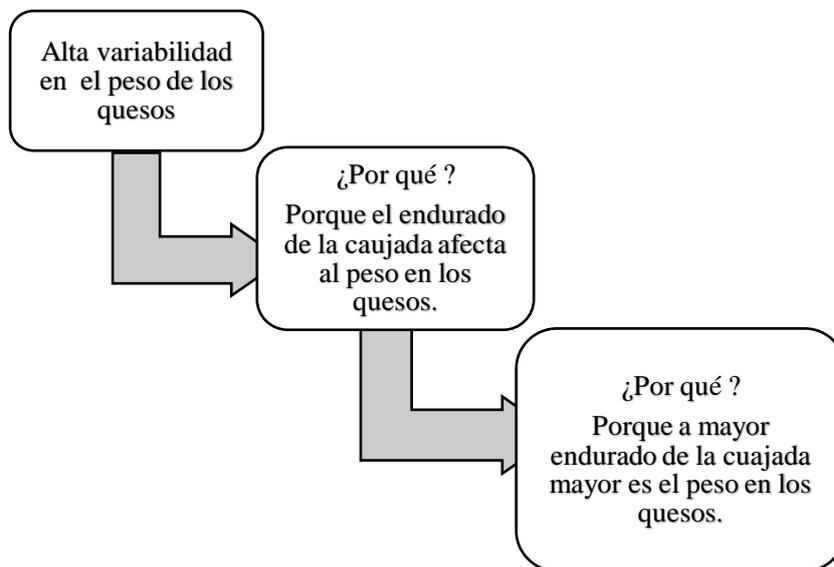


Gráfico 3-4: Diagrama 5 porqués; Materia prima

Realizado por: Santander William, 2021

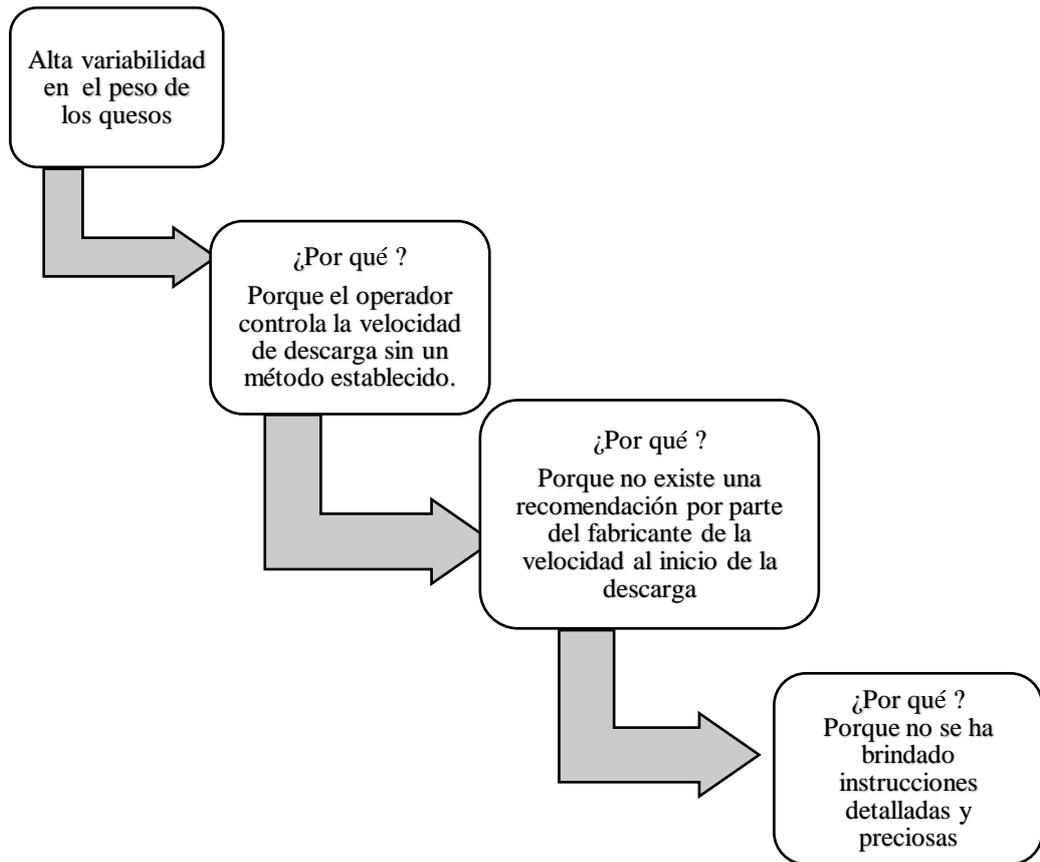


Gráfico 4-4: Diagrama 5 porqués; Método

Realizado por: Santander William, 2021

4.1.2. Diagrama Ishikawa

Aquí se identificarán las causas que más influyen en la variabilidad del proceso que fueron identificados en el diagrama 5 porqués, para la elaboración del diagrama Ishikawa fue necesario observar el proceso durante la jornada de trabajo y realizar preguntas a todo el personal que interviene en el proceso que conocen de manera directa las posibles causas que afectan a la variabilidad. Toda la información obtenida ha sido de gran importancia para la elaboración del diagrama “Causa- Efecto”.

El diagrama “Causa- Efecto” se ilustra en el **gráfico 5-4**, con todas las posibles causas que necesarias para una posterior identificación de los factores con mayor influencia en la variabilidad del proceso.

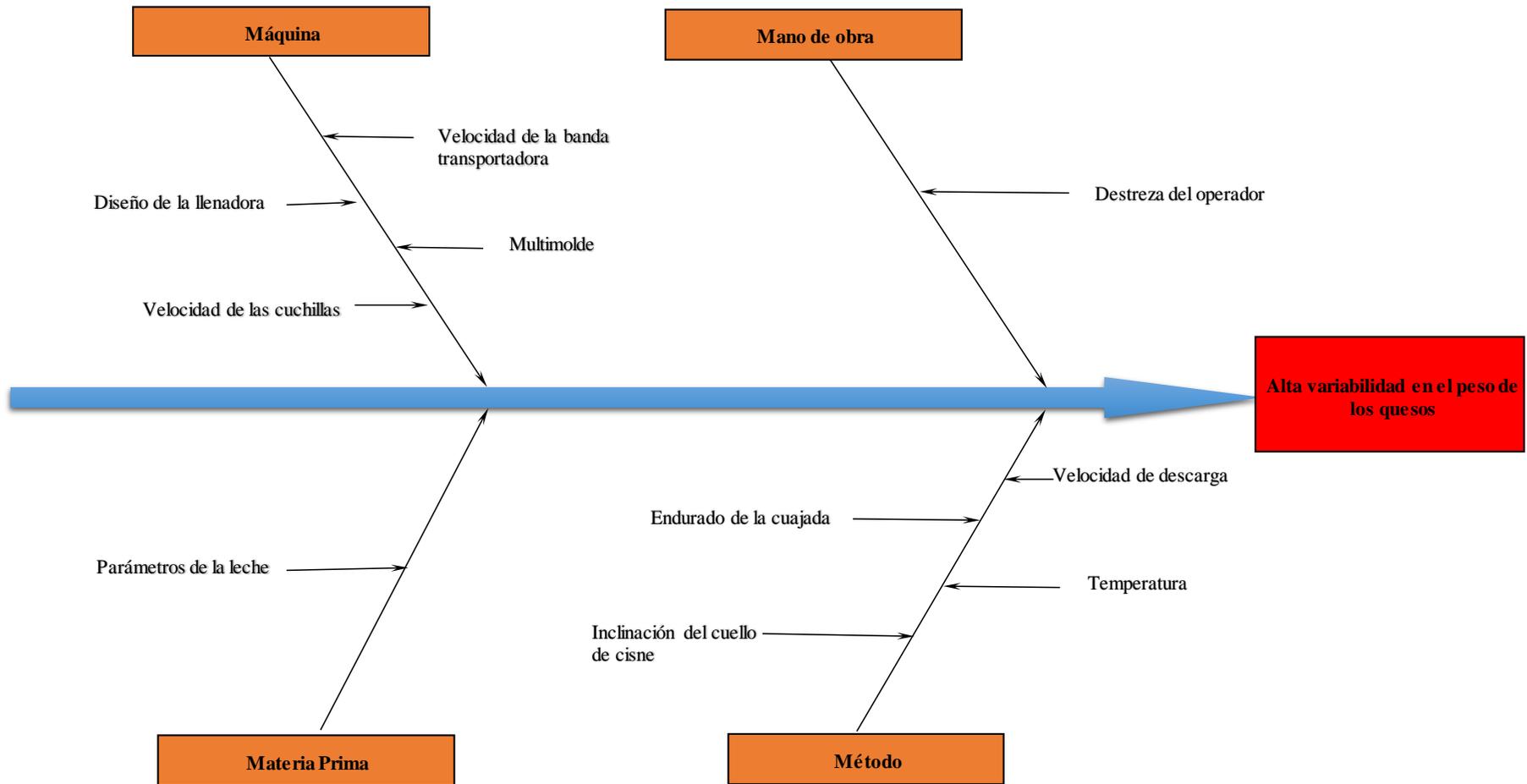


Gráfico 5-4: Diagrama Ishikawa.

Realizado por: Santander William, 2021

4.1.2.1. Matriz Causa-Efecto

Posterior al planteamiento de las posibles causas que influyen en la variabilidad en los pesos de los quesos, se aplicó la matriz de causa-efecto para de esta manera determinar los factores que más relación tenga con la problemática estudiada, para consecuentemente profundizar el análisis en dichos factores. Para esta matriz se consideró las siguientes valoraciones en las relaciones entre los factores y la variabilidad estudiada: “9” una relación fuerte, “4” una relación moderada, “1” una relación baja y “0” una relación nula.

Tabla 1-4: Matriz Causa-Efecto.

MATRIZ CAUSA EFECTO -MC&E					
TÍTULO DEL PROYECTO					
Yi (id)		Salidas del proceso (Yi)			
		1	2	3	4
Nombre Y's		Peso	Cantidad	Recorte	
Puntaje importancia de cada Y's para el cliente		10	9	7	
ENTRADAS DEL PROCESO (Xi)		RELACIÓN IMPORTANCIA ENTRE CAUSA - EFECTOS Xi <---->Yi			TOTAL
Xi (Id)	Nombre de cada Xi				
1	Parámetros de la leche	1	1	0	19
2	Destreza del operador	9	9	4	199
3	Velocidad de la descarga	9	9	9	234
4	Diseño de la llenadora	4	0	0	40
5	Endurado de la cuajada	9	9	9	234
6	Velocidad de las cuchillas	1	1	0	19
7	Grado de inclinación del cuello de cisne	4	1	0	49
8	Velocidad de la banda transportadora	1	1	0	19
9	Multimolde	4	1	0	49
10	Distribución de la cuajada en las torres	9	9	4	199
11	Temperatura	1	1	0	19
Total					1080

Realizado por: Santander William, 2021

4.1.3. Diagrama de Pareto

Posteriormente a la aplicación de la matriz causa-efecto, se obtuvieron varias ponderaciones que nos permite medir el nivel de la relación que tiene cada uno de los factores analizados con la variabilidad en los pesos estudiada, de esta manera se optó por la aplicación del diagrama de Pareto que nos facilitó la determinación de aquellos factores principales con mayor con incidencia variabilidad estudiada.

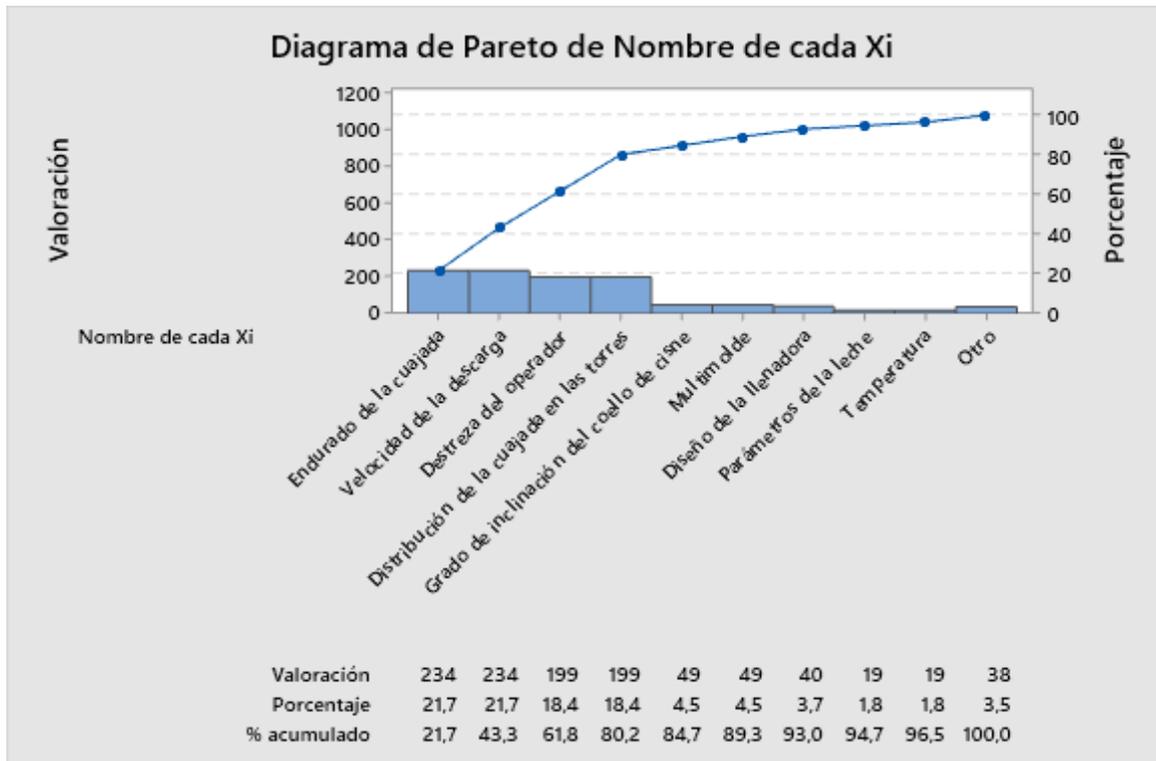


Gráfico 6-4: Diagrama de Pareto; Principales causas.

Realizado por: Santander William, 2021

Interpretación: Del diagrama de Pareto aplicado para identificar las causas con mayor nivel de relación en el variabilidad de los pesos estudiada, se determinó que aproximadamente el 80% de la influencia en la variabilidad proviene cuatro factores, siendo estos: Endurado de la cuajada, velocidad de descarga, destreza del operador y distribución de la cuajada en las torres, por lo que se debe ampliar el análisis en estos factores para determinar posibles mejoras que nos permitan controlar la variabilidad estudiada.

4.1.4. Análisis de la causa raíz.

Cabe señalar que una de las causas que mayor significancia que tiene es “El enduredo de la cuajada”. Esta causa se determinó debido a que todas las personas que están involucradas en el proceso como el administrador de planta, jefa de producción y los operarios concuerdan que esa es una causa muy importante que afecta el correcto funcionamiento del proceso.

La justificación que se dio respecto a cómo se está trabajando es que, los pesos están relacionados directamente con el nivel de enduredo de la cuajada y que es difícil de apreciar o medir, debido a que no existe un instrumento con el cual se pueda medir el enduredo y todo depende la apreciación del operador, él es el que decide cuando la cuajada esta lista para la descarga. Al inicio de la descarga la cuajada es más líquida por lo que los pesos son bajos y al transcurrir el tiempo y la agitación provocada por las liras que están en movimiento durante la descarga hacen que la cuajada se endure cada vez más obteniendo pesos mayores al final.

La velocidad de la descarga: Esta actividad lo realiza el operador sin una velocidad de inicio preestablecida debido a que no existe una velocidad o una recomendación de parte del fabricante que determine a qué velocidad debe trabajar. El enduredo de la cuajada es distinta para cada producción, es por eso por lo que no existe una velocidad determinada de funcionamiento de la bomba lobular, tan solo la experiencia del operador que ha ido regulando y mejorando de manera empírica el proceso.

Destreza del operador: Debido a que es imposible una estandarización del proceso de elaboración del queso fresco esto hace que el operario de la llenadora vaya controlando la velocidad de la bomba a criterio propio de acuerdo con su experiencia que ha ido ganando con el transcurrir del tiempo, ya que todo depende del estado de la cuajada a la que se empieza a descargar, es decir si la cuajada esta dura o seca se trabaja con una velocidad mayor con respecto a que si la cuajada esta más suave.

La distribución de la cuajada en las torres: Esto se debe a que al momento de la descarga la cuajada es transportada mediante una bomba hasta la banda transportadora incorporada en la llenadora, en donde se separa la cuajada de gran parte del suero y trasladada a la tolva. Aquí el producto cae por gravedad hacia las columnas de 12 agujeros y es distribuidas por unas paletas metálicas, este llenado no se hace a los 12 agujeros al mismo tiempo, sino que, en 3 filas de 4, dando el total de 12 porciones.

4.1.5. Análisis de varianza

Se realizó el análisis de varianza para cada uno de los factores que se han determinado como posibles causantes de la variabilidad estudiada en el peso de los quesos de la línea de producción.

4.1.5.1. Análisis de varianza de descarga

Se llevó a cabo el análisis de varianza mediante el uso de Excel y también, se comprobó su veracidad mediante el uso de software especializado, en este caso Minitab 2019. Se consideró dos posibles niveles en la velocidad de descarga de la cuajada, siendo las velocidades de 500 RPM y 714 RPM.

Tabla 2-4: Datos de la velocidad de descarga.

VELOCIDAD DE DESCARGA	REPLICAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
500 RPM	499	512	505	494	504	507	506	515	522	493	493	510
714 RPM	484	470	567	480	463	446	465	495	470	501	485	447

Realizado por: Santander William, 2022.

Para ello se plantearon las siguientes hipótesis:

- H_0 : La velocidad de descarga no influye en los pesos del queso.
- H_a : La velocidad de descarga sí influye en los pesos del queso.

Tabla 3-4: Análisis de varianza de la velocidad de descarga (Excel)

ANÁLISIS DE VARIANZA							CD	APRUEBA
FV	SC	GL	CM	FO	Probabilidad	F		
Velocidad de descarga	3432,04	1	3432,04	6,22	0,02	4,30	S	Ha: La velocidad de descarga si influye en los pesos del queso.
Error	12134,92	22	551,59					
Total	15566,96	23						

Realizado por: Santander William, 2022.

Tabla 4-4: Tabla ANOVA: Velocidad de descarga Minitab 2019

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
VELOCIDAD DE DESCARGA	1	3432	3432.0	6.22	0.021
Error	22	12135	551.6		
Total	23	15567			

Realizado por: Santander William, 2022.

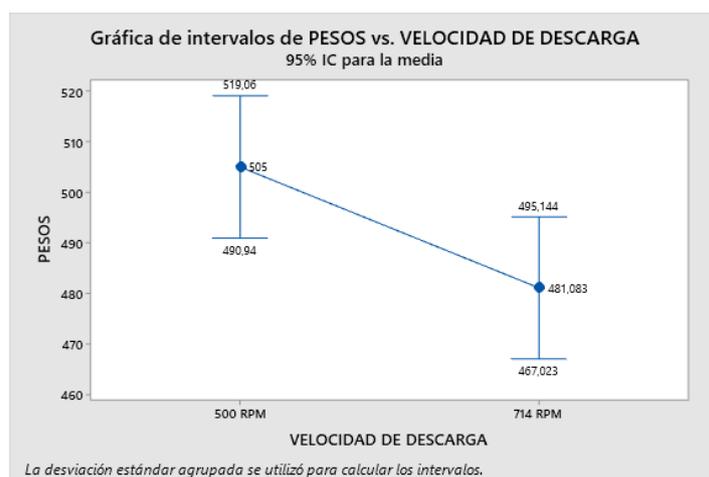


Gráfico 7-4: Gráfico de varianza de velocidad de descarga

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: Del análisis de varianza se logró determinar que efectivamente la velocidad de descarga de la cuajada tiene una influencia significativa sobre la variabilidad en el peso de los quesos, dándonos como resultado que con la velocidad de 500 RPM obtenemos una variabilidad más aceptable para los estándares de la empresa

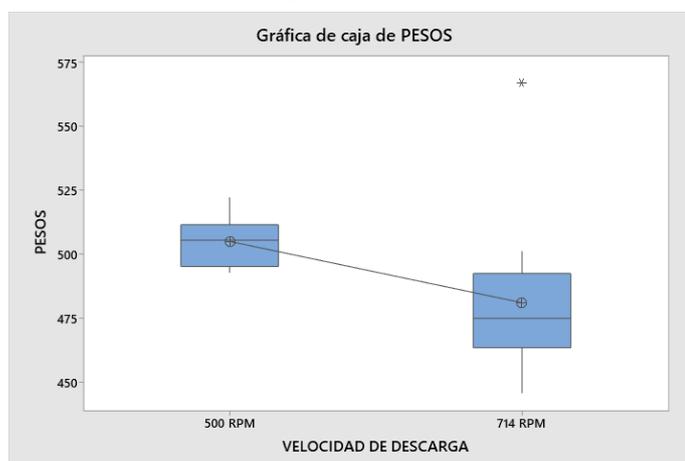


Gráfico 8-4: Gráfico de caja de velocidad de descarga

Realizado por: Santander William, 2021

Interpretación: En este grafico se puede observar que con la velocidad de 500 rpm la variabilidad de los pesos de los quesos es menor en relación con la velocidad de 714 rpm.

4.5.1.2. Análisis de varianza de los operadores

En el proceso de la descarga de la cuajada uno de los factores que se debe analizar son los operadores encargados de llevar a cabo esta labor, mediante información obtenida de la empresa se conoció que solamente dos operadores son los responsables de esta actividad; Israel y Jorge.

Tabla 5-4: Datos de los operadores de la cuba.

OPERADOR	REPLICAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ISRAEL	489	495	502	507	514	501	500	522	501	506	519	516
JÓRGE	464	485	509	451	479	528	473	512	446	485	476	481

Realizado por: Santander William, 2022.

Para ello se plantearon las siguientes hipótesis:

- H_0 : El método de trabajo del operador no influye en los pesos del queso.
- H_a : El método de trabajo del operador sí influye en los pesos del queso.

Tabla 6-4: Análisis de varianza de los operadores

ANÁLISIS DE VARIANZA							CD	APRUEBA
FV	SC	GL	CM	FO	Probabilidad	F		
OPERADOR	3337,04	1	3337,04	9,70	0,00506	4,30	S	Ha: El operador de la cuba si influye en los pesos del queso.
ERROR	7570,92	22	344,13					
Total	10907,96	23						

Realizado por: Santander William, 2022.

Tabla 7-4: Tabla ANOVA: Operadores

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
OPERDOR	1	3337	3337.0	9.70	0.005
Error	22	7571	344.1		
Total	23	10908			

Realizado por: Santander William, 2021.

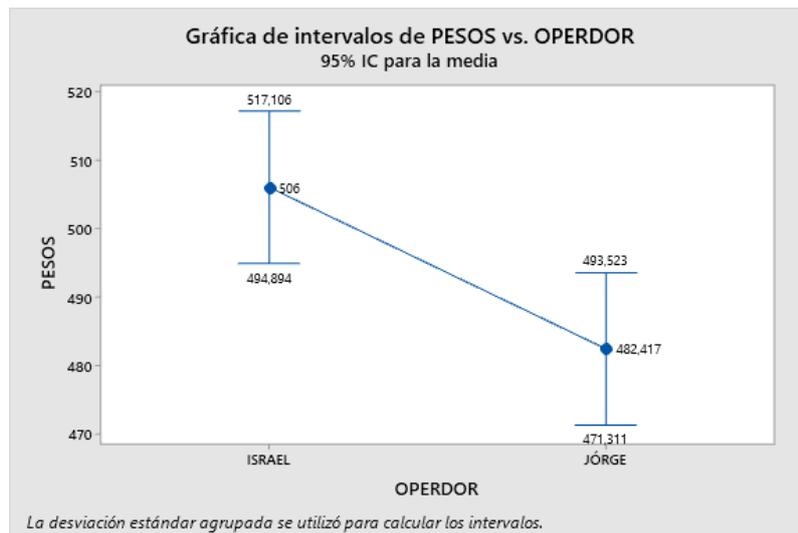


Gráfico 9-4: Gráfico de varianza de los operadores.

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: Del análisis de varianza se logró determinar que efectivamente el operador encargado de la cuba tiene una influencia significativa sobre la variabilidad en el peso de los quesos, dándonos como resultado que se obtienen mejores resultados con el operador Israel.

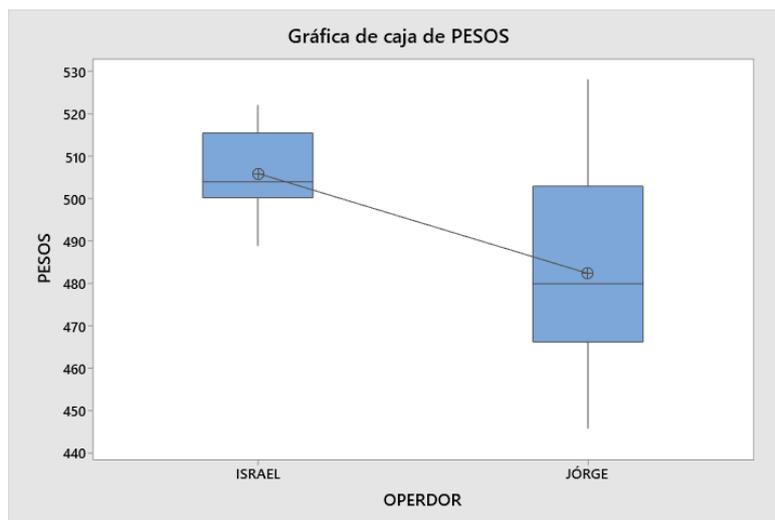


Gráfico 10-4: Gráfico de caja de los operadores.

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: En el gráfico de caja se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre operadores en este caso Israel tiene pesos por encima del límite inferior y una variabilidad menor, ya que Jorge tiene pesos por debajo de los permitidos y una mayor variabilidad.

4.5.1.3. Análisis de varianza del tiempo de enduredo

En el proceso de la descarga de la cuajada se analizó el tiempo de enduredo de la cuajada, ya que es posible que la diferencia de tiempo entre la dosificación de los primeros moldes y los últimos genere variabilidad de los pesos de los quesos. Se tomaron 3 diferentes niveles para el tiempo de enduredo.

Tabla 8-4: Datos de los operadores de la cuba.

	REPLICAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MOLDE A	499	507	506	486	507	502	477	494	477	482	493	500
MOLDE B	534	556	557	541	538	538	531	549	533	518	547	537
MOLDE C	525	541	543	539	556	527	551	568	536	525	562	545

Realizado por: Santander William, 2022.

Para ello se plantearon las siguientes hipótesis:

- H_0 : El tiempo de enduredo de la cuajada no influye en los pesos del queso.
- H_a : El tiempo de enduredo de la cuajada sí influye en los pesos del queso.

Tabla 9-4: Análisis de varianza de tiempo de enduredo

ANÁLISIS DE VARIANZA						CD	APRUEBA
FV	SC	GL	CM	Fo	F		
MOLDE	18018,5	2	9009,25	60,28	3,28	S	Ha: El enduredo de la cuajada si influye en los pesos del queso.
ERROR	4932,25	33	149,462121				
TOTAL	22950,75	35					

Realizado por: Santander William, 2022.

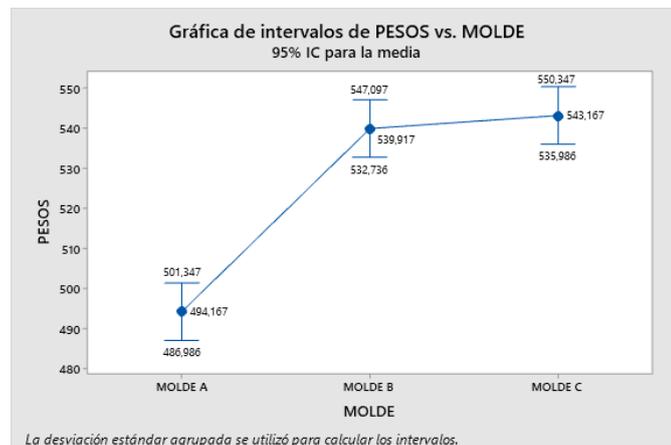


Gráfico 11-4: Gráfico de variabilidad del tiempo de enduredo

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: Del análisis de varianza del tiempo de enduredo de la cuajada previo a su dosificación en los multimolde, se determinó que efectivamente dicho tiempo tiene una influencia significativa sobre la variabilidad de los pesos de los quesos, tendiendo a ser pesos mayores y más constantes mientras más alto es el tiempo de enduredo.

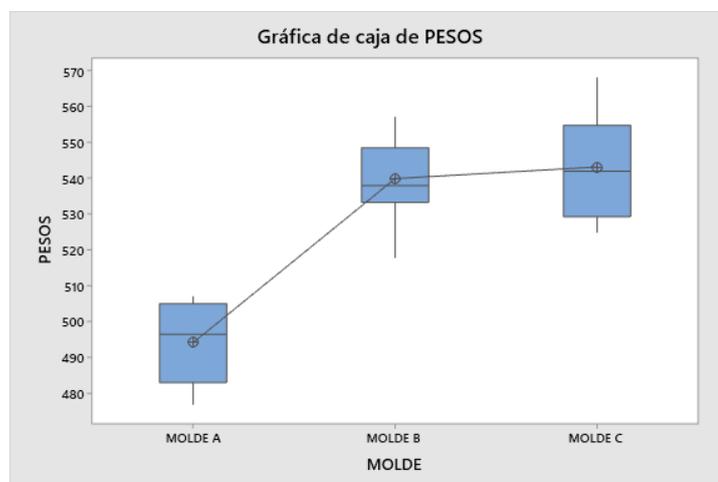


Gráfico 12-4: Gráfico de cajas del tiempo de enduredo

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: En el gráfico de caja se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre los tiempos de enduredo de la cuajada, dando como resultado que al inicio de la operación (molde A) tiene una media por debajo de lo requerido y una variabilidad amplia, en la mitad de la operación (molde B) su media se encuentra por encima de lo requerido y tiene una variabilidad menor que el molde A, así también se traslapa con el molde C, por lo que estadísticamente son los mismo.

4.2. Etapa de mejora.

4.2.1. Diseño experimental (DOE)

Subsiguientemente a la determinación de los factores con mayor influencia en la variabilidad de los pesos en los quesos de la línea de producción, se llevó a cabo la toma de datos y el diseño de experimentos que nos permita comprobar de manera estadística si efectivamente la alteración de los parámetros de dichos factores genera una diferencia significativa en la variación estudiada.

4.2.1.1. Recolección de Datos

Se llevó a cabo la toma de datos que permita la aplicación de un diseño factorial mixto de tres factores; dos de ellos con dos niveles y uno con tres niveles, siendo estos factores: Velocidad de llenado, operadores, y tiempo de enduredo de la cuajada.

Tabla 10-4: Tomas de datos.

		Operador			
		Israel		Chiza	
		Tiempo de enduredo			
Velocidad		Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 1	Tiempo 2
500 RPM		495	516	449	537
		504	535	455	504
		490	539	562	535
		497	556	460	523
		501	556	442	530
		497	550	456	528
		515	547	475	556
		524	560	491	540
		511	536	481	532
		520	573	477	540
		530	546	469	567
607 RPM		507	550	466	520
		491	502	471	504
		475	501	490	498
		501	492	465	540
		487	471	476	534
		502	503	489	533
		481	487	478	513
		496	533	450	533
		477	505	483	518
		526	512	467	538
		518	502	451	526
714 RPM		525	529	469	522
		503	539	457	519
		469	459	469	464
		471	490	449	485
		481	495	464	509
		468	478	474	451
		478	499	468	479
		478	485	487	528
		488	469	452	473
		493	488	450	512
		481	516	485	446
	488	504	464	485	
	475	489	463	476	
	467	537	478	481	

Realizado por: Santander William, 2022

4.2.1.2. Planteamiento de hipótesis.

Se plantearon las hipótesis referentes a los posibles casos que podrían presentar cada uno de los factores analizados en el diseño experimental, así como también las hipótesis existentes en las distintas interacciones de dichos factores, para de esta manera determinar aquellos que tienen una influencia significativa sobre la variabilidad en los pesos estudiada. Dichas hipótesis se plantean a continuación:

Factor A: Velocidad de la descarga.

Ho: La velocidad de la descarga no influye en el peso de los quesos.

Ha: La velocidad de la descarga, si influye en el peso de los quesos.

Factor B: Destreza del operador.

Ho: La destreza del operador, no influye en el peso de los quesos.

Ha: La destreza del operador, si influye en el peso de los quesos.

Factor C: Tiempo de enduredo.

Ho: El tiempo de enduredo, no influye en el peso de los quesos.

Ha: El tiempo de enduredo, si influye en el peso de los quesos.

INTERACCIÓN DOBLE

Interacción A*B: Velocidad de la descarga * Destreza del operador.

Ho: La interacción entre la velocidad de la descarga* destreza del operador, no influye en el peso de los quesos

Ha: La interacción entre la velocidad de la descarga* destreza del operador, si influye en el peso de los quesos.

Interacción A*C: Velocidad de la descarga * Tiempo de enduredo.

Ho: La interacción entre la velocidad de la descarga* tiempo de enduredo, no influye en el peso de los quesos.

Ha: La interacción entre la velocidad de la descarga* tiempo de enduredo, si influye en el peso de los quesos.

INTERACCIÓN TRIPLE

Interacción A*B*C: Velocidad de la descarga * Destreza del operador* Tiempo de enduredo.

Ho: La interacción entre la velocidad de la descarga* destreza del operador *tiempo de enduredo, no influye en el peso de los quesos.

Ha: La interacción entre la velocidad de la descarga* destreza del operador * tiempo de enduredo, si influye en el peso de los quesos

4.2.1.3. ANOVA.

Se desarrolló el diseño experimental mencionado con anterioridad en dónde se aplicó el análisis de varianza para los factores selecciones, determinando de esta manera la siguiente tabla ANOVA obtenida mediante la aplicación del software Minitab.

Tabla 11-4: Tabla ANOVA del DOE

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	88177	8016.1	28.35	0.000
Lineal	4	72379	18094.8	64.00	0.000
Velocidad de descarga	2	21929	10964.6	38.78	0.000
Operador	1	33550	33550.0	118.67	0.000
Tiempo de enduredo	1	16900	16900.0	59.78	0.000
Interacciones de 2 términos	5	12601	2520.3	8.91	0.000
Velocidad de descarga*Operador	2	5555	2777.3	9.82	0.000
Velocidad de descarga*Tiempo de enduredo	2	5037	2518.4	8.91	0.000
Operador*Tiempo de enduredo	1	2010	2010.0	7.11	0.009
Interacciones de 3 términos	2	3196	1598.2	5.65	0.004
Velocidad de descarga*Operador*Tiempo de enduredo	2	3196	1598.2	5.65	0.004
Error	132	37318	282.7		
Total	143	125495			

Realizado por: Santander William, 2022

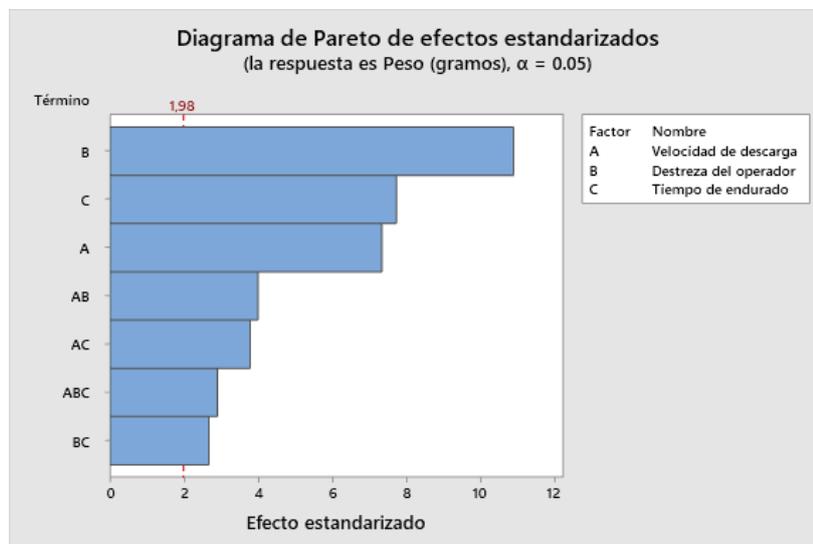


Gráfico 13-4: Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

Realizado por: Santander William, 2021

Interpretación: Mediante la aplicación de un diseño experimental mixto de tres factores, se determinó la tabla ANOVA en la que podemos apreciar que tanto los factores como sus interacciones tienen una influencia significativa en la variabilidad en los pesos de los quesos ($P < 0,05$), por lo que se acepta toda la hipótesis alternativa. Debido a esto se debe profundizar en el diseño experimental para de esta manera seleccionar el tratamiento más adecuado en el proceso.

Tabla 12-4: Coeficiente de determinación

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
16.8141	70.26%	67.79%	64.61%

Realizado por: Santander William, 2022

En el resumen del modelo se observa el coeficiente de determinación con un valor de 70,26% esto indica que la variabilidad de los pesos es causada por los factores tiempo de enduredo, operario y velocidad de la descarga. El 29,74% de la variabilidad está representada por otros factores que no están incluido en este estudio.

4.2.1.4. Gráficas de efectos principales.

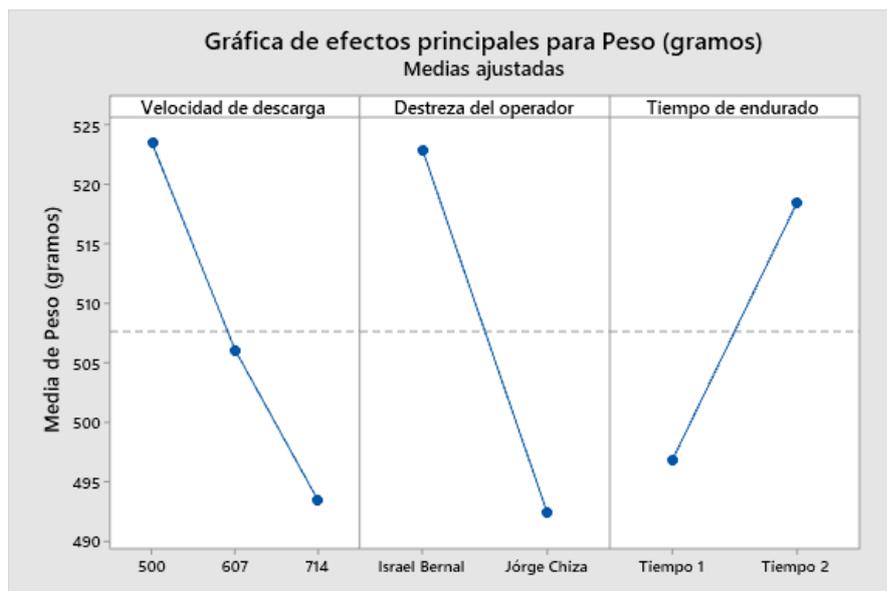


Gráfico 14-4: Gráfica de efectos principales

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: En el gráfico 14-4, podemos apreciar el comportamiento de cada uno de los factores en función de sus parámetros, siendo estos:

- Que el peso de los quesos tiende a disminuir cuanto más alta sea la velocidad de descarga.
- El peso tiende a ser más bajo cuando el operador encargado es Jorge Chiza.
- El peso de cada queso tiende a aumentar cuando aumentamos el tiempo de endurecido.

De la etapa de análisis se determinó que los principales factores que influyen en la variabilidad en los pesos de los quesos son debido a la velocidad de descarga, el operario empleado y el tiempo de endurecido de la cuajada por que se determinó el mejor tratamiento del proceso mediante una gráfica de intervalos.

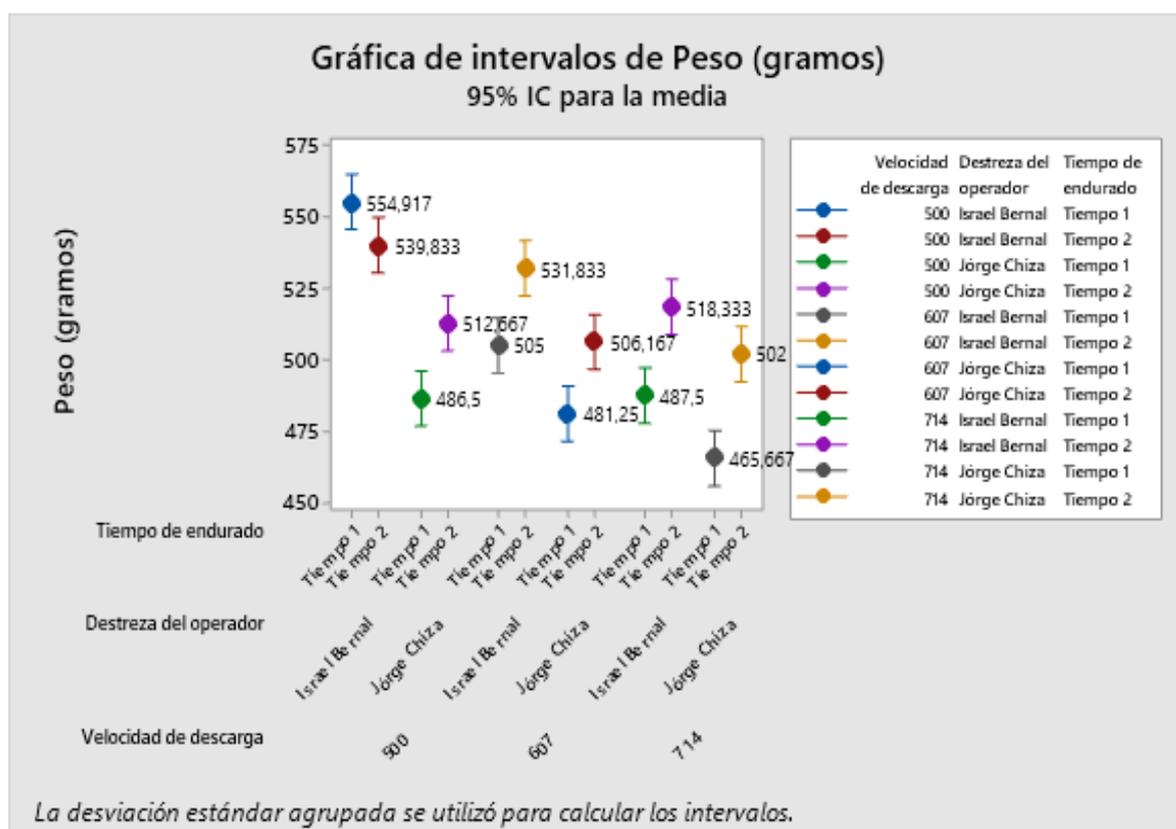


Gráfico 15-4: Gráfico de intervalos de tratamientos

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: Del gráfico 15-4, se logró determinar los tratamientos que nos brindan una media y límites aceptables para la empresa, siendo los tratamientos de trabajo con una velocidad de descarga de 500 RPM, trabajando con el operador Israel Bernal y pudiendo trabajar con el tiempo de endurecido “1” y “2” esto debido a la habilidad del operador. De esta manera se consigue unas medias de los pesos de 554,9 g y 539,8 g, las cuales son consideradas aceptables por la empresa debido a que su mayor prioridad es generar productos que cumplan como mínimo con el peso marcado en la etiqueta.

4.2.2. Propuestas de mejora

Las mejoras que se optó por aplicar fueron están estrechamente relacionado con los análisis realizados previamente sobre los factores influyentes en la variabilidad en el peso de queso, siendo éstos los aspectos a mejorar:

- **Velocidad de descarga:** Se debe estandarizar la velocidad de descarga de la cuajada que se utiliza en la dosificación de los multimoldes, mediante la aplicación de diseño experimental se determinó que la velocidad óptima para este proceso es una velocidad de 500 RPM en la bomba de descarga, por lo que esta será un factor estandarizado para todos los lotes producidos en la línea de producción de quesos frescos.
- **Operadores:** Se debe capacitar a los operadores de esta área para de esta manera poder estandarizar sus métodos de trabajos, que deben adecuarse a esta propuesta. Así se podrá reducir las diferencias que existen en la variabilidad debido a la capacidad de los operadores.
- **Tiempo de enduredo:** El tiempo de enduredo óptimo fue determinado mediante la gráfica de intervalos del diseño experimental empleado, siendo este el tiempo tipo “2” que se traduce a un aumento de aproximadamente 15 minutos en el tiempo de enduredo de la cuajada que presentaba la empresa. Esto siempre estará atado a la decisión de los operadores de las cubas, debido a la naturaleza de la materia prima no se puede estandarizar en parámetros exactos el tiempo mencionado.

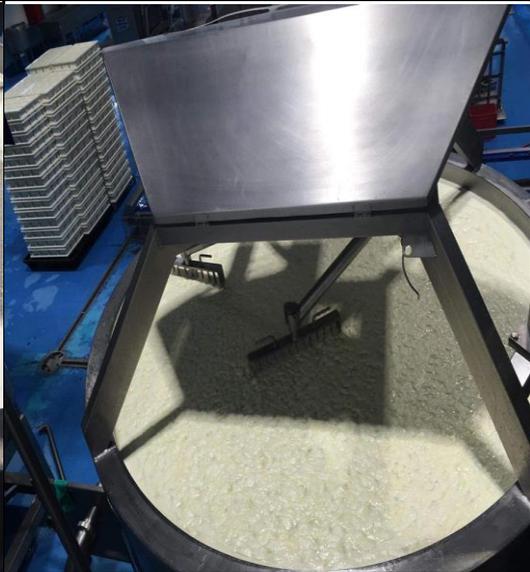
4.2.3. Poka – Yoke

Se desarrollo una ficha poka – yoke con el propósito de disminuir los defectos del producto terminado en el área de producción, mediante la prevención o detección de los errores a tiempo. El método se ejecutará en el área de elaboración del queso fresco específicamente en la cuba y en la llenadora, ya que mediante los análisis ya anteriormente realizados (diagrama Ishikawa – diseño experimental) se afirmó que estos son los factores que mayor efecto tienen en el proceso.

4.2.3.1. Modelo poka – yoke para la cuba.

La **tabla 4-4** muestra la propuesta de Poka-yoke para la cuba, que busca mejorar el enduredo de la cuajada.

Tabla 13-4: Propuesta poka yoke para la cuba

PROPUESTA POKA-YOKE PARA LA CUBA					
Proceso:	Elaboración de la cuajada	Prevención del error:	X	Parada:	X
Problema:	Tiempo de enduredo no adecuado	Detección del error:		Control:	X
Solución:	Endurar la cuajada por un tiempo mínimo de 1 hora y 50 minutos desde la aplicación del cuajo.			Alarma:	
Mejora clave:	Permite tener una cuajada más dura y seca, así evitar obtener los pesos bajos que no cumplen con mínimo establecido.				
Descripción del proceso:	Una vez que la cuajada cumpla con los parámetros requeridos como el tiempo mínimo de enduredo se procede a la descarga de esta hacia la maquina llenadora mediante la bomba lobular.				
Antes de la mejora			Después de la mejora		
Al no tener un instrumento que pueda ayudar al operario a determinar que el estado de la cuajada esta lista para la descarga el proceso depende de la destreza que el operario ha adquirido con el trabajo diario, pero este método es muy susceptible a los errores por el motivo que todas las preparaciones tienen características diferentes y tiempos de enduredo diferentes.			El operario empieza a endurar la cuajada de mejor manera aumentando un tiempo de enduredo, este tiempo se empieza a controlar desde la adición del cuajo hasta el momento de la descarga, que es de un tiempo mínimo de 1 hora con 50 minutos. Este nuevo tiempo hace que obtengamos una cuajada más dura y seca permitiendo así tener un mayor control en los pesos.		
					

Realizado por: Santander William, 2022

4.2.3.2. Modelo poka – yoke para la llenadora

Tabla 14-4: Propuesta poka yoke para llenadora

PROPUESTA POKA-YOKE PARA LA LLENADORA					
Proceso:	Llenado de la cuajada en el molde.	Prevención del error:	X	Parada:	X
Problema:	Velocidad de descarga no controlada, falta de capacitación al operario.	Detección del error:		Control:	X
Solución:	Iniciar la descarga con la velocidad mínima de la bomba para evitar obtener pesos bajos e ir subiendo la velocidad gradualmente según el enduredo de la cuajada para evitar los pesos altos.			Alarma:	
Mejora clave:	Control de la velocidad de descarga y operador capacitado.				
Descripción del proceso:	Al empezar la descarga con la bomba lobular a una velocidad no controlada hace que la dosificación no tenga las mismas condiciones en cada parada.				
Antes de la mejora			Después de la mejora		
La velocidad de descarga no tiene un proceso estandarizado, esto hace que el operador de acuerdo con su experiencia empiece la descarga a la velocidad que el cree conveniente, método que han ido mejorando el proceso, pero no es un proceso óptimo ya que existe muchos productos que no cumplen con las características de calidad, en este caso el peso del queso.			El operador tiene conocimiento que la velocidad de descarga al inicio es recomendable trabajar con la menor posible la que es de 500 rpm y que al transcurrir el tiempo de enduredo se debe aumentar gradualmente para evitar obtener pesos muy elevados.		
					

Realizado por: Santander William, 2022

En el análisis realizado en el diagrama de Ishikawa se determinó que la velocidad de descarga y el enduredo de la cuajada son factores que influye en el peso del queso, y mediante el diseño experimental se confirmó que estos factores si influyen en el peso, lo cual mediante el poka yoke se quiere reducir esa variabilidad, eliminado los productos que no cumplen con los parámetros establecidos.

4.2.4. Beneficios a la empresa.

4.2.4.1. Cumplimiento de la norma RTE-284.

Mediante la implementación de las mejoras y la reducción de la variabilidad en los pesos de los quesos, se logra cumplir con las especificaciones de número de productos defectuosos por lote producido estipulado en la norma RTE-284, que es el caso de esta empresa corresponde un número máximo de 5 productos por cada lote producido.

4.2.4.2. Cumplimiento de Ley Orgánica de Defensa al Consumidor.

Al brindar un producto al público que cumpla al menos las especificaciones de peso prometidas en el empaque del producto, la empresa de esta manera está en cumplimiento de los parámetros de la Ley Orgánica de Defensa al Consumidor, en su apartado de publicidad engañosa, donde se especifica qué: “Toda información o comunicación de carácter comercial, cuyo contenido sea total o parcialmente contrario a las condiciones reales o de adquisición de los bienes y servicios ofrecidos que utilice textos, diálogos, sonidos, imágenes o descripciones que directa o indirectamente, e incluso por omisión de datos esenciales del producto, induzca a engaño, error o confusión al consumidor.”

4.2.3.3. Reducción de la variabilidad.

Mediante la aplicación de las mejoras previamente planteadas se consigue una reducción de la variabilidad en los pesos de los quesos de la línea de producción, además de mantener una media y límites superior e inferior dentro de las condiciones aceptables para la empresa.

Se llevó a cabo la recolección y tabulación de datos que demuestren la variabilidad con el anterior método y con el método mejorado, de esta manera se determinó que la variabilidad en los pesos de los quesos se redujo aproximadamente un 24%, como se demuestra en la siguientes tablas y gráfico:

Tabla 15-4: Tabla de variación.

DATOS	Li	PROMEDIOS	Ls
Proceso actual	501,16	525,23	549,30
Proceso mejorado	514,13	532,34	550,55

Realizado por: Santander William, 2021.



Gráfico 16-4: Gráfica de rangos

Realizado por: Santander William, 2022

Tabla 16-4: Tabla de rangos

DATOS	RANGO	% DE REDUCCIÓN
Proceso actual	48,15	24,37%
Proceso Mejorado	36,42	

Realizado por: Santander William, 2022

4.2.4.4. Beneficio económico para la empresa.

Al mantener un mayor control en la variabilidad del proceso, los excesos y recortes tienden a reducirse, por lo que los desperdicios producidos por cada lote se redujeron alrededor de un 85% posteriormente a la aplicación de la mejora lo que representa un ahorro anual de aproximadamente 44 616 dólares, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 17-4: Ahorro en desperdicios.

Datos	Proceso actual	Proceso mejorado
Recorte (kg)	13	2
Recorte (g)	13000	2000
Unidades	26	4
Precio (500g)	\$ 3,25	\$ 3,25
Costo por parada	\$ 84,50	\$ 13,00

Total por Día (tes paradas)	\$ 253,50	\$ 39,00
Total por semana	\$ 1.014,00	\$ 156,00
Total por Año	\$ 52.728,00	\$ 8.112,00
Ahorro	\$ 44.616,00	
% Ahorro	85%	

Realizado por: Santander William, 2022

4.2.4.5. No afectación al rendimiento de la producción

El rendimiento de unidades producidas por cada lote se mantiene en niveles similares a los encontrados previo a la implantación de la mejora, por lo que la mejora mantiene los pesos individuales de los quesos dentro de los límites establecidos, pero sin reducir el rendimiento del producto, en el mes de enero se recolecto los rendimientos con el método tradicional y la mejora se realizó en los primeros días del mes de febrero. La comparación se puede encontrar en el **ANEXO G**.

4.3. Etapa de control.

Para conservar las mejoras efectuadas en cuanto a la variabilidad de los quesos de la línea de producción y mantenerse dentro de los cumplimientos legales y normativos, se debe establecer los lineamientos que permitan monitorear y controlar el proceso.

Por lo que fue necesario el llevar a cabo la recolección de datos del proceso posteriormente a la implementación de la mejora, siendo los datos recabados los siguientes:

Tabla 18-4: Datos posteriores a la mejora

No	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4
1	568	532	562	530
2	542	510	550	543
3	530	500	580	563
4	525	511	511	545
5	524	540	520	566
6	528	523	516	543
7	515	543	507	571
8	528	510	496	572
No	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4
9	507	529	506	543
10	519	540	509	534
11	556	556	506	566
12	523	515	500	544
13	514	556	503	533
14	517	544	497	545
15	516	520	514	570

16	518	556	506	561
17	563	511	503	527
18	575	554	503	521
19	523	553	511	540
20	540	553	508	528
21	533	548	499	567
22	536	551	519	544
23	539	545	514	562
24	524	537	509	542
25	532	534	514	572
26	514	536	505	522
27	521	507	507	521
28	527	529	503	568
29	526	520	510	570
30	562	522	511	563
31	551	552	498	569
32	524	509	507	545
33	520	534	517	531
34	518	503	510	543
35	508	556	501	560
36	509	509	499	557
37	513	519	510	553
38	526	500	518	530
39	528	514	509	564
40	534	540	562	551
41	525	526	553	558
42	534	523	545	546
43	538	531	533	543
44	521	509	543	562
45	515	578	542	522
46	515	498	521	567
47	568	565	554	565
48	582	512	559	526
49	510	576	534	537
50	508	552	536	523
51	505	524	532	522
52	506	513	558	560
53	510	514	550	570
54	503	541	525	572
55	526	511	521	526
56	534	518	552	540
57	550	541	557	570
58	539	528	552	546
59	525	532	541	562
60	504	528	529	595
61	531	544	533	548
No	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4
62	501	543	525	572
63	499	530	535	495
64	499	530	535	496
65	518	523	550	512
66	545	513	560	562
67	549	544	559	542
68	532	533	538	537
69	511	542	556	568
70	524	533	534	572
71	526	535	540	546
72	546	532	545	523
73	529	543	553	589

74	521	525	589	515
75	495	535	572	542
76	534	520	560	532
77	500	512	525	533
78	498	522	512	539
79	497	531	553	526
80	523	517	525	519
81	517	518	547	527
82	525	529	532	533
83	527	524	582	542
84	541	582	586	545
85	527	572	524	528

Realizado por: Santander William, 2022

4.3.1. Gráfica de control.

Con la finalidad de analizar la media de los pesos y predecir los límites máximos y mínimo a los cuál se espera encontrar algunos datos, se determinó necesario el realizar un muestreo cada ocho bandejas de cuatro unidades a la vez, generando de esta manera ochenta y cinco subgrupos con cuatro muestras por cada uno de ellos, por lo que el tipo de gráfico de control a utilizar es el gráfico de medias y rangos ($\bar{X} - R$). Obteniendo mediante la aplicación del software Minitab la siguiente gráfica de control.

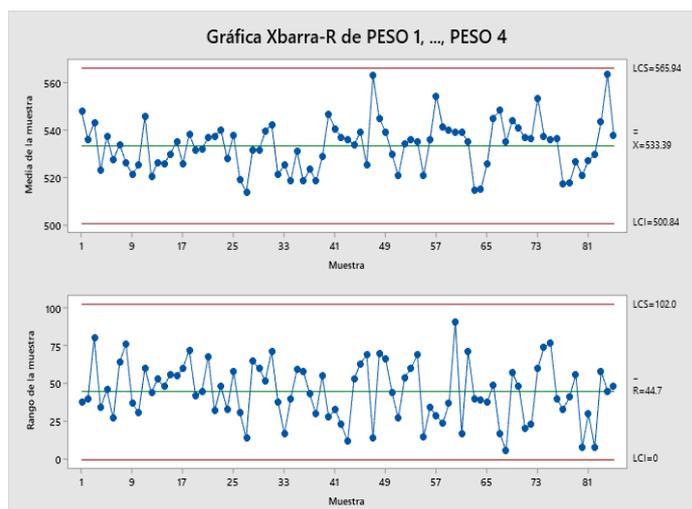


Gráfico 17-4: Gráfica de control de pesos

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: Del gráfico 17-4, se pudo determinar que la variación en los pesos de los quesos presenta un estado de estratificación (adhesión de la línea central) y con algunos datos acercando se a los límites superior e inferior, pero manteniéndose siempre dentro de los rangos establecidos, por lo que se puede concluir que el proceso de encuentra bajo control.

En adición se obtuvo la gráfica de la capacidad del proceso para corroborar las conclusiones obtenidas.

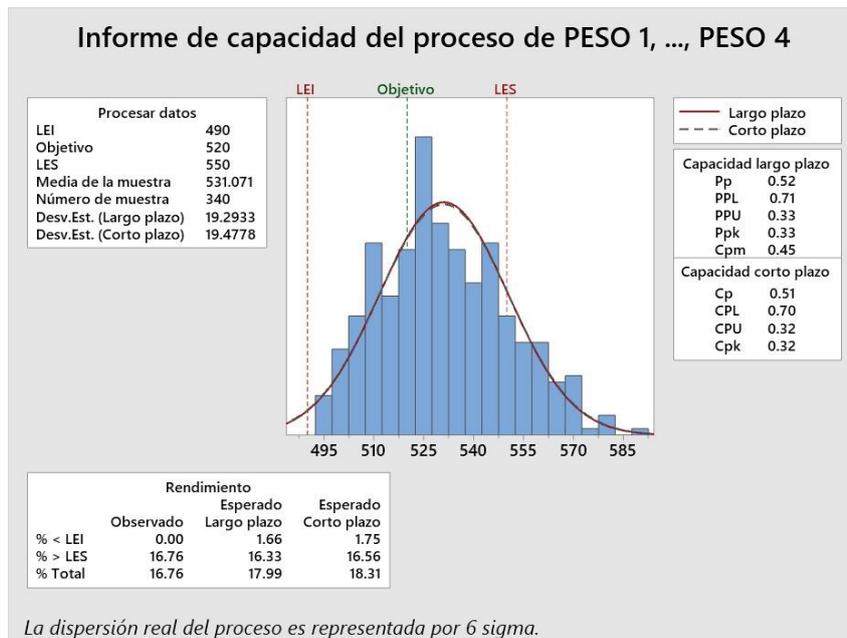


Gráfico 18-4: Gráfica de capacidad del proceso.

Realizado por: Santander William, 2022

Interpretación: Del gráfico 18-4, se logra apreciar que los datos evaluados se encuentran sobre el límite inferior que es el principal interés de la empresa, para de esta manera evitar posibles sanciones a causa de un peso inferior al marcado en sus productos.

4.3.2. Plan de control.

Se desarrolló un formato para el control periódico de los pesos de los quesos que nos permita mantener la mejora aplicada sobre la variabilidad de los productos, en donde se considera la información del proceso, el proceso de medición y muestreo y el plan de reacción requerido.

Tabla 19-4: Plan de control

PLAN DE CONTROL PARA LA QUESERA			
DATOS GENERALES			
Fecha:	14/02/2022	Revisión:	Jefe de Producción: Ing. Cecilia Barahona
Producto:	Queso Fresco		
Proceso:	Elaboración del queso		
INFORMACIÓN DEL PROCESO			

Paso del proceso	Qué controlamos	Clave	Entrada / Salida
Sellado	Pesos de los quesos	Sí	Entrada
PROCESO DE MEDICIÓN			
Límites de especificación / Requerimientos	Método de medición	Lugar	Método de control
(495-550) kg	Báscula en el área de sellado	Quesera	Gráfico X-R
Muestreo			
Tamaño de muestra	Frecuencia	Quién o qué lo mide	
85 unidades	Cada 8 bandejas	Operarios de la selladora	
Toma de decisiones			
Dónde se registra	Regla de decisión / Acción correctiva		Número de documento
Registro de pesos	<p>Si el peso no cumple con los límites de especificación se debe verificar la velocidad de descarga, la correcta distribución de la cuajada en las torres de la llenadora y el tiempo de enduredo de la cuajada.</p> <p>Se debe verificar el primero y el quinto molde en la línea de producción después de la corrección, si el problema se mantiene se debe informar al jefe de producción.</p>		PC-001

Realizado por: Santander William, 2022

CONCLUSIONES

- Al analizar las condiciones de los procesos de producción de la empresa de lácteos San Antonio, se logró determinar que existía una alta variabilidad de en los pesos de los quesos con $PPM < LEI$: 3.235% de probabilidad de tener unidades por debajo de los pesos marcados en la etiqueta y $PPM > LES$: 25% de probabilidades de obtener pesos por encima del límite superior.
- Los factores influyentes en la variabilidad estudiada fueron identificados mediante la aplicación de distintas herramientas como son la matriz SIPOC, diagrama Ishikawa, análisis de varianzas, entre otros, en los procesos de la empresa lácteos San Antonio en la Ciudad de Cañar.
- El indicador CPK enfocado a analizar la variabilidad de los pesos en la línea de producción de queso fresco fue establecido mediante la recolección de datos, determinando un CP equivalente a 0,42 y un CPK de 0,26 demostrando que el proceso no se encontraba centrado ni controlado.
- Se analizaron los posibles factores influyentes en la variabilidad estudiada, pasando por una etapa de filtración mediante la aplicación de un matriz de Causa -Efecto que nos permitió llegar a una posterior etapa de Diseño Experimental. De esta manera se aplicó un Diseño Factorial Mixto de tres factores teniendo dos de estos dos posibles niveles y el restante teniendo tres posibles niveles, los factores analizados son: Velocidad de descarga de la cuajada, tiempo de enduredo de la cuajada y los operadores involucrados en el proceso, en donde se determina que el 70,26% de la variabilidad son provocados por estos tres factores.
- La estrategia de mejoramiento de los procesos de producción fue enfocada en tres puntos importantes, siendo estos: la estandarización de la velocidad de descarga, un aumento de aproximadamente 20 minutos en el tiempo de enduredo de la cuajada y la capacitación de los operadores de la máquina dosificadora para reducir las diferencias en los tratamientos desarrollado por cada uno de ellos, reduciendo la variabilidad en un 24,37% y un ahorro de \$ 44 616 al año aproximadamente. Así también se planteó un plan de control para mantener la mejora aplicada en la empresa.

RECOMENDACIONES

- Para el diagnóstico la condición inicial de los procesos de producción de la empresa de lácteos San Antonio es aconsejable tener en consideración las indicaciones brindadas por los operadores de los diferentes procesos, debido a que cuentan con la experticia en el desarrollo de estas actividades.
- Para identificación de los factores influyentes en la variabilidad estudiada es aconsejable la aplicación de diversos métodos y herramientas del Six Sigma que nos permita una mejor apreciación de los procesos de la empresa lácteos San Antonio en la Ciudad de Cañar.
- En la obtención del CPK de los procesos que se encuentra sujetos la línea de producción, es aconsejable determinar este indicador con una muestra significativa de datos, o en caso de ser posible, considerar todos los individuos producidos en el lote.
- Para el análisis de factores mediante el Diseño Experimental es favorable llevar a cabo una etapa de filtración mediante la aplicación de diferentes metodologías, esto para una aplicación más eficiente de recursos y tiempo en la toma de datos.
- Para la elaboración una estrategia de mejoramiento de las condiciones determinadas en la empresa se debe basar en los resultados obtenidos en la fase de Análisis, así también se debe considerar la manera en la que se controlará los procesos para mantener a través del tiempo la mejora aplicada.

GLOSARIO

Gestión por procesos: De acuerdo con Cantabria (2016,p.5) “Es la forma de gestionar toda la organización basándose en los Procesos, entendiendo estos como un conjunto de recursos y actividades interrelacionadas que transforman elementos de entrada en elementos de salida, con valor añadido para el cliente”. (Cantabria, 2016)

Variabilidad de los procesos: Los recursos que se emplean en los procesos con el objetivo de producir productos o de entregar un servicio son diversos. La mano de obra, la maquinaria, los procedimientos, el ambiente y los materiales son los recursos y elementos más importantes dentro de un proceso. Tanto individual como en interacción entre estos recursos ocasionan que exista variaciones. Por lo tanto, por más preciso que sea un proceso, siempre va a existir variabilidad. Mientras que la variabilidad sea la mínima y se encuentre entre el rango máximo y mínimo permitido se dice que el producto es de calidad, a esto se le llama “características de calidad”.(Cuatrecasas y González Babón, 2017)

Proceso en línea: El proceso en línea está enfocado en realizar productos con las mismas características y en grandes cantidades, su materia prima y demás materiales que van a intervenir en el proceso se encuentran cerca de las líneas de producción. Las operaciones de cada proceso son las mismas y con baja variabilidad. Este proceso es muy adaptable para una línea automatizada total, donde reduce la intervención del personal.(Paz y Gómez, 2013,p.3)

Proceso intermitente: Paz y Gómez (2013) manifiestan que “ En estos procesos se logran volúmenes medios pero con gran variedad de productos. Los productos entonces comparten recursos. Se producen un lote de productos y luego se cambian al siguiente”. (Paz y Gómez, 2013)

Proceso por proyecto: Es un proceso a gran escala y su tiempo de elaboración es a largo plazo, su elaboración es único y cubre las necesidades específicas de cada cliente. Su principal característica es el elevado costo de fabricación y es muy difícil elaborar la planificación y su control.(Paz y Gómez, 2013)

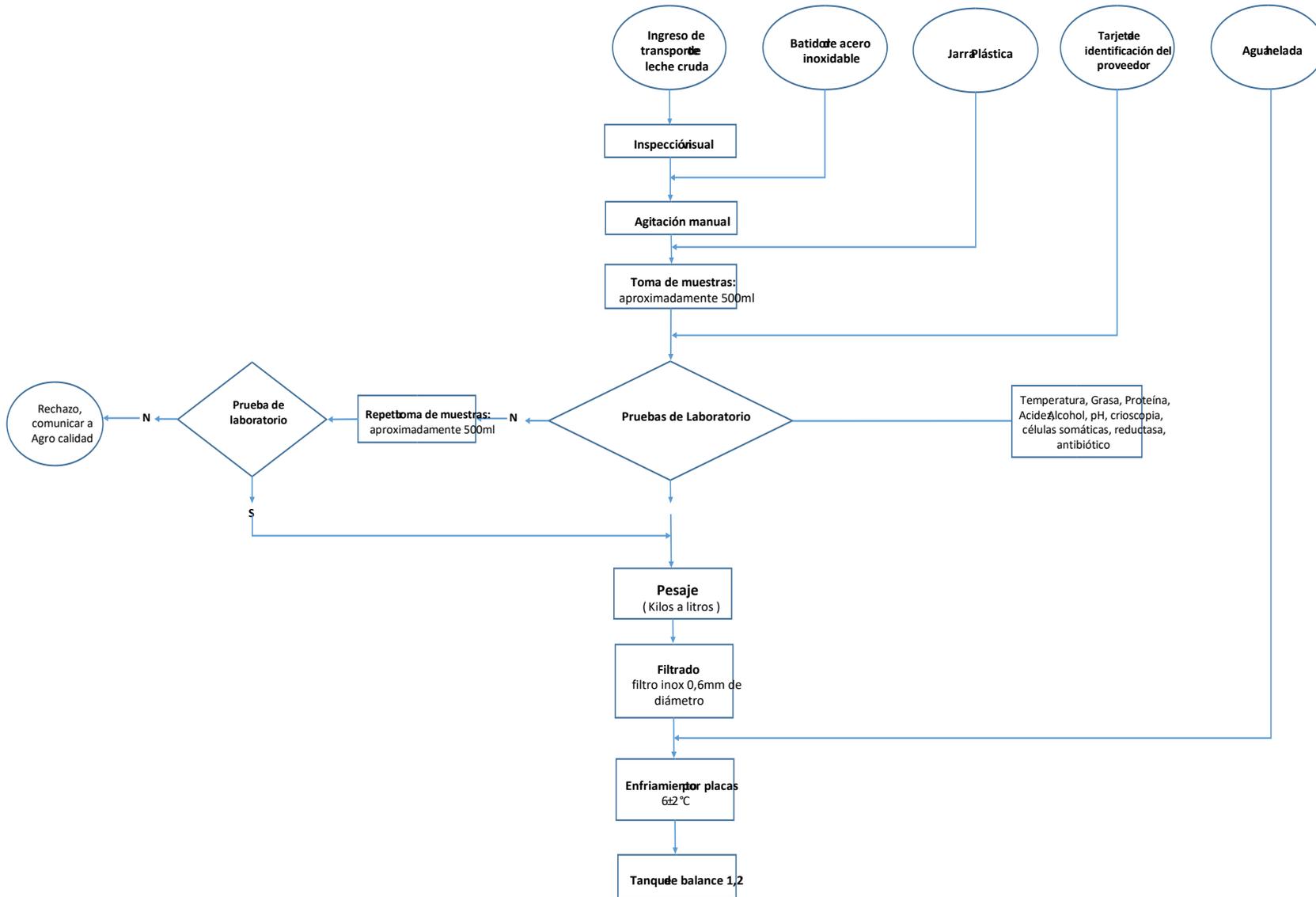
Calidad: Son las cualidades o atributos que son percibidos como positivas en determinado elemento, estas varían al transcurrir del tiempo, aumentando sus objetivos y cambiando sus directrices. La calidad es un pilar fundamental hoy en día en las estrategias de las empresas, ha ido evolucionando y tomando un rol muy importante. (Cuatrecasas y González Babón, 2017)

BIBLIOGRAFÍA

- ALMEIDA, D.**, Propuesta de aplicación de la metodología six sigma, para mejorar el proceso de validación de información operativa diaria del sistema eléctrico ecuatoriano. s.l.: pontificia universidad católica del ecuador. 2014.
- ANTONIO, D. y FERNÁNDEZ, M.**, Diseño e implementación de estrategias para el mejoramiento de la productividad en el área de producción en la empresa publico. , 2017.
- BETANCOURT, D.** Los 5 Por qué: Análisis de causa raíz basado en preguntas. [en línea]. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ingenioempresa.com/los-5-por-que/>. 2018.
- CANTABRIA, U. de**, Manual Gestión Por. , 2016.
- CASTRO, L.F.**, Diseño de un plan de mejora de la linea de galvanizacion de knight s.a.s basado en six sigma. , 2017.
- CUATRECASAS, L. y GONZÁLEZ BABÓN, J.**, Gestión integral de la calidad. s.l.: s.n. 2017. isbn 978-84-16904-79-2.
- DAGNINO, J.**, ANÁLISIS DE VARIANZA. , 2014. pp. 306-310.
- EDUARDO NAVARRO, A., GISBERT SOLER, V. y MOLINA PÉREZ, A.I.**, Metodología e implementación. , 2017. pp. 73-80.
- ESCOBEDO, E. y SOCCONINI, L.**, Lean six sigma green belt: paso a paso. marge books. recuperado de [en línea]. madrid-españa: s.n. 2021. isbn 978-84-18532-45-0. disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/172966?page=1>.
- GARCÍA, M.M., DELGADO, J.A., FERNANDES, C.R., DOLAREA, S.G., SANCHO, M.M., GARCÍA, M.S. y LECHUGO, E.B.**, Guia Para La Identificación Y Análisis De Procesos . , 2007. pp. 36.
- GÓMEZ VILLOLDO, A.**, Matriz de priorización: herramienta de toma de decisiones. , [sin fecha].
- JIMENEZ, D.** SIPOC-Un diagrama de lo más útil para mapeo de procesos. :*Pymes y calidad 2.0*. 2012.
- MALDONADO, A.J.**, Gestión de procesos (o gestión por procesos). Málaga, Argentina: B - EUMED.: s.n. 2012.
- MONTOYA, L.A., PORTILLA, L.M. y BENJUMEA, J.C.C.**, Aplicación De Six Sigma En Las Organizaciones. :*Scientia Et Technica*, vol. XIV, no. 38, pp. 265-270. ISSN 0122-1701. 2008.

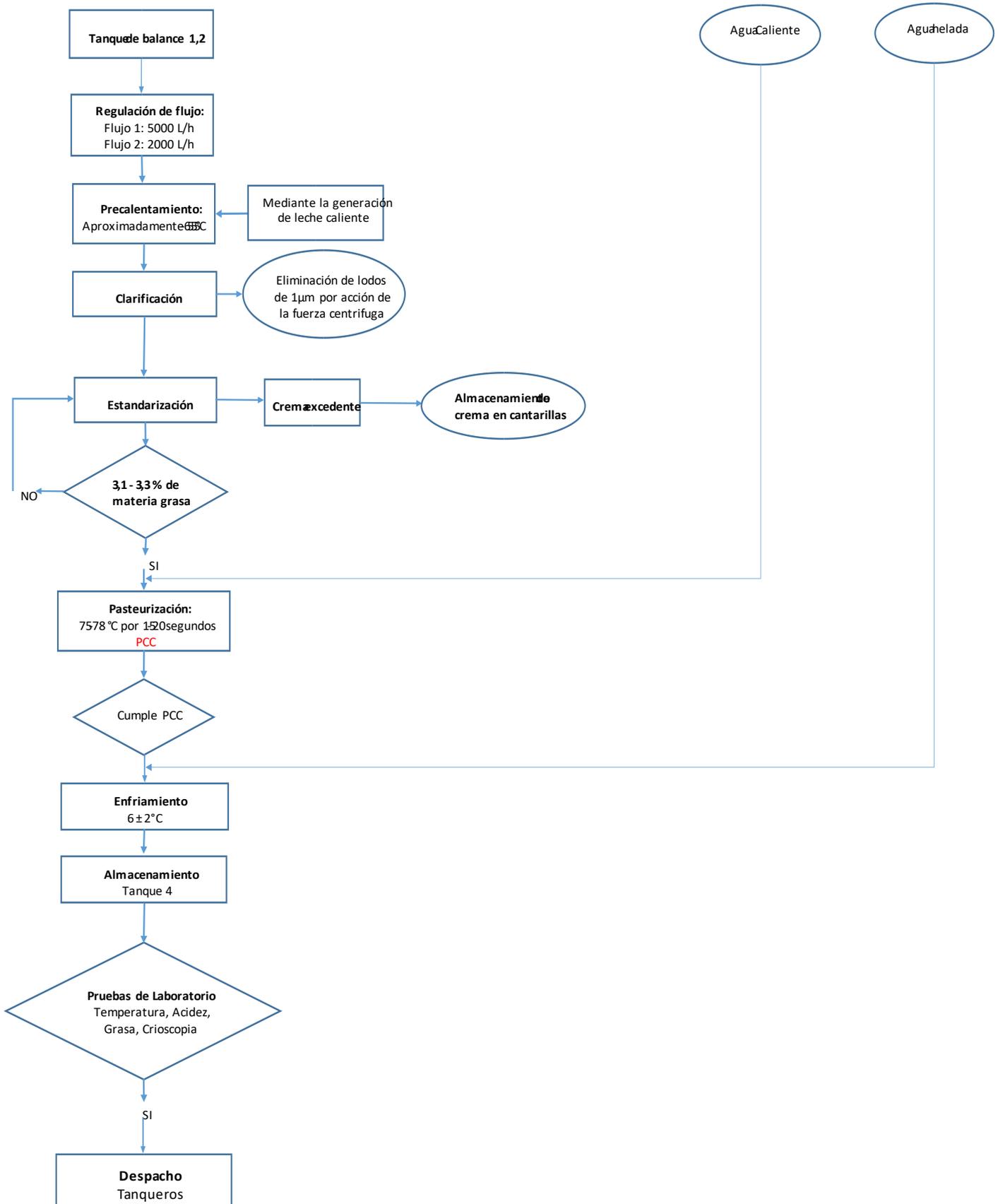
- PAZ, R.C. y GÓMEZ, D.G.**, Diseño y Selección de Procesos. :*Facultad de Ciencias Económicas y Sociales*, 2013. vol. 7, no. Procesos, pp. 23.
- PELLEGERO, X.**, Aplicación de la metodología «DMAIC» en la resolución de problemas de calidad. S.l.: s.n. 2015.
- PÉREZ ORTIZ, H.**, El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito. S.l.: s.n. 2016.
- PULIDO GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA SALAZAR, R.**, CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA. segunda ed. México, D. F.: s.n. 2009. ISBN 9789701069127.
- RICARDO, I. y ANACLETO, O.**, Análisis de la capacidad del proceso. , [sin fecha].
- SALAZAR LÓPEZ, B.**, Capacidad de procesos. , 2019.
- SUÁREZ ARREAGA, A.F.**, Diseño de modelo Six Sigma para optimización de proceso de producción bananera en la compañía Marisbell S.A. S.l.: s.n. 2020.
- SUAREZ, D.L.**, Modelo operacional basado en metodología six sigma para mejorar procesos de servicios logísticos. s.l.: universidad de san buenaventura cali. 2015.
- TEJADA, J.**, Indices de capacidad de procesos. , 2018.
- UBILLÚS, M.Y.S.**, Plan de Recolección de Datos- Diseño de Instrumentos. , 2014.
- VÁSQUEZ VANEGAS, A.O.**, Universidad de cuenca. S.l.: s.n. 2015.
- WENNERMARK, J.**, Gráficos de Control de Calidad. , 2019.
- WESTREICHER, G.**, 2021. Diseño experimental. :*Economipedia* [en línea]. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/diseno-experimental.html>.
- YESSERIE**, Modelo operacional basado en metodología six sigma para mejorar procesos de servicios logísticos. s.l.: s.n. 2015.

ANEXO A

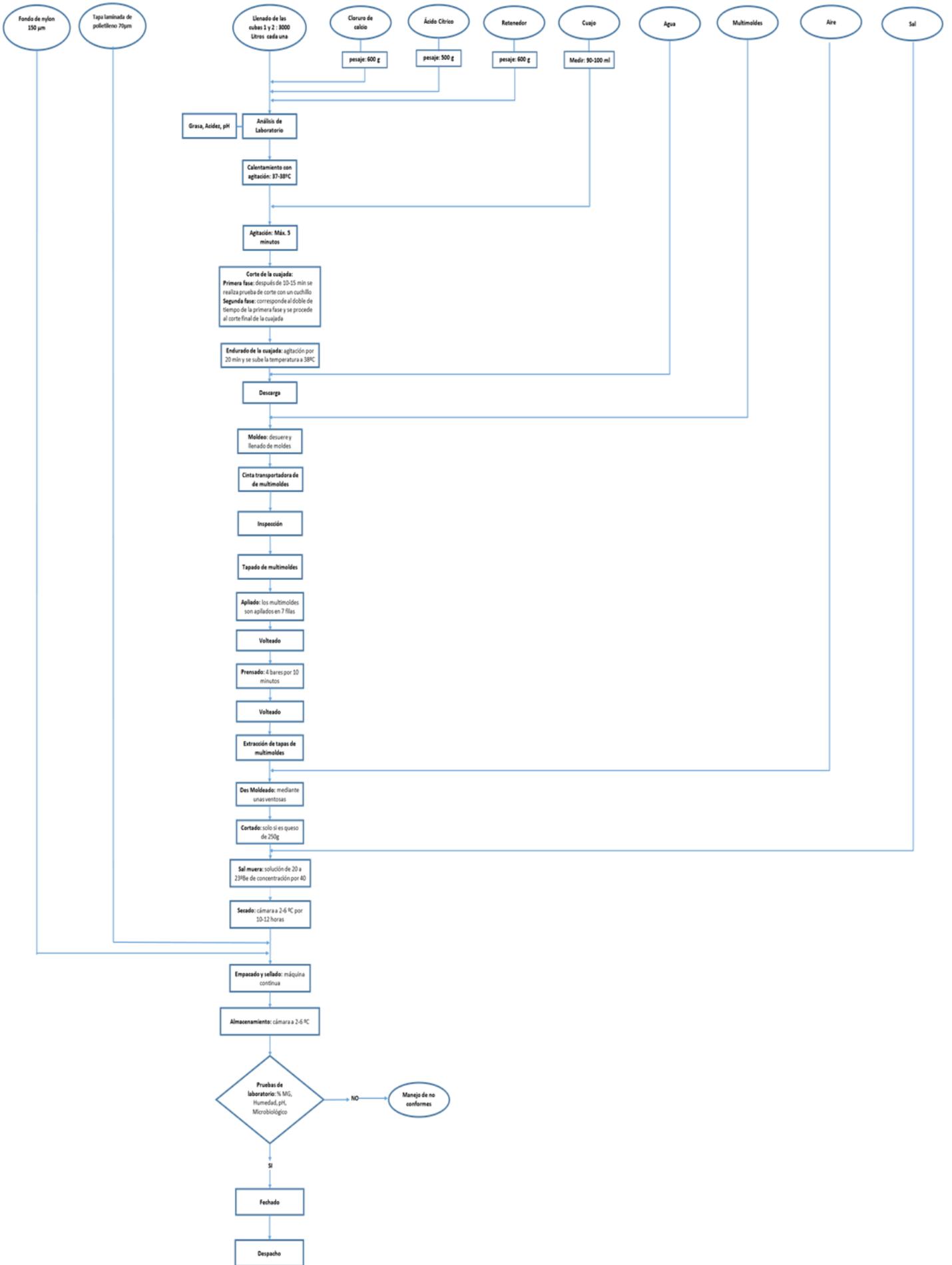


OK. *[Signature]*
03-08-18.

ANEXO B

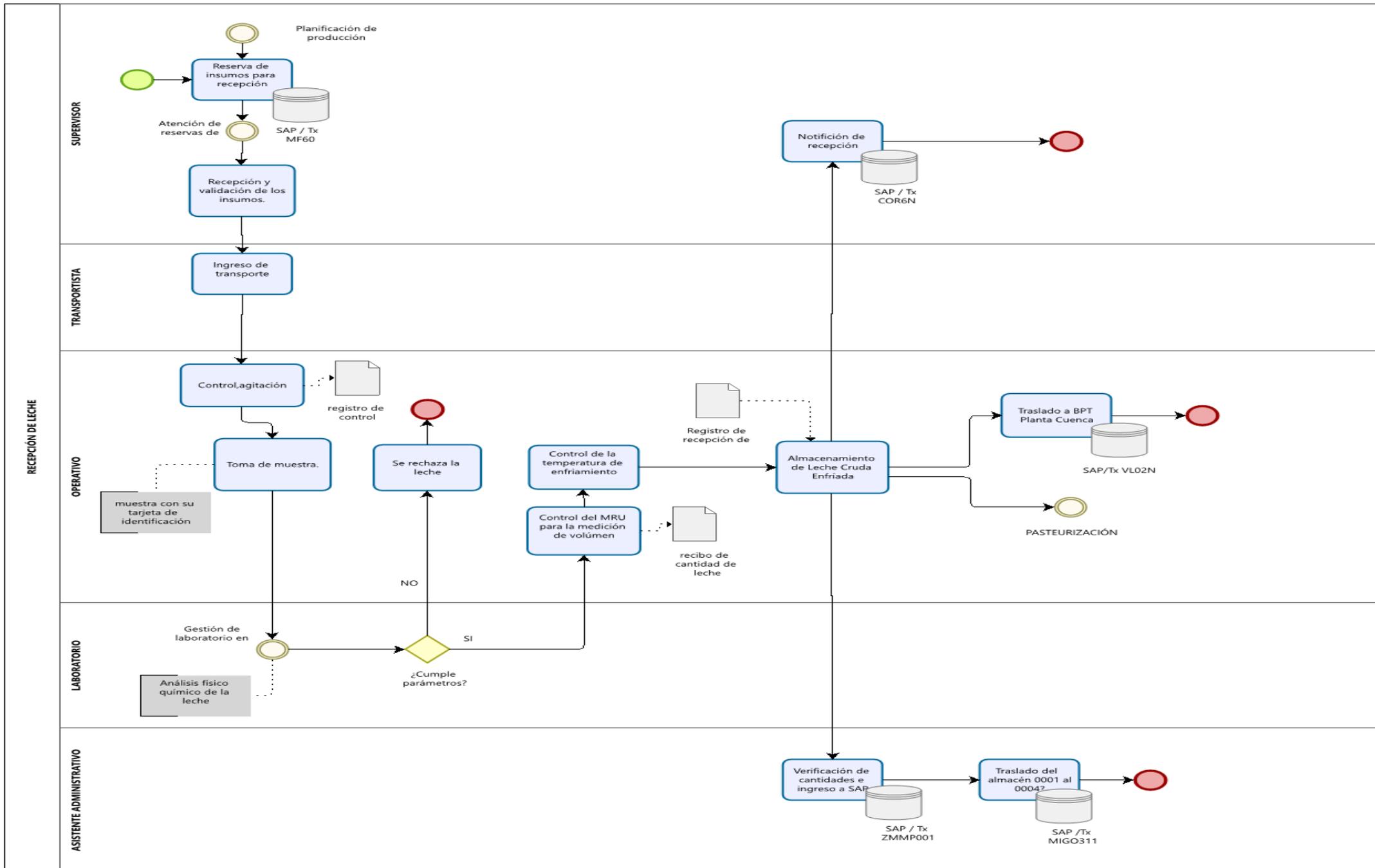


ANEXO C

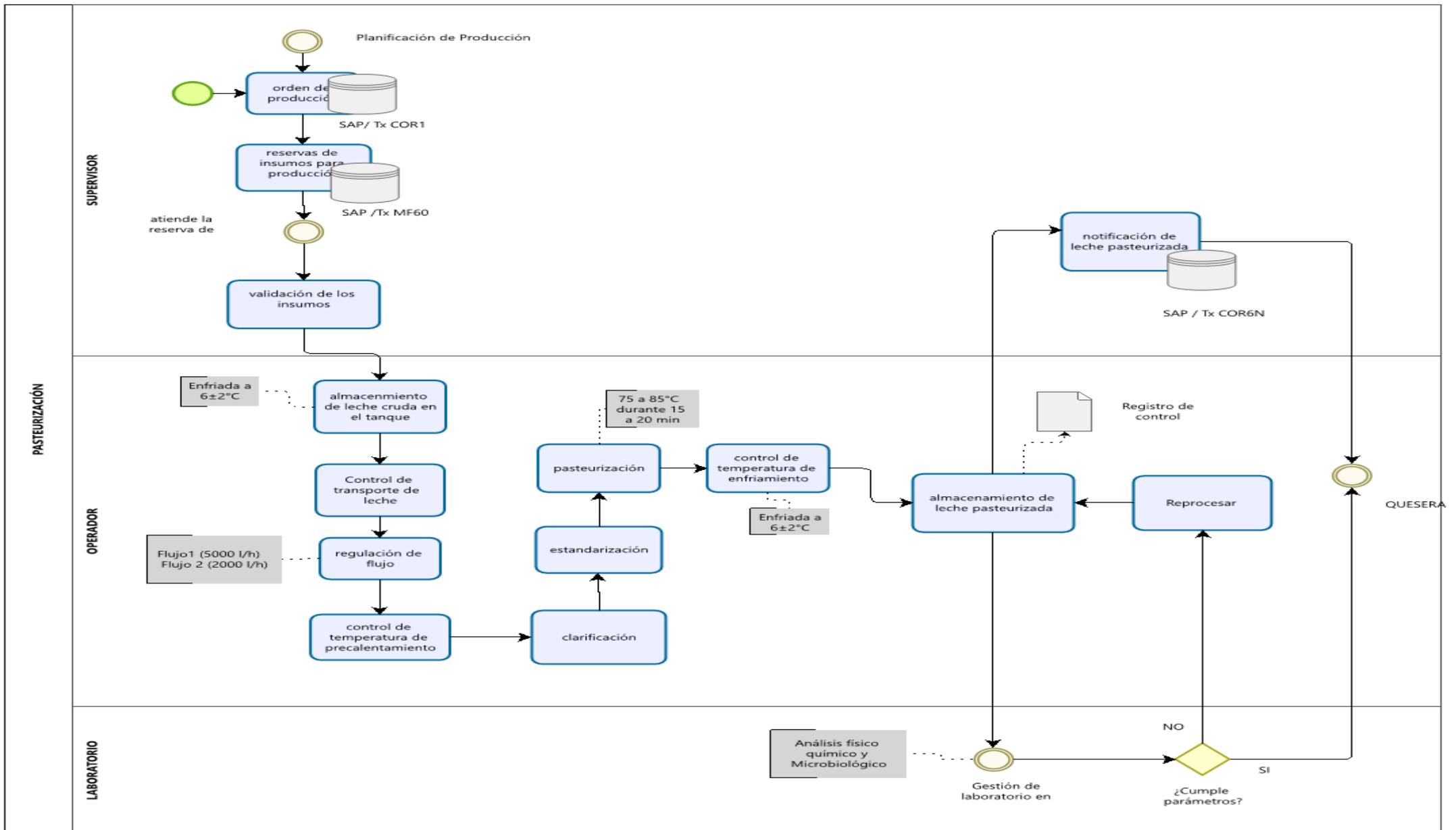


OK. *[Signature]*
03-08-18.

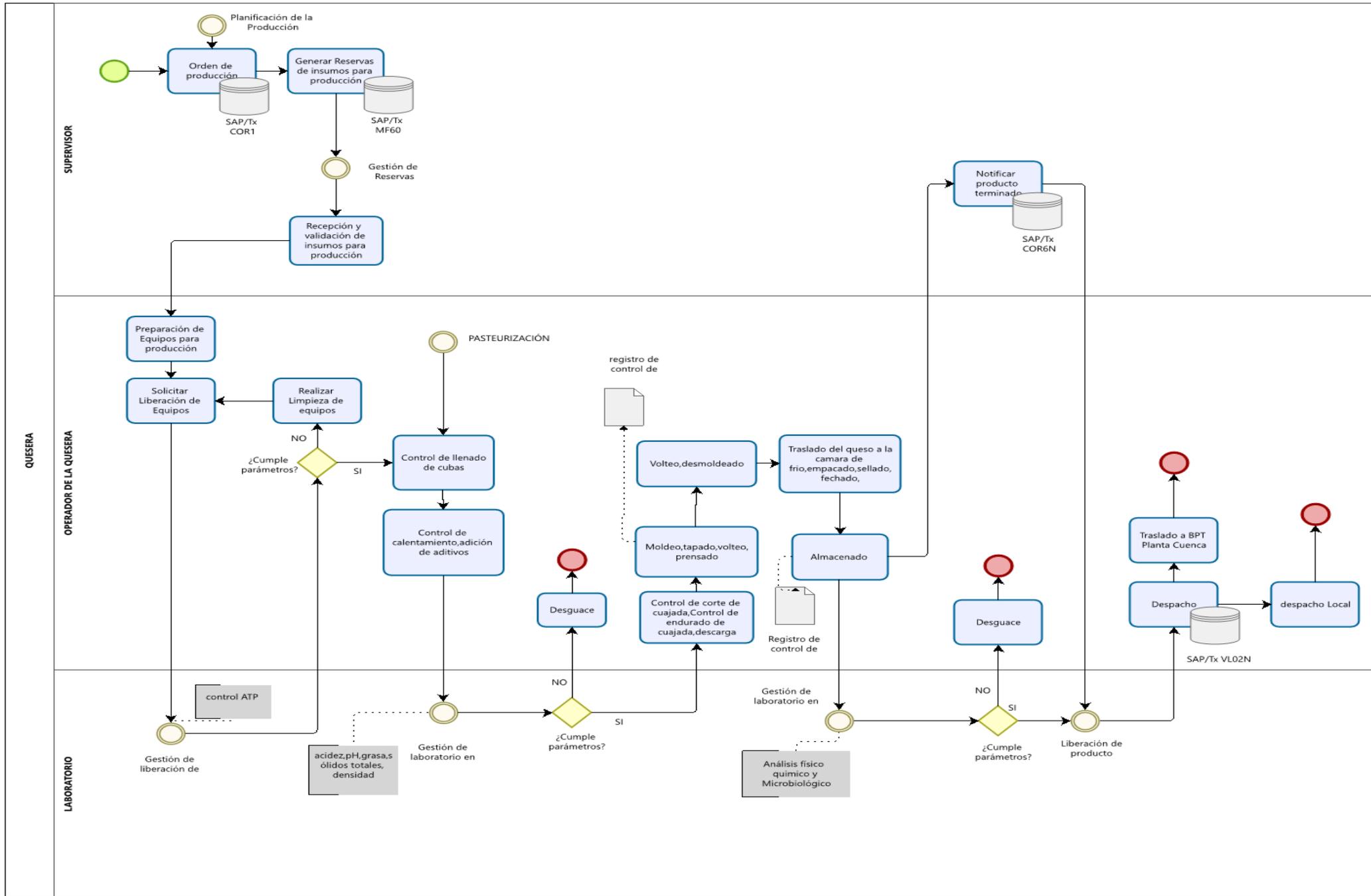
ANEXO D



ANEXO E



ANEXO F



ANEXO G

ENERO 2022

LECHE CRUDA					PRODUCCION QUESOS									CHIVERIA				
Fecha	Leche Notificada	Grasa	Consumo	Excedente	Orden Leche	Orden Queso Fresco	Leche P. Queso	Kg	Rendimiento	Orden Queso Mozzarella	Leche P. Mozzarella	Kg	Rendimiento	Chiveria Notificado	Chiveria Dato Paoleth	Dato Ramiro	Diferencia	Orden
2	52632		52322	310	34410													
2	40531	400	40731	200	34412									39350	39311	39400	-89	34414
3	33367		33167	200	34415	34418	6000	771,5	12,86%	34419	3000	332,5	11,08%	20400	20288	20400	-112	34420
4	32908	800	33508	200	34430	34433	8850	1160,25	13,11%									
5	33852	400	34152	100	34476	34483	12000	1540	12,83%					11900	12118	12000	118	34521
6	27544	400	27744	200	34524	34526	9000	1183,75	13,15%	34527	3000	328,5	10,95%					
7	41730	600	42230	100	34555													
8	25145		25095	50	34616													
9	43394		43344	50	34620													
10	33764		33744	20	34623	34626	9000	1114,75	12,39%					11950	12064	12000	64	34621
11	29812		29792	20	34688	34691	9000	1210,75	13,45%	34692	3000	322	10,73%	20350	20250	20400	-150	34694
12	33589	200	33739	50	34699	34702	8800	1108,5	12,60%					30350	30382	30420	-38	34728
13	30303	1200	31483	20	34733	34737	9000	1139	12,66%	34738	3000	357	11,90%	20400	20368	20400	-32	34736
14	33635	800	34415	20	34776					34776	6000	662	11,03%					
15	39270	800	40050	20	34828													
16	43616		43566	50	34830									12300	12380	12300	80	34831
17	31800		31750	50	34833	34836	12000	1509,25	12,58%					30481	30714	30400	314	34837
18	34520		34470	50	34883	34882	9000	1153,5	12,82%					18350	18369	18400	-31	34885
19	35453		35403	50	34906	34909	6000	759,5	12,66%	34910	3000	301,5	10,05%	20744	20338	20400	-62	34939
20	31561	400	31911	50	34953	34957	12000	1523,25	12,69%					12000	12000	12000	0	34985
21	39820	400	40220	0	34983													
22	31633	400	31983	50	35035													
23	35798	600	36348	50	35038									18380	18279	18400	-121	35039
24	30749	400	31149	0	35042	35058	12000	1504	12,53%					30350	30316	30435	-119	35045
25	29434	400	29834	0	35093	35097	11900	1503,25	12,63%					18400	18293	18435	-142	35096
26	35115	400	35515	0	35134	35136	6000	768,5	12,81%	35137	3000	293,5	9,78%	32300	32408	32400	8	35162
27	31284	400	31684	0	35171	35174	11900	1474,75	12,39%					12132	12122	12000	122	35173
28	42845	800	43645	0	35205												0	
29	37378		37225	153	35259									12000	12000	12000	0	
30	43670	370	44040	0	35260									20300	20300	20400	-100	35263
31	28651	400	29051	0	35264												0	35267
Excedente notificado				1450										392437	392300	392590	62	

En contra
Por confirmar

Diferencia Notificado - Chiver	137
Diferencia Notificado - Dato	-153
Diferencia Chiveria - Dato R	-290

FEBRERO 2022

LECHE CRUDA					PRODUCCION QUESOS								CHIVERIA					
Fecha	Leche Notificada	Grasa	Consumo	Excedente	Orden Leche	Orden Queso Fresco	Leche P. Queso	Kg	Rendimiento	Orden Queso Mozzarella	Leche P. Mozzarella	Kg	Rendimiento	Chiveria Notificado	Chiveria Dato Paoeth	Dato Ramiro	Diferencia	Orden
1	31564	600	32164	0	35352	35358	2800	350,5	12,52%	35368	6000	603,3	10,05%	20400	20294	20400	-106	35360
2	30741	400	31141	0	35353	35359	12000	1617	13,48%					18000	18112	18000	112	35399
3	29729	800	30479	50	35418	35421	12000	1501,5	12,51%					12000	12006	12000	6	35431
4	42201	700	42851	50	35445									18300	18334	18435	-101	35446
5	41005	300	41255	50	35448												0	
6	41415	800	42115	100	35449									39400	40721	40800	-79	35450
7	29846	600	30346	100	35493	35496	8900	1121,5	12,60%	35497	3000	297,5	9,92%	40800	39285	39471	-186	35499
8	42042	400	42392	50	35512									19000	19000	19051	-51	35513
9	30294	400	30644	50	35543	35546	6000	783,75	13,06%	35547	3000	316,3	10,54%				0	
10	30411	400	30761	50	35586	35592			#iDIV/0!				#iDIV/0!				0	
11				0	35588				#iDIV/0!	35593			#iDIV/0!				0	
Excedente notificado				500										167900	167752	168157	-100	

Diferencia Notificado - Chiveria

Diferencia Notificado - Dato R

Diferencia Chiveria - Dato R

148
-257
-405

En contra
Por confirmar

