



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de  
la Producción**

**“Aplicación de la metodología DMAIC para la  
reducción de mermas asociadas a las líneas de  
producción de yogurt de una empresa de  
lácteos.”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS**

**Presentado por:**

**Iván Alfredo Arriola León**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2021**

## AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi tutor del proyecto de titulación la MSc. Sofía Lopez I., a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y especialmente mi esposa Anita Pincay y mis hijos por su apoyo incondicional al continuar con mis estudios.

# DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mis abuelos, padres, esposa, hijos, familiares y amigos.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**Sofía Lopez I., M.Sc.**  
**TUTOR**

---

**Marco Buestan B., Ph.D.**  
**VOCAL**

## **DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Iván Alfredo Arriola León

## RESUMEN

El presente proyecto de mejora usa la metodología DMAIC para garantizar la satisfacción del cliente y conservar las mejoras a través de los años para reducir las mermas que se producen en las líneas de yogurt de una planta procesadora de lácteos que a pesar de ser una planta de 5 años con equipos de alta tecnología que le permiten tener el 1% de las mermas en su producción de las líneas de 17 y 18 que elaboran yogurt, contablemente eran pérdidas por los costos que implican limpiar ese 1% en cada lote de producción.

La metodología DMAIC nos permitió enfocar nuestro problema en la línea 18 por contener el 70% de las mermas que se producen, además identificó las causas raíz y como resolverlas; la implementación de la mejora evidenció los resultados de forma inmediata con la reducción de mermas y los costos variables que implicaban.

A pesar de que el proyecto tuvo una mejora de alto impacto y de alto esfuerzo, la sustentación financiera evidenció las mejoras económicas que se obtuvieron con la implementación.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL .....	II
ABREVIATURAS .....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1. Área de estudio. ....	1
1.2. Descripción del problema. ....	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivo General.....	3
1.5. Objetivos Específicos .....	3
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. Método DMAIC .....	4
2.2. Define (Definir) .....	4
2.3. Measure (Medir) .....	5
2.4. Analyse (Analizar) .....	5
2.5. Improve (Mejorar) .....	5
2.6. Control (Controlar).....	6
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
3.1. Definir.....	7
3.2. Medir .....	11
3.3. Analizar .....	17
3.4. Mejorar .....	23
3.4.1 Desarrollo de plan de implementación.....	24
3.4.2 Implementación de planes.....	25
3.4.3 Cuantificar resultados.....	28
3.4.4 Evaluar beneficios .....	29
3.5. Controlar.....	31
3.5.1 Actualizar estándares .....	31
3.5.2 Entrenamientos y transferencia de conocimientos.....	32
3.5.3 Plan de control.....	32
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>4. EVALUACIÓN FINANCIERA .....</b>	<b>34</b>
4.1. Costos Fijos.....	34
4.2. Costos Variables y Gastos de Administración y Ventas.....	34
4.3. Ingresos del Proyecto .....	35
4.4. Flujo de Caja .....	36
4.5. Valor Actual Neto.....	38
4.6. Tasa Interna de Retorno.....	38
4.7. Análisis de Escenarios.....	38
4.8. Análisis de Sensibilidad .....	39
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>40</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	40

5.2. RECOMENDACIONES..... 40

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**



## ABREVIATURAS

DMAIC	Definir, medir, analizar, implementar, controlar
SIPOC	Proveedores (Suppliers), Entradas (Inputs), Procesos (Process), Salidas (Outputs) y Clientes (Customers)
CTQ	Árbol de variables críticas
OEE	Overall Equipment Effectiveness o Efectividad Total de los Equipos
KPI	Key Performance Indicator, o Indicador Clave de Actuación.
VAN	Valor actual neto
TMAR	Tasa mínima aceptable de rendimiento
TIR	Tasa interna de retorno

## SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
Hr	Horas
Kg	kilogramos
m	Metros
min	Minutos

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Proceso de Elaboración de Yogurt.....	1
Figura 1. 2 Análisis trimestral de mermas comparadas con la producción de yogurt.....	2
Figura 3. 1 Equipo de trabajo.....	7
Figura 3. 2 Herramienta definición de problema 4W + 2H.....	8
Figura 3. 3 SIPOC del proceso de elaboración de yogurt. ....	9
Figura 3. 4 Diagrama de afinidad para la reducción de mermas en la producción de yogurt .....	10
Figura 3. 5 Árbol de variables críticas. ....	10
Figura 3. 6 Línea de tiempo del porcentaje de mermas de las líneas L17 y L18 .....	11
Figura 3. 7 Macromapa de elaboración de yogurt. ....	12
Figura 3. 8 Diagrama de flujo de elaboración de yogurt. ....	13
Figura 3. 9 Estratificación de datos según Turnos .....	15
Figura 3. 10Estratificación de datos según tipo de yogurt .....	15
Figura 3. 11 Estratificación de datos según Línea de Producción .....	16
Figura 3. 12 Análisis de Capacidad de Mermas de L18 .....	17
Figura 3. 13 Diagrama de Ishikawa: Mermas por limpiezas .....	18
Figura 3. 14 Diagrama Pareto de causas potenciales.....	19
Figura 3. 15 Dosificación manual de color y sabor.....	21
Figura 3. 16 Gráfica de uso de capacidad de tanques del proceso según lotes de producción .....	21
Figura 3. 17 Tanques usados parcialmente de su capacidad máxima. ....	22
Figura 3. 18 Etapa de maduración .....	22
Figura 3. 19 Partes del sistema de dosificación .....	25
Figura 3. 20 Llegada de equipos a planta .....	26
Figura 3. 21 Cambio de procesos .....	26
Figura 3. 22 Pre montaje de equipos .....	27
Figura 3. 23 Instalación del sistema de dosificación .....	27
Figura 3. 24 Elaboración de % de dosificaciones según recetas.....	28
Figura 3. 25 Programa automatizado para gestor de recetas.....	28
Figura 3. 26 Línea de tiempo del % de merma promedio de la Línea 18.....	29
Figura 3. 27 Disponibilidad antes y después del sistema automático de dosificación..	30
Figura 3. 28 OEE antes y después del sistema automático de dosificación .....	30
Figura 3. 29 Reducción de los costos variables de operación.....	31
Figura 3. 30 Proceso actual de elaboración de yogurt en la línea 18 .....	31
Figura 3. 31 Entrenamiento del personal de la línea 18 .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Plan de recolección de datos.....	14
Tabla 2 Recolección de datos.....	14
Tabla 3 Matriz Causa Efecto.....	19
Tabla 4 Plan de verificación de causas.....	20
Tabla 5 Herramienta 5 Por qué de las Mermas por limpieza en cada cambio de lote de producción.....	23
Tabla 6 Resultado causa raíz.....	23
Tabla 7 Generación de soluciones.....	24
Tabla 8 Planificación de las soluciones a implementar.....	24
Tabla 9 Resultados CTQ.....	29
Tabla 10 Ahorros por reducción de mermas con sistema automático de dosificación.....	30
Tabla 11 Actualización de KPI.....	32
Tabla 12 Plan de control del proyecto.....	33
Tabla 13 Costos fijos del proyecto de dosificación automática de color y sabor.....	34
Tabla 14 Costos variables de la producción de yogurt.....	35
Tabla 15 Costos variables por mantenimiento de la línea 18.....	35
Tabla 16 Datos históricos de ventas de la línea 18.....	36
Tabla 17 Pronósticos de ventas.....	36
Tabla 18 Flujo de caja.....	37
Tabla 19 TMAR, VAN Y TIR.....	38
Tabla 20 Resultado de análisis de escenarios.....	38
Tabla 21 Resultado de análisis de sensibilidad.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Certificado de calibración de caudalímetro de mermas de L18
Anexo 2	Plano de instalación de sistema de dosificación automática de L18

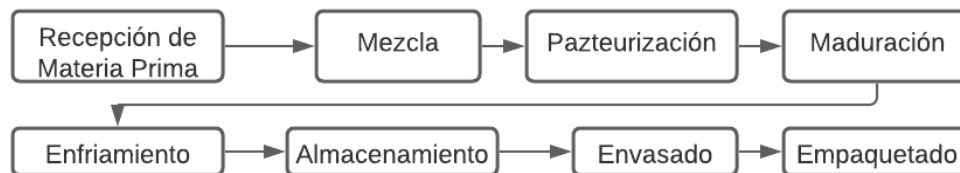
# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Área de estudio.

La empresa donde se desarrolló el presente proyecto es una planta procesadora de lácteos en la ciudad de Guayaquil, con más de 4 décadas en el mercado ha convertido a sus productos como referente de calidad por su compromiso en el desarrollo de alimentos que beneficien a la salud y bienestar de sus consumidores, tanto así que ha logrado comercializar sus productos en algunos países como: EE. UU., España, Puerto Rico, Colombia, Perú, Bolivia, Chile, entre otros.

La planta procesadora de lácteos cuenta con varias líneas de producción, el área de estudio del proyecto fue en la línea de elaboración de yogurt que trabaja con el siguiente proceso:



*Figura 1. 1 Proceso de Elaboración de Yogurt*

**Fuente:** Elaboración propia

Las mermas representativas que se producen en la línea de producción de yogurt se dan en la transportación por tuberías desde la zona de mezcla hasta las envasadoras.

Las líneas de estudio fueron L17 y L18 que comparten el tanque de alimentación de materia prima, la línea L17 se encarga del envasado del producto en presentaciones pequeñas y L18 para envasar las presentaciones grandes.

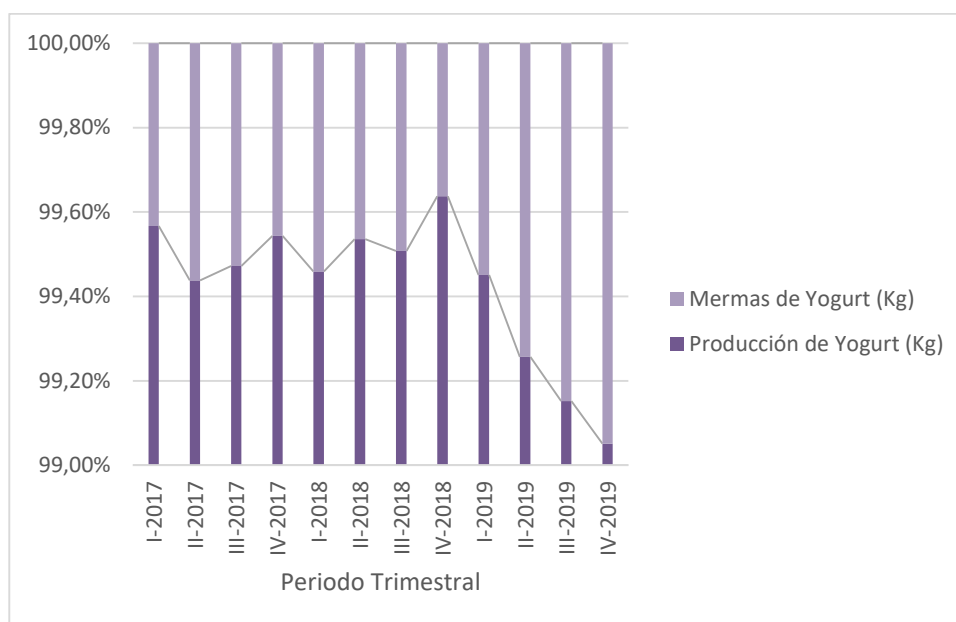
### 1.2. Descripción del problema.

Debido a la demanda del mercado, la planta se obliga a producir en pequeños lotes, por lo que es necesario hacer cambios que generan constantes limpiezas, mermas, consumos de agua y pérdida de espacios de tanques.

Uno de los objetivos de la empresa es que su producción sea eficiente de forma que exista mínimas pérdidas. A pesar de contar con equipos y procesos de alta eficiencia, las mermas que reportan la producción de yogurt son mínimas cuando se las compara con la producción total, sin embargo estas pérdidas son representativas cuando se las evalúa de forma financiera.

La planta procesadora de lácteos en el reporte de producción del último trimestre del 2019 se sabe que la producción de yogurt de las líneas L17 y L18 son 1 721 810 Kg. mientras que las mermas son 16 500 Kg., en anteriores reportes el menor valor de mermas en un trimestre con producciones similares ha sido de 6.250 Kg, tal como lo muestra la Figura 1.2 donde se analiza el porcentaje de mermas comparada a la producción desde el 2018 al 2019, demostrando que a partir del 2019 el porcentaje de

mermas ha venido incrementándose con respecto a la producción total de yogurt.



*Figura 1. 2 Análisis trimestral de mermas comparadas con la producción de yogurt*  
**Fuente:** Elaboración propia.

En la revisión financiera las mermas del producto son analizadas por el costo de producción por cada kilogramo de yogurt, por el costo de mano de obra por el personal involucrado en procesos de limpiezas químicas que se utilizan para limpiezas, equipos de limpieza y recursos como energía y agua que involucran el retiro de las mermas. Para el último trimestre del 2019 el costo de mermas es \$31.330,00 que equivalen a \$24.862,00 por desperdicio del producto y \$6.468,00 por la mano de obra y recursos que se utilizan para limpieza de mermas.

Según el proceso actual de la elaboración de yogurt el producto final, los equipos que se utilizan son de alta tecnología que permite que sus mermas sean pequeñas comparadas al producto final, pero el desperdicio del producto por cambio de sabor y color no es el único recurso que se está desperdiciando ya que además se involucran recursos como: tiempo de producción, mano de obra de operadores, equipos, agua y energía.

Aunque la representación porcentual de las mermas no llega ni al 1% de la producción total del yogurt; el costo financiero que representa las mermas comienza a incrementar, en el capítulo 4 se analiza el impacto.

### 1.3. Justificación

La empresa cree que las líneas de producción de yogurt L17 y L18 tienen una oportunidad para mejorar su proceso, de manera que disminuyan las paradas recurrentes por cambios en la producción. Estos cambios permitirán disminuir los costos de producción, que representará para la empresa mayores ingresos.

Adicionalmente, con estas mejoras aumentarán la disponibilidad de las líneas con oportunidad a que la producción incremente, permitiendo que el producto llegue a cubrir mayor parte del mercado consumidor de yogurt del que actualmente ya tiene.

Por parte académica es una oportunidad para aplicar la metodología DMAIC como

mejora del proceso de producción de yogurt, realizando los cambios de forma ordenada y asertiva, mediante la participación activa del personal involucrado en esta línea de producción. De esta forma quedará demostrado que a pesar existan procesos considerados eficientes siempre hay una oportunidad de mejorar todo proceso.

#### **1.4. Objetivo General**

Disminuir las mermas asociadas a las líneas L17 y L18 a través de la implementación de la metodología DMAIC.

#### **1.5. Objetivos Específicos**

- Identificar las causas raíz de las mermas generadas en las líneas L17 y L18.
- Desarrollar solución e implementación en las líneas L17 y L18.
- Diseñar el plan de control para mantener los cambios implementados.



# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Método DMAIC

Es un modelo estandarizado usado por Seis Sigma, esta metodología es participativa siguiendo un formato estructurado y disciplinado para mejoras significativas de un proceso. Forrest W. (1999).

DMAIC es un acrónimo formado por 5 letras que describen las fases del proyecto que están conectadas entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), cada una de estas fases usa diferentes herramientas que son aplicadas para obtener respuestas a preguntas que lleven al proceso de mejora. Pérez, E. y García M. (2014).

### 2.2. Define (Definir)

En esta parte se alinea el proyecto identificando el proceso a mejorar, se forma el equipo de trabajo y cuantifica los beneficios que se podrían obtener. Pérez, E. y García M. (2014).

Para determinar el rol de cada integrante de trabajo es importante definir su función durante el desarrollo del proyecto. Forrest W. (1999).

- El consejo directivo, creará una visión del proyecto, defenderá los objetivos y se hará responsable de las implementaciones que se realicen, de igual manera deberá exigir indicadores para medir los resultados
- Los champions, son quienes están preparados para los cambios que traerá el proyecto, aconseja y aprueba los cambios basados en datos, elimina los obstáculos y defiende el trabajo del equipo.
- Tutor DMAIC, es quien se comunica entre el consejo directivo y los champions, establece una planificación, resuelve problemas relacionados al equipo de trabajo y se encarga de celebrar los éxitos que se alcance.
- Líder del Proyecto, es quien interactúa con el champion y trabaja con los miembros del equipo para la aplicación de las herramientas DMAIC.
- Miembros del equipo, son quienes alimentan al proyecto con la recolección de datos y realizan las tareas que les soliciten.

Para esto se determina: cuál es el problema, los objetivos y las actividades principales para mejorar el proceso.

Renata Meran, Alexander John, Olin Roenpage & Christian Staudter (2013) recomiendan aplicar las siguientes reglas SMART:

- Específico: ¿Dónde se produce el problema? ¿Qué requisito del cliente se está incumpliendo?
- Medible: Usar mínimo una medición operativa, en esta etapa son válidas las estimaciones.
- Aceptado: El sponsor y el equipo deben comprender los problemas y objetivos.
- Realista: El periodo de tiempo debe ser definido de acuerdo a los objetivos del proyecto.
- Tiempo Límite: Desde cuando sucedió el problema y determinar la fecha para lograr el objetivo.

Según Meran R., John A., Roenpage O. & Staudter C. (2013) los entregables claves a completarse en esta fase son:

- Voz del cliente
- SIPOC
- Definición del proyecto

### **2.3. Measure (Medir)**

En esta etapa se establece la línea base, se conoce el estado actual del proceso y se analiza los datos recolectados.

Esteban Pérez & Minor García (2014) indica que en la medición se traduce los requisitos del cliente, las características del producto y los parámetros que afectan al proceso, en un parámetro medible: características críticas para la calidad (CTQ).

Según Meran R., John A., Roenpage O. & Staudter C. (2013) los entregables claves a completarse en esta fase son:

- Macromapa de Procesos
- Estratificación de factores
- Establecimiento de problemas enfocados

### **2.4. Analyse (Analizar)**

En este punto se aparta las causas de los errores que afectan al comportamiento de los CTQ, es decir se identifica las causas potenciales.

Se deberá realizar una elección adecuado del método estadístico como: Diagrama de Paretos, Diagrama Causa y Efecto, Diagrama de Dispersión, Modelo lineal para realizar un estudio muy cercano a la realidad de acuerdo a la información que ha sido suministrada en el proceso. Baraka, J., Dewa, M. y Singh, R. (Octubre 2019).

Según Meran R., John A., Roenpage O. & Staudter C. (2013) los entregables claves a completarse en esta fase son:

- Herramientas causa – efecto
- Planes de verificación
- Aplicación de herramientas estadísticas
- Establecimiento de variables críticas-

### **2.5. Improve (Mejorar)**

En este punto se diseña e implementan los ajustes al proceso que mejoran el desempeño de CTQ según Saeid Hakimi, Seyed Mojib Zahraee & Jafri Mohd Rohani (2016).

Con la ayuda de técnicas de mejoramiento como AMEF o diseño experimental se tomarán las mejores decisiones para el mejoramiento del proceso y además se determina los rangos de operación de las variables de entrada del proceso. Powell, D., Lundebey, S., Chabada, L., Dreyer, H. (2017),

Según Meran R., John A., Roenpage O. & Staudter C. (2013) los entregables claves a completarse en esta fase son:

- Herramientas causa – efecto
- Acciones de mejora

## 2.6. Control (Controlar)

Esta fase se asegura en mantener a largo plazo los cambios y ajuste al proceso que se realizaron en la parte de mejora. Pérez, E. y García M. (2014)

Se diseña y documenta los planes de control para mantener los logros del proyecto

Según Meran R., John A., Roenpage O. & Staudter C. (2013) los entregables claves a completarse en esta fase son:

- Diseño e implementación de plan de control-
- Estandarización de procesos .
- Control visual.

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Definir

Se reunió un grupo de trabajo para socializar el problema que se enfrenta la empresa, cuál será la metodología que se implementará para resolverlo y además se realizó un reconocimiento del proceso sobre el cual se va a trabajar.

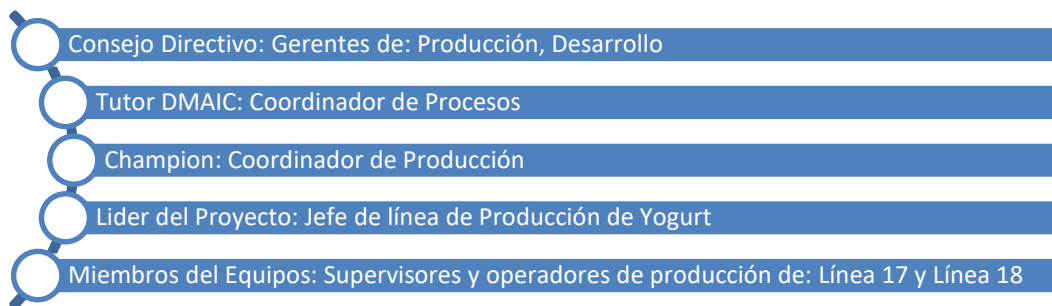
Las herramientas que se usaron en la etapa de definición fueron: la definición del equipo de trabajo, definición del problema, alcance del proyecto mediante SIPOC y la identificación de las necesidades del cliente a través de la herramienta Voz del Cliente (VOC).

#### 3.1.1 Definición del equipo de trabajo

Conociendo el problema en las mermas que reporta la producción de yogurt se realizó la definición del equipo de trabajo que se involucrará en el proyecto Seis Sigma conformado por el consejo directivo, el coach, champion y el líder del proyecto y los miembros del equipo.

Las personas que ocupan cada rol del equipo de trabajo tienen amplio conocimiento del proceso donde se desarrolló el proyecto porque trabajan o son parte de esa área. Durante la descripción y designación de los roles el personal el personal se mostró con gran interés para desarrollar el proyecto porque siente el respaldo de un equipo de trabajo.

El equipo de trabajo lo formaron las personas que ocupan los cargos indicados en la Figura. 3.1.



*Figura 3. 1 Equipo de trabajo*

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 3.1.2 Definición del Problema

En la descripción del problema se conoció que el porcentaje de las mermas con respecto a la producción total de yogurt se ha incrementado durante el 2019, por lo que se usó la herramienta 4W+2H que permite plantear el problema de manera concreta y precisa. En la Figura 3.2 se muestra la aplicación de esta herramienta para el proyecto.

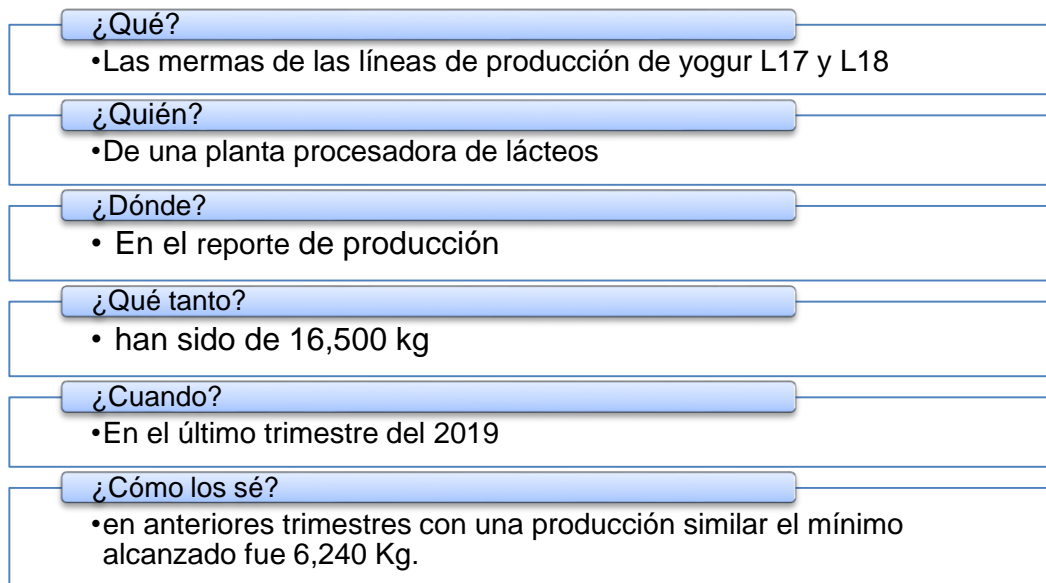


Figura 3. 2 Herramienta definición de problema 4W + 2H

Fuente: Elaboración propia.

Con el uso de esta herramienta se definió el problema de la siguiente forma:  
Las mermas de las líneas L17 y L18 de una fábrica de lácteos en el reporte de producción del último trimestre del 2019 son en 16500 Kg., mientras que en anteriores trimestres con una producción similar el mínimo alcanzado fue 6,240 Kg.

### 3.1.3 SIPOC

Para un mejor entendimiento del alcance del proyecto se realizó con ayuda de los integrantes un mapeo del macro proceso de elaboración de yogurt para un panorama general, se abarcó desde el almacenamiento de materia prima hasta el paletizado del producto terminado. En la Figura 3.3 se detalla cada una de las etapas incluyendo los movimientos de entrada y salidas a través del diagrama SIPOC y a su vez, el equipo de trabajo ha resaltado los procesos de Maduración hasta Envasado, los cuales presenta la mayor cantidad de desperdicios en la elaboración de yogurt y serán objeto de nuestro estudio.

S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Procesos)	O (Salidas)	C (Clientes)
Recepción de leche	Leche estandarizada	Almacenamiento	Leche estandarizada a 7°C	Mezcla de yogurt
Bodega materia prima	-Azúcar, -Leche en Polvo -Glucosa -Leche estabilizada	Mezcla	-Mezcla de yogurt - Purga de línea	Filtración
Mezcla de yogurt	Mezcla de yogurt	Filtración	-Mezcla de yogurt bebible filtrado - Partículas retenidas	Homogenización
Filtración	-Mezcla de yogurt bebible filtrado	Homogenización	-Mezcla de yogurt bebible homogenizado	Pasteurización

Homogenización	-Mezcla de yogurt bebible homogenizado	Pasteurización	-Mezcla de yogurt bebible pasteurizado	Maduración de yogurt
Pasteurización	-Mezcla de yogurt filtrado pasteurizado enfriado - Lactobacillus - Sabor artificial - Color	Maduración	-Mezcla de yogurt bebible madurado	Filtración
Maduración de yogurt	-Mezcla de yogurt bebible madurado Ph 4,5 - 4,6	Filtración	-Mezcla de yogurt bebible madurado -Partículas filtradas	Envasado
-Filtración -Bodega de material de empaque	-Mezcla de yogurt bebible madurado filtrado -Envases plásticos -Etiquetas Maquinaria	Envasado	-Yogurt envasado - Restos de yogurt bebible - Envases	Empaquetado
Bodega de material de empaque	-Yogurt envasado -Cartones -Mangas plasticas	Empaquetado	-Yogurt envasado codificado - Mangas plásticas	Empaquetado
Bodega de material de empaque	-Yogurt empaquetado -Palets de madera	Paletizado	-Palet de yogurt empaquetado - Palets defectuosos	Logística Primaria

Figura 3. 3 SIPOC del proceso de elaboración de yogurt.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4 Voz del Cliente (VOC)

Una vez identificada el alcance del proyecto el equipo de trabajo reunió a los clientes de estos procesos como los son: gerente de producción, supervisores de las líneas de producción 17 - 18 y junto con los operadores se logró adquirir y recolectar las necesidades o quejas sobre las mermas de yogurt, teniendo los siguientes hallazgos:

1. Reducir los costos de producción
2. Cumplir con los planes de producción de yogurt
3. Incrementar la disponibilidad en los tanques de almacenamiento
4. Incrementar la disponibilidad de equipos
5. Reducción de horas extras por limpiezas.
6. Disminuir las paradas en maquinaria.
7. Reducir el consumo de energía.
8. Reducir los desperdicios del producto.
9. Reducir el consumo de material de limpieza.
10. Reducir mantenimientos.

### 3.1.5 Diagrama de afinidad

Para organizar los hallazgos dados por el cliente se utilizó el diagrama de afinidad que permite ordenar las ideas del cliente en categorías o drivers, el resultado Figura 3.4, permitió aclarar el problema.

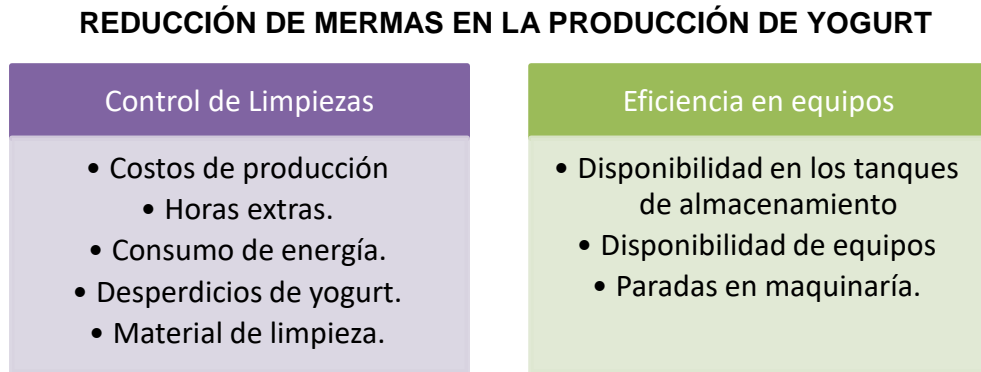


Figura 3. 4 Diagrama de afinidad para la reducción de mermas en la producción de yogurt

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.6 Árbol de variables críticas (CTQ)

Elaborar el árbol de variables críticas permitió convertir los hallazgos dados por el cliente en variables medibles que nos indicará las variables críticas del problema como se realizó en la Figura 3.5.

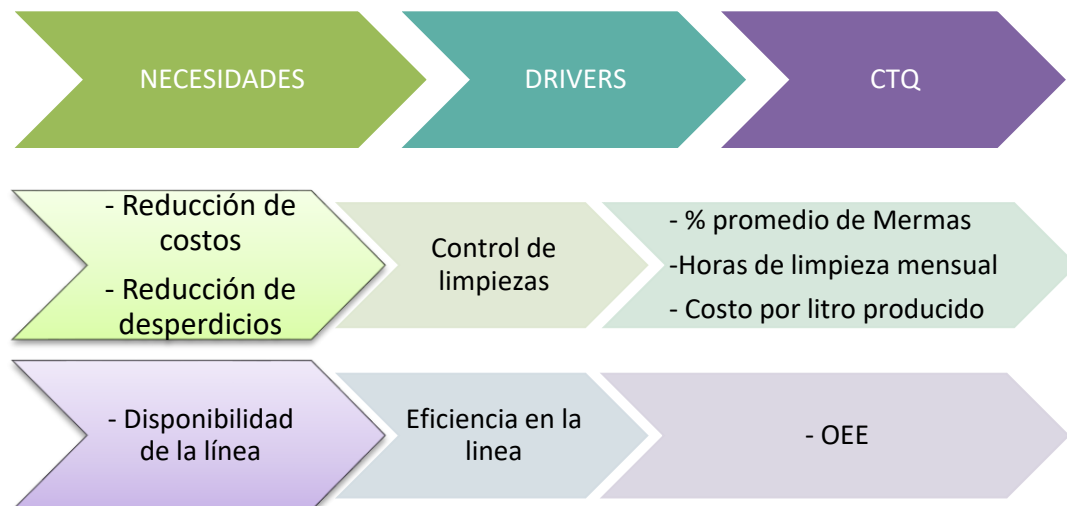
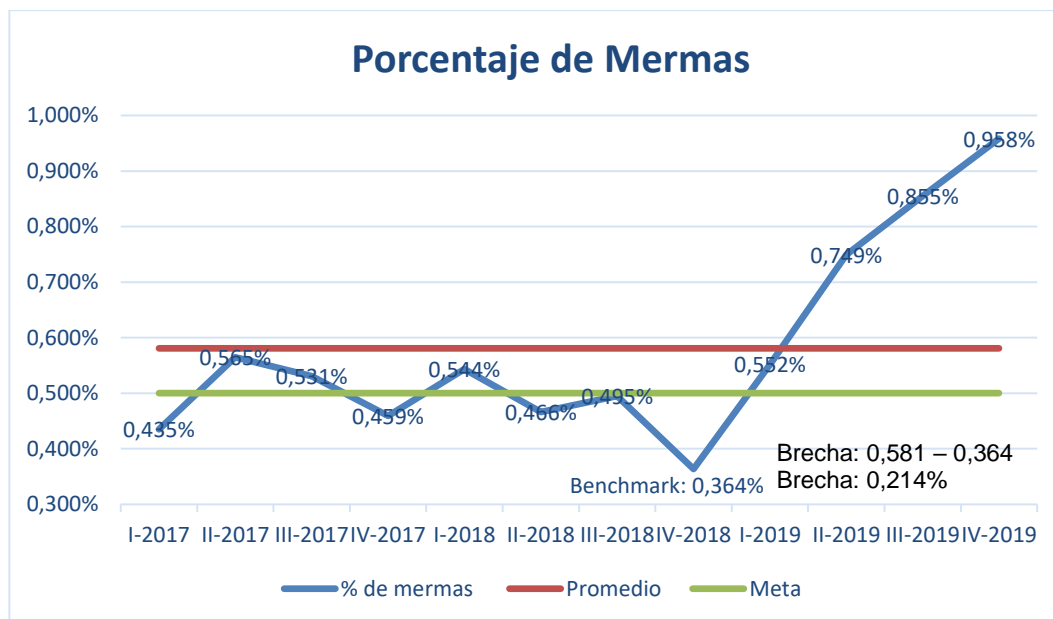


Figura 3. 5 Árbol de variables críticas.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.7 Objetivo SMART

Para establecer el objetivo Smart se analizó la línea de tiempo del porcentaje de mermas desde 2017 al 2019 Figura 3.6, donde se identificó que la tendencia central o mediana es 0,581% y el benchmark es 0,958% con lo que existe una brecha de 0,377%.



*Figura 3. 6 Línea de tiempo del porcentaje de mermas de las líneas L17 y L18*

**Fuente:** Elaboración propia.

Con esta información el champion determinó que se puede reducir la brecha completamente, ya que en los años anteriores al 2019 las mermas fueron por debajo del promedio actual, el aumento de las mermas impacta al costo de producción ya que incrementó el uso de material para limpieza, mano de obra, energía eléctrica y agua, por lo que es necesario reducir estos costos antes del 2019 no habían.

Por lo tanto el objetivo para el proyecto fue disminuir el porcentaje de las mermas asociadas a las líneas L17 y L18 a un 0,5% de la producción a partir de diciembre del 2020.

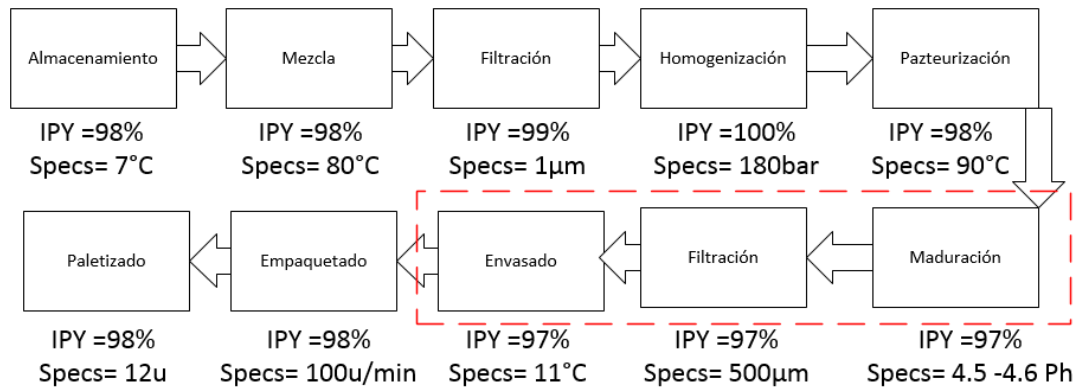
### 3.2. Medir

En esta etapa de medición se inició por detallar el proceso de elaboración de yogurt con la finalidad de un mayor entendimiento del estado actual del proceso y determinar los datos que deben ser medidos con la finalidad de hacer un análisis del proceso. Para realizar un diagnóstico inicial del proceso se utilizó las herramientas de macromapa del proceso, diagrama de flujo del proceso y continuamente se elaboró el plan de recolección de datos, para los datos registrados se verificó su confiabilidad y de esta manera se determinó los factores estratégicos del problema de manera que el problema quede encausado.

#### 3.2.1. Macromapa del Proceso.

Esta herramienta nos ayudó a mostrar de forma visual como se procesa el yogurt, indicando las actividades que se realizan de forma precisa y además muestra los indicadores de desempeño IPY: Rendimiento en el proceso (in process yield).





$$RTY = 98\% * 98\% * 99\% * 100\% * 98\% * 97\% * 97\% * 97\% * 98\% * 98\% = 81,67\%$$

*Figura 3. 7 Macromapa de elaboración de yogurt.*

**Fuente:** Elaboración propia.

Existe un 81,67% de que un kilo de yogurt ingrese al sistema y salga sin mermas.

### 3.2.2. Diagrama de flujo del proceso.

Mediante la observación directa del proceso se elaboró el diagrama de flujo de proceso mostrando así la trayectoria de elaboración del producto, se identificó las fábricas ocultas que forman parte del proceso pero que no están documentadas, además se establece cuáles de las operaciones con las que agregan valor VA y cuales no agregan valor NVA.

Las actividades que no agregan valor en el proceso de elaboración de yogurt son las limpiezas que se realizan por cambio en la producción de yogurt que afecta no solo por el tipo de yogurt (bebible o light) sino también en la coloración y sabor (mora, fresa, durazno y vainilla), estas limpiezas varían de acuerdo al lote que se trabajó previamente.

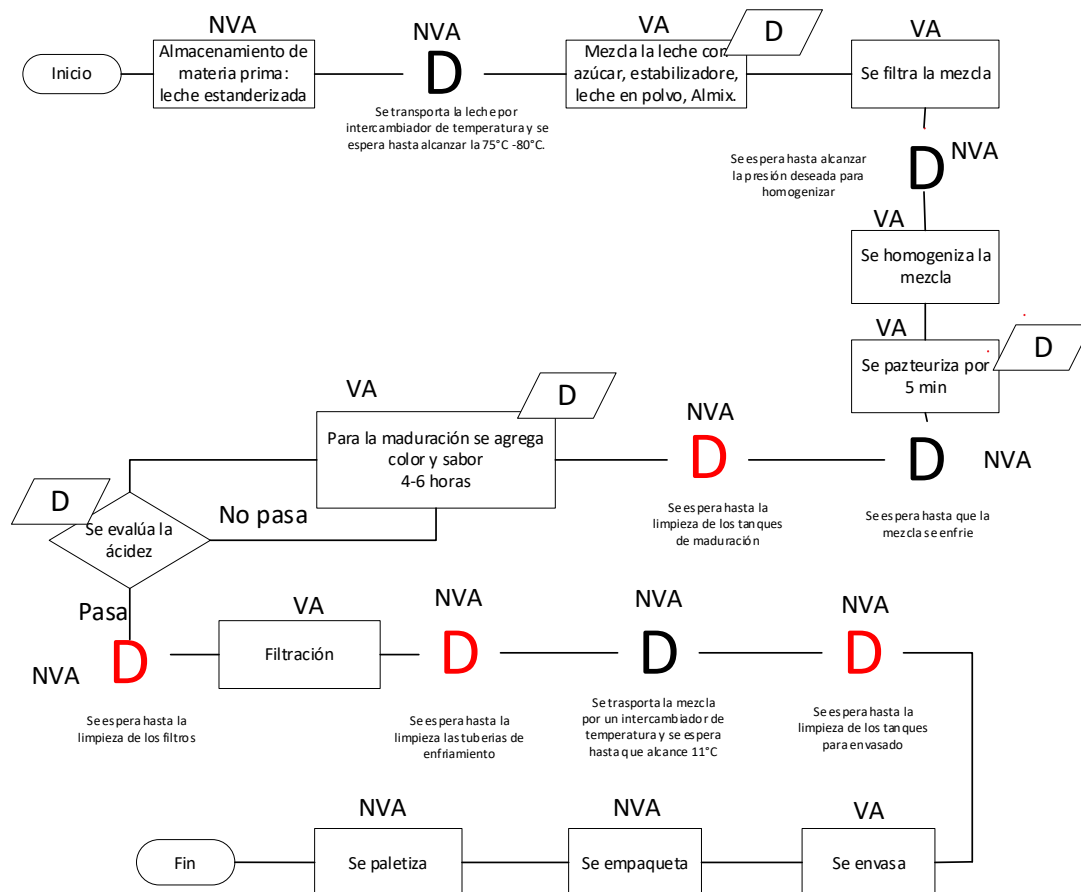


Figura 3. 8 Diagrama de flujo de elaboración de yogurt.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. Plan de recolección de datos.

Las dos primeras herramientas de medición nos mostraron cuáles son las partes del proceso donde ocurre las mermas y cuáles son las actividades que se relacionan que no agregan valor a la producción de yogurt, esto nos permitió establecer la variable de medición en un plan de recolección de datos con las variables potencialmente influyente en el proceso.

La variable de medición fue el porcentaje de mermas que es la comparación de las mermas durante las limpiezas por cambio de producto y la producción total de un lote.

Tabla 1 Plan de recolección de datos.

Datos		Definiciones operacionales y procedimientos			
Qué	Tipo de dato	Como medir	Condiciones registradas	Criterio de estratificación	Identificación de muestreo
Porcentaje de Merma por limpieza (Kg de producto desperdiciado/ total de producción por lote)	Continuo	Medición en caudalímetro	Qué: Yogurt	-Turno. -Tipo de Yogurt. - Línea	Finalización de cada proceso
			Dónde: línea de drenaje de mermas.		
			Cuándo: 30 días programados para medición.		
			Cuál: mermas de yogurt después de cada limpieza.		
			Quién: registro en registrador de caudalímetro.		

Fuente: Elaboración propia.

Para la recolección de datos se creó la Tabla 2, en la cual el operador de turno tomo la información de la producción realizada.

Tabla 2 Recolección de datos.

Orden	Fe.contab.	Turno	Mes	Año	Producto	Puesto	Producción	Merma	% Merma	Costo de Producción	Costo de Merma
Discreto	Discreto	Discreto	Discreto	Discreto	Nominal	Nominal	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo

Fuente: Elaboración propia.

El documento está elaborado para registrar los datos de producción y las mermas que resultan en cada limpieza de las líneas 17 y 18, para el dato de merma se realizó con la ayuda de un caudalímetro que mide los Kg. de yogurt retirados de las líneas durante el período de limpieza.

### 3.2.4. Confiabilidad de datos.

En el levantamiento de información, los datos recolectados muestran la situación actual de las mermas que se originan en las líneas 17 y 18 por las limpiezas realizadas luego de la producción de un lote por el cambio de tipo y sabor de yogurt, por esta razón es necesario que los datos sean confiables de fácil validación.

Para la validación de las mermas, se verificó que el caudalímetro utilizado tenga certificado de calibración válido para el periodo de medición: Enero 2020, en el Anexo 1 se encuentra la certificación realizada en Noviembre del 2019 que valida que el equipo realiza registros consistentes.

### 3.2.5. Estratificación de datos

Para conocer el estado actual del proceso se analizó el porcentaje de las mermas resultado de las limpiezas de las líneas por cada cambio de tipo de yogurt, la primera estratificación se realizó por turno, la Figura 3.9 muestra que este criterio no afecta al problema pues entre el turno 1 y el turno 2 tienen el acumulado de porcentaje de mermas similar, es decir en este criterio no se considera para el análisis de nuestro problema.

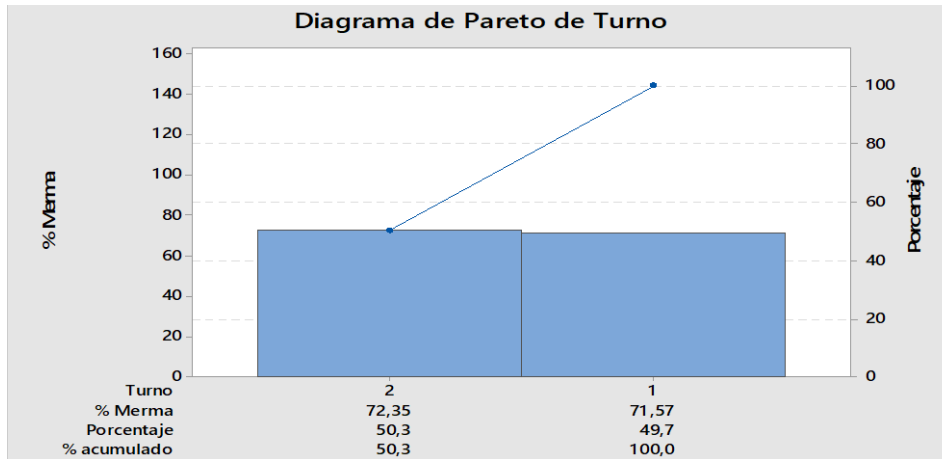


Figura 3. 9 Estratificación de datos según Turnos  
Fuente: Elaboración propia.

Para el criterio de estratificación tipo de yogurt, el diagrama de Pareto de la Figura 3.10 muestra que el acumulado que hay entre ellos no es tan significativa y que la mayor parte de mermas recae en el sabor frutilla, por el ser el sabor con mayor producción, por lo este criterio no se considera para el análisis de nuestro problema.

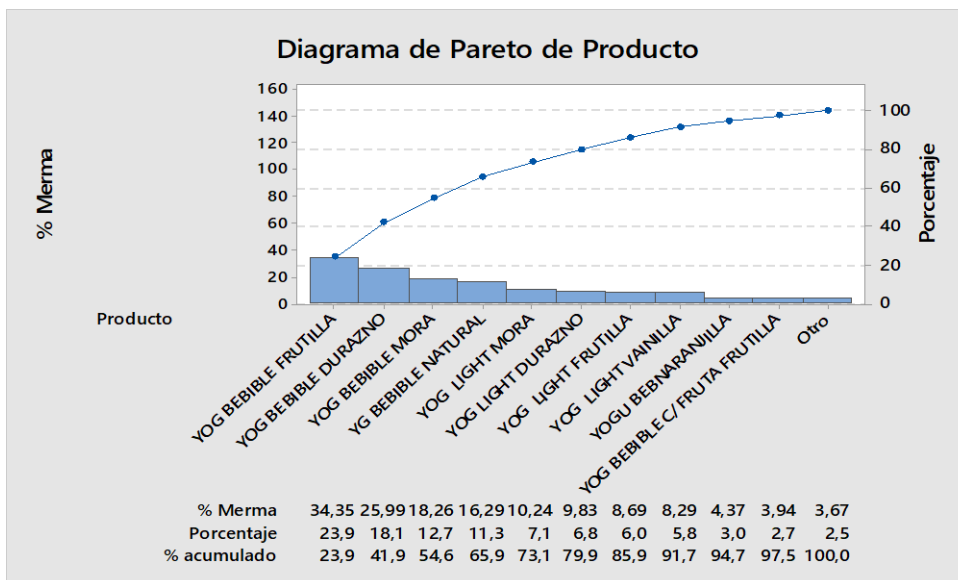
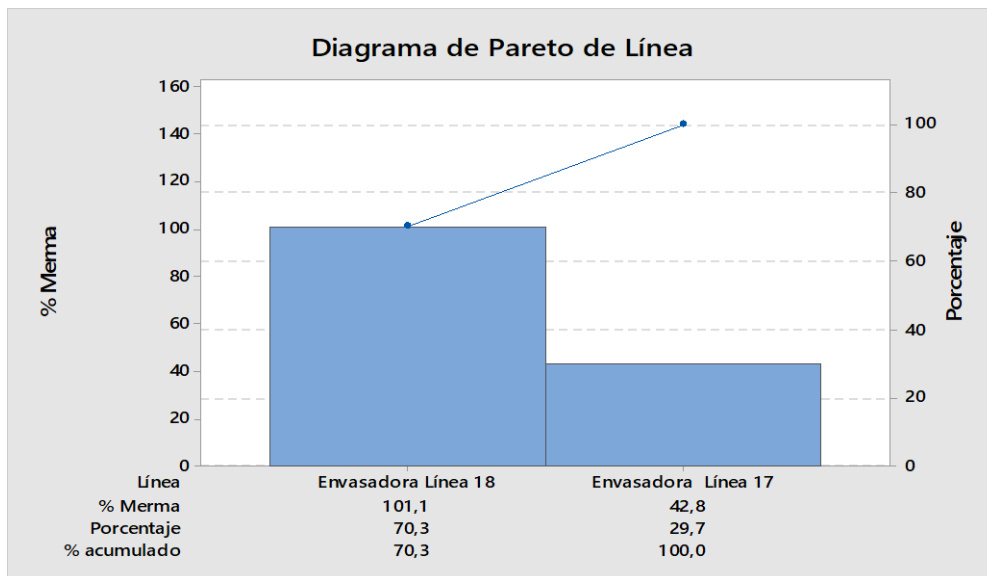


Figura 3. 10Estratificación de datos según tipo de yogurt  
Fuente: Elaboración propia.

Para el criterio de estratificación línea, el diagrama de Pareto de la Figura 3.11 muestra que la envasadora Línea 18 tiene el 70% del porcentaje de las mermas que se produce en las limpiezas por cambios de tipo de producción, por lo que el enfoque del proyecto se realizará en la Línea 18 donde se realiza los envasados de las presentaciones grandes (500ml, 900ml, 1000ml).



*Figura 3. 11 Estratificación de datos según Línea de Producción*

**Fuente:** Elaboración propia.

La línea 18 con el 70,3% de mermas de la producción total de yogurt, tiene en promedio el 1,02% de mermas por cada lote de producción, por lo que el consejo aprobó enfocar el proyecto en mejoras de esta línea, quedando el problema enfocado como:

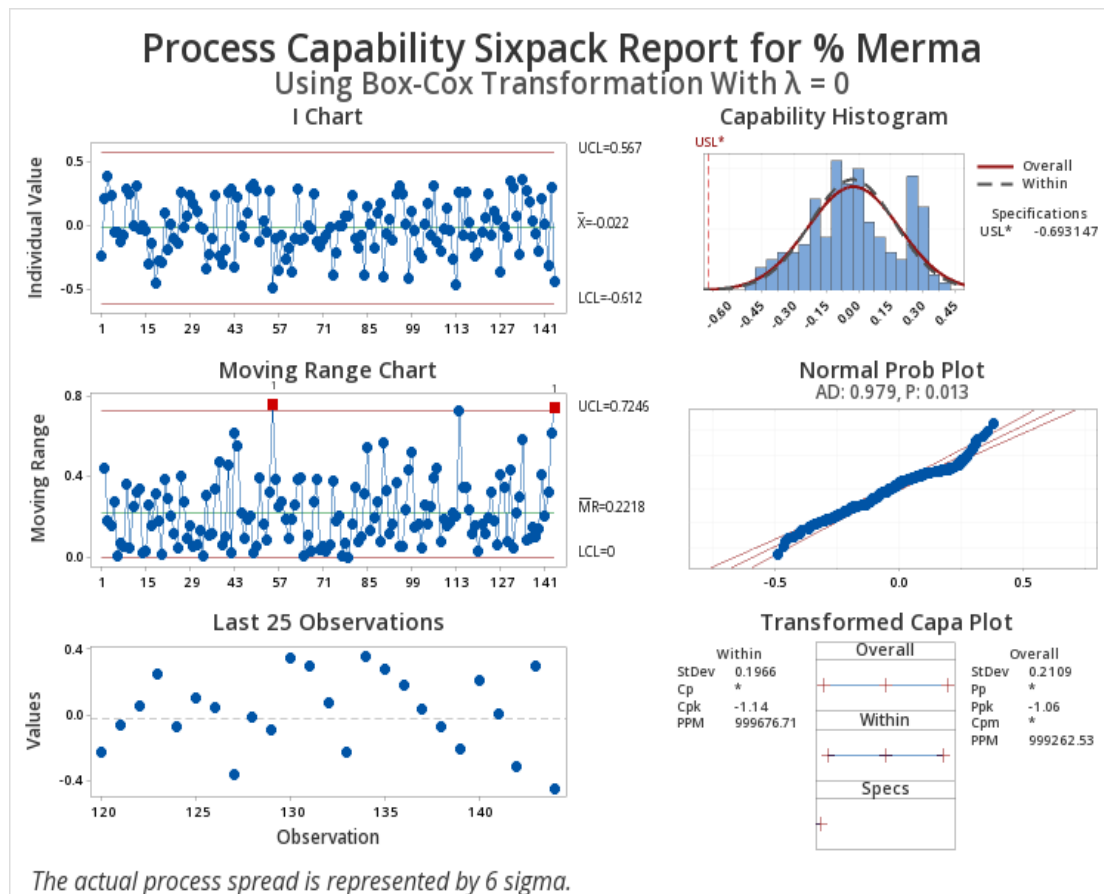
El porcentaje promedio de mermas de la línea 18 del mes de enero del 2020 es de 1,08%, mientras la compañía de lácteos espera un máximo de 0,5%.

El objetivo del enfocado queda alineado con el objetivo Smart como:

Reducir el porcentaje de mermas de la línea 18 a un 0,5% de la producción a partir de diciembre del 2020.

### **Análisis de Capacidad**

Para el análisis de capacidad se realizó la prueba de normalidad, y como resultados los datos no corresponden a datos normales, por lo que se realizó una transformación de Box Cox para lograr normalidad en los datos.



**Figura 3. 12 Análisis de Capacidad de Mermas de L18**  
**Fuente:** Elaboración propia.

Con la figura 3.12 se puede concluir que con los puntos fuera de los límites de control, la carta muestra que el proceso no es estable y además que con un Ppk de -1,06 se verifica que el % de merma no cumple la especificación de 0,5% e incluso el valor promedio actual supera grandemente el LSE.

### 3.3. Analizar

En esta etapa se realiza el análisis de los datos obtenidos en recolección de datos para encontrar la causa raíz del problema y oportunidades de mejora, a través de las herramientas de lluvia de ideas con el diagrama Ishikawa, matriz causa efecto y finalmente usamos los 5 por qué para determinar la causa raíz.

Para encontrar la causa raíz se realiza una reunión entre los integrantes de producción y calidad que conforman el área.

Los participantes para el desarrollo de las herramientas de análisis son:

- 1 supervisor, guía la actividad enfocada en el problema anteriormente mencionado.
- 6 operadores, generan ideas con las posibles causas del problema.
- 1 inspector de calidad, con su experiencia en las pruebas de calidad genera posibles causas del problema.
- 1 coordinador de línea, con su conocimiento técnico genera ideas con posibles causas.

### 3.3.1 Lluvia de ideas

Para organizar las posibles causas de la lluvia de ideas generado por el equipo, se considerando las categorías:

- Personal
- Maquinaria
- Método de producción
- Tecnología

En la Figura 3.13 se reorganizó las posibles causas en el Diagrama Ishikawa según el las categorías antes mencionadas.

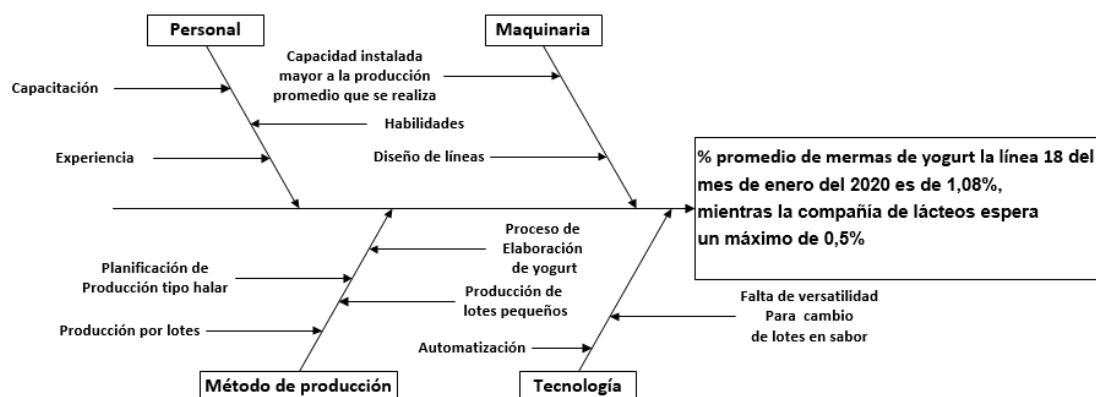


Figura 3. 13 Diagrama de Ishikawa: Mermas por limpiezas

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2 Matriz de causa y efecto

La herramienta matriz causa y efecto permitió seleccionar aquellas causas potenciales que causan mayor efecto en la variable respuesta, el desarrollo consiste en evaluar las causa potencial dejando en blanco la celda cuando no hay relación con el problema o asignar un valor numérico de 1,3 o 9, donde 1 significa que la causa potencial es una situación que no sucede tan a menudo o que no impacta significativamente a la variable Y, el valor de 3 corresponde a una causa potencial que ocurre con más frecuencia y que impacta de mayor forma a la variable Y, el valor de 9 cuando la variable sucede de manera muy frecuente y es afecta significativa al problema enfocado.

En la tabla 3 se observa las causas potenciales que generan en la línea 18, que fueron resultado de la lluvia de ideas. Los 10 participantes involucrados en el proceso calificaron cada causa potencial del proceso de elaboración de yogurt, aquellas que obtuvieron mayor calificación se establecen prioridades de causas.

Tabla 3 Matriz Causa Efecto

MATRIZ CAUSA EFECTO		VARIABLE DE SALIDA Y									
VARIABLES DE ENTRADA X'S		% promedio de mermas de yogurt la línea 18 del mes de enero del 2020 es de 1,08%, mientras la compañía de lácteos espera un máximo de 0,5%									Total
X1	Planificación de producción tipo halar		1	3					3		7
X2	Producción de lotes pequeños	3			3		9	3	9	9	36
X3	Producción por lotes			3	3						6
X4	Proceso de elaboración de yogurt		3	9	9			9			30
X5	Capacidad de maquinaria instalada mayor a la producción promedio que se realiza	3		3		3		1		3	13
X6	Diseño de líneas de procesamiento de yogurt	1	3				3		9		16
X7	Falta de tecnología versatilidad para cambios de lotes por sabor	9	9	3	3	3	9	3	3	9	51
X8	Tecnología para automatizar limpiezas		1			1		3	1	9	15
X9	Capacitación del personal				3			3			7
X10	Experiencia del personal			1		3				3	7
X11	Habilidades del personal	3					1				5

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un diagrama de Pareto, figura 3.14, para determinar las causas de mayor impacto.

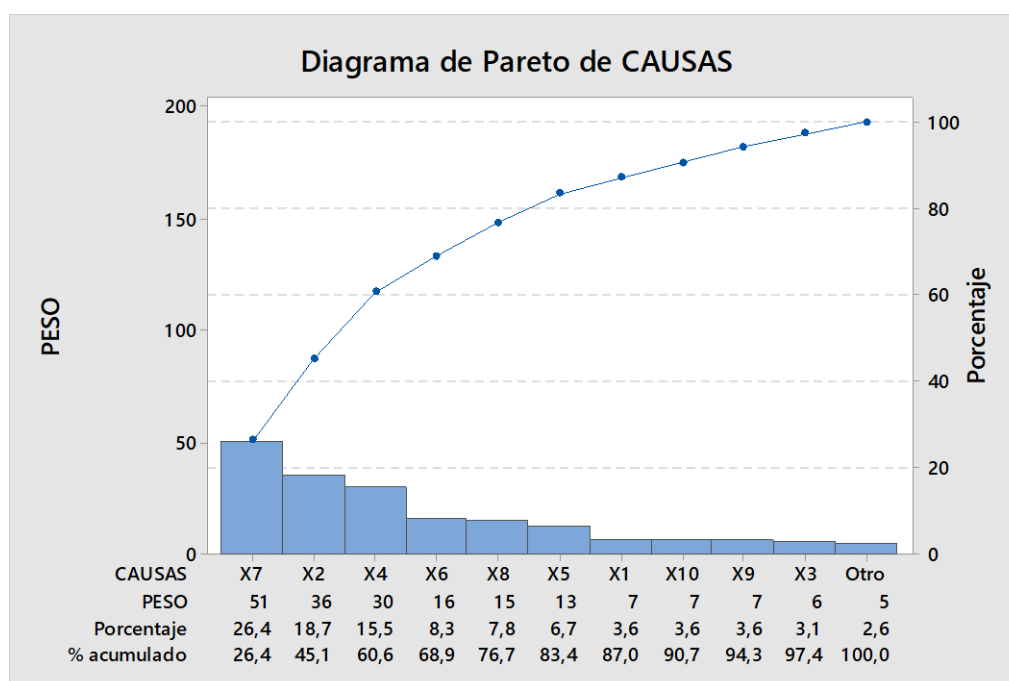


Figura 3. 14 Diagrama Pareto de causas potenciales

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 3.14 las causas de mayor potencial del proyecto son:

- X7 Falta de tecnología versatilidad para cambios de lotes por sabor.
- X2 Producción de lotes pequeños.



X4 Proceso de elaboración de yogurt.

Las 3 causas potenciales representan el 60,6% de nivel de correlación con respecto a las mermas ocurridas en la línea 18.

### 3.3.3 Plan de verificación de causas

El plan de verificación de la tabla 4 se usó con el fin de observar en qué dirección afectan a la variable de respuesta con el fin de encontrar la causa raíz.

*Tabla 4 Plan de verificación de causas*

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS			
Causas Potenciales (X's)	Teoría acerca del impacto	Método de Verificación	Estado
X7 Falta de tecnología versatilidad para cambios de lotes por sabor	La falta de tecnología que permita cambiar sabor y color, hace que se realice limpiezas en la línea en cada cambio de tipo de yogurt.	- Observación directa	Completo
X2 Producción de lotes pequeños	La producción de lotes pequeños hace que los tanques de reserva y preparación se usen parcialmente, pero la limpieza es completa.	- Observación directa - Estadística de producción por sabor	Completo
X4 Proceso de elaboración de yogurt	El método de elaboración de yogurt indica que el sabor y color se añada de forma manual en el proceso de maduración, y cuando hay cambio de tipo de yogurt la limpieza se hace desde maduración.	- Observación directa	Completo

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo al plan de verificación de causas, se evidencia si las causas potenciales mostradas previamente, influyen en el problema con métodos de verificación.

#### **X7 Falta de tecnología versatilidad para cambios de lotes por sabor**

Durante la inspección se evidenció que las líneas de producción L17 y L18 cuenta con tecnología que le permite cumplir con los indicadores de calidad, pero el proceso de coloración y sabor se lo realiza de forma manual tal como muestra la figura 3.15, lo que indica que esta causa si impacta gravemente a la variable de respuesta.



Figura 3. 15 Dosificación manual de color y sabor

Fuente: Proceso de elaboración en L18

## X2 Producción de lotes pequeños.

En el recorrido de las líneas de producción L17 y L18 es evidente que la producción que se realiza es de lotes pequeños de yogurt con alta variabilidad en los sabores, la figura 3.16 muestra que la producción promedio por sabor está por debajo de la capacidad máxima de los tanques de reserva del proceso.

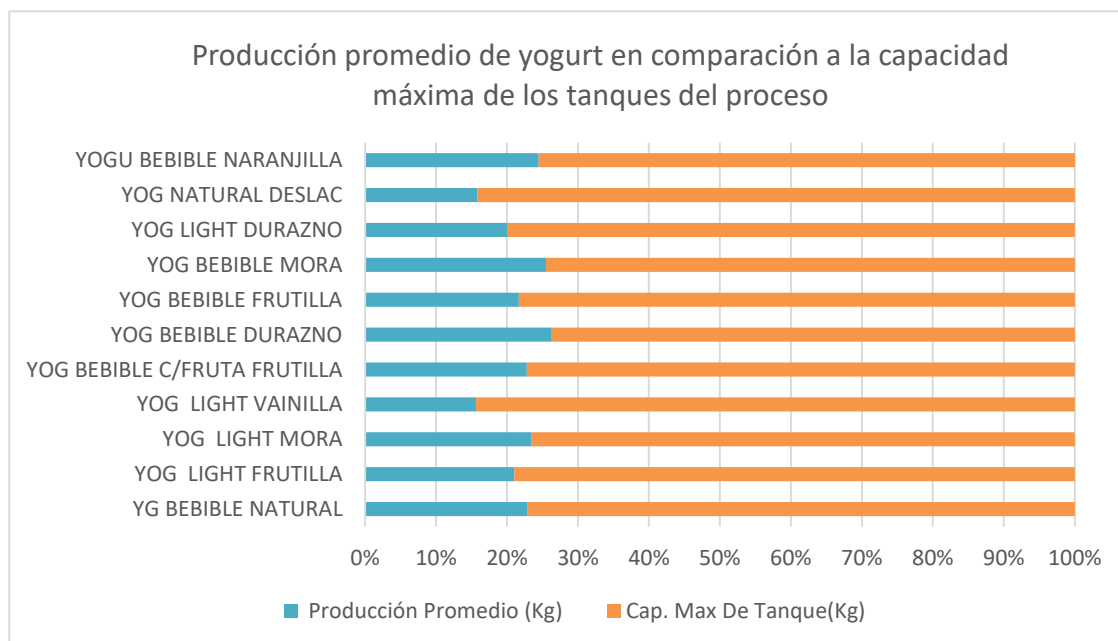


Figura 3. 16 Gráfica de uso de capacidad de tanques del proceso según lotes de producción

Fuente: Elaboración propia.

El tipo de producción que maneja la planta de lácteos es halar (Pull) limitándose a

producir según la demanda de los clientes. La forma de producción hace se produzca lotes pequeños con uso ineficiente de las capacidades de los tanques de reserva y mezcla del proceso de producción como observa en la figura 3.17, más aún cuando hay cambio de lotes de producción la limpieza que se realiza es completa en la línea.

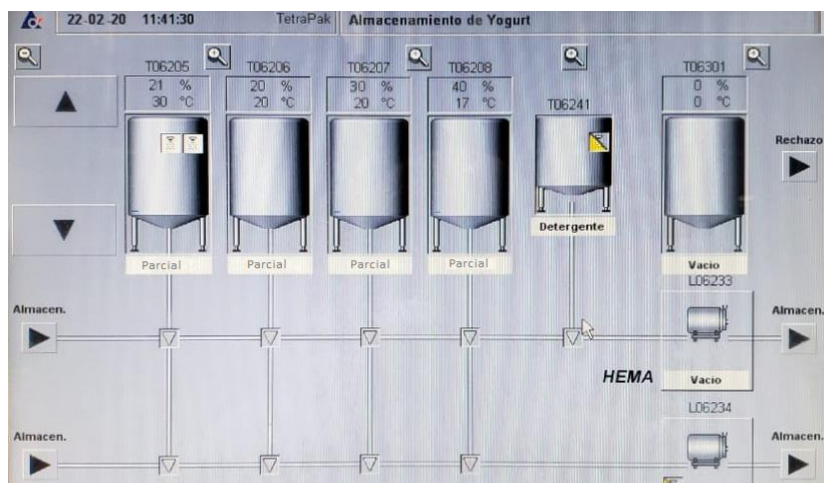


Figura 3. 17 Tanques usados parcialmente de su capacidad máxima.

Fuente: Visualizador HMDI de L18.

## X2 Proceso de elaboración de yogurt.

En el recorrido de elaboración de yogurt se observó que el sabor y coloración se lo realiza de forma manual en la etapa de maduración y en los cambios de tipo de yogurt se realiza la limpieza desde la etapa de maduración hasta empaquetado, esta causa afecta directamente al problema.



Figura 3. 18 Etapa de maduración

Fuente: Tanques de maduración

### 3.3.4 5 Por qué

Luego de verificar que las causas tienen efecto importante sobre la variable Y, se usó la herramienta de los 5 por qué para identificar la causa raíz de cada una de ellas.

*Tabla 5 Herramienta 5 Por qué de las Mermas por limpieza en cada cambio de lote de producción*

Mermas por limpieza en cada cambio de lote de producción						
	Causa Potencial	Por qué?	Por qué?	Por qué?	Por qué?	Por qué?
		Ronda 1	Ronda 2	Ronda 3	Ronda 4	Ronda 5
X7	Falta de tecnología versatilidad para cambios de lotes por sabor	La línea instalada hace dosificación manual				
X2	Producción de lotes pequeños	La producción indica constante cambios de color y sabor				
X4	Proceso de elaboración de yogurt	El proceso indica que se debe limpiar en cada cambio de lote de producción	La línea queda con residuos de yogurt con coloración y sabor desde la etapa de maduración hasta envasado			

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 6 se observan el resultado de los 5 por qué logrando identificar las causas raíz de cada causa potencial,

*Tabla 6 Resultado causa raíz*

Causa Potencial	Causas Raíz
Falta de tecnología versatilidad para cambios de lotes por sabor	La línea instalada hace dosificación manual
Producción de lotes pequeños	La producción indica constante cambios de color y sabor
Proceso de elaboración de yogurt	La línea queda con residuos de yogurt con coloración y sabor desde la etapa de maduración hasta envasado

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4. Mejorar

Después del análisis de datos, se determinó tres causas raíz del problema que fueron verificadas. Para encontrar la solución a implementar se reunió el equipo de trabajo y propuso las ideas presentadas en la tabla 7.

Tabla 7 Generación de soluciones.

Y enfocada	Causa raíz	Solución
Mermas por limpieza en cada cambio de lote de producción de la línea 18	La línea instalada hace dosificación manual	Adquirir un sistema automático que gestione la receta.
	La producción indica constante cambios de color y sabor	Que el sistema automático, dosifique y homogenice en línea.
	La línea queda con residuos de yogurt con coloración y sabor desde la etapa de maduración hasta envasado	Que el sistema automático se instale antes del proceso de envasado.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez presentadas las soluciones se priorizaron como de alto impacto y alto esfuerzo debido a la inversión que se debe realizar, el Champion junto al equipos logró la aprobación de la implantación de esta solución preparando la propuesta técnica para justificar la inversión e indicar los beneficios que se tendrán.

El análisis financiero del proyecto se revisará en el siguiente capítulo.

### 3.4.1 Desarrollo de plan de implementación

Para el desarrollo del plan de implementación se utilizó la herramienta 5w2h

Tabla 8 Planificación de las soluciones a implementar

CAUSA RAIZ	QUÉ	POR QUÉ	CÓMO	DÓNDE	QUIÉN	CUÁNTO	CUÁNDO	ESTADO
No hay equipos que gestione la receta de forma automática.	Adquirir un sistema gestor de receta.	Porque actualmente lo hace un operador.	Automatizar la dosificación de acuerdo tipo de yogurt que se produzca	Línea 18	Jefe de Línea	\$ 15.800,00	1/11/2020	Terminada
Falta de dosificación y homogenizar en línea	Dosificación y homogenización en línea.	Porque actualmente se lo hace de forma manual.	Adquirir un sistema de dosificación de alta precisión y con mezclador dinámico	Línea 18	Jefe de Línea	\$119.666,67	1/9/2020	Terminada
No hay sistema que dosifique y homogenice la mezcla en la parte final del proceso	Que el gestor de receta, dosifique y homogenice en línea antes del proceso de envasado.	Porque actualmente se lo hace en el tanque de maduración.	Instalar el sistema de dosificación en la línea antes del envasado.	Línea 18	Jefe de Línea	\$ 30.500,00	1/10/2020	Terminada

Fuente: Elaboración propia.

Las fechas presentadas para la implementación son extensas para un proyecto DMAIC pero fueron aprobadas por gerencias debido a la pandemia por Covid 19 que afectó a la operatividad del 2020 de la fábrica proveedora del sistemas de dosificación por lo que tuvieron retraso en su producción.

### 3.4.2 Implementación de planes

Para la implementación de la mejora se ejecutó de acuerdo a la planificación del ítem anterior.

#### Adquisición del sistema de dosificación:

Para la adquisición del sistema de dosificación de alta precisión con dosificación dinámica se realizó ingeniería de detalle del proyecto para que el sistema de dosificación se acople a la línea actual en el ANEXO 2 está el plano de implementación.

El sistema de dosificación permite la incorporación de ingrediente líquido y además cuenta con una línea de dosificación de mermeladas de frutas o jaleas en la corriente principal de yogurt permitiendo realizar dosificaciones de forma precisa y segura en la figura 3.19 se visualizan el sistema que fue adquirido.

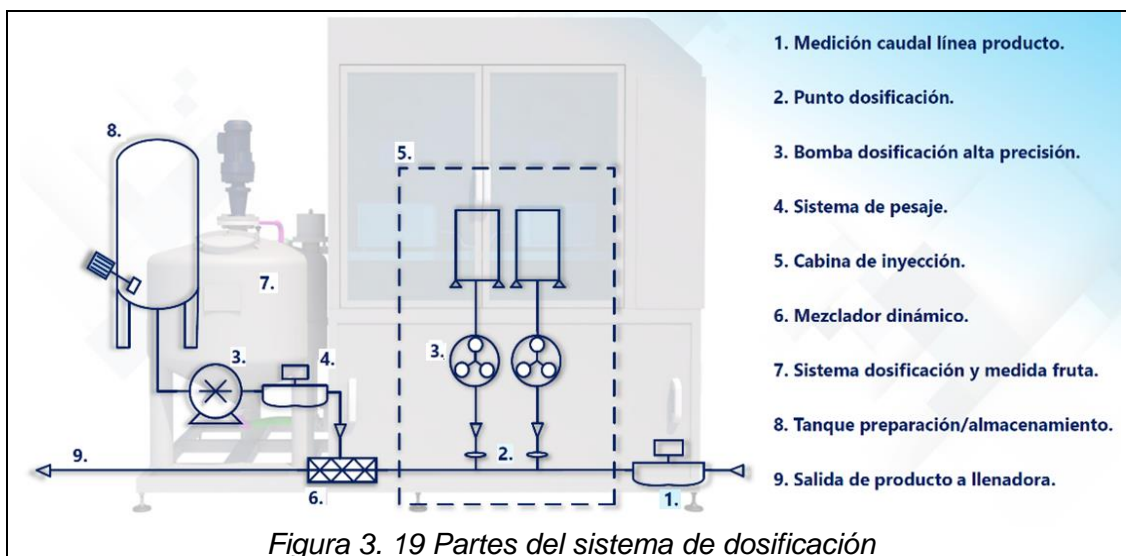


Figura 3. 19 Partes del sistema de dosificación

Fuente: Elaboración propia.

El sistema cuenta con una estación de auto limpieza para el cambio de sabor y color entre recetas, las mermas por auto limpieza regresaran a un tanque de desperdicio. El sistema de limpieza ayudará a que los arranques de la línea disminuyan.

La adquisición del sistema inició en febrero del 2020 y llegó a las bodegas de la planta en el mes de septiembre del 2020.





Figura 3. 20 Llegada de equipos a planta

Fuente: Elaboración propia.

### Instalación del sistema de dosificación

Una vez que el sistema de dosificación fue recibido en planta se continuó con la instalación entre la etapa de filtración y el envasado quedando un nuevo proceso de elaboración de yogurt tal como lo muestra la figura 3.21.

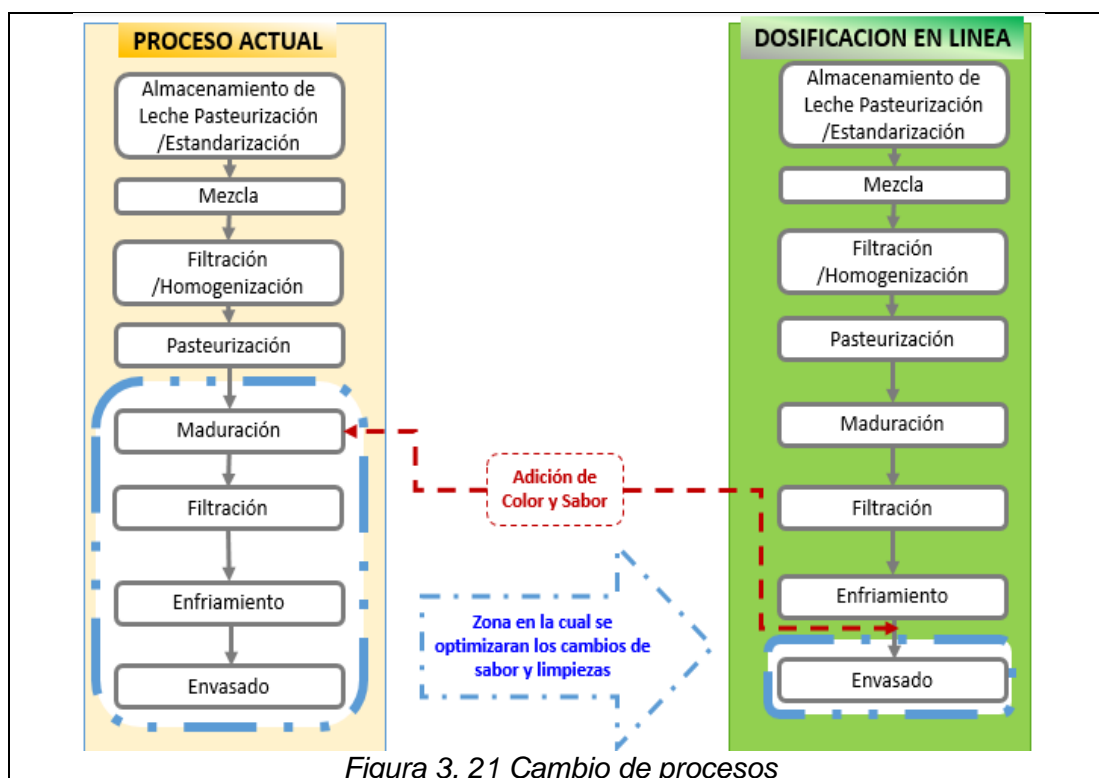


Figura 3. 21 Cambio de procesos

Fuente: Elaboración propia.

Como el sistema inyecta a la corriente principal no fue necesario parar la línea de producción hasta que el sistema esté armado y listo para incorporarse a la línea, la instalación de los equipos se realizó en un pre montaje del sistema donde se realizó pruebas de funcionamiento para comprobar que el sistema opere cuando se instale en la línea.



*Figura 3. 22 Pre montaje de equipos*

**Fuente:** Bodegas de equipos.

La instalación electromecánica del sistema de dosificación del ANEXO 2 fue necesario alimentar con energía eléctrica y neumática que fueron tomados de fuentes cercanas. Para incorporar el sistema se realizó una parada de 48 horas para el montaje de la instrumentación de caudal de la corriente principal, válvulas de inyección de alta precisión y el mezclador dinámico en la línea de corriente principal de yogurt base blanca.



*Figura 3. 23 Instalación del sistema de dosificación*

**Fuente:** Foto de línea 18.

### **Automatización del sistema de dosificación**

Una vez instalado el sistema que es completamente automático, se inició en noviembre la programación de las recetas en el controlador para crear el gestor de recetas para los varios tipos de yogurt que se procesan en la línea.





Figura 3. 24 Elaboración de % de dosificaciones según recetas.

**Fuente:** Reunión de trabajo para recetario del dosificador.

El sistema ajusta el porcentaje de las dosificaciones color, sabor y jaleas de acuerdo a las recetas de los tipos de yogurt que se procesan.

Una vez que las recetas fueron programadas se realizó las pruebas de funcionamiento y pruebas de calidad de las recetas.

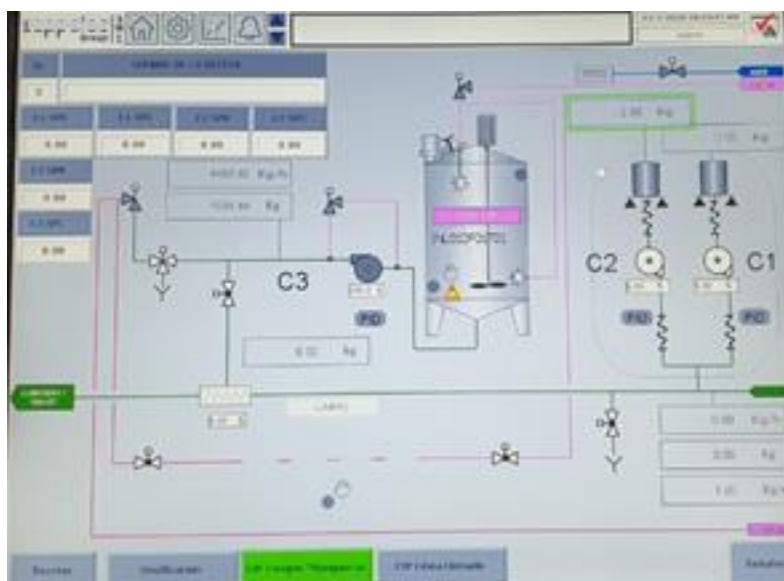


Figura 3. 25 Programa automatizado para gestor de recetas

**Fuente:** Pantalla visualizador del sistema de dosificación.

Cuando el área de calidad dio conformidad a las recetas programadas se continuó con la puesta en marcha a la producción.

### 3.4.3 Cuantificar resultados

Una vez operativo el sistema de dosificación se realizó mediciones en las mermas de la línea 18, obteniendo menor porcentaje de mermas promedio por lote de producción tal como lo muestra la gráfica

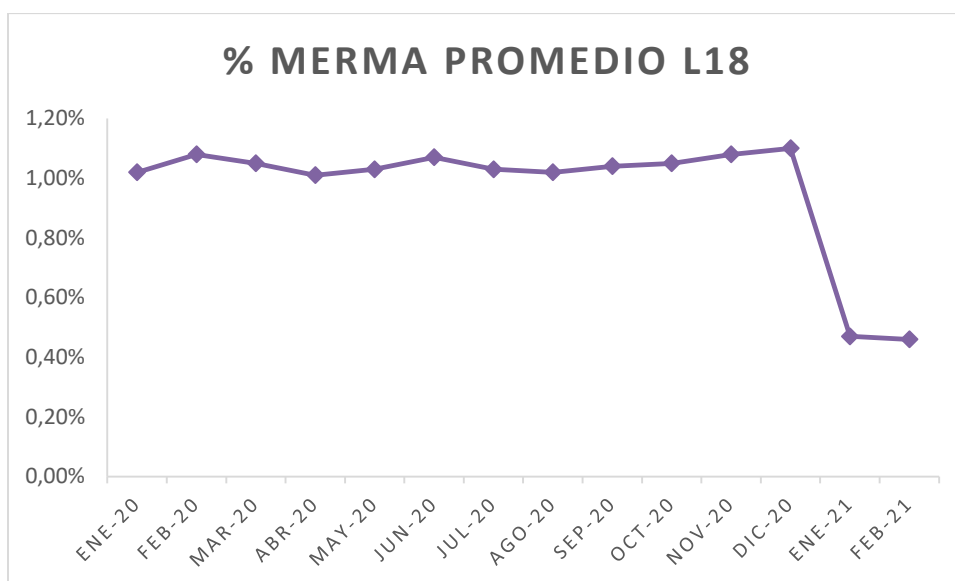


Figura 3. 26 Línea de tiempo del % de merma promedio de la Línea 18

Fuente: Elaboración propia.

Además; se revisó los CTQ's del proyecto, en la tabla 9 se evidencian las mejoras en los indicadores, con la implementación del proyecto:

Tabla 9 Resultados CTQ

CTQ en línea 18	Situación previa	Situación Actual
% promedio de mermas mensual	1,02%	0,47%
Horas de limpieza mensual	285:11:03	120:06:45
Costo por litro producido	\$1,51	\$ 1,42
OEE	69,5%	81,2%

Fuente: Elaboración propia.

Los CTQ fueron obtenidos del software de análisis de producción Qlikview, demostrando que la implementación de la solución ha sido beneficiosa para la producción.

### 3.4.4 Evaluar beneficios

Con la instalación del sistema de dosificación y homogenización en línea antes del proceso de llenado y que su funcionamiento sea automático mediante el gestor de receta trajo muchos beneficios como:

Las limpiezas se redujeron debido a que la base de yogurt blanco llega hasta el sistema de dosificación y homogenización que se encuentra instalado previo al envasado, es decir que la limpieza profunda de la línea por el cambio de producción de tipo de yogurt ya no era necesario, pues ahora basta con indicar al sistema de dosificación el cambio de tipo de yogurt para el sistema haga una auto limpieza y realizar una corta limpieza desde el sistema de dosificación de color y sabor hasta la dosificadora del proceso envasado. Como indica la figura 3.27 la disponibilidad de la línea aumento al 85% debido a la reducción de tiempos por limpieza y limpiezas en la línea, antes se realizaban de 3 a 4 limpiezas profundas, ahora solo es necesaria una limpieza profunda.

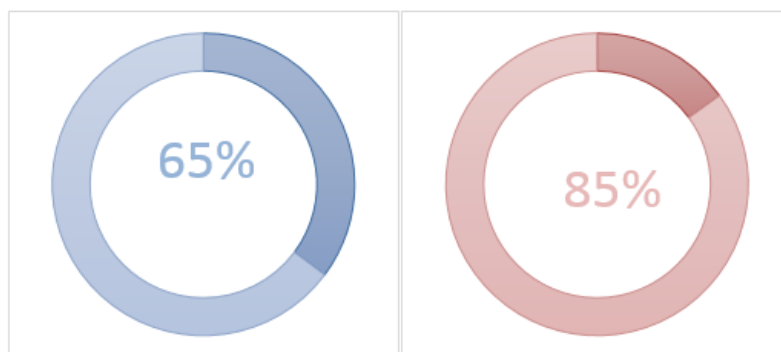


Figura 3. 27 Disponibilidad antes y después del sistema automático de dosificación  
Fuente: Elaboración propia.

Al aumentar la disponibilidad de la línea y con el uso completo de los tanques de almacenamiento, se mejoró la OEE (efectividad total de los equipos) de la línea 18, como muestra la figura 3.28

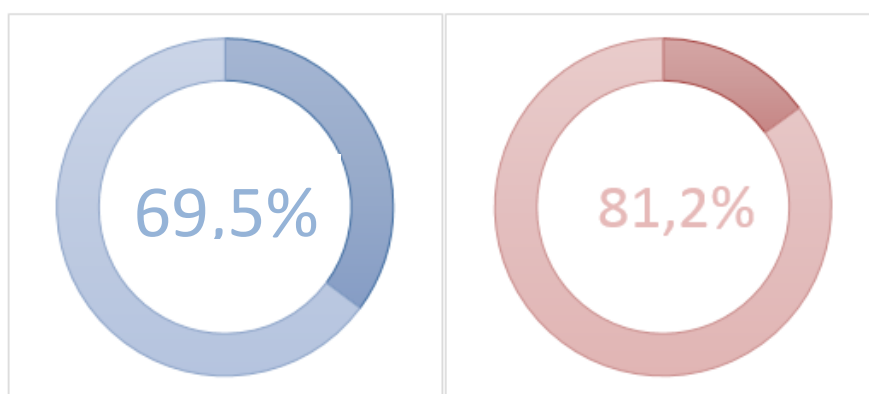


Figura 3. 28 OEE antes y después del sistema automático de dosificación  
Fuente: Elaboración propia.

Al reducir las limpiezas, se redujo las mermas que estas implicaban, como muestra la tabla.

Tabla 10 Ahorros por reducción de mermas con sistema automático de dosificación

Línea	Merma promedio mensual sin dosificador (KG)	Merma promedio mensual con dosificador (KG)	Ahorro en merma (KG)	Ahorro en merma (\$)	Ahorro anual esperado
L18	3061	1438	1623	\$ 2450,73	\$29,408.76

Fuente: Elaboración propia.

Además de reducir mermas, también se disminuyeron los insumos como mano de obra, energía eléctrica, agua y detergentes necesarios para la actividad de limpieza de la línea. Al reducir estos insumos los costos variables de producción bajaron, tal como muestra la figura 3.29.

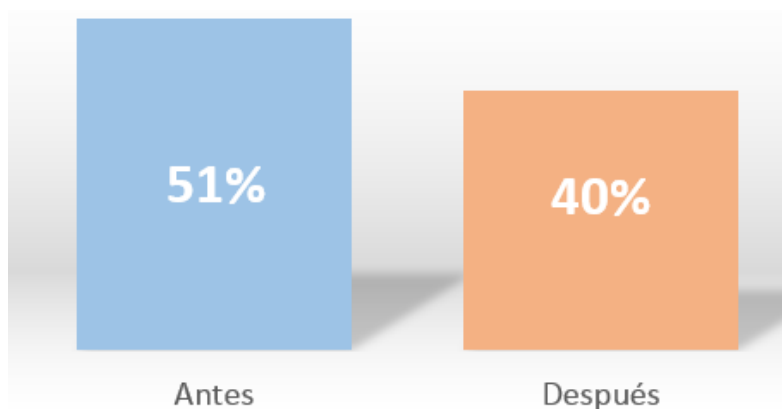


Figura 3. 29 Reducción de los costos variables de operación

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Controlar

#### 3.5.1 Actualizar estándares

Para controlar que las mejoras de la línea se conserven al paso del tiempo es necesario estandarizar el proceso para la línea 18, en la figura 3.30 se actualizó el proceso de elaboración de yogurt donde incluye la adición y color antes del envasado.



Figura 3. 30 Proceso actual de elaboración de yogurt en la línea 18

Fuente: Elaboración propia.

Además se actualizó los KPI de: porcentajes de mermas y la disponibilidad de la línea 18 como lo muestra la tabla 11

*Tabla 11 Actualización de KPI*

<b>Indicador</b>	<b>Antes del proyecto</b>	<b>Con el proyecto</b>
% de mermas permitidos	1%	0,5%
%Disponibilidad de la línea	70%	85%

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.5.2 Entrenamientos y transferencia de conocimientos**

Con el nuevo proceso de elaboración de yogurt de línea se realizó el entrenamiento al personal de la línea 18, tal como muestra la figura 3.31. Se instruyeron a los operadores y líderes de la línea de las formar como opera el nuevo sistema de dosificación de color y sabor en línea, como se realizan las configuraciones en el controlador para cambio de tipo de yogurt según el plan de producción y como deberán actuar ante las posibles fallas; además se desarrolló el manual de operación.



*Figura 3. 31 Entrenamiento del personal de la línea 18*

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.5.3 Plan de control**

Para mantener los resultados con el proyecto es necesario implementar un plan de control que conserve las mejoras a través del tiempo, en la tabla 12 se muestra el mecanismo de control que se implementó.

*Tabla 12 Plan de control del proyecto*

<b>Qué</b>	<b>Cómo</b>	<b>Quién</b>	<b>Cuándo</b>	<b>Deliverables</b>
Implementación de KPI % Mermas	Seguimiento de Kg mermas de línea y Kg de producción	Supervisor de Línea	Diario	KPI de % de mermas
Implementación de KPI de disponibilidad de la línea 18	Seguimiento tiempos de disponibilidad de la línea	Supervisor de Línea	Diario	KPI de disponibilidad
Verificar recetas del dosificador	Control de calidad	Supervisor de calidad	Diario	Parámetros de calidad
Verificación de instrumentación del sistema de dosificación	Comparación de instrumentación con equipos patrones	Supervisor de Mantenimiento	Semanal	Certificados de calibración de la instrumentación del sistema

**Fuente:** Elaboración propia.

# CAPÍTULO 4

## 4. EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera permitió a los directores de la empresa decidir la viabilidad del proyecto basándose en el cálculo de indicadores financieros como VAN (Valor presente neto) y TIR (Tasa interna de retorno), además se analizaron posibles escenarios y se realizó el análisis de sensibilidad.

### 4.1. Costos Fijos

Los costos fijos son costos que no dependen del volumen de producción y permanecen constantes con el paso del tiempo ya que se relacionan con la capacidad instalada del proyecto, para el proyecto los costos fijos tabla 13 son las inversiones en activos y servicios de implementación.

Tabla 13 Costos fijos del proyecto de dosificación automática de color y sabor

Desglose detallado de inversión total	
Inversión Total del Proyecto (USD)	
Año 0	
<b>Descripción de los activos o servicios de la inversión</b>	
1 Dosificación en línea L18	97666,67
2 Instalación mecánica	9000,00
3 Instalación eléctrica y electrónica	9500,00
4 Programación receta cip	15800,00
5 Pruebas y evaluación sensorial	12000,00
6 Transporte y nacionalización	22000,00

Fuente: Elaboración propia.

### 4.2. Costos Variables y Gastos de Administración y Ventas

Los costos variables son los costos que varían de acuerdo al volumen de producción, mientras que los gastos de administración y ventas son los gastos asociados a las áreas de ventas y logística, para el proyecto los ítems considerados están en la tabla 14.

Tabla 14 Costos variables de la producción de yogurt

COSTOS VARIABLES						
<b>Costos variables típicos</b>						
<b>Materias primas</b>	<b>Materiales indirectos</b>	<b>Gastos Variables de Fábrica</b>		<b>Gastos Variables de Venta</b>		
Edulcorantes	Termoencogible	Mermas materia prima		Comisiones		
Concentrado	Material de empaque	Agua y drenaje		Regalías		
Envase (NR, Vidrio, Latas)	Otros materiales indirectos	Energía eléctrica		Mermas producto terminado		
Corona y taparrosca	.	Gas y diesel		Fleteo primario		
Gas carbónico	.	.		Outsourcing fleteo		
Condimentos	.	.		.		
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Incremento de producción anual</b>		\$ 57.393,75	\$ 57.967,69	\$ 58.547,36	\$ 59.132,84	\$ 59.724,17
<b>% Costos de producción</b>	51%					
<b>% Incremento anual de costos de producción</b>	1%					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Costos Variables Incrementales (USD)</b>		\$32.489,34	\$31.969,93	\$32.025,00	\$32.080,62	\$32.136,80
Costos de producción		-\$29.270,81	-\$30.143,20	-\$30.444,63	-\$30.749,08	-\$31.056,57
Reducción Consumo de Agua		\$4.017,56	\$4.057,74	\$4.098,32	\$4.139,30	\$4.180,69
Reducción de Mermas de toda la producción		\$29.557,78	\$29.853,36	\$30.151,89	\$30.453,41	\$30.757,95
Reducción de Consumo de Energía Eléctrica		\$1.721,81	\$1.739,03	\$1.756,42	\$1.773,99	\$1.791,72
Reducción de Horas Extras		\$26.463,00	\$26.463,00	\$26.463,00	\$26.463,00	\$26.463,00

Fuente: Elaboración propia.

Por los reportes de costos anuales de producción y gastos de administración y ventas en los tres últimos años están estimados en alrededor del 51% de la producción total y aumenta anualmente el 1%. Los estimados de reducción son calculados por la reducción del consumo en limpiezas (antes realizaban en promedio 3 limpiezas al día y con el proyecto será 1 diaria), además la reducción de las mermas en toda la producción, el consumo eléctrico y las horas extras que ya no serán necesarias.

También, se determinan los costos variables por mantenimiento del nuevo sistema de dosificación de la línea 18, considerado el 4% de producción anual y con el incremento del 1% anual.

Tabla 15 Costos variables por mantenimiento de la línea 18

COSTOS VARIABLES						
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Incremento de producción anual</b>		\$ 57.393,75	\$ 57.967,69	\$ 58.547,36	\$ 59.132,84	\$ 59.724,17
<b>% Mantenimiento y repuestos de equipos</b>	4,0%					
<b>% Incremento anual de M&amp;R</b>	1,0%					
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Gastos Operacionales (USD)</b>		(2.296)	(2.319)	(2.342)	(2.365)	(2.389)
Mantenimiento y repuestos M&R		(2.296)	(2.319)	(2.342)	(2.365)	(2.389)

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Ingresos del Proyecto

Los ingresos del proyecto se generarán por medio de la venta de la producción adicional por reducción de mermas de la línea 18. Para estimar los ingresos futuros, se analizaron los datos históricos de ventas del 2018 y 2019 que muestran un incremento promedio de ventas del 1% tal como lo detalla la tabla 16.



Tabla 16 Datos históricos de ventas de la línea 18

Años	Ventas (Kg)	% Incremento con respecto al año anterior.
2017	3070289	
2018	3723144	1,107%
2019	3826250	1,027%

Fuente: Elaboración propia.

Para estimar los ingresos futuros se proyectaron los kilogramos de ventas del 2019 con el 1% de incremento anual en ventas, como se detalla en la tabla 16.

Tabla 17 Pronósticos de ventas

INGRESOS						
Producción anual (Kg)		3.826.250				
% Mermas de producción sin Dosificador automático en Línea		1,00%				
% Mermas de producción con Implementación del Dosificador automático en Línea		0,50%				
% Incremento de producción por Implementación del Dosificador automático en Línea (Reducción de mermas)		0,50%				
%Incremento anual en ventas		1%				
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Volumen	Kg	19.131	19.323	19.516	19.711	19.908
Precio promedio	USD	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00
Ingresos netos	USD	\$ 57.393,75	\$ 57.967,69	\$ 58.547,36	\$ 59.132,84	\$ 59.724,17

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Flujo de Caja

El Flujo de Caja representa los valores de ingresos, egresos y utilidades netas que tendrá el proyecto durante los siguientes 5 años. En la tabla 18 se muestra los resultados del flujo de caja para el proyecto.

Tabla 18 Flujo de caja

<b>Nombre del proyecto:</b>	<b>Inversión en año en curso (miles USD)</b>	
Dosificación en línea de sabor y color L18	\$	165.966,67
% Incremento de producción por Implementación del Dosificador automático en Línea (Reducción de mermas) 0,50%	Años de depreciación	5
Inversión total (USD)	Tasa de descuento - TMAR	10%
\$ 165.966,67	Valor Actual Neto (USD)	\$108.997,35
	Tasa Interna de Rendimiento - TIR (%)	33%

Modelo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
+ Ingresos Incrementales por Ventas	\$ 57.393,75	\$ 57.967,69	\$ 58.547,36	\$ 59.132,84	\$ 59.724,17	
- Costos Variables Incrementales	\$ 32.489,34	\$ 31.969,93	\$ 32.025,00	\$ 32.080,62	\$ 32.136,80	
= Utilidad Bruta	\$ 89.883,09	\$ 89.937,62	\$ 90.572,36	\$ 91.213,46	\$ 91.860,96	
- Gastos Operacionales	\$ -2.295,75	\$ -2.318,72	\$ -2.341,90	\$ -2.365,32	\$ -2.388,98	
- Depreciación Equipos	\$ -33.193,33	\$ -33.193,33	\$ -33.193,33	\$ -33.193,33	\$ -33.193,33	
= Gastos Operacionales Totales	\$ -35.489,08	\$ -35.512,05	\$ -35.535,24	\$ -35.558,66	\$ -35.582,31	
= Utilidad de Operación	\$ 54.394,01	\$ 54.425,57	\$ 55.037,13	\$ 55.654,80	\$ 56.278,65	
- PTU 15%	\$ -8.159,10	\$ -8.163,83	\$ -8.255,57	\$ -8.348,22	\$ -8.441,80	
= Utilidad Antes de Impuesto	\$ 46.234,91	\$ 46.261,73	\$ 46.781,56	\$ 47.306,58	\$ 47.836,85	
- Impuestos 25%	\$ -13.598,50	\$ -13.606,39	\$ -13.759,28	\$ -13.913,70	\$ -14.069,66	
= Utilidad Neta	\$ 32.636,41	\$ 40.819,17	\$ 41.277,84	\$ 41.741,10	\$ 42.208,99	
+ Depreciación + Amortización	\$ 33.193,33	\$ 33.193,33	\$ 33.193,33	\$ 33.193,33	\$ 33.193,33	\$ 33.193,33
- Inversión del Proyecto	\$ 165.966,67	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo de caja	\$ -165.966,67	\$ 65.829,74	\$ 74.012,51	\$ 74.471,18	\$ 74.934,43	\$ 75.402,32

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5. Valor Actual Neto

El valor actual neto (VAN) es el valor presente de los flujos de caja proyectados, este valor nos indicará si el proyecto es rentable o no. Para el proyecto el VAN es positivo \$108.997,35.

Cuando el proyecto fue propuesto a los directores de la empresa, este fue aceptado por el VAN y la oportunidad de mejora, ahorro y el incremento de disponibilidad que tendrá la línea. Esto último, crea una oportunidad para aumentar la producción en la línea a futuro

#### 4.6. Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es un indicador de rentabilidad del proyecto, mientras mayor sea el TIR mayor será la rentabilidad, este valor se compara con la tasa mínima de rentabilidad que tiene una inversión, esta tasa llamada tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) se establece por la empresa de lácteos en 10%. Con este valor la TIR calculada en el proyecto es mucho mayor a la TMAR tal como lo muestra la tabla 19.

Tabla 19 TMAR, VAN Y TIR

Tasa de descuento - TMAR	10%
Valor Actual Neto (USD)	\$108.997,35
Tasa Interna de Rendimiento - TIR (%)	33%

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7. Análisis de Escenarios

El análisis de escenarios tiene por objetivo mostrar el comportamiento de los indicadores económicos del proyecto ante diferentes escenarios que puedan ocurrir con el cambio de una variable. Para el análisis de escenarios consideramos las variables: precio unitario, porcentaje de incremento de producción por ahorro de mermas y porcentaje incremento de ventas anual, los resultados se muestran en la tabla 20.

Tabla 20 Resultado de análisis de escenarios

ANÁLISIS DE ESCENARIOS					
VARIABLES:	Proyectado	10% Máximo	10% Mínimo	VAN	TIR
Precio promedio de kg de yogurt (\$)	\$ 3,00	\$ 3,30	\$ 2,70	\$ 125.732,58	36%
Porcentaje de incremento de producción (%)	0,50%	0,55%	0,45%	\$ 92.262,11	29%
Porcentaje de incremento de ventas (%)	1,00%	2,00%	0,00%	\$ 110.653,55	34%
				\$ 107.372,20	32%

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de escenario se concluyó que una variación del 10% de las variables críticas: precio de yogurt, costos de producción y el incremento de producción por implementación del proyecto; el proyecto sigue siendo rentable. Además; si las ventas no incrementan debido a la pandemia, esto no afectará pues el seguirá siendo rentable.

#### 4.8. Análisis de Sensibilidad

Se realizó el análisis de sensibilidad para determinar los valores mínimos o máximos de las variables de interés, en los cuales el valor actual neto VAN es cero, es decir que valores puede tomar el proyecto para que la ganancia mínima sea la TMAP requerida por la empresa. Con ayuda del complemento Solver de Excel, se calcularon los valores para las variables que pueden impactar al proyecto, los resultados se resumen en la tabla 21.

Tabla 21 Resultado de análisis de sensibilidad

ANÁLISIS DE ESCENARIOS					
VARIABLES:	Proyecto	Máximo	Mínimo	VAN	TMAP
Precio promedio de kg de yogurt (\$)	\$ 3,00		\$ 1,1200		
Porcentaje de incremento de producción (%)	0,50%		0,00%	\$ -	10%
Costos de inversión (\$)	\$ 165.966,67	\$ 305.138,19			

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados se concluyó que las variables de mayor control que se debe tomar en el proyecto; es que la inversión no supere \$305.138,19.

El precio promedio del kilogramo de yogurt se constituye en la práctica en un valor casi constante. Cuando existe alguna variación sus valores aumentan. Más aun si llegará a disminuir el precio del kilogramo de yogurt, no disminuirá a \$1,12. De ahí que, es una variable que no tiene impacto.

Además, la sensibilidad muestra que al incrementar la producción en un 0,5%, el proyecto sigue siendo rentable por los ahorros que tiene en agua, energía, horas extras y mermas.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Con la implementación de las mejoras se cumplió el objetivo SMART de reducir las mermas de la línea 18 al 0,5% de la producción para finales de diciembre del 2020.

La implementación de la dosificación en línea automática antes del envasado hizo que las mermas redujeran y a su vez mejorara el proceso reduciendo limpiezas constantes en el cambio de producción trayendo así mejoras como mayor disponibilidad de la línea para producción, reducción de agua, energía, consumibles de limpieza y horas de trabajo.

En caso de no haber implementado la solución tecnología de dosificación en línea automática antes del envasado, la tendencia de mermas hubiese seguido aumentando causando mayores pérdidas en la producción.

La metodología DMAIC permitió que la mejora implementada cumpla con los requerimientos dados por el cliente, asegurando satisfacción en los resultados.

### 5.2. RECOMENDACIONES

Luego de la implementación del proyecto se recomienda la implementación de dosificación en línea automática antes del envasado en las líneas de producción que tengan modo Pull, debido a la versatilidad para cambio de tipo de producción por color y sabor.

Para mantener las mejoras del proyecto es preciso que controle de forma mensual los indicadores, asegurando que las mermas en la producción sean de máximo 0,5% para que el proyecto sea rentable.

La mano de obra que ya no se emplea por reducción de limpiezas debe ser reubicada o aumentar sus actividades dentro de planta.

# BIBLIOGRAFÍA

## Libros:

Meran R., John A., Roenpage O. & Staudter C. (2013). *Six Sigma + Lean Toolset*. Frankfurt, Germany: Springer.

Maynard, K. *Manual del Ingeniero Industrial*. McGraw Hill. Mexico 1996

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

## Artículos Científicos:

Pérez, E. y García M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 27 (3), 89-106.

Hakimi, S. , Zahraee, S. y Mohd Rohani, J. (2018), Aplicación de la metodología Six Sigma DMAIC en el proceso de producción de yogur natural, *International Journal of Lean Six Sigma*, 9 (4), 562-578.

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

Baraka, J., Dewa, M. y Singh, R. (Octubre 2019), The use of DMAIX six-sigma methodology for disputes resolution in a packaging company. En E. Port (Presidencia), *SAIIEnexXXt Alternative Realite, Real Alternative*. Conferencia llevado en la XXX Conferencia Anual del Instituto de Ingeniera Industrial, Sudáfrica.

Powell, D., Lundeby, S., Chabada, L., Dreyer, H. (2017), Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8 (1), 53-64.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1. Certificado de calibración de caudalímetro de mermas de L18

People for Process Automation

## Calibración de caudal con ajuste

21300703-3700046

3009267691

Nº de orden de compra

DE-3005468129-30 / Endress+Hauser Flowtec AG

Nº de pedido/fabricante

50H50-1F0A1AC2ABAA

Código de pedido

PROMAG 50 H DN50 / 2"

Transmisor/Sensor

KBOCE719000

Nº de serie

-

Nº Tag

FCP-6.2

Banco de calibración

9.81748 l/s ( ± 100%)

Valor final de calibración

Interfase de servicio

Salida calibrada

0.7559

Factor de calibración

-7

Punto cero

25.3 °C

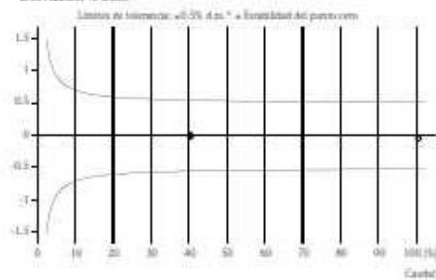
Temperatura del agua

Caudal (l)	Caudal (m³/h)	Tiempo (s)	V <sub>ref</sub> (l)	V <sub>med</sub> (l)	Δ d.m.* (%)	Salida** (mA)
40.2	3.9462	30.2	119.161	119.149	-0.01	10.43
40.2	3.9483	30.2	119.249	119.259	0.01	10.44
100.5	9.8651	30.2	297.916	297.794	-0.04	20.07
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

\*d.m. = del valor medido

\*\*Valores calculados (4 - 20 mA)

Desviación % d.m.



Para más información respecto a la unidad calibrada, por favor ver la información técnica (TI), en el capítulo Características de funcionamiento.

Se garantiza la trazabilidad a patrones nacionales de todos los instrumentos usados para la calibración.

Endress+Hauser Flowtec opera bancos de calibración en Reinach (CH), Cernay (FR), Greenwood (USA), Auringabad (IN) y Suzhou (CN), todos ellos acreditados de acuerdo con ISO/IEC 17025.

18.11.2019

Fecha de calibración

Endress+Hauser Flowtec AG  
Rue de l'Europe 35 / Kägerstrasse 7  
F-68700 Cernay / CH-4153 Reinach

I. Inocencio

Operario

Certificado de acuerdo con  
ISO 9001



## ANEXO 2. Planos de instalación del Sistema de Dosificación Automática

