

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Reducción de sobredosificación en una línea de envasado de yogur”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Karem Andrea Recalde Gallegos

Leonardo David Solano Hoyos

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTOS

De Karem Recalde

En primer lugar, agradezco a Dios, por la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad. A mi familia, a mi enamorado y en especial a mi madre, por ser el mayor apoyo a lo largo de mi vida. A mis profesores, por todas las enseñanzas brindadas, especialmente a aquellos que se convirtieron en amigos. Y finalmente a mis amigos por hacer mejor esta etapa universitaria.

De Leonardo Solano

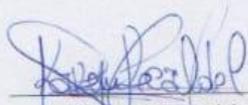
Agradezco a Dios por ser mi guía durante esta etapa. A mi madre, mi hermana y mi abuela por siempre confiar en mí y darme ánimos para seguir. A mis amigos por ser una fuente de apoyo. A mis profesores por todas sus enseñanzas compartidas. Y finalmente a mi pequeña hija Mia por ser mi mayor fuente de motivación en todo lo que hago.

De los dos

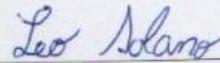
Agradecemos a nuestra tutora, M.Sc Sofia López por la guía y paciencia brindada en todo el proyecto de materia integradora. A la Ing. Anjouli Ayala, por el apoyo y aporte para sacar adelante cada etapa de este trabajo. También queremos agradecer al departamento de mantenimiento y producción, quienes aportaron grandemente en la realización y éxito de este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Karem Andrea Recalde Gallegos* y *Leonardo David Solano Hoyos* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

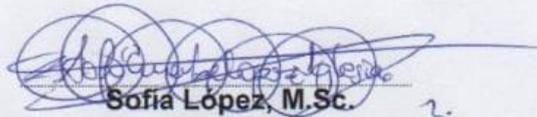


Karem Recalde
Autor 1



Leonardo Solano
Autor 2

EVALUADORES


Sofía López, M.Sc. 2.

PROFESOR DE LA MATERIA

TUTOR

RESUMEN

Este proyecto fue realizado en una empresa de producción de lácteos ubicada en la ciudad de Guayaquil. Cuenta con una diversificación de productos como yogur light, yogur con cereales, yogur griego y mantequilla; producidos con altos estándares de calidad.

La empresa tiene un problema de dosificación de yogur en una de sus líneas de producción. Esta línea es capaz de dosificar yogur hasta en tres envases simultáneamente y aquí es donde surge el problema, ya que luego de calibrar la máquina para cualquiera de los formatos, se vierte más yogur en los envases de lo que se planifica, ocurriendo así el sobredosificado. Por lo que se buscará reducir el porcentaje de productos que presentan este problema.

Para trabajar en este proyecto se siguió la metodología DMAIC que consta de cinco fases, dentro de las cuales se realizó la identificación del problema; se definió el alcance y los objetivos del proyecto; se procedió a realizar la recolección de datos y el análisis de las causas para enfocarnos en aquellas que tienen mayor impacto y conllevan un menor esfuerzo y así buscar la solución al problema.

Después del análisis se buscaron mejoras que estén directamente relacionadas con las causas que provocan el problema de sobredosificado. Estas mejoras pasaron por un proceso de selección, el cual involucró a los líderes del proyecto y las áreas de la empresa relacionadas en este trabajo. Se utilizaron como soluciones un DOE para identificar los niveles adecuados de la operación de calibración; un control visual para evitar errores al momento de manejar la máquina y un plan de mantenimiento preventivo, las mejoras fueron implementadas y se pudo evidenciar el nivel de cambio que produjeron, a su vez se proyectó la disminución de producto no conforme para que la empresa lo traduzca en beneficios económicos.

Palabras claves: sobredosificado, calibración, DMAIC, DOE, control visual

ABSTRACT

This project was carried out in a dairy production company located in the city of Guayaquil. It has a diversification of products such as yogurt light, yogurt with cereals, Greek yogurt and butter; produced with high quality standards.

The company has a problem of dosing yogurt in one of its production lines. This line is able to dose yogurt up to three dispenser simultaneously and this is where the problem arises, since after calibrating the machine for any of the formats, more yogurt is poured into the containers than planned, thus overdosing . So we will seek to reduce the percentage of products that have this problem.

To work on this project, the DMAIC methodology was followed, consisting of five phases, within which the problem was identified; the scope and objectives of the project were defined; We proceeded to collect data and analyze the causes to focus on those that have the greatest impact and involve the least effort and thus seek the solution to the problem.

After the analysis, improvements were sought that are directly related to the causes that cause the overdose problem. These improvements went through a selection process, which involved the leaders of the project and the areas of the company related in this work. A DOE was used as solutions to identify the appropriate levels of the calibration operation; a visual control to avoid errors when handling the machine and a preventive maintenance plan, the improvements were implemented, and it was possible to demonstrate the level of change that they produced, at the same time the decrease of nonconforming product was projected for the company to translate it into economic benefits.

Keywords: overdose, calibration, DMAIC, DOE, visual control

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN I	
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivos Específicos	2
1.3.2 Alcance	2
1.4 Equipo de trabajo	2
1.5 Marco teórico	3
1.5.1 DMAIC.....	3
1.5.2 Diagrama SIPOC.....	5
1.5.3 Diagrama de Pareto	5
1.5.4 Diagrama Causa-Efecto	5
1.5.5 Técnica de cinco ¿Por qué?	5
1.5.6 Diseño de experimentos	6
1.5.7 Poka yoke	6
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología.....	7
2.1 Definir.....	7

2.2	Medir	11
2.2.1	Proceso detallado	11
2.2.2	Mapeo de la cadena de Valor	11
2.2.3	Plan de recolección de datos	11
2.2.4	Variable 1: Sobredosificación (% de producto no conforme)	12
2.2.5	Variable 3: Tiempo de Setup	18
2.2.6	Verificación de datos	19
2.2.7	Declaración enfocada	20
2.3	Análisis	20
2.3.1	Verificación de causas	26
2.3.2	Determinaciones de causas raíces	28
2.4	Mejorar	29
2.4.1	Evaluación y selección de soluciones	30
2.4.2	Descripción de las soluciones	32
2.4.3	Plan de implementación	33
2.5	Implementar y Controlar	34
2.5.1	Diseño de experimento	34
2.5.2	Control visual	35
2.5.3	Plan de mantenimiento preventivo	37
CAPÍTULO 3		38
3.	Resultados	38
3.1	Tiempo de setup	41
CAPÍTULO 4		43
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
4.1	Conclusiones	43
4.2	Recomendaciones	43
BIBLIOGRAFÍA		45

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve & Control (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Control)
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
IC	Intervalo de Confianza
VOC	Voice of Customers (Voz del Cliente)
CTQ	Critical to Quality (Parámetros críticos de calidad) (Proveedor, Entrada, Procesos, Salida, Cliente)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve & Control (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Control)
Cp	Índice de Capacidad del proceso. Un proceso es capaz cuando Cp es mayor a 1
DOE	Desig of Experiment (Diseño de experimento)
VSM	Value Stream Mapping (Mapeo de la cadena de valor)
PVP	Precio de venta al público

SIMBOLOGÍA

gr	gramos
m ³	Metro cúbico
cm	centímetro
sec	Segundo
min	Minuto
Ton	Tonelada
Kg	kilogramo
°C	Grados centígrados
V	Voltio
μ	Media muestral
σ	Varianza muestral
%	Porcentaje
\$	Dólares

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama SIPOC del proceso de envasado de yogur	2
Figura 1.2 Equipo de trabajo	3
Figura 2.1 Diagrama de Pareto de unidades producidas en línea	8
Figura 2.2 Serie de tiempo del tiempo en el formato 88gr	9
Figura 2.3 Serie de tiempo del tiempo en el formato 170gr	9
Figura 2.4 Análisis de Capacidad de Formato 88gr y 170gr	10
Figura 2.5 Árbol de variables críticas (CTQ).....	11
Figura 2.6 Enumeración de dosificadores para objeto de estudio	13
Figura 2.7 Diagrama de caja formato 88gr	14
Figura 2.8 Diagrama de caja formato 170gr	14
Figura 2.9 Análisis de Pareto por dosificador formato 88gr	15
Figura 2.10 Análisis de Pareto por dosificador formato 170gr	15
Figura 2.11 Análisis de Pareto para dosificadores Dosificador 1 y 3 (formato 88gr) .	16
Figura 2.12 Análisis de Pareto para el dosificador D1 y D3 (formato 170gr).....	16
Figura 2.13 Diagrama de caja de la prueba ANOVA (88gr)	17
Figura 2.14 Diagrama de caja de la prueba ANOVA (170gr)	18
Figura 2.15 Balanza con sello de certificación de calibración.....	19
Figura 2.16 Resultado Análisis R&R	20
Figura 2.17 Reunión realizada con personas que son parte del proceso	21
Figura 2.18 Análisis de Pareto de Impacto de Causas	24
Figura 2.19 Matriz Impacto-Control	25
Figura 2.20 Prueba de Hipótesis para diferencia de media (88 gr)	27
Figura 2.21 Prueba Anova para el formato 170gr	28
Figura 2.22 Momento de calibración de la maquina	29
Figura 2.23 Lluvia de ideas de propuesta de mejoras	30
Figura 2.24 Matriz Impacto-Esfuerzo.....	32
Figura 2.25 Resultado del optimizador (88gr).....	35
Figura 2.26 Resultado del optimizador (170gr).....	35
Figura 2.27 Formato de Lección de un punto	36
Figura 2.28 Capacitación sobre el uso del control visual	36
Figura 3.1 Resultado de la implementación en el formato 88gr	38

Figura 3.2 Serie de tiempo antes de la implementación (88gr)	38
Figura 3.3 Serie de tiempo después de la implementación (88gr)	39
Figura 3.4 Resultado de la implementación en el formato 170gr	39
Figura 3.5 Serie de tiempo antes de la implementación (170gr)	40
Figura 3.6 Serie de tiempo después de la implementación (170gr)	40
Figura 3.7 Reducción del tiempo del proceso de calibración por corrida	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Plan de producción de línea	7
Tabla 2.2 límites de especificación para formato 88gr y 170gr	8
Tabla 2.3 Matriz VOC.....	10
Tabla 2.4 Plan de recolección de datos.....	12
Tabla 2.5 Toma de tiempos de Setup.....	18
Tabla 2.6 Plan de condiciones básicas	22
Tabla 2.7 Causas identificadas en la lluvia de ideas	23
Tabla 2.8 Niveles de impacto de causas	23
Tabla 2.9 Matriz Causa-Efecto (Medición de Impacto)	24
Tabla 2.10 Matriz de calificaciones de Control	25
Tabla 2.11 Verificación de causas.....	26
Tabla 2.12 Análisis 5Porques para las posibles causas	28
Tabla 2.13 Impacto de posibles soluciones	30
Tabla 2.14 Siglas para identificación de áreas	31
Tabla 2.15 Esfuerzo en la implementación.....	31
Tabla 2.16 Plan de implementación de mejoras	33
Tabla 2.17 Factores para el DOE (88gr).....	34
Tabla 2.18 Factores para el DOE (170gr).....	34
Tabla 2.19 Resultados del DOE	35
Tabla 3.1 Perdida por producto no procesado antes y después de la implementación	41

CAPÍTULO 1

1. Introducción

El desfavorable ambiente económico actual y la creciente competitividad ligada al aumento anual del 4,7% (Redacción Ekos, 2017) en el consumo de lácteos en el Ecuador, obliga a las empresas a asegurar un producto de calidad y a la eliminación de cualquier forma de pérdida en el proceso productivo.

La sobredosificación en el producto es uno de los principales problemas a los cuales se enfrentan las empresas, siendo causante de desperdicio de materia prima afectando las especificaciones y el cumplimiento del plan de producción.

Este proyecto tiene como objetivo reducir la sobredosificación en una línea de envasado de una empresa productora de lácteos, la misma que es la responsable de elaborar seis productos de yogur, blanco 88gr y blanco 170gr en sus diferentes variedades, 152gr con hojuelas de colores, 152gr con hojuelas de chocolate, 170gr sabor a frutilla y granola 180gr, los cuales representa alrededor del 50% de las ventas de la compañía.

La empresa tiene operando aproximadamente diez años con esta línea y el proyecto surgió por la cantidad de productos que no son procesados, por lo que existe un desbalance no favorable entre lo planificado y la producción real, que generan ventas perdidas por órdenes no completadas.

1.1 Descripción del problema

Aproximadamente el 53.3% y el 62.4% de los productos envasados por la línea, presentaron una sobredosificación en los formatos de 88gr y 170gr respectivamente, hasta octubre de 2018. Este evento provoca una pérdida de 517 kg de yogur por semana, que representa alrededor de 5347 unidades sin ser procesadas.

1.2 Justificación del problema

Según un estudio realizado por el departamento de proyectos, se verificó que la línea estaba dosificando con valores superiores a los deseados por la compañía.

Además, se pudo visualizar que uno de los tres dosificadores de dicha línea tenía mayor porcentaje de producto con sobredosificación, 7% más con respecto a los demás.

1.3 Objetivos

Reducir la sobredosificación de la línea en un 50% para disminuir el número de unidades que no son procesadas.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Identificar las causas vinculadas a la sobredosificación en la línea.
- Determinar las causas principales al problema de sobredosificado.
- Implementar una mejora para la reducción del porcentaje de sobredosificación.
- Analizar y evaluar los resultados de las medidas de mejora y control para verificar que el problema esté resuelto.

1.3.2 Alcance

En la figura 1.1 se puede observar del diagrama SIPOC (por sus siglas en inglés) del proceso de envasado de yogur para los formatos en estudio.

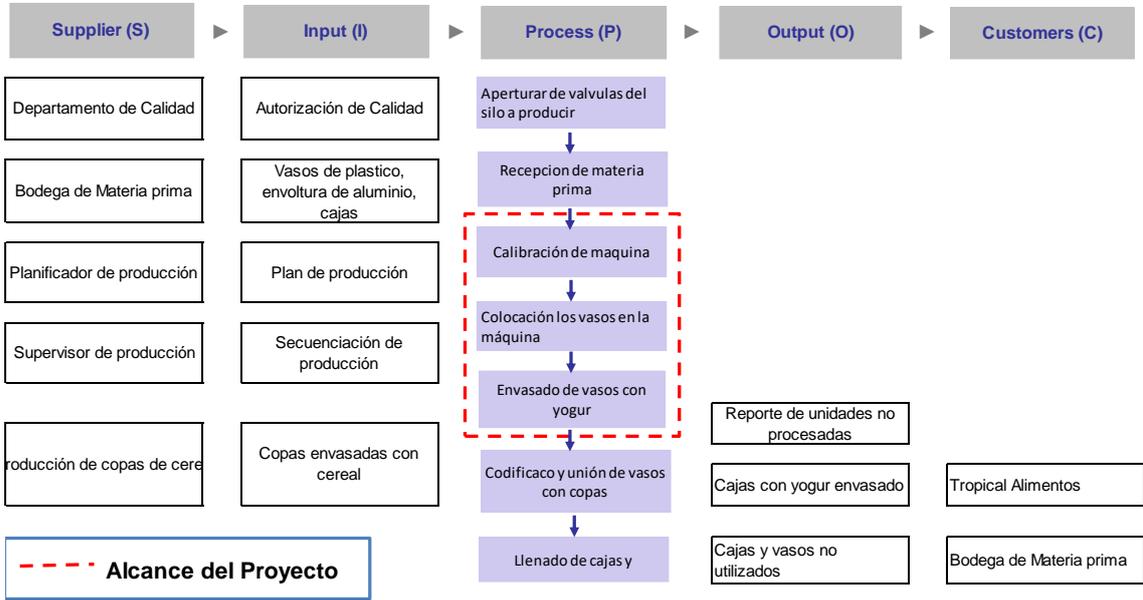


Figura 1.1 Diagrama SIPOC del proceso de envasado de yogur

El alcance del proyecto incluye desde la calibración de la máquina, para dosificar el yogur dependiendo del formato, hasta el llenado de los envases de yogur.

1.4 Equipo de trabajo

Para este proyecto se contará con un equipo de trabajo multidisciplinario conformado

por operadores de línea, técnicos de mantenimiento, ingenieros del proceso y de gerencia como se muestra a continuación en la Figura 1.2.

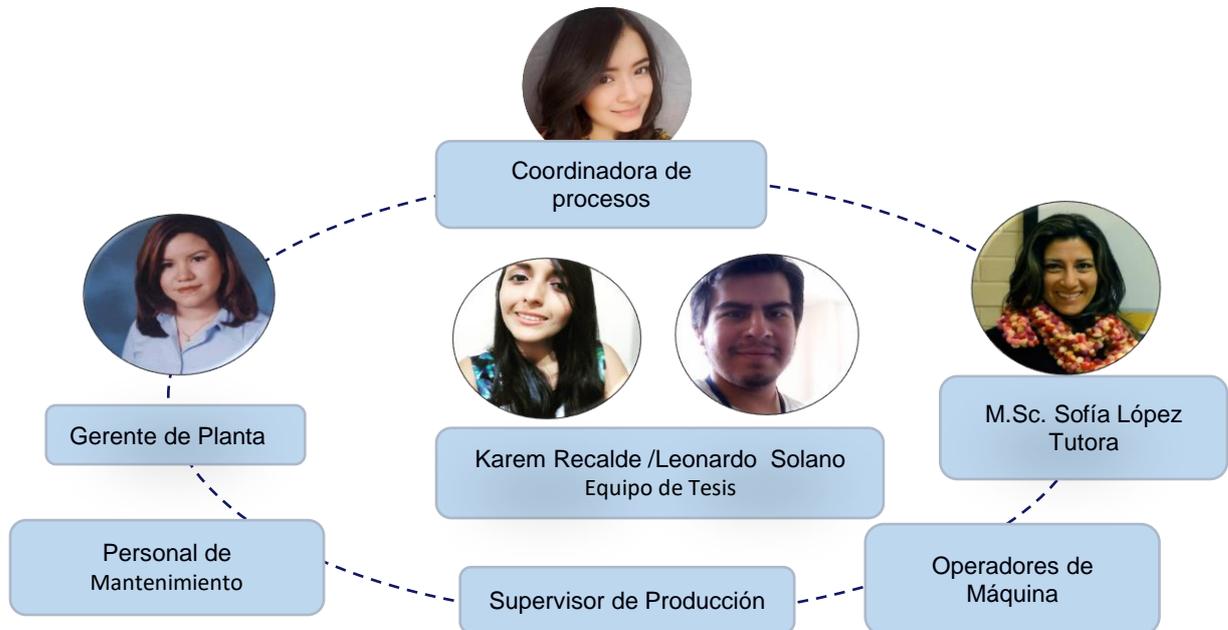


Figura 1.2 Equipo de trabajo

1.5 Marco teórico

1.5.1 DMAIC

Es un procedimiento estructurado de resolución de problemas ampliamente utilizado en la mejora de la calidad y el proceso. A menudo se asocia con actividades six-sigma, y casi todas las implementaciones de six-sigma utilizan el proceso DMAIC para la gestión y finalización del proyecto. Sin embargo, DMAIC no está necesariamente ligado formalmente a six-sigma, y se puede utilizar independientemente en una organización (Motgomery, 2009). Consta de 5 etapas que son Definición, Medición, Análisis, Mejora y control, las cuales se detallan a continuación:

- **Definir**

En este primer paso se busca identificar la oportunidad de mejora para el proyecto y verificar o validar la relevancia para las partes interesadas de llevarlo a cabo. Un proyecto debe de ser importante tanto para los clientes como para el negocio. (Motgomery, 2009)

Entre las herramientas claves para esta fase, se encuentran: Project charter¹, VOC, SIPOC.

- **Medir**

En medición se busca recolectar toda la información necesaria para determinar cuál es el estado actual del proceso en el que se está trabajando y evaluando. Una vez obtenida toda la información, esta debe mostrar cómo se ejecuta el proceso y la relación con las metas que se plantean alcanzar. Las herramientas usadas en esta fase son: Diagrama de Pareto, VSM, plan de recolección de datos. (Motgomery, 2009)

- **Analizar**

La meta de esta fase es identificar la(s) causa(s) raíz del problema (identificar las X vitales), entender cómo éstas generan el problema y confirmar las causas con datos. Se trata entonces de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmar éstas con datos. Obviamente, para encontrar las X vitales, primero será necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema (Gutiérrez, 2009). Entre las herramientas que se pueden utilizar están: lluvia de ideas, diagrama causa efecto, matriz de impacto esfuerzo, 5 ¿por qué?,

- **Mejorar**

Con la causa raíz del problema y que fue identificada en la etapa anterior, se proponen una serie de alternativas para atacar a la misma, para que posteriormente tras una evaluación de estas, se logra elegir cuáles de estas alternativas ayudan a alcanzar los objetivos. En esta etapa se cuenta con varios recursos para verificar los resultados de la implementación de las alternativas como las pruebas piloto o simulaciones para evaluar y en caso de ser necesario, tomar acciones de corrección de estas mejoras.

- **Control**

Para esta etapa final se trabaja con los resultados de la mejora, aquí se deben establecer procesos tanto para medir como para monitorear los resultados que fueron obtenidos, se realiza esto con el objeto de identificar más oportunidades

¹ **Project charter:** Herramienta de planeación en la cual se delimita el alcance, definen necesidades de clientes y objetivos, establecen entregables, y asignan responsabilidades del proyecto. (García, 2013)

de mejora y para garantizar la sostenibilidad del proyecto a lo largo del plazo. (Motgomery, 2009)

1.5.2 Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC tiene la finalidad de analizar el proceso y lo que sucede en su entorno. Se identifican los proveedores, las entradas, el proceso mismo, las salidas y los clientes. (Gutiérrez, 2009)

1.5.3 Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras cuya aplicación son los datos categorizados y cuyo objetivo es ayudar a la localización de el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. Esto con la finalidad de escoger un proyecto donde se alcance la mejora más grande con el menor esfuerzo posible. (Gutiérrez, 2009)

1.5.4 Diagrama Causa-Efecto

Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagramas causa-efecto, fue desarrollado a principios de los años cincuenta mientras trabajaba en un proyecto de control de calidad para Kawasaki Steel Company. El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza del pescado” y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado. Por lo general, las principales causas se subdividen en cinco o seis categorías principales —humanas, un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. (Niebel & Freivalds, 2009)

1.5.5 Técnica de cinco ¿Por qué?

Es una técnica sistemática de preguntas que se la suele utilizar durante la etapa de análisis en la metodología DMAIC. Esta técnica ayuda a buscar las posibles causas principales de problemas y consiste en realizar al menos cinco veces “por qué” y una vez que sea difícil responder a esta pregunta es probable que la causa haya sido identificada. (AEC, 2012)

1.5.6 Diseño de experimentos

Esta técnica es utilizada, entre otras aplicaciones, para la optimización de los procesos. Es básicamente un modelo de proceso matemático que predice una respuesta para las variables de salida utilizando las combinaciones de las variables de entrada. (Raisinghani, 2005)

1.5.7 Poka yoke

Es una técnica, que significa a prueba de errores, usada para la prevención y detección de errores antes de que estos causen problemas o defectos en la calidad de los productos u operaciones. (Mango, 2006)

CAPÍTULO 2

2. Metodología

Este del proyecto será realizado bajo la metodología DMAIC, la cual cuenta de cinco etapas que se mostrarán a continuación junto con las actividades realizadas en cada una de estas.

2.1 Definir

En la primera etapa del proyecto se definió el problema, que fue detallado en el capítulo 1 en la sección de declaración del problema.

Partiendo de un ejemplo de plan de producción (Tabla 2.1) de la línea en estudio, se realizó un diagrama de Pareto donde se pudo observar que aproximadamente el 84% de la producción está representada por dos productos, blanco 88gr y 170gr, es decir un producto en sus dos formatos, como se muestra en la Figura 2.1

Tabla 2.1. Plan de producción de línea

PLAN DE PRODUCCIÓN									
Producto	Variedad	Demanda					Total Dem.	%	% Acumul.
		L	M	M	J	V			
Blanco 88gr	Fiesta/Galletas/Clásico	28804	28804	37448	31684	41828	168568	57,8%	57,8%
Blanco 170gr	Fiesta/Galletas/Clásico	22524	24532	12940	15292	0	75288	25,8%	83,6%
Trix 152	Otros			33333			33333	11,4%	95,0%
Chocolate 152gr			3333			2860	6193	2,1%	97,2%
Frutilla 170gr		3700			1848		5548	1,9%	99,1%
Granola 180gr				2720			2720	0,9%	100,0%
TOTAL		55028	56669	86441	48824	44688	291650		

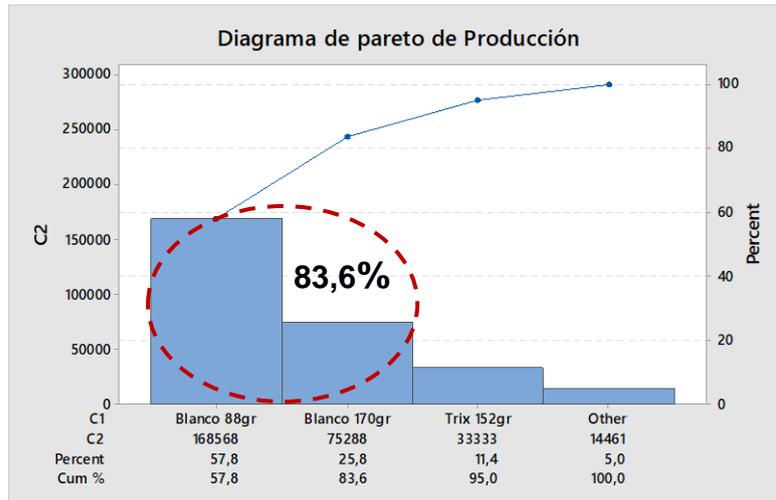


Figura 2.1 Diagrama de Pareto de unidades producidas en línea

Para poder verificar el problema de sobredosificación, se realizó una toma de pesos, partiendo de una prueba piloto de tamaño 30, se decidió tomar una muestra de 90 unidades para los dos formatos.

Las muestras fueron obtenidas pesando productos en la línea de forma aleatoria durante tres días para cada formato, considerando valores deseados de envasado de yogur para cada formato y los límites de especificación (Tabla 2.2) para cada uno de los formatos.

Tabla 2.2 límites de especificación para formato 88gr y 170gr

Formato	Media	USL
88gr	75	77
170gr	150	152

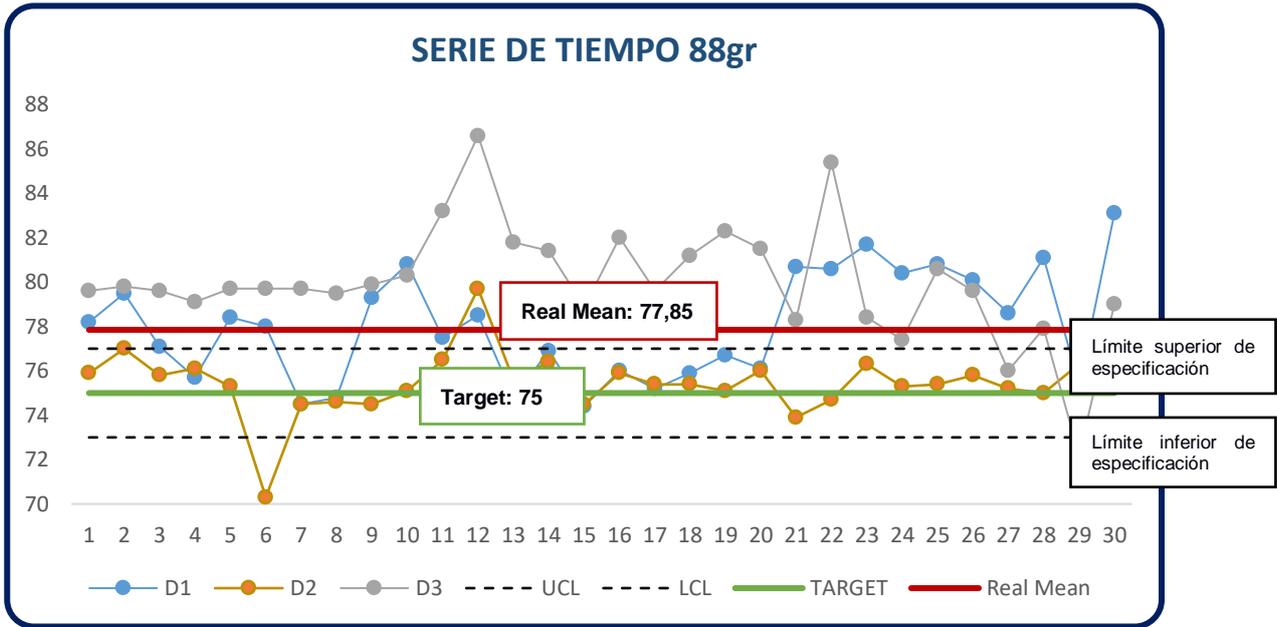


Figura 2.2 Serie de tiempo del tiempo en el formato 88gr

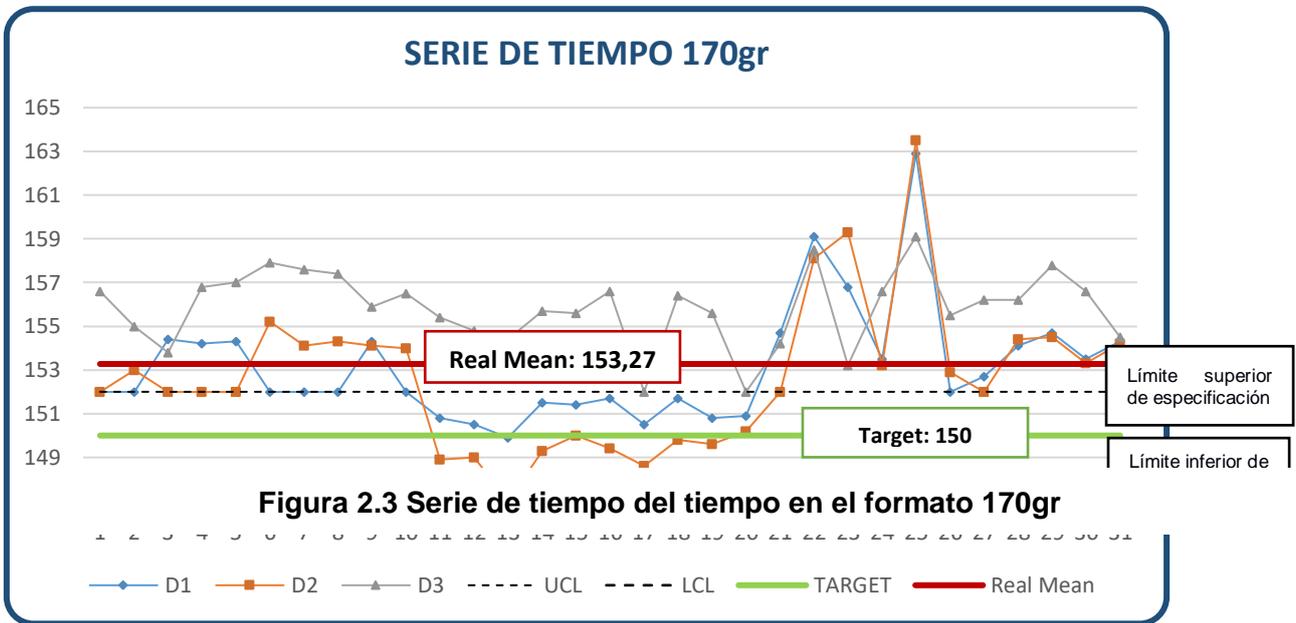


Figura 2.3 Serie de tiempo del tiempo en el formato 170gr

Como se puede observar en la Figura 2.1 y 2.3, la mayor cantidad de producto está fuera del límite superior de especificación (USL por sus siglas inglés); esta cantidad corresponde a 53,3% y 62,3% de sobredosificación para los formatos de 88gr y 170gr respectivamente, valores que fueron obtenidos mediante el análisis de capacidad del proceso, el mismo que es mostrado a continuación en la Figura 2.4. Además, para conocer la capacidad del proceso de cumplir las especificaciones, dando un $C_p = 0,21$ y $C_p = 0,27$ para el formato

88gr y 170gr respectivamente, por lo cual se puede concluir que el proceso en los dos casos no es capaz de cumplir con las especificaciones.

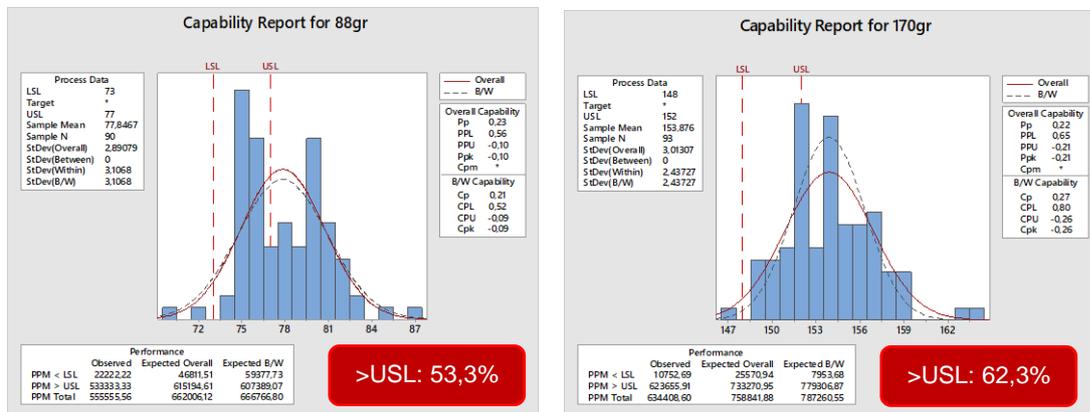


Figura 2.4 Análisis de Capacidad de Formato 88gr y 170gr

Luego del análisis se utilizó la herramienta VOC (Voz del cliente), la cual me permite conocer las necesidades del cliente y quejas sobre la sobredosificación de la línea identificando de esta manera los actores claves en el proceso. Realizamos entrevistas con operadores de la línea, departamento de calidad, planificador de producción y la gerencia de la compañía, dando como resultado la información mostrada a continuación en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Matriz VOC

Cliente	Requerimiento	Variable
Departamento de Calidad	Los productos deben estar dentro de los límites especificados por la compañía.	Y = Sobredosificación de yogur
Planificador de Producción	Disminuir holgura a la cantidad de envasado en los productos	
Operadores de Línea	Reducir el tiempo de setup y pesado	
Gerente de planta	Evitar pérdidas económicas por productos no procesados.	

Después de escuchar la voz del cliente respecto al problema de interés, se procede elaborar el árbol de variables críticas (CTQ), la cual nos permitirá convertir las quejas o necesidades del cliente en variables medibles que nos llevará a la determinación de variables críticas del problema como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5 Árbol de variables críticas (CTQ)

2.2 Medir

En la etapa de medición ya se tiene definido el problema con el que se va a trabajar, también el objetivo, el alcance y la variable de respuesta. Por lo tanto, se procede a levantar información necesaria de la línea de producción en estudio como el proceso detallado, VSM y el plan de recolección de datos.

2.2.1 Proceso detallado

Para un mejor entendimiento del problema fue necesario conocer a detalle el proceso en estudio y los involucrados en el mismo. Por lo tanto, se realizó el diagrama de proceso, identificando el alcance del proyecto como se muestra en el Anexo 1.

2.2.2 Mapeo de la cadena de Valor

Luego de haber levantado la información del proceso, así como el detalle de los clientes involucrados, es posible la realización del mapeo de la cadena de valor para lo cual fue necesario obtener los tiempos entre cada operación para determinar el tiempo que le toma a un producto ser producido desde la obtención de la materia prima hasta que es llevado al centro de distribución, como se pueden observar en el Anexo 2.

2.2.3 Plan de recolección de datos

Con el objetivo de obtener las variables de interés del problema se realizó un plan de recolección de datos como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Plan de recolección de datos

Datos		Definiciones operacionales y procedimientos				
Que	Tipo de dato	Como medir	Condiciones relacionadas para registrar	Criterio de estratificación	Indicación de muestreo	Donde registrar
Sobredosificación (% de producto no conforme)	Continuo	Pesado con balanza	Que: Yogur de 88gr y 170 gr	Producto-Dosificador-Operador	Durante el llenado	Planilla de medición (Elaboración propia)
			Donde: Línea de llenado			
			Cuando: Días programado para medición			
			Cual: Peso envasado de yogur			
			Quien: Operador de llenado de la línea			
Tiempo de setup (calibración)	Continuo	Toma de tiempo con cronómetro	Que: Yogur de 88gr y 170 gr	Producto-Operador	Previo y durante el llenado	Planilla de medición (Elaboración propia)
			Donde: Línea de llenado			
			Cuando: Días programado para medición			
			Cual: Tiempo de calibración			
			Quien: Operador de llenado de la línea			

Para la recolección de datos se realizó la medición de las variables de respuesta mediante la toma de pesos de envases en la línea partiendo de las muestras recolectadas en la sección anterior (Tabla 2.3) y de toma de tiempos para la tercera variable (tiempo de setup). También se determinaron los criterios de estratificación de las variables, como son Producto, operador y dosificador para el caso de la variable de sobredosificación.

2.2.4 Variable 1: Sobredosificación (% de producto no conforme)

Para la primera variable, procederemos a realizar el análisis bajo los criterios de estratificación previamente definidos.

2.2.4.1 Criterio de estratificación: Producto

En la sección anterior se realizó el análisis de Pareto (Figura 2.1), donde obtuvimos que el 84% de la producción de la línea en estudio es comprendida por dos (Blanco 88gr y 170gr) de los seis productos que esta elabora la línea.

Con este análisis determinamos los dos productos que serán objeto de estudio en este proyecto.

2.2.4.2 Criterio de estratificación: Dosificador

Como se detalló en la sección anterior, la línea tiene tres dosificadores los cuales envasan simultáneamente y para objeto de estudio los enumeramos como se muestra en la Figura 2.6

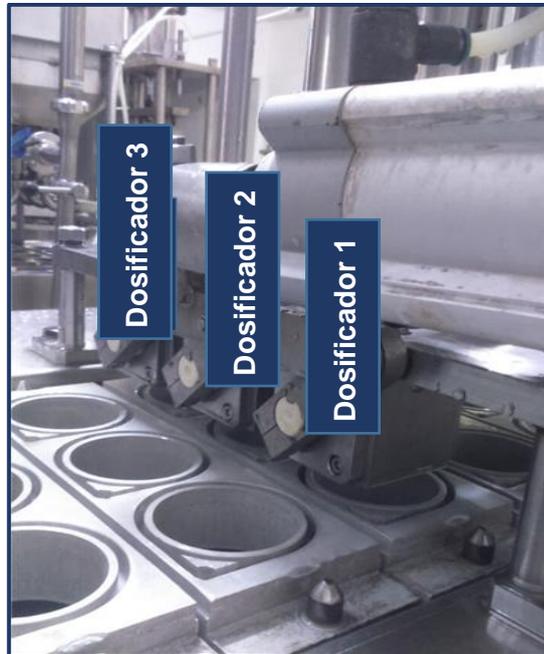


Figura 2.6 Enumeración de dosificadores para objeto de estudio

Realizando un gráfico de cajas para los pesos dados por cada dosificador por cada formato, obtuvimos que efectivamente existe variación como se observa en las Figuras 2.7 y 2.8.

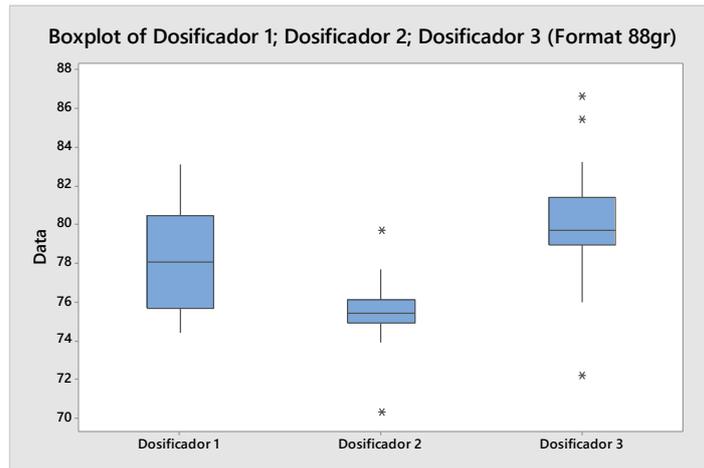


Figura 2.7 Diagrama de caja formato 88gr

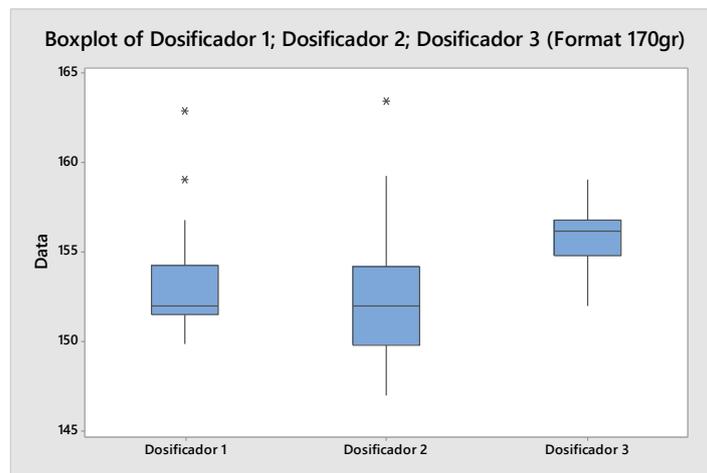


Figura 2.8 Diagrama de caja formato 170gr

Con el resultado anterior, procedimos a realizar un análisis de Pareto para determinar cuál de los tres dosificadores mostraba el mayor porcentaje de producto no conforme mostrado a continuación en las Figuras 2.9 y 2.10.

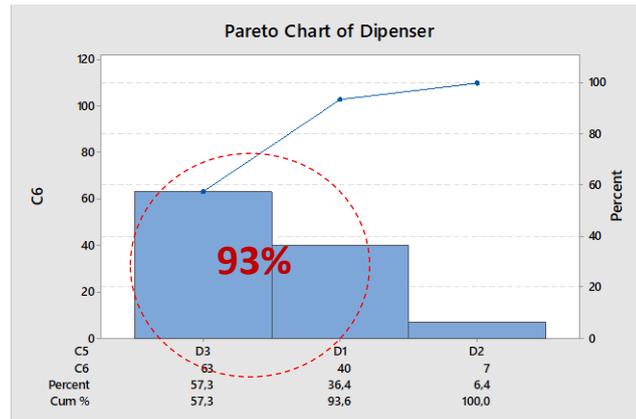


Figura 2.9 Análisis de Pareto por dosificador formato 88gr

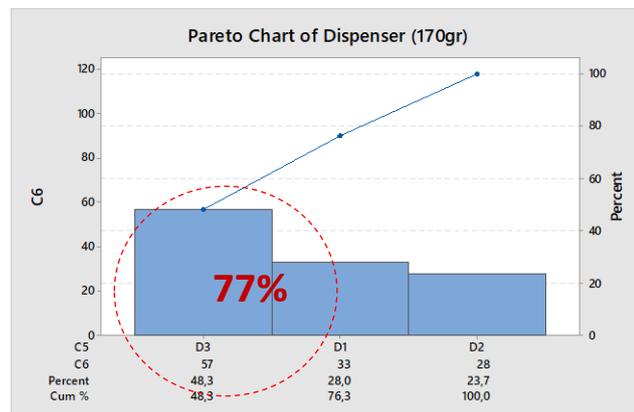


Figura 2.10 Análisis de Pareto por dosificador formato 170gr

Como se pudo observar en las figuras anteriores, para los dos formatos el mayor porcentaje de productos con sobredosificación son los envasados por el dosificador tres y uno, en ese orden.

2.2.4.3 Criterio de estratificación: Operador

La línea es trabajada por tres operadores los cuales rotan en horarios, dejando solo una persona a cargo por turno, los que para este estudio serán nombrados OP1, OP2 y Op3 . Luego de la estratificación por dosificador y con el resultado obtenido, realizamos el análisis de los tres operadores para los dosificadores tres y uno para cada formato mediante un análisis de Pareto.

Para este estudio utilizamos un tamaño de muestra de 30 unidades.

Formato: 88gr

El análisis de Pareto fue elaborado para los dosificadores uno y tres como se muestran en la Figura 2.11.

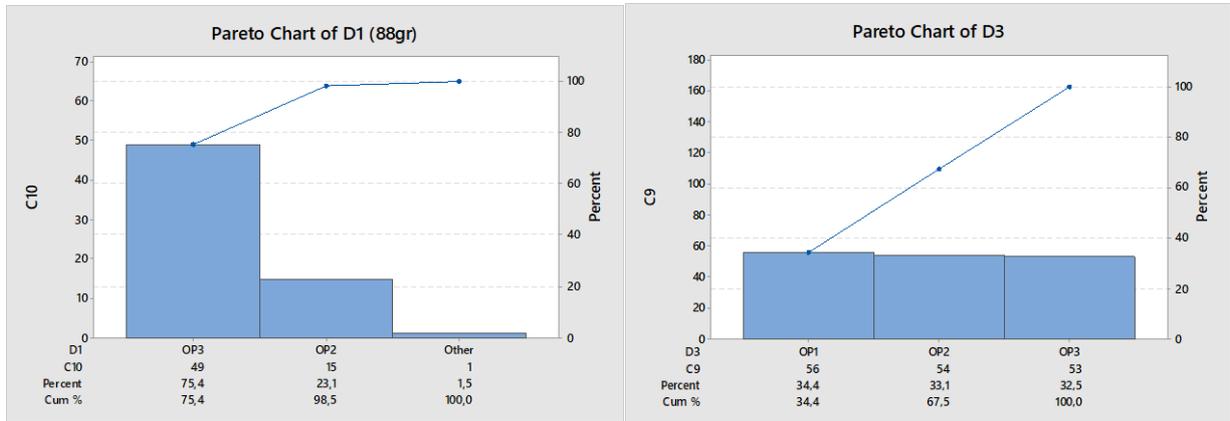


Figura 2.11 Análisis de Pareto para dosificadores Dosificador 1 y 3 (formato 88gr)

En esta figura, podemos observar que el mayor porcentaje de producto sobredosificado del dosificador uno, pertenece al Operador 2 y 3, mientras que, para el dosificador 3 (D3), no existe una diferencia visible por operador.

Formato 170gr

En las Figura 2.12 se puede observar el análisis realizado, además que las condiciones se repiten. Para el Dosificador 1 existe mayor porcentaje de producto sobredosificado en dos operadores, en este caso el número uno y tres; mientras que en el dosificador 3, no existe diferencia significativa del porcentaje de producto no conforme entre los tres operadores

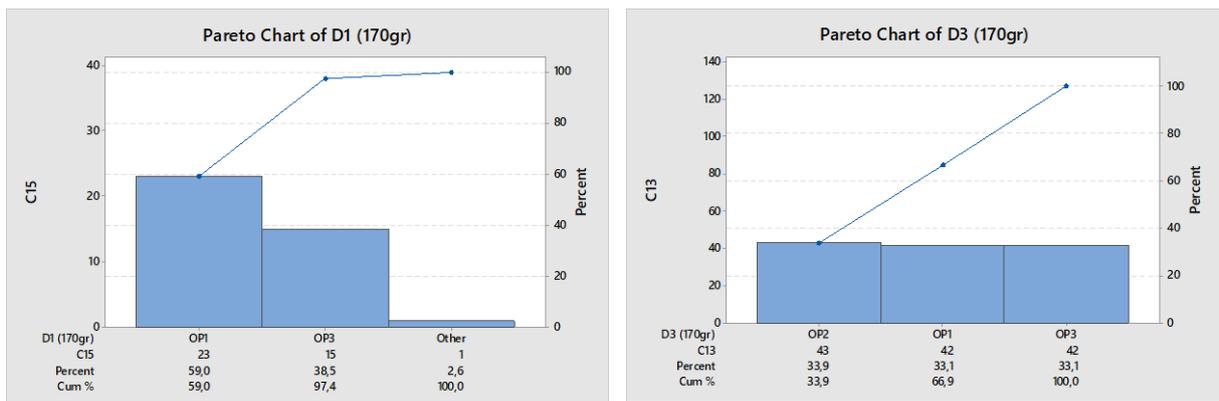


Figura 2.12 Análisis de Pareto para el dosificador D1 y D3 (formato 170gr)

De los resultados obtenidos en los diagramas de Pareto por operador, no se puede concluir que un operador presente un mayor número de producto sobredosificado, pero se puede observar que hay diferencias entre operadores.

Para comprobar dicha hipótesis se procedió a realizar un análisis Anova por cada formato que se muestra a continuación:

Prueba Anova formato 88gr

$\mu_1 =$ media del peso para el formato 88gr del operador 1

$\mu_2 =$ media del peso para el formato 88gr del operador 2

$\mu_3 =$ media del peso para el formato 88gr del operador 3

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

H_0 : La media del peso para el formato 88gr es diferente en al menos un operador

valor $p = 0,000$

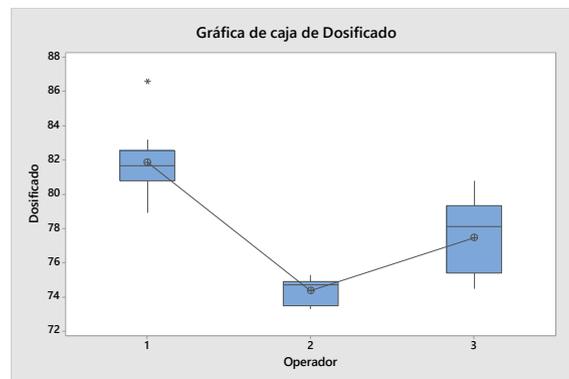


Figura 2.13 Diagrama de caja de la prueba ANOVA (88gr)

Debido a que el valor p es menor a 0,05; la hipótesis nula se rechaza por lo tanto podemos concluir con 95% de confianza que hay evidencia estadística para decir que las medias del peso por operador varía al menos en un operador.

Prueba Anova formato 170gr

$\mu_1 =$ media del peso para el formato 170gr del operador 1

$\mu_2 =$ media del peso para el formato 170gr del operador 2

$\mu_3 =$ media del peso para el formato 170gr del operador 3

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

H_0 : La media del peso para el formato 170gr es diferente en al menos un operador

valor $p = 0,0000$

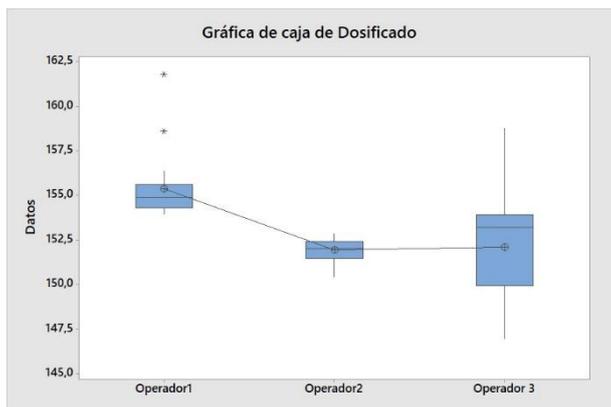


Figura 2.14 Diagrama de caja de la prueba ANOVA (170gr)

Como en el formato anterior, el valor p es menor a $0,05$, por lo tanto, la hipótesis cero se rechaza, así que podemos concluir con un 95% de confianza que hay suficiente evidencia estadística para decir que la media del peso varía por operador.

2.2.5 Variable 3: Tiempo de Setup

Para esta variable se realizó un estudio de tiempo para la calibración y así obtener que tanto les toma a los operadores realizar esta actividad. Cada uno de los líderes del proyecto hizo este estudio, que consistió en iniciar el cronómetro justo cuando el operador empieza la calibración de la máquina hasta que este, con base a su criterio, obtenga la regularización de los pesos de los productos para estar en los límites permitidos.

Luego de esta actividad se obtuvieron los siguientes resultados de tiempo promedio de setup:

Tabla 2.5 Toma de tiempos de Setup

Karem Recalde				Leonardo Solano			
Operador	T1	T2	T3	Operador	T1	T2	T3
Op1	35,29	36,5	36,39	Op1	36,18	35,08	36,2
Op2	38,5	38,27	37,48	Op2	38,17	39,55	38,5
Op3a	30,47	32,54	30,39	Op3	30,5	31,54	30,2

Se puede evidenciar que entre los operadores existe una diferencia en el tiempo (en minutos) de calibración, así como también se observa que el operador con mayor experiencia en la línea (Op3) es quien tiene el tiempo más bajo.

Tomando en cuenta de que el tiempo promedio de producción es de 198 minutos y que en promedio el tiempo de calibración nos da como resultado 35 minutos, el porcentaje de tiempo que toma el setup es de un 18%.

2.2.6 Verificación de datos

Luego de la recolección de la información del plan de datos, realizamos la verificación de la confiabilidad de estos y de los instrumentos de medición. Los datos que se consideraron son:

- Porcentaje de producto con sobredosificación.
- Desperdicio
- Tiempo de setup (calibración)

2.2.6.1 Porcentaje de producto con sobredosificación

Para el porcentaje de producto con sobredosificación se realizó un formato para la recolección de los pesos de los productos y así tener una base de datos donde se pueda encontrar este porcentaje.

Para la validación de los datos de los pesos de los productos se muestra el certificado de calibración de la balanza con la que se procedió a realizar esta actividad.



Figura 2.15 Balanza con sello de certificación de calibración

2.2.6.2 Tiempo de setup (calibración)

Como se mencionó anteriormente para encontrar estos datos se realizó un estudio de tiempos, por lo que para la validación de estos datos se utilizó un análisis de confiabilidad

de medición, R&R análisis, el cual proporciona información sobre el rendimiento del sistema de medición al analizar el error de medición de varias fuentes. (Kappele, 2006)

R&R del sistema de medición		
Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0,5890	3,93
Repetibilidad	0,5890	3,93
Reproducibilidad	0,0000	0,00
OP	0,0000	0,00
Parte a parte	14,3910	96,07
Variación total	14,9800	100,00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. (%VE)
Gage R&R total	0,76744	4,6046	19,83
Repetibilidad	0,76744	4,6046	19,83
Reproducibilidad	0,00000	0,0000	0,00
OP	0,00000	0,0000	0,00
Parte a parte	3,79355	22,7613	98,01
Variación total	3,87039	23,2224	100,00

Número de categorías distintas = 6

Figura 2.16 Resultado Análisis R&R

Según los resultados del análisis podemos concluir que, con base al porcentaje de variación del proceso, que es menor al 10%, que el sistema de medición es aceptable y que con un número de categorías distintas igual a 6 que el sistema de medición es adecuado.

2.2.7 Declaración enfocada

Para el proyecto se definieron los siguientes problemas enfocados específicos:

1. 43% y 42% del producto sobredosificado es originado en el formato 88gr y 170gr respectivamente, es originado en los dosificadores uno y tres.
2. Existe diferencia estadística en la media dependiendo del operador que esté operando la máquina.

2.3 Análisis

Para la fase de análisis, se realizó una reunión donde participaron los operadores de la línea, el supervisor de producción, la coordinadora de procesos y los líderes del proyecto, todos actores claves para el desarrollo de esta fase, como se muestra en la figura 2.17



Figura 2.17 Reunión realizada con personas que son parte del proceso

En esta reunión tuvo como objetivo la identificación de las condiciones básicas de la operación que no han sido restauradas, las cuales podrían estar provocando la inestabilidad del proceso actual.

Mediante la observación directa junto al equipo de trabajo se pudieron determinar las siguientes condiciones básicas no restauradas mostradas en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Plan de condiciones básicas

¿Acciones que deben implementarse?	¿Por qué es importante la aplicación de esta acción?	Responsable	¿Dónde se debe aplicar la acción?	Fecha de implementación	Estado
Cambio del Dosificador (Zirconia) (DOSIFI70009).	Evita que pase menor o mayor cantidad de yogur en el llenado	Personal de Mantenimiento		01/12/2018	Completo
Regulador de aire (Verificar funcionamiento)	Evita el exceso de sobredosificado	Personal de Mantenimiento		01/12/2018	Completo
Cambio de retenedores de pistones de llenado (2 en cada piston)	Evita el paso de exceso de aire y absorva exceso de yogur	Personal de Mantenimiento		08/12/2018	Completo
Verificar la sincronización de Dosificador de acero inoxidable (DOSIFI70009)	Permite el paso y dosificado de la misma cantidad de yogur, evitando que se quede en las valvulas	Personal de Mantenimiento		08/12/2018	Completo
Medir que largo del pistón interno de valvulas sean los mismos para los 3 dosificadores	Define la cantidad de absorción de yogur	Personal de Mantenimiento		02/01/2019	Completo
Cambio del cilindro neumático principal	Permite que el yogurt no pase en mayor cantidad del requerido	Personal de Mantenimiento		02/01/2019	Completo

Sobre estas condiciones básicas se realizaron planes de acción, luego con participación del equipo se generó una lluvia de ideas que dio como resultado las posibles causas de las dos declaraciones enfocadas.

Se presenta a continuación, en la Tabla 2.7 la lista de las posibles causas mencionadas por el equipo.

Tabla 2.7 Causas identificadas en la lluvia de ideas

No.	Causas
1	Los orrings de los cilindros pueden estar desgastados.
2	El tiempo de vida útil de la máquina está por terminar o ya ha terminado
3	Constante regulación de la presión de aire durante el proceso
4	Baja frecuencia de mantenimiento de la máquina
5	Baja frecuencia de lubricación de la máquina
6	El plan de mantenimiento preventivo ha sido afectado por el plan de producción
7	Diferencia en la longitud de los ejes de cada pistón dentro de los cilindros.
8	La calibración es hecha en referencia al dosificador con menor gramaje
9	Hay solo un regulador de peso para los tres dosificadores
10	Calibración continúa debido a la variación del nivel de dosificación durante el proceso
11	El proceso de calibración no está estandarizado
12	Los cilindros que cierran las válvulas están desgastados
13	Problemas con la operación de las válvulas

A continuación, se realizó la identificación de causas basándonos en las aportaciones del equipo de la tabla anterior, mediante diagramas de un diagrama de Ishikawa por cada declaración enfocada la cual se encuentra en el Anexo 3 y 4. Dichas causas fueron ponderadas para la realización de la matriz impacto-esfuerzo con ayuda de una persona de procesos, producción y mantenimiento utilizando calificaciones de 1, 3 y 9 como se muestra en la Tabla 2.9

Tabla 2.8 Niveles de impacto de causas

Niveles de Calificación de relación	
0	Ninguna relación
1	Relación baja
3	Relación moderada
9	Relación fuerte

Tabla 2.9 Matriz Causa-Efecto (Medición de Impacto)

MATRIZ CAUSA-EFECTO		Sobredosificación en dosificador 3 y 1	Variación de dosificación entre operadores	TOTAL
		6	4	
1	Desgaste en el dosificador (Zirconia)	9	1	58
2	Desgaste en el regulador de aire	3	1	22
3	Retenedores de pistones de llenado desgastados	9	3	66
4	Falta de sincronización en el dosificador	9	3	66
5	Largo de pistón interno de válvulas	3	3	30
6	Las válvulas de dosificado no cierran correctamente	9	9	90
7	Habilidad de operador	3	9	54
8	Calibración guiada por largo de pistón externo	3	9	54
9	Calibración en presión de aire	1	1	10
10	Sensores de nivel	1	1	10
11	Vida útil de la máquina	3	1	22
12	Número de muestras no establecidas para control de peso	0	9	36

○ Condiciones básicas

Luego se procedió a realizar un análisis de Pareto para seleccionar las causas con mayor impacto en las variables de respuesta, como se muestra en la Figura 2.18

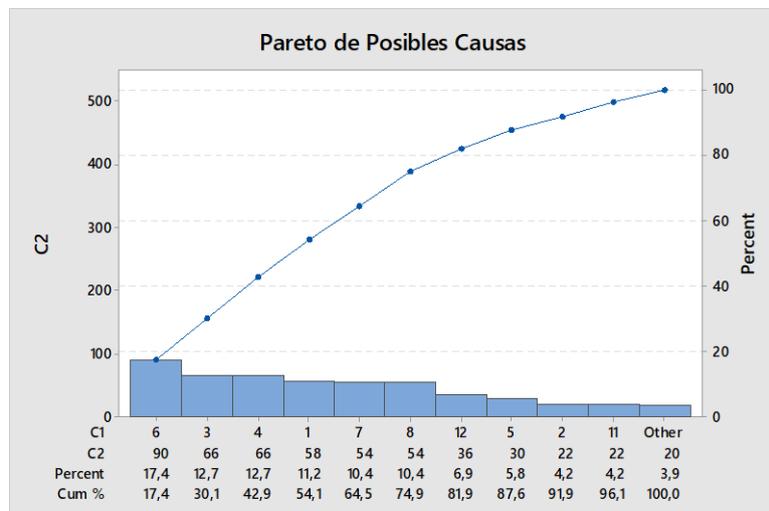


Figura 2.18 Análisis de Pareto de Impacto de Causas

Tomando en consideración las causas que tienen un impacto aproximado de 74,9%, junto al equipo de trabajo conformando por tres personas, una de procesos, mantenimiento y

producción, se realizó posteriormente la evaluación de control utilizando ponderaciones del 1 al 20 siendo 1 fácil de controlar y 20 difícil, como se muestra en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Matriz de calificaciones de Control

Causas	MATRIZ CONTROL-IMPACTO	Control	Impacto
		X	Y
6	Las válvulas de dosificado no cierran correctamente	5	90
3	Retenedores de pistones de llenado desgastados	6,33	66
4	Falta de sincronización en el dosificador	11	66
1	Desgaste en el dosificador	11	58
7	Habilidad de operador	7	54
8	Calibración guiada por largo de pistón externo	7	54

Con estos resultados, se realizó la ubicación en la matriz Impacto-Control, teniendo ejes del 1 al 100 en el primer caso, y del 1 al 20 para el segundo, como se muestra en la Figura 2.19

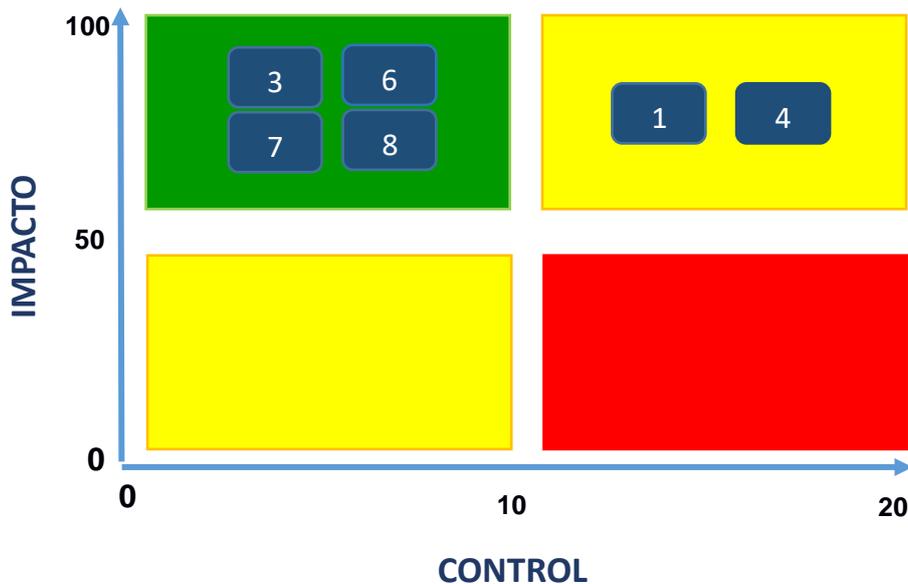


Figura 2.19 Matriz Impacto-Control

Las causas seleccionadas luego del análisis son las siguientes:

1. Retenedores de pistones de llenado desgastados.
2. Las válvulas de dosificado no cierran correctamente
3. Habilidad del operador.
4. Calibración guiada por largo de pistón externo.

Estas causas seguirán siendo analizadas con el fin de encontrar causas raíz que ataquen el problema.

2.3.1 Verificación de causas

El siguiente paso es la verificación de las causas, esto con el fin de analizar y validar que las causas expuestas son eventos recurrentes y que influyen en la variabilidad del proceso.

Tabla 2.11 Verificación de causas

CAUSAS POTENCIALES	TEORIA SOBRE EL IMPACTO	COMO VERIFICAR?	ESTADO
Retenedores de pistones de llenado desgastados	El mantenimiento se realizó hace más de un año y hay piezas internas cuya su vida útil es menor a este.	Observación directa	Verificada
Las válvulas de dosificado no cierran correctamente	Permite que el yogurt pase en mayor cantidad del requerido	Observación directa	Verificada
Habilidad del operador	No existe un proceso definido para la calibración por lo cual la media del peso difiere entre operadores	Estadística	Verificada
Calibración guiada por el largo del pistón	El largo del pistón define la cantidad de envasado, la cual no ha sido establecida y varía según la calibración	Observación directa	Verificada

Para la causa de habilidad del operador, se tomó en consideración uno operador, al cual se le tomo muestras durante dos días seguidos y para luego verificar si existe diferencia de media entre dichas muestras para el dosificador uno y tres en los dos formatos como se muestra a continuación.

2.3.1.1 Formato 88gr

$\mu_{1,1}$: Media del proceso en el día 1 en el formato 88gr dosificador 1

$\mu_{2.1}$: Media del proceso en el día 2 en el formato 88gr dosificador 1

$\mu_{1.3}$: Media del proceso en el día 1 en el formato 88gr dosificador 3

$\mu_{2.3}$: Media del proceso en el día 2 en el formato 88gr dosificador 3

$$H_0: \mu_{1.1} - \mu_{2.1} = 0$$
$$H_1: \mu_{1.1} - \mu_{2.1} \neq 0$$
$$p - value = 0,026$$

$$H_0: \mu_{1.3} - \mu_{2.3} = 0$$
$$H_1: \mu_{1.3} - \mu_{2.3} \neq 0$$
$$p - value = 0,000$$

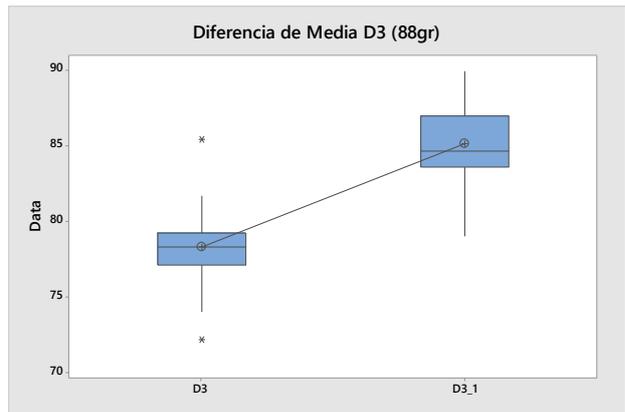
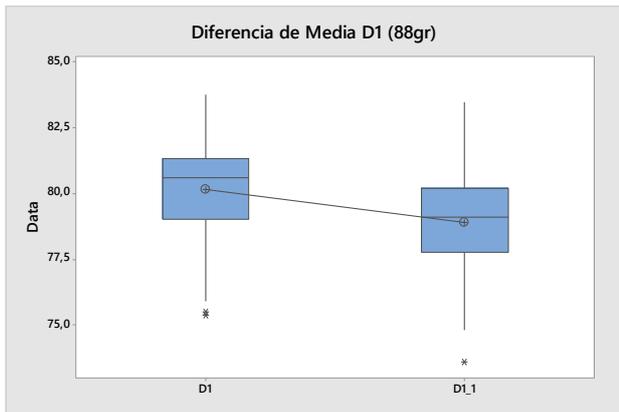


Figura 2.20 Prueba de Hipótesis para diferencia de media (88 gr)

En ambos casos el valor p es menor que 0,05, entonces se rechaza la Hipótesis nula, por lo tanto, con 95% de confianza se puede concluir que existe diferencia estadística en la media del mismo operador en dos días diferentes para el dosificador 1 y 3 en el formato 88gr.

2.3.1.2 Formato 170gr

$\mu_{1.1}$: Media del proceso en el día 1 en el formato 170gr dosificador 1

$\mu_{2.1}$: Media del proceso en el día 2 en el formato 170gr dosificador 1

$\mu_{1.3}$: Media del proceso en el día 1 en el formato 170gr dosificador 3

$\mu_{2.3}$: Media del proceso en el día 2 en el formato 170gr dosificador 3

$$H_0: \mu_{1.1} - \mu_{2.1} = 0$$
$$H_1: \mu_{1.1} - \mu_{2.1} \neq 0$$
$$p - value = 0,00$$

$$H_0: \mu_{1.3} - \mu_{2.3} = 0$$
$$H_1: \mu_{1.3} - \mu_{2.3} \neq 0$$
$$p - value = 0,000$$

Como en el caso del formato anterior, en los dos dosificadores existe diferencia de media en las tomas de muestra realizadas en los dos días con el mismo operador, en condiciones similares.

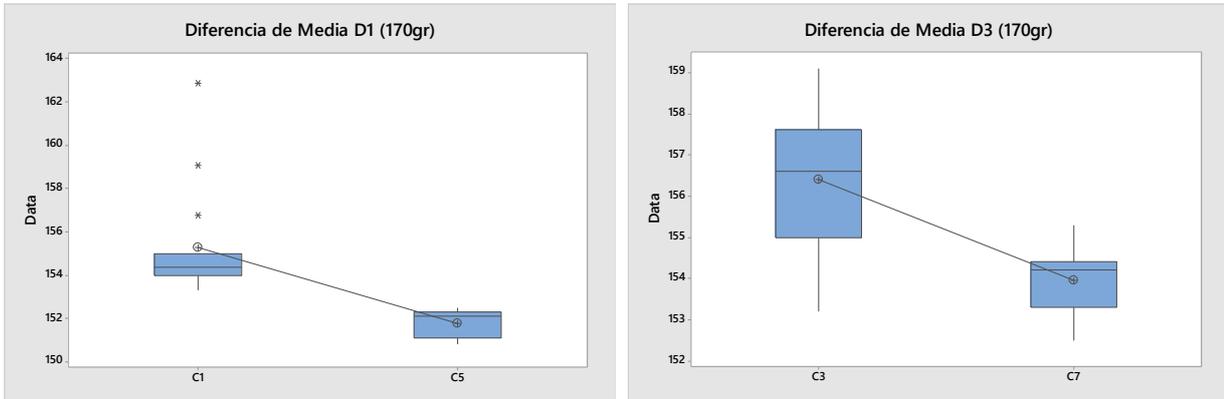


Figura 2.21 Prueba Anova para el formato 170gr

2.3.2 Determinaciones de causas raíces

Para este punto se utilizó el método de 5 ¿Por qué? para la determinación de causas raíces ligadas a las causas potenciales del punto anterior, como se muestra en la Tabla 2.12

Tabla 2.12 Análisis 5Porques para las posibles causas

POSIBLES CAUSAS	1 WHY	2 WHY	3 WHY	4 WHY	5 WHY
Retenedores de pistones de llenado desgastados.					
Las válvulas de dosificado no cierran correctamente	Bocines de presión de las válvulas están desgastados	Falta de mantenimiento en el cilindro neumático principal			
Habilidad del operador	Proceso de calibración depende del criterio del operador				
Calibración guiada por el largo del pistón	No existe una medida definida para la calibración de cada formato	Niveles de operación no definidos			

Para verificar las causas raíz “Menor frecuencia de mantenimiento preventivo” se revisó el archivo de manteniendo, donde se pudo comprobar cómo ha disminuido la frecuencia de mantenimiento y ha aumentado la producción de la máquina, lo cual se puede ver en el Anexo 5.

En el caso de la segunda causa “No existe proceso estandarizado”, se verificó mediante la observación directa en el momento en el que cada operador realizaba la calibración y se pudo observar que no existía un proceso definido y dependía netamente del criterio de ellos.



Figura 2.22 Momento de calibración de la máquina

2.4 Mejorar

En esta etapa se establecieron las propuestas de mejora teniendo siempre en consideración las causas raíz del problema que se determinaron en la etapa anterior. Las mejoras se las discutieron en una reunión con la gerente general, la coordinadora de procesos y los líderes del proyecto, luego se elaboró una matriz de priorización de soluciones para posteriormente elaborar el plan de implementación. Las propuestas y su relación con las causas raíz se muestran en la Figura 2.23

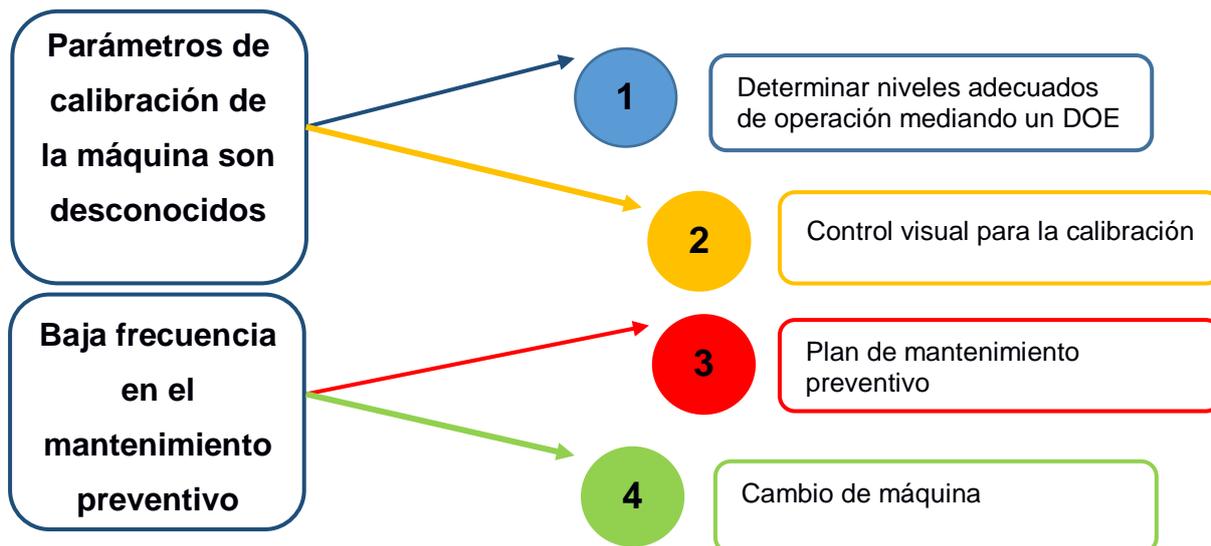


Figura 2.23 Lluvia de ideas de propuesta de mejoras

2.4.1 Evaluación y selección de soluciones

Para la selección de las soluciones inicialmente se le asignó una ponderación a cada una de las causas raíz, esto se decidió con el grupo de trabajo, para luego hacer una evaluación en una escala no lineal 1, 3, 9, a las propuestas de mejora con el fin de medir el impacto de estas.

Además, por consideraciones del equipo, se dio un peso según el nivel de importancia para cada causa raíz, siendo la baja frecuencia de mantenimiento 60%, mientras que la falta de estandarización del proceso el 40% restante, como se muestra en la Tabla 2.13

Tabla 2.13 Impacto de posibles soluciones

N	No existe un proceso estandarizado	Baja frecuencia en el mantenimiento preventivo	TOTAL
	0,4	0,6	
1	9	3	5,4
2	3	9	6,6
3	9	3	5,4
4	9	3	6,6

Para completar la selección con la ayuda de una persona de las áreas de proceso, producción y mantenimiento, se realizó una evaluación con la misma escala para establecer el nivel de dificultad en la implementación de las posibles soluciones, como se muestra en la Tabla 2.15

Tabla 2.14 Siglas para identificación de áreas

Sigla	Área
P1	Procesos
P2	Producción
P3	Mantenimiento

Tabla 2.15 Esfuerzo en la implementación

Soluciones propuestas	Implementación				Impacto
	P1	P2	P3	Media	
1	1	3	9	4	5,4
2	1	1	3	2	6,6
3	1	1	1	1	5,4
4	9	3	9	7	6,6

Una vez terminada la evaluación de las propuestas de mejora se las procede a ubicar en la matriz de impacto-esfuerzo, esto con el objeto de seleccionar las que tengan mayor impacto sobre la variable de respuesta y que requieran de menor esfuerzo en la implementación como se muestra a continuación en la Figura 2.24

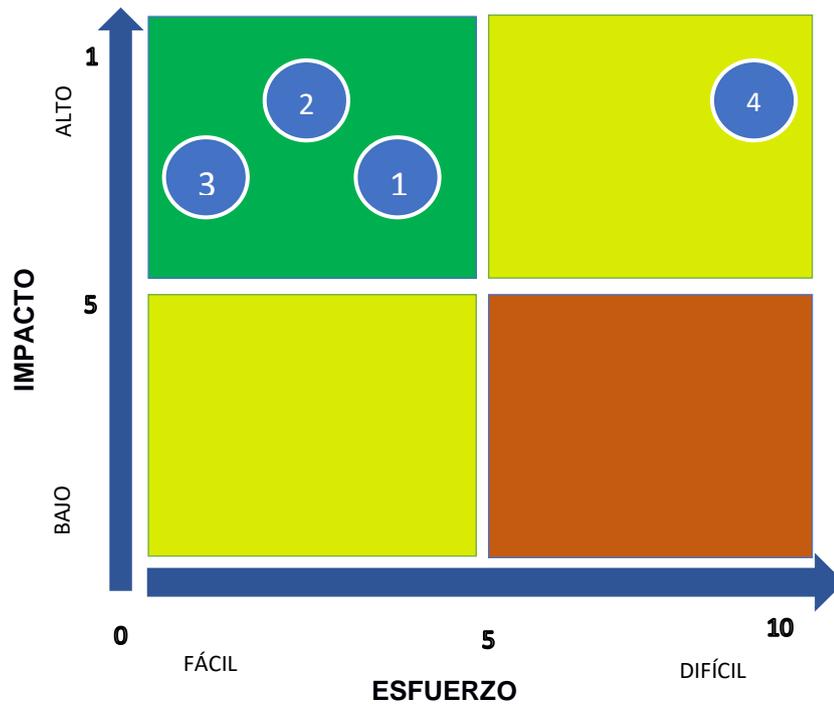


Figura 2.24 Matriz Impacto-Esfuerzo

Por lo tanto, se concluye que las tres primeras propuestas de solución que han sido planteadas tienen un alto impacto y tienen un bajo esfuerzo, por lo que todas serán implementadas.

2.4.2 Descripción de las soluciones

2.4.2.1 Diseño de experimentos para determinar niveles adecuados de operación

El diseño de experimentos para el proceso de llenado consistió en seleccionar los factores que intervienen en este, como la altura en la que se deben ubicar los pistones, que varía dependiendo del formato, y el número de vueltas que se le da al regulador del cilindro neumático y que controla la presión de aire.

Con los factores y niveles, que se mostraran más adelante, se procede a encontrar los niveles de operación adecuados para disminuir el problema de sobredosificado.

2.4.2.2 Control visual para la calibración

Ubicar un poka yoke donde se calibra la altura de los pistones, para que los operarios no incurran a errores al momento de ubicarlos en una posición fija en cada uno de los formatos sobre los que se están trabajando. (88g y 170g).

2.4.2.3 Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo se lo realizó con base a las partes de la máquina que forman parte de la operación de llenado y que necesitan un control más específico para evitar la frecuencia de mantenimiento correctivo o que exista algún tipo de variación en el proceso.

2.4.3 Plan de implementación

Una vez seleccionadas las soluciones se procede a elaborar un plan de implementación de estas, con el fin de establecer un orden y procedimiento para su puesta en marcha, esto se muestra en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Plan de implementación de mejoras

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN						
PROPUESTAS DE MEJORA	POR QUÉ	COMO	DONDE	CUANDO	RESPONSABLES	COSTO
Diseño de experimento para determinar niveles adecuados de operación	Porque estandarizando el proceso se evitan variaciones en este	Mediante un diseño de experimentos tomando las variables y niveles necesarios	Máquina dosificadora de yogur	Ene/2019	Líderes del proyecto	\$ 0
Plan de mantenimiento preventivo	Porque se debe eliminar fallos en el equipo que afecten al proceso de llenado	Definir procedimientos y periodicidad del mantenimiento	Máquina dosificadora de yogur	Ene/2019	Líderes del proyecto	\$ 0
Control visual para la calibración	Porque con esto se evitan errores del personal	Con un poka yoke, para que los operadores sepan cuánto subir o bajar el pistón	Máquina dosificadora de yogur	Ene/2019	Líderes del proyecto	\$ 0

2.5 Implementar y Controlar

Para la última etapa del proyecto, se procede a realizar la implementación de las propuestas de mejora, para luego evidenciar los resultados del nivel de cambio que se obtuvo una vez hecha la puesta en marcha.

2.5.1 Diseño de experimento

Para empezar con el diseño de experimentos se seleccionaron los factores que influyen en la operación de calibración de la máquina dependiendo del formato.

Los factores, los cuales se mencionaron anteriormente, con sus respectivos niveles y formatos, como se observa en la Tabla 2.17.y 2.18

Tabla 2.17 Factores para el DOE (88gr)

Factores	Niveles	
Altura de pistones (cm)	19,7	19,8
Vueltas del regulador de aire	4,55	5

Tabla 2.18 Factores para el DOE (170gr)

Factores	Niveles	
Altura de pistones (cm)	17,7	17,8
Vueltas del regulador de aire	5	5,5

Con el uso del software MINITAB, se ingresaron los datos de la Tablas anteriores, y los datos de los pesos necesarios de dos corridas, para el formato 88gr y 170gr, respectivamente, realizando así un diseño factorial para posteriormente obtener los valores adecuados de los niveles y que la operación quede finalmente con un estándar que ayude a los operarios a evitar errores al momento de calibrar la máquina.

Podemos observar que el valor p para cada factor, así como el de su interacción es menos que 0,05, a su vez el valor de R^2 es mayor que 98% por lo tanto, el diseño factorial es adecuado para utilizar el optimizador de respuestas el cual se detalla a continuación:

Optimización de respuesta: Peso

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Peso	Objetivo	73	75	77	1	1

Solución

Solución	Altura	Vueltas	Ajuste	Peso	Deseabilidad compuesta
1	19,75	4,56967	75		0.7

Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
Altura	19,7
Vueltas	4,50

Respuesta Ajuste

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Peso	75,000	0,129	(74,642; 75,358)	(74,104; 75,896)

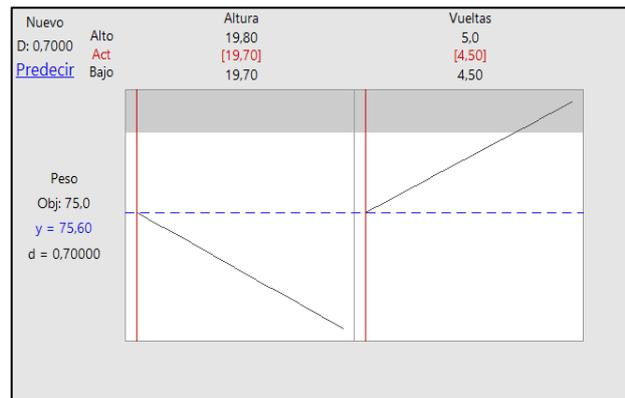


Figura 2.25 Resultado del optimizador (88gr)

Optimización de respuesta: Peso

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Peso	Objetivo	148	150	152	1	1

Solución

Solución	Altura	Vueltas	Ajuste	Peso	Deseabilidad compuesta
1	17,7	5,00	150		1

Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
Altura	17,70
Vueltas	5,00

Respuesta Ajuste

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Peso	150,000	0,142	(149,605; 150,395)	(148,993; 151,007)

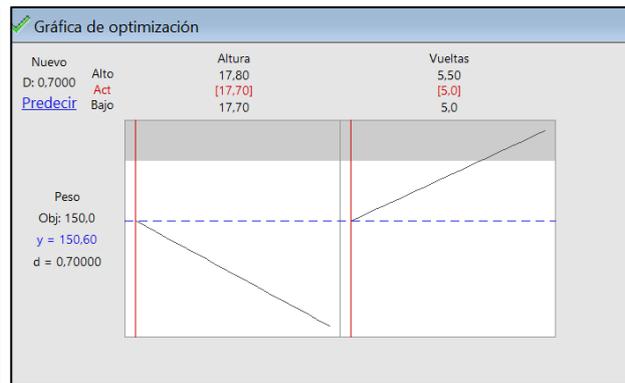


Figura 2.26 Resultado del optimizador (170gr)

Con base a los datos obtenidos, se puede concluir que los niveles adecuados para trabajar con el formato 88gr y 170 gr. son:

Tabla 2.19 Resultados del DOE

Factor	Nivel (88gr)	Nivel (170gr)
Altura de pistón (cm)	19,7	17,7
Vueltas al regulador de aire	4,5	5

2.5.2 Control visual

El control visual, funciona para evitar errores al momento de calibrar la altura de los pistones. Para su implementación se utilizó la herramienta de Lección de Un Punto, la cual facilita de manera práctica y visual la comprensión de las nuevas directrices, como se muestra en la figura 2.27. se lo realizó con una regla donde se tiene marcado con colores para que los operadores sepan hasta donde se debe subir o bajar el pistón, dependiendo del formato.

LECCIÓN DE UN PUNTO			
Título:	Calibración de los pistones	LUP n°	
		Fecha	
Realizado por	Karem Recalde		
Validado por	Departamento de calidad		
Área	Calidad, Procesos	Línea	5
CALIBRACIÓN DE LOS PISTONES			
			
CALIBRARLOS CON EL CONTROL VISUAL			
			
REALIZARLO EN CADA CAMBIO DE FORMATO			
			

Figura 2.27 Formato de Lección de un punto

Se realizó una capacitación a los tres operadores para que hagan un correcto uso de esta herramienta como se muestra en la Figura 2.28



Figura 2.28 Capacitación sobre el uso del control visual

El uso de esta herramienta ayudo a los operados a disminuir el tiempo de calibración de la máquina entre cambios de formatos, esto se evidenciará más adelante en los resultados obtenidos.

2.5.3 Plan de mantenimiento preventivo

Este plan se lo realizó en conjunto con el área de mantenimiento de la empresa, ya que ellos tienen mayor conocimiento de la máquina. En este plan se detalla las partes de la máquina que influyen directamente en la operación del llenado, los costos de estas piezas y también la frecuencia con la que se deberían cambiar para evitar los mantenimientos correctivos y volver al problema del sobredosificado de la línea. El formato que se realizó quedo estructurado como se muestra en el Anexo

CAPÍTULO 3

3. Resultados

Para determinar el éxito del proyecto y determinar si se cumplió con los objetivos, se realizó una medición de pesos en las líneas para los dos formatos.

Formato 88gr

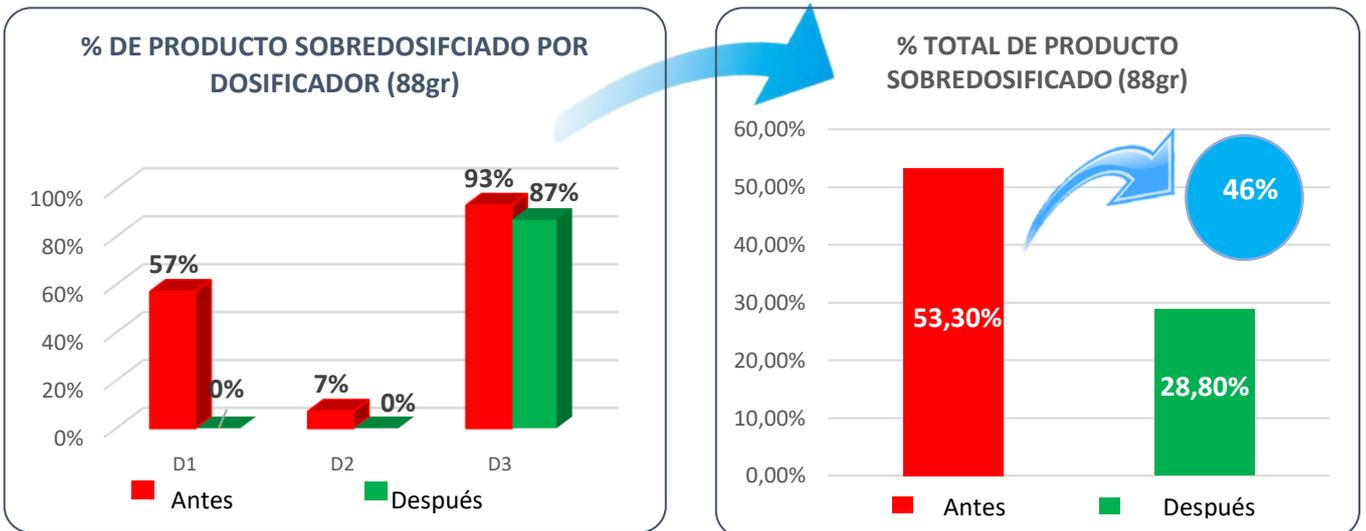


Figura 3.1 Resultado de la implementación en el formato 88gr

Como se puede observar en la Figura 3.1, aunque en el dosificador 3 no haya habido un cambio significativo, la sobredosificación en general presento una reducción de 46% debido a la reducción completa de producto sobredosificado en los dosificadores 1 y 2.

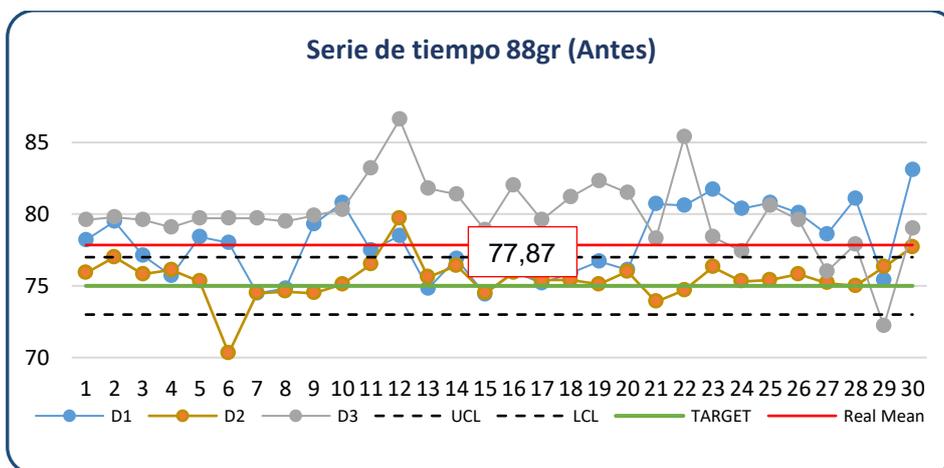


Figura 3.2 Serie de tiempo antes de la implementación (88gr)

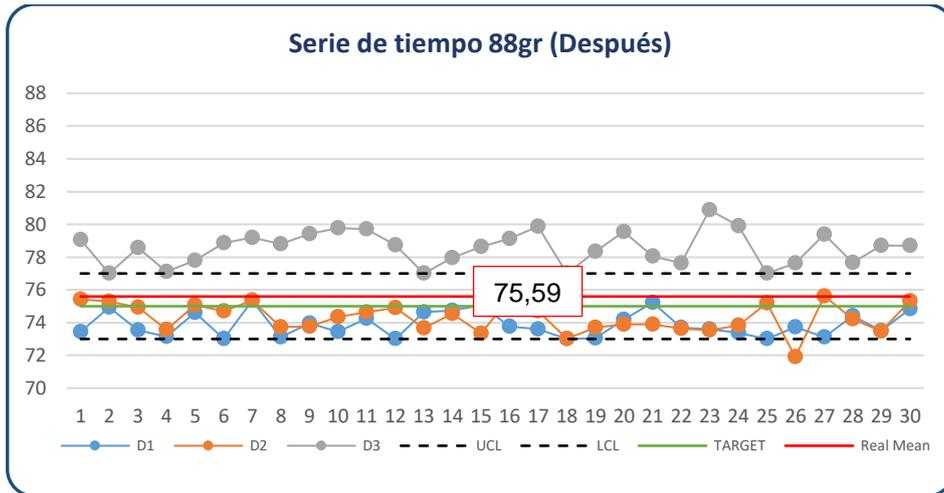


Figura 3.3 Serie de tiempo después de la implementación (88gr)

Como se puede observar en la serie de tiempo, el proceso luego de la implementación se comporta de una forma estable a diferencia de antes de haberla realizado, además la media del proceso paso de 77,85gr a 75,59gr, (valor muy cercano al deseado por la empresa 75gr), es decir se presentó una reducción de 2,26gr en la media del proceso (Figura 3.2 y 3.3).

Formato 170gr

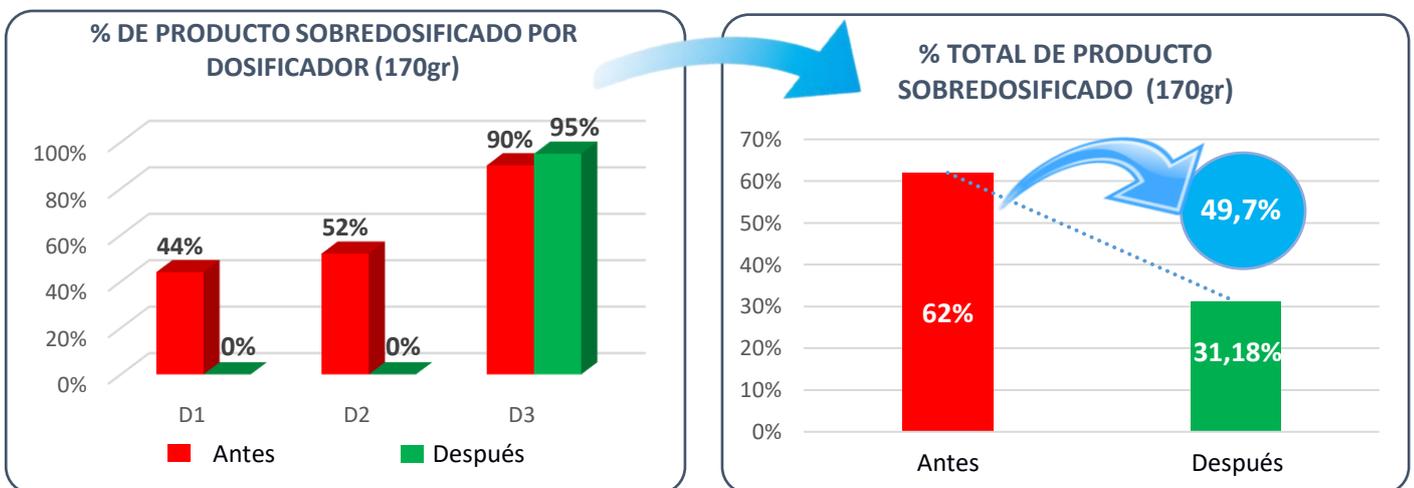


Figura 3.4 Resultado de la implementación en el formato 170gr

En la figura 3.4, se observa la reducción del porcentaje de producto sobredosificado en dos de los tres dosificadores, similar al caso anterior, pero en este formato el tercer dosificador presento un aumento de 5%, pero esto no hizo que la reducción general del producto sobredosificado se vea afectada, dado que disminuyo en aproximadamente 50%.

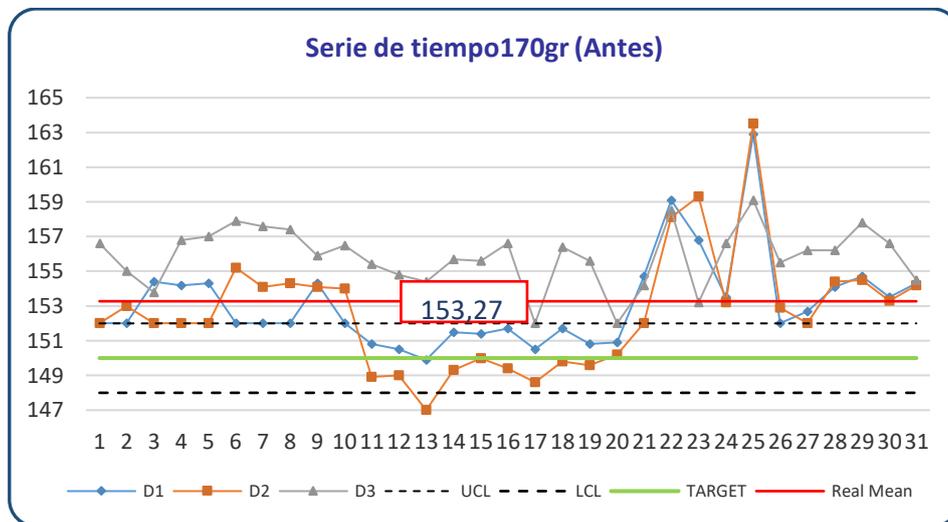


Figura 3.5 Serie de tiempo antes de la implementación (170gr)

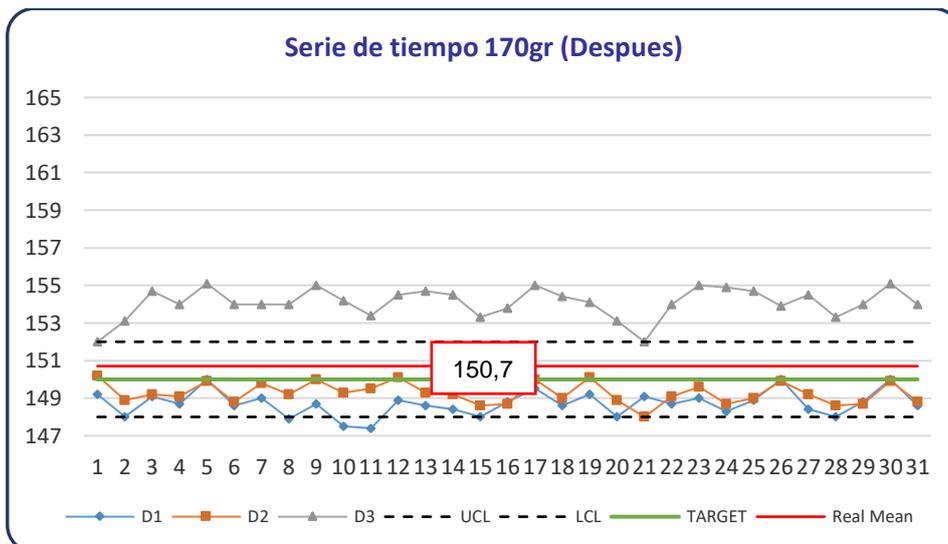


Figura 3.6 Serie de tiempo después de la implementación (170gr)

En las figuras 3.5 y 3.6, se puede visualizar la serie de tiempo antes y después de la implementación de la mejora, y se puede notar que al igual que el formato anterior el proceso se comporta de una forma estable a diferencia del escenario inicial. Además, la

media del proceso se redujo en 2,56 gramos, pasando de 153,27gr (sobrepasando el límite superior de especificación de la empresa) a 150,7gr (valor cercano al deseado por la organización 150gr).

Con estos resultados obtenidos, la cantidad de producto no procesado se reduce de una media de 5741 unidades a 1057 por semana, que equivale a una disminución del 76%.

Tabla 3.1 Perdida por producto no procesado antes y después de la implementación

ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN				
Formato	Un/Formato	PVP	V. Perdida (Semana)	V. Perdida (Mes)
88gr	3696	0,55	\$2.032,88	\$8.131,54
170gr	1651	0,95	\$1.568,30	\$6.273,21
TOTAL	5347		\$3.601,19	\$14.404,75

DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN				
Formato	Un/Formato	PVP	V. Perdida (Semana)	V. Perdida (Mes)
88gr	890	0,55	\$489,69	\$1.958,75
170gr	398	0,95	\$377,78	\$1.511,11
TOTAL	1288		\$867,46	\$3.469,86

-10934,9

Como se observa en la Tabla 3.1, la reducción del porcentaje de la media del producto no procesado equivale a un ahorro de aproximadamente \$11000 por mes, a causa de la potencial venta perdida.

3.1 Tiempo de setup

Una vez identificados los niveles adecuados de la operación de calibración de la máquina llenadora, estos se los pusieron en marcha y junto con el control visual, esta implementación produjo un cambio en el tiempo de setup por corrida, el cual tuvo una disminución aproximada del 66%, pasando de 30 a 20 minutos, como se muestra en la siguiente Figura 3.7

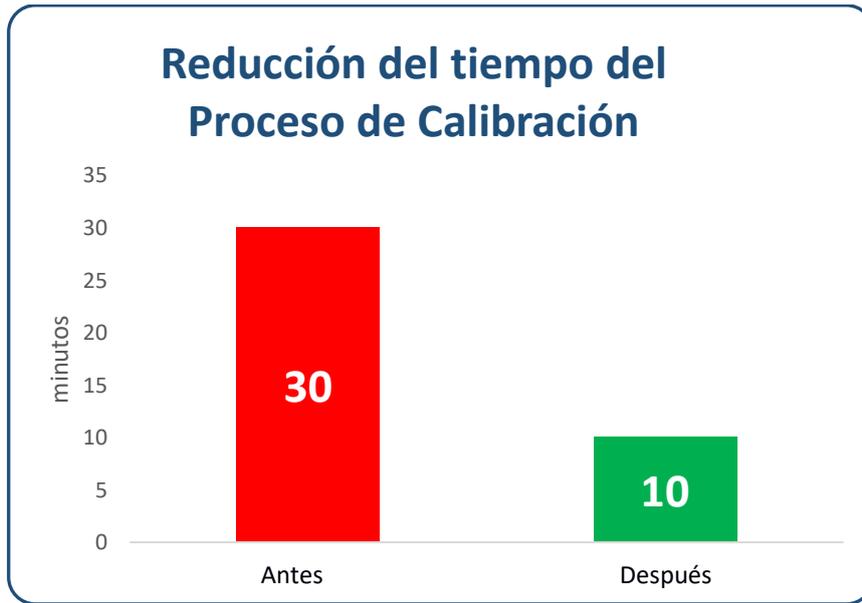


Figura 3.7 Reducción del tiempo del proceso de calibración por corrida

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El porcentaje de producto sobredosificado en la línea se redujo en 46,9% y 49,7% en el formato 88gr y 170gr, valores muy cercanos a 50%, es decir al objetivo del proyecto.
- La media del proceso fue reducida, alcanzando valores cercanos al target de la organización en los dos formatos.
- El número de unidades no procesadas a causa del producto no conforme paso de 5347 unidades a 1288 por semana, disminuyendo aproximadamente en 76%, al igual que las pérdidas de yogurt en kilogramos en el mismo porcentaje, variado de 517kg a 125kg.
- Se encontraron las causas vinculadas al problema y se pudieron proponer e implementar las soluciones.
- Se evidenció que uno de los problemas del sobredosificado. fue la falta de restauraciones en las condiciones básicas de la máquina.
- El proceso de calibración, por medio de la implementación del diseño de experimento y del control visual, está ahora estandarizado.
- Al estandarizar el proceso, también se logró disminuir el tiempo de calibración de la máquina.
- Con el plan de mantenimiento preventivo se evitarán futuras variaciones que pueda presentar la máquina al momento de dosificar.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda hacer un DOE para los demás productos que se producen en la línea para seguir reduciendo el porcentaje de productos no conformes.
- Mantener un control periódico del proceso, a través de los datos del peso de los productos, para tener evidencia de la continuidad o variación de este.

- Coordinar y establecer entre las áreas pertinentes, las fechas para el mantenimiento preventivo que se debe realizar en la máquina.

BIBLIOGRAFÍA

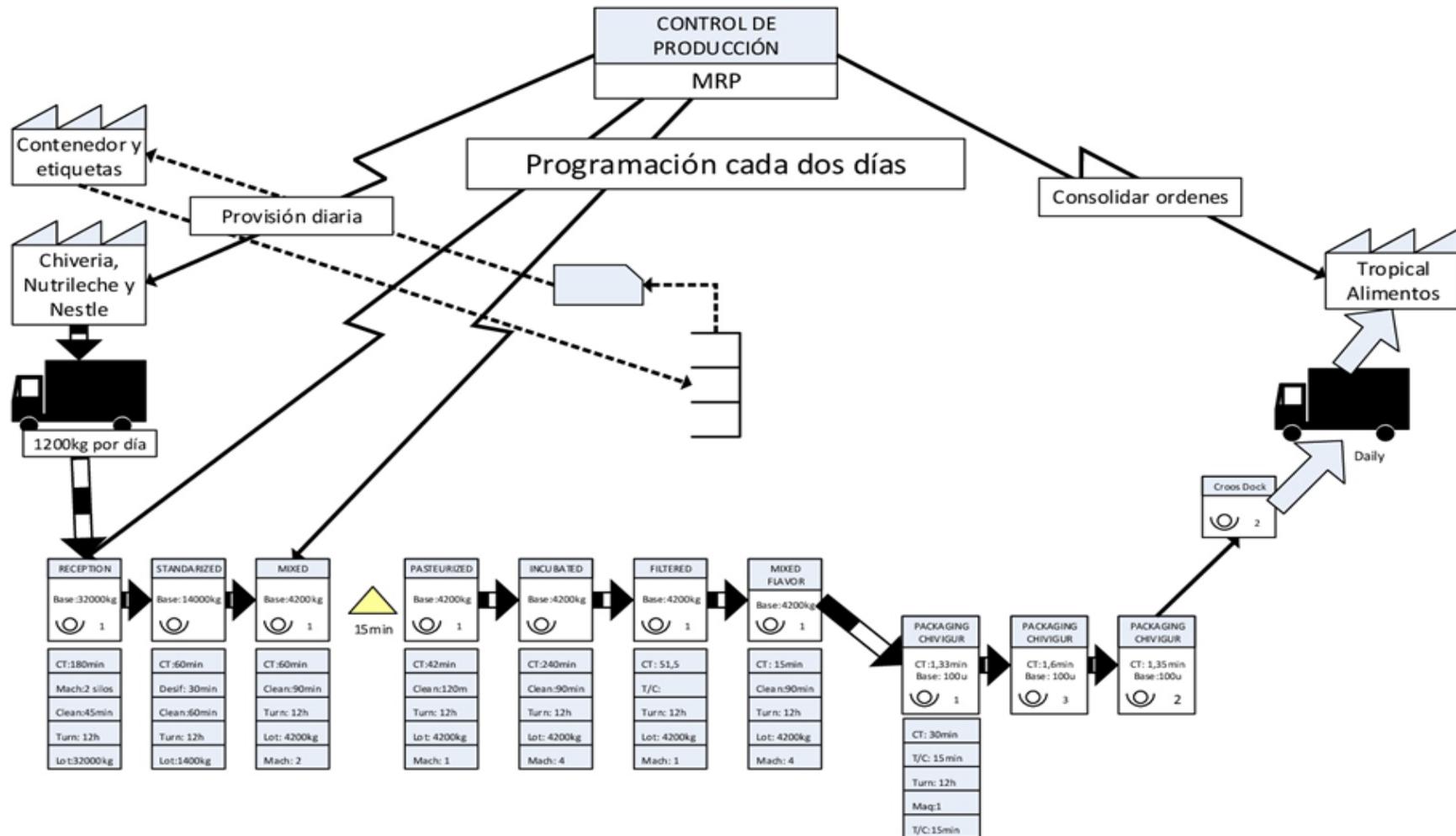
- AEC. (20 de Enero de 2012). *AEC*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/5-porque>
- García, J. (15 de 04 de 2013). *EL PROJECT CHARTER*. Obtenido de Escuela de Organización Industrial: <http://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/>
- Gutiérrez, H. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Kappele, W. D. (2006). *Gage R&R IMPROVES QUALITY AND PROFITABILITY*. Obtenido de Quality, 45(6), 50-51: <https://search.proquest.com/docview/235238368?accountid=171402>
- Mango, A. W. (1 de Diciembre de 2006). *Jordan times, amman, ammar W. mango column: Human errors must not be allowed at work*. Obtenido de McClatchy - Tribune Business News Retrieved: <https://search.proquest.com/docview/463110864?accountid=171402>
- Mestres, M. (01 de Agosto de 2014). *¿Qué son los indicadores dentro de una gestión basada en procesos?* Obtenido de Captio: <http://www.captio.net/blog/que-son-los-indicadores-dentro-de-una-gestion-basada-en-procesos>
- Motgomery, D. C. (2009). *Introduction to statistical quality control*. Arizona: John Wiley & Sons, Inc.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño de trabajo*. Mexico DF: McGrawHill.
- Perlman, H. (29 de Agosto de 2017). *Distribución del agua de la tierra*. Obtenido de USGS: <http://water.usgs.gov/gotita/waterdistribution.html>
- Raisinghani, M. S. (2005). *Six sigma: Concepts, tools, and applications*. *Industrial Management & Data Systems*, 105(3), 491-505. . Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1108/02635570510592389>
- Redacción Ekos. (2017). Productos lácteos: menor consumo. *Revista EKOS*, 12.

ANEXOS

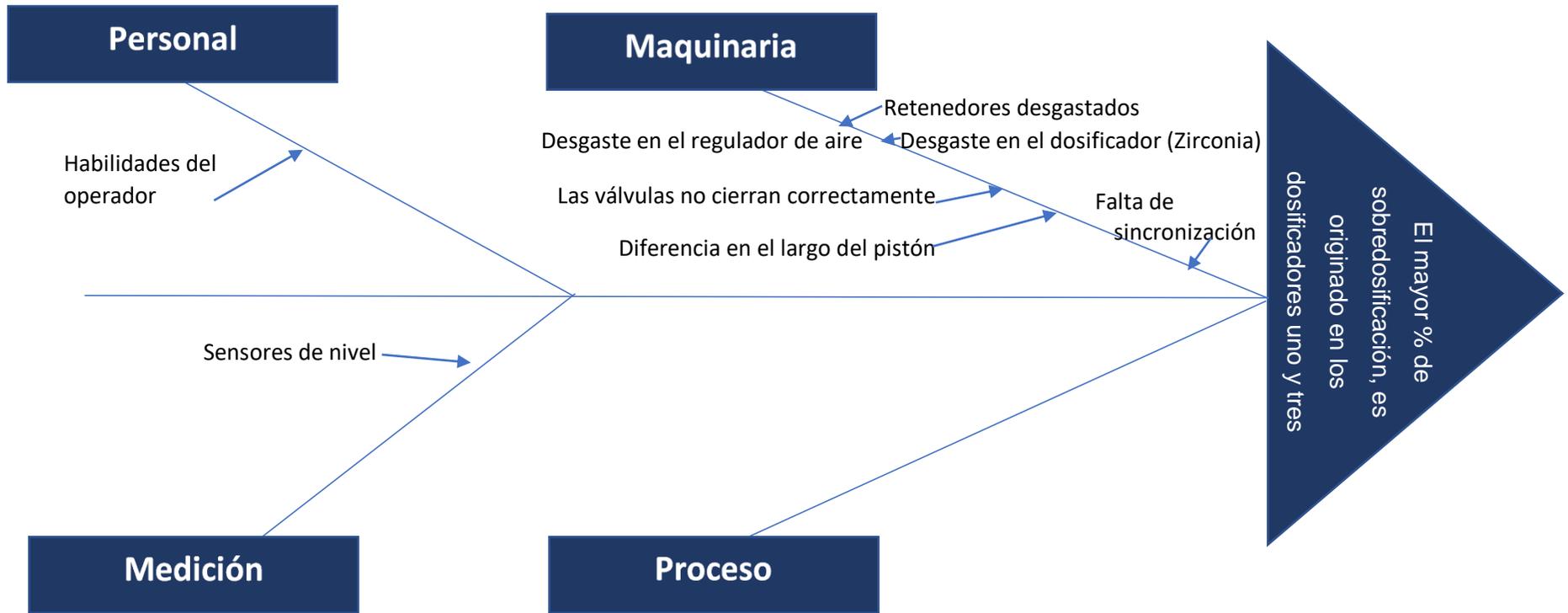
ANEXO 1: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



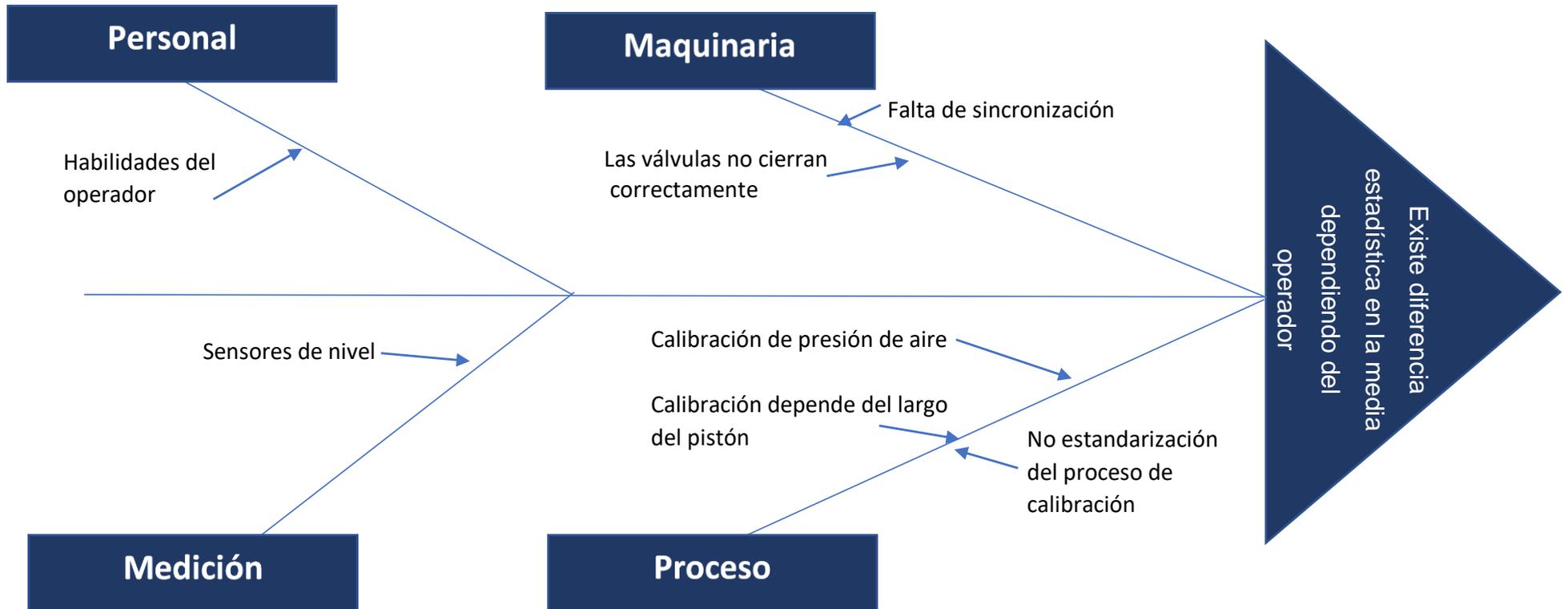
ANEXO 2: DIAGRAMA DE LA CADENA DE VALOR DE LA EMPRESA (VSM)



ANEXO 3: DIAGRAMAS ISHIKAWA DE LAS DECLARACIONES ENFOCADA 1



ANEXO 4: DIAGRAMAS ISHIKAWA DE LAS DECLARACIONES ENFOCADA 2



ANEXO 5: ARCHIVO DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

16/04/2018	C-438	SE LE REALIZO EL CAMBIO TODOS LOS RETENEDORES DEL DOSIFICADOR	-	1,30	JIMMY YAGUAL	\$ 71,50	6		\$ 429,00
						\$ 37,17	4		\$ 148,68
						\$ 263,59	6	UND	\$ 1.581,54
19/04/2018	C-466	SE REVISO LLENADORA Y SE PROCEDIO A CAMBIAR ROTARY ANCOBER QUE ESTA DANDO PROBLEMA Y TAMBIEN SE PROCEDIO A LA CALIBRACION.	-	2,30	BYRON LEON	\$ 350,00	1	UND	\$ 350,00
21/04/2018	C-481	SE PROCEDIO A DESMONTAR LAS BISAGRAS QUE ESTABAN EN MAL ESTADO Y SE FABRICO UNA NUEVA DE ACERO INOXIDABLE QUEDANDO EN BUEN ESTADO LA RECOGEDORA DE FOIL.	-	1,20	JIMMY YAGUAL	\$ -	0	UND	\$ -
26/04/2018	C-604	SE PROCEDIO A CAMBIAR EL CILINDRO DE LIMPIEZA A LA MAQUINA DE YOEDONG.	-	1,00	JIMMY YAGUAL	\$ -	0	UND	\$ -
21/04/2018	C-483	SE PROCEDIO AL CORTE DEL MATERIAL PARA LA FABRICACION DE LA MESA.	-	7,00	JIMMY YAGUAL	\$ -	0	UND	\$ -
16/04/2018	C434	SE REVISO MAQUINA Y SE PROCEDIO A REALIZAR EL CAMBIO DE BISAGRA OXIDADA DE MATERIAL ACERO INOXIDABLE	-	-	JIMMY YAGUAL	\$ -		UND	\$ -
11/06/2018	C-709	SE VERIFICO MAQUINA POR NO SELLAR VASOS EN ORIFIO 2, SE PROCEDIO A DESMONTAR BLOCK PARA RECTIFICARLO E EL TORNO Y SE PROCEDIO A MONTAR BLOCK QUEDANDO OPERATIVA LA MAQUINA	-	1,50	JIMMY YAGUAL	\$ -	0	UND	\$ -
06/06/2018	C-708	SE VERIFICO MAQUINA POR NO SELLAR VASOS EN ORIFICIO 2, SE PROCEDIO A CAMBIAR RESISTENCIA QUEDANDO OPERATIVA LA MAQUINA.	-	1,50	BYRON LEON	\$ -	0	UND	\$ -
29/05/2018	C-688	SE VERIFICO EL PROBLEMA DE RESISTENCIA Y SE PROCEDIO CAMBIAR UN CONTROLADOR OMRON	-	1,00	DAVID GODOY	\$ -	0	UND	\$ -
27/06/2018	C-747	SE PROCEDIO A DESMONTAR LOS EJES DE SELLADOR, SE RECTIFICARON Y PROCEDIO A MONTAR QUEDADNDO OPERATIVA LA MAQUINA.	-	-	BYRON LEON	\$ -	1	UND	\$ -
21/04/2018	C-482	SE VERIFICO QUE SE ENCONTRABA CABLEADO ARRANCADO Y SE PROCEDIO A REUBICAR CABLES Y CONECTARLO.	-	0,50	BYRON LEON	\$ -	1	UND	\$ -
06/03/2018	C-194	SE VERIFICO QUE LAS RANURAS Y ENDIDURAS DE RESISTENCIA TAPADAS, SE PROCEDIO A DESMONTAR BLOQUE Y SE RECTIFICO LAS RANURAS QUEDANDO OPERATIVA LA MAQUINA	-	0,50	BYRON LEON	\$ -	1	UND	\$ -

ANEXO 6: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA

Chiveria	Mantenimiento preventivo		
	Inspección general		
Instalación a inspeccionar o revisar: Área de producción			
Operario:		Fecha:	
Hora inicio:	Hora final:	T. Total:	
Herramientas:		Equipos de protección:	
Riesgos del trabajo y medidas preventivas:			
Equipo: Máquina Yuedong			
Piezas	Operaciones de mantenimiento	Frecuencia	Costo
Sello Inferior de Pistón 	Tipo: Cambio	Horas producción :1150h	\$71,5
	Tiempo: 3,5 h x 6		
Reguladores de aire 	Tipo: Cambio	Horas producción :3450h	\$35,36
	Tiempo: 0,5 h		
Zirconia 	Tipo: Cambio	Horas producción :2310h	\$571,00 c/u
	Tiempo: 0,5 h		
Orrings 	Tipo: Cambio	Horas producción :1150h	\$6,19 c/u
	Tiempo: 0,2 h c/u		
Cilindros 	Tipo: Limpieza	Horas producción :1150h	\$0
	Tiempo: 2 h		
Cilindro Nemático aire 	Tipo: Cambio	Horas producción :2310h	\$350,00
	Tiempo: 2,5 h		
Cilindro neumático valvulas 	Tipo: Cambio	Horas producción :2310h	\$263,00
	Tiempo: 1,3 h		
Valvulas neumáticas 	Tipo: Limpieza	Horas producción :1150h	\$0
	Tiempo: 0,5 h		