

UNIVERSIDAD DE CUENCA

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



TESIS

**“PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA EL
PROCESO DE ENVASADO DE LA LECHE EN FUNDA. CASO: LÁCTEOS SAN
ANTONIO C.A. SUCURSAL CUENCA”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

ADRIÁN OSWALDO VÁSQUEZ VANEGAS

DIRECTORA:

ING. MARÍA LOURDES GRANDA CAMPOVERDE

CUENCA-ECUADOR

2015



RESUMEN.

El presente trabajo de tesis se realizó en la empresa Lácteos San Antonio C.A. en la Ciudad de Cuenca, más conocida por su nombre comercial Nutri Leche.

El primer capítulo trata sobre la historia de la empresa, desde sus inicios en la provincia de Cañar y su evolución como empresa de productos lácteos hasta la actualidad, haciendo una revisión general de sus principales procesos industriales y oferta de productos.

El segundo capítulo muestra las generalidades de Six sigma como metodología innovadora de procesos, desde sus inicios, detallando cada una de sus cinco fases y herramientas más utilizadas, los beneficios que se logran con su aplicación y las partes involucradas para el éxito de proyecto.

El tercer capítulo expone el manejo actual del proceso de envasado aséptico en la empresa, para la fabricación de su producto estrella: leche en funda de polietileno.

El cuarto capítulo trata sobre la toma de información para el posterior análisis y cuantificación del problema, disminuyendo la variabilidad del proceso y con la aplicación de six sigma para realizar un plan programado, controlado y continuo de mejora.

En el quinto capítulo se exponen las conclusiones del proyecto y las recomendaciones para mejorar el envasado aséptico, también los hallazgos encontrados en el proceso, que pueden convertirse en oportunidades de mejora

Palabras clave: six sigma, variabilidad, causa raíz, eficiencia del proceso.



ABSTRACT

This thesis was made in the company Lácteos San Antonio C.A. in Cuenca city, better known by its commercial name Nutri Leche.

The first chapter is about the history of the company, since its inception in Cañar province and its evolution as a dairy company to the present, making a general review of its main industrial processes and supply of products.

In the second chapter shows six-sigma's generalities as an innovative process methodology, dating back to its inception, detailing each of its five phases and the most frequently used tools and the benefits is achieved with their application and the parties involved to the success of the project.

The third chapter explains how is currently handled the aseptic packaging process in company for the manufacture of its flagship product: milk polyethylene bag.

The fourth chapter is about the taking of information for later analysis and quantification of the problem, reducing process variability and the application of Six Sigma for scheduled, controlled and continuous improvement plan.

In the fifth chapter, is exposed the project findings and recommendations to improve aseptic packaging, as well as the findings in the process, which can become opportunities for improvement.

Keywords: Six Sigma, variability, root cause, process efficiency.



ÍNDICE DE CONTENIDOS:

INTRODUCCIÓN..... 16

CAPÍTULO 1. RESEÑA DE LA EMPRESA 17

1.1. Historia de la empresa. 17

1.1.1. Misión..... 17

1.1.2. Visión..... 18

1.1.3. Valores..... 18

1.2. Perfil de la empresa..... 18

1.2.1. Principales competidores 19

1.2.1.1. La lechera de Nestlé 19

1.2.2. Principales consumidores..... 20

1.2.3. Layout de la empresa 21

1.2.4. Organigrama de la empresa 23

1.2.5. FODA..... 25

1.3. Principales productos elaborados..... 25

1.3.1. Leche entera..... 25

1.3.2. Leche semidescremada 26

1.3.3. Leche descremada..... 26

1.4. Descripción de los principales procesos..... 26

1.4.1. Recepción de la leche..... 26

1.4.2. Pasteurización. 29

1.4.3. Proceso UHT..... 31

1.4.4. Mapa de procesos 32

CAPÍTULO 2. GENERALIDADES SIX SIGMA..... 34

2.1. Introducción a Six Sigma. 34

2.2. Antecedentes. 34

2.3. Objetivos del six sigma 35

2.3.1. Objetivos operativos 35

2.3.2. Objetivos estratégicos..... 35

2.4. Características de six sigma..... 36

2.4.1. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo 36

2.4.2. Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye a gente de tiempo completo 36

2.4.3. Orientada al cliente y enfocada en los procesos..... 38



2.4.4.	Seis Sigma se dirige con datos.....	38
2.4.5.	Seis Sigma se apoya en una metodología robusta.....	38
2.4.6.	Seis Sigma se apoya en capacitación para todos	39
2.4.7.	Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas	39
2.4.8.	El trabajo por Seis Sigma se reconoce.....	39
2.4.9.	Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años.....	40
2.4.10.	Six Sigma se comunica.....	40
2.5.	Descripción de la metodología six sigma.	40
2.5.1.	Adaptabilidad a otros sistemas	41
2.6.	Fases de la metodología six sigma	42
2.6.1.	Definir.....	42
2.6.2.	Medir.....	43
2.6.2.1.	Medición de la variabilidad	44
2.6.2.2.	Media poblacional o del proceso, μ	45
2.6.2.3.	Límites reales.....	45
2.6.2.4.	Índice de capacidad de proceso. (C_p).....	46
2.6.2.5.	Estudio de repetibilidad y reproductibilidad (R&R).	47
2.6.3.	Analizar.....	47
2.6.3.1.	Diagrama de Ishikawa	47
2.6.3.2.	Cinco porqués.....	48
2.6.4.	Mejorar.....	49
2.6.5.	Controlar.	50
2.6.5.1.	Estandarizar el proceso.	51
2.6.5.2.	Documentar el plan de control.	52
2.6.5.3.	Monitorear el proceso.....	52
2.6.5.3.1.	Gráfica Promedios y Rangos.....	53
2.6.5.3.2.	Gráfica Promedios y Desviación Estándar.....	53
2.6.5.3.3.	Gráfica Medianas y Rangos	53
2.6.5.3.4.	Gráfica Lecturas individuales y Rangos	53
2.6.5.3.5.	Grafica p: Procesos defectuosos	53
2.6.5.3.6.	Gráfica np: Número de unidades defectuosas.....	54
2.6.5.3.7.	Gráfica c: Número de defectos por área de oportunidad.....	54
2.6.5.3.8.	Gráfica u: Fracción de defectos por área de oportunidad.	54
2.6.5.4.	Cerrar y difundir el proyecto.	54



CAPÍTULO 3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE ENVASADO.....	55
3.1.	Proceso de envasado.....	55
3.2.	Diagrama SIPOC.....	55
3.3.	Descripción del empaque.....	57
3.4.	Demanda del producto.	57
3.5.	Calidad del producto.	57
3.5.1.	Política de inocuidad de la leche.....	58
3.6.	Capacidad del proceso.	58
3.7.	Árbol de Problemas para la situación actual.....	58
CAPÍTULO 4.	DESARROLLO DEL PROYECTO	61
4.1.	Introducción.	61
4.2.	ETAPA DE DEFINICIÓN.....	61
4.2.1.	Selección del proyecto	61
4.2.2.	Problema	61
4.2.3.	Marco del proyecto.	62
4.2.4.	Identificación del cliente.	63
4.3.	ETAPA DE MEDICIÓN.....	63
4.3.1.	Plan de recolección de datos.....	63
4.3.2.	Estudio de repetibilidad y reproductibilidad. (R&R)	66
4.4.	ETAPA DE ANÁLISIS.	68
4.4.1.	Diagrama 5 porqués	68
4.4.2.	Diagrama causa-efecto.....	70
4.4.2.1.	Análisis de la causa raíz.	72
4.4.3.	Análisis de la capacidad de proceso.....	73
4.4.3.1.	Análisis comparativo: Línea A - Línea B.....	73
4.4.3.2.	Histograma de capacidad Línea A - Línea B.....	76
4.4.3.2.1.	Capacidad general.....	77
4.4.3.2.1.1.	Índice de Capacidad Cp (Pp).....	77
4.4.3.2.1.2.	Índice de Capacidad inferior Cpi (PPL)	77
4.4.3.2.1.3.	Índice de Capacidad superior Cps (PPU)	78
4.4.3.2.1.4.	Índice de Capacidad real del proceso Cpk (Ppk)	78
4.4.3.2.1.5.	Índice de Capacidad real del proceso Cpm	78
4.4.3.2.2.	Rendimiento general.....	78
4.4.4.	Conclusión de la etapa Análisis	78



4.4.4.1.	Medición de la variabilidad	78
4.4.4.2.	Causa raíz.....	79
4.4.4.3.	Igualar las líneas.	79
4.5.	ETAPA DE MEJORA.	79
4.5.1.	Propuestas de mejora.	79
4.5.1.1.	Inspecciones periódicas en la calibración del dosificador.....	79
4.5.1.2.	Reajuste temporal de la calibración del dosificador	81
4.5.2.	Medición del nivel actual de sigma.	82
4.5.3.	Nivel de sigma del proceso mejorado	83
4.5.4.	Análisis de costos.	84
4.5.5.	Mejora de los costos	85
4.6.	ETAPA DE CONTROL.	86
4.6.1.	Diseño de plan de control.	86
4.6.2.	Hoja de Cálculo.....	88
4.6.2.1.	Carta de control Xbarra-Rangos	88
4.6.3.	Continuidad del proyecto.....	88
CAPÍTULO 5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1.	Conclusiones.....	90
5.2.	Recomendaciones.	92
Anexos.....		94
Bibliografía		106



ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1.1 Línea de productos de Lácteos San Antonio.	19
Tabla 1.2 Principales provincias y locales comerciales con productos nutri.	20
Tabla 1.3 Leyenda del Organigrama de Lácteos San Antonio	23
Tabla 1.4 Matriz FODA	25
Tabla 2.1 Actores y roles en six sigma.....	37
Tabla 2.2 Relación entre sigma y rendimiento del proceso.....	39
Tabla 2.3 Criterios para la selección y definición de proyectos.	43
Tabla 2.4 Valores de Cp y su interpretación.	46
Tabla 2.5 Matriz de priorización.....	50
Tabla 4.1 Marco del proyecto	62
Tabla 4.2 Plan de recolección de datos.....	65
Tabla 4.3 Reporte de ensayos de pesajes.	67
Tabla 4.4 Especificaciones de producto (1 litro)	73
Tabla 4.5 Índices de Capacidad.	77
Tabla 4.6 Rendimiento del proceso línea A.....	82
Tabla 4.7 Rendimiento del proceso línea B.....	83
Tabla 4.8 Rendimiento total del proceso.	83
Tabla 4.9 Nivel de sigma del proceso.....	83
Tabla 4.10 Nivel de sigma del proceso mejorado.	84
Tabla 4.11 Costos de pérdida del proceso.	85
Tabla 4.12 Mejora económica del proceso.	85
Tabla 4.13 Plan de control.....	87



ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1.1 Layout de la empresa 22

Figura 1.2 Organigrama de la empresa 24

Figura 1.3 Diagrama de flujo: Recepción de la leche. 28

Figura 1.4 Diagrama de flujo: Pasteurización..... 30

Figura 1.5 Diagrama de flujo: Ultra-Pasteurización 32

Figura 1.6 Mapa de procesos 33

Figura 2.1 Diagrama de Ishikawa 48

Figura 2.2 Diagrama 5 por qué 49

Figura 2.3 Hoja de verificación. 51

Figura 3.1 Diagrama SIPOC..... 56

Figura 3.2 Árbol de Problemas. 60

Figura 4.1 Diagrama 5 porqués: Máquina..... 68

Figura 4.2 Diagrama 5 porqués: Mano de obra 69

Figura 4.3 Diagrama 5 porqués: Método 69

Figura 4.4 Diagrama de Ishikawa 71

Figura 4.5 Gráficas Xbarra. 74

Figura 4.6 Gráficas Rangos 74

Figura 4.7 Gráficas de Subgrupos..... 75

Figura 4.8 Gráficas de probabilidad normal..... 75

Figura 4.9 Gráficas de capacidad..... 76

Figura 4.10 Histograma de capacidad Línea A - Línea B..... 76

Figura 4.11 Membrana del dosificador 80

Figura 4.12 Marca de la dosificación..... 80

Figura 4.13 Rollo de polietileno. 81



ÍNDICE DE ECUACIONES:

Ecuación 2.1 Medición de la variabilidad.....	44
Ecuación 2.2 Media muestral.....	45
Ecuación 2.3 Límites reales	45
Ecuación 2.4 Índice de capacidad de proceso (Cp)	46
Ecuación 4.1 Fórmula del tamaño de la muestra.....	63



ÍNDICE DE ANEXOS:

Anexo 1 Criterios de priorización para la matriz FODA.....	94
Anexo 2 Estudio de repetibilidad y reproductibilidad	96
Anexo 3 Circuito aséptico y desviación estándar.....	97
Anexo 4 Muestras recogidas: Línea A	98
Anexo 5 Muestras recogidas: Línea B	100
Anexo 6 Muestras de sobre-llenado línea B.	102
Anexo 7 Índice Z	103
Anexo 8 Nivel de sigma y rendimiento del proceso.....	104
Anexo 9. Formato: Diagrama de Ishikawa	105



Yo, *Adrián Oswaldo Vásquez Vanegas*, autor de la tesis “PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE LA LECHE EN FUNDA CASO: LACTEOS SAN ANTONIO C.A. SUCURSAL CUENCA”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Industrial. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 4 de Enero del 2016

Adrián Oswaldo Vásquez Vanegas

C.I: 0105288278



Yo, Adrián Oswaldo Vásquez Vanegas, autor de la tesis “PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA PARA EL PROCESO DE ENVASADO DE LA LECHE EN FUNDA. CASO: LACTEOS SAN ANTONIO C.A. SUCURSAL CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 4 de Enero del 2016

Adrián Oswaldo Vásquez Vanegas

C.I: 0105288278



DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional durante toda la realización de la tesis.



AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi familia por sus enseñanzas y apoyo.

A la empresa Lácteos San Antonio, y un agradecimiento especial al Ing. Juan Romero por su valiosa ayuda.

A mi directora de tesis Ing. Lourdes Granda por guiarme y ayudarme en la elaboración de la tesis.



INTRODUCCIÓN.

Aumentar la eficiencia del proceso de envasado aséptico mediante la aplicación de six sigma, es el objetivo de la presente tesis debido a que la empresa Nutrileche, percibe grandes pérdidas de producto por la alta variabilidad del proceso, llegando a ser de hasta 1000 litros de leche al día, lo que en consecuencia aumenta sus costos operativos y le resta competitividad; el gran volumen diario de producción de su producto estrella “leche entera en funda de polietileno” hace que sea indispensable el mejoramiento del proceso de envasado.

En el Ecuador, la metodología six sigma es nueva, por lo que todo su potencial no se ha expuesto. El six sigma constituye una herramienta innovadora que ayuda a los procesos a ser controlados, generando mayor valor, puesto que se optimizan actividades en la búsqueda de ser competitivos para generar mayores utilidades. Muchas empresas de renombre mundial han tenido éxito con la aplicación de six sigma tales como Motorola, Allied Signal (empresa automotriz, aeroespacial y materiales varios) y General Electric, logrando ahorros de aproximadamente 1000, 2000 y 2570 millones de dólares respectivamente.

Una correcta aplicación de la metodología “Six Sigma” permite generar eficiencias en los procesos de hasta un 99,9996%, es decir, el desempeño del proceso será tal que puede generar ahorros significativos en los costos de producción, dando competitividad a la empresa y fabricando productos de calidad. Dicho lo anterior, se ha escogido analizar el proceso mediante six sigma pues su capacidad para medir el impacto de un problema y el alcance de las mejoras, hacen posible su aplicación en este caso donde existe alta variabilidad y en donde se traza como objetivo final la satisfacción del cliente.



CAPÍTULO 1. RESEÑA DE LA EMPRESA

1.1. Historia de la empresa.

La creación de Lácteos San Antonio se remonta al año 1975 en la provincia del Cañar, siendo emprendida por el Sr. Alejandrino Moncayo Alvarado quien empezó sus labores juntando a un pequeño número de ganaderos del sector. Ese mismo año, logró asociarse con la Ilustre Municipalidad de Guayaquil con lo cual se recolectó inicialmente un volumen cercano a los 6.000 litros diarios de leche, los cuales se comercializaban en Guayaquil.

Cinco años después se construyó la primera planta de procesamiento de leche con capacidad de 2.000 litros/hora, produciendo a través de la primera máquina envasadora de leche con envase purepak (tapa abre fácil que conserva el producto, permite fácil apertura en un solo giro, es reutilizable, tiene cintillo de seguridad y es conveniente a la hora de servir y beber). En 1983, se oferta una nueva presentación de leche pasteurizada de 1 litro en funda de polietileno, este producto tuvo una gran demanda en Cuenca, Durán y Guayaquil. Para 1990, la producción de este producto bordeaba los 50.000 litros al día, y se introdujeron nuevas líneas de productos para la elaboración de yogurt de sabores, mantequilla y queso fresco.

En 1997 la empresa expandió su cobertura y montó una segunda planta en el actual parque industrial de Cuenca con el fin de atender la demanda de leche en Azuay, El Oro y Loja y desde la planta San Antonio a Guayas y Cañar. En 1999, la empresa adquirió la primera envasadora aséptica y un equipo de proceso UHT Tetra Pak logrando una producción semanal de 12.000 litros de envases Tetra Pak. Actualmente, el proceso UHT elabora alrededor de 90.000 litros al día para satisfacer la demanda de este producto en presentaciones de ½ litro y 1 litro. (ACR, 2014)

Un evento histórico que marcó un hito para la empresa fue el conseguir la certificación de sus procesos ISO 22000:2005 (Sistema de Gestión de Inocuidad de los Alimentos) constituyéndose en la primera empresa láctea del país en poseer dicha certificación como garantía de su compromiso para prevenir, reducir o eliminar los riesgos que pueden afectar la inocuidad de los alimentos. (Diario EL TIEMPO, 2009)

Para el año 2014 emprendieron un nuevo proyecto, el cambio de imagen de empaque Tetra Pak, que generó una producción diaria de 340 mil litros, producción que proviene de pequeños, medianos y grandes ganaderos del sur del Ecuador. (ACR, 2014)

1.1.1. Misión.

"Somos una empresa comprometida en satisfacer las necesidades de nutrición, mediante la entrega de productos inocuos a la sociedad, elaborados con la más alta



calidad, y desarrollados por personal altamente calificado, fortaleciendo el crecimiento y desarrollo de nuestra comunidad."

1.1.2. Visión.

"Ser un referente en el mercado nacional con proyección al mercado externo mediante la elaboración de productos alimenticios seguros y de alto valor nutricional."

Reconocidos por:

-Ser la primera opción de compra para sus clientes por su valor nutricional, calidad y precio.

-La innovación, al estar presente en los diferentes segmentos de mercado con productos desarrollados para cada uno.

-Mantener procesos eficientes con última tecnología. Ser una empresa rentable reconocida por su mayor activo su "Marca".

1.1.3. Valores.

Integridad. Siendo coherentes entre lo que debemos hacer y lo que en realidad hacemos en el ejercicio de nuestras actividades; siendo este valor la base que nos hace creíbles.

Pasión. Realizamos nuestro trabajo con amor, entusiasmo y dedicación buscando la excelencia en cada acción que efectuamos, aprovechamos las nuevas experiencias y conocimientos para realizarlo de manera óptima.

Compromiso. Estamos comprometidos con el desarrollo y crecimiento de la empresa y su gente. Sentimos que con nuestro trabajo contribuimos al bienestar de nuestros clientes.

1.2. Perfil de la empresa.

La empresa Lácteos San Antonio C.A. de la ciudad de Cuenca, está encargada de la fabricación de productos lácteos de la más alta calidad tales como leche en presentaciones de funda y en cartón, yogurt, leches saborizadas y jugos en base a la pulpa de frutas. Su producto más importante es la leche ultra-pasteurizada (UHT) de larga vida.

Lácteos San Antonio está posicionada como la empresa líder a nivel provincial en cuanto a producción y comercialización de productos lácteos con una alta aceptación en el mercado local y ganando mercado en otras provincias del país. Dado su volumen de ventas anuales, se estima que su participación en el mercado de lácteos es del 5,24%, frente a su principal competidor Nestlé con un 29,09%. (ekosnegocios.com, s.f.) (Diario EL TELÉGRAFO, 2014)



La línea de productos de Nutri leche se ha incrementado e innovado de acuerdo al desarrollo de su tecnología y tendencias del mercado. La variedad de sus productos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1.1 Línea de productos de Lácteos San Antonio.

PRODUCTO		TIPO	PRESENTACIÓN
Leche	Entera	Pasteurizada	1 litro, ½ litro
	Entera	Ultra pasteurizada (UHT)	1 litro, ½ litro
	semidescremada		1 litro
	descremada		1 litro
	deslactosada		1 litro
Leche Saborizada	Chocolate		1 litro, 200 ml
	Fresa		1 litro, 200 ml
Leche con avena			1 litro, 200 ml
Nutri Crema		Pasteurizada	250 ml
Nutri mantequilla			250 g
Avena con fruta		Avena	1 litro, 200 ml
Yogurt	Mora		180 g
	Fresa		1000 g
	Durazno		1000 g
Nutri Néctar	Durazno	Jugos	1 litro, 200 ml
	Mango		1 litro, 200 ml
	Manzana		1 litro, 200 ml
	Naranja		1 litro, 200 ml

Fuente: Elaborado por el autor.

1.2.1. Principales competidores

Toda empresa tiene sus respectivos competidores y Lácteos San Antonio no es la excepción, pues no es la única que oferta productos lácteos en el mercado. La oferta de estos productos es muy variada con diferentes marcas y presentaciones para varios segmentos de mercado en todo el país. El principal competidor de Lácteos San Antonio es Nestlé con su producto La Lechera:

1.2.1.1. La lechera de Nestlé

LA LECHERA de Nestlé fue lanzada en el año 1990, siendo Nestlé la compañía pionera en entrar al mercado de LECHES UHT. Con el transcurso de los años, LA LECHERA fue consolidando su liderazgo en el mercado y construyendo su posicionamiento con los consumidores ecuatorianos.



Además de su amplio liderazgo en ventas, LA LECHERA siempre ha liderado las innovaciones en el segmento de las leches UHT: formato de 1 litro y 200 ml en envases TetraPak, subsegmentos como leche semidescremada, descremada y deslactosada, abre fácil, etc. (ekosnegocios.com, s.f.). Los productos de La lechera son de la misma categoría que los productos de Nutri leche, por lo que la empresa considera a Nestlé como su principal competidor.

Nestlé es el mayor productor de productos lácteos del país y uno de los más importantes a nivel mundial. Su participación en el mercado Ecuatoriano es de alrededor del 29,09%, muy por encima de Lácteos San Antonio. (ekosnegocios.com, n.d.)

Nestlé es la marca más popular en el país debido a su gran trayectoria a nivel internacional, no obstante, Lácteos San Antonio es una empresa fuerte a nivel nacional siendo la principal innovadora de procesos UHT. Su cuota de mercado es del 5,24%, superando a otras empresas importantes como: Pasteurizadora Quito S. A. (3,66%), Parmalat Ecuador S.A. (1,53%) y Lechera Andina S. A. Leansa (1,50%). (ekosnegocios.com, s.f.). Estas empresas tienen mayor actuación en provincias del norte del país por lo que no son los principales competidores de Nutri leche.

El factor diferenciador de Lácteos San Antonio es la leche UHT, la misma que se adapta a las exigencias del consumidor con presentaciones como: leche semidescremada, leche deslactosada, leches saborizadas, etc. que son aptas para el consumo de la mayoría de la población que guste de la leche y también, para personas que cuiden de su salud.

1.2.2. Principales consumidores

Los productos de Lácteos San Antonio actualmente se comercializan en todas las provincias del Ecuador a través de auto servicios y mayoristas.

Los principales locales comerciales en donde se distribuye sus productos son: Tía, Supermaxi y Mi comisariato.

Las principales provincias en donde los productos de Nutri leche son los más importantes y están mejor posicionados en el mercado son:

Tabla 1.2 Principales provincias y locales comerciales con productos nutri.

PROVINCIA	LOCAL COMERCIAL (número de locales)
Azuay	Tía (5), Supermaxi (3)
Cañar	Tía (2)
El Oro	Tía (7), Mi Comisariato(1), Supermaxi (1)
Loja	Tía (4), Supermaxi (1)
Esmeraldas	Tía (5)

Fuente: Elaborado por el autor.



A través de sus distribuidores, los productos Nutri leche tienen una demanda creciente en Manabí, Guayas, Zamora Chinchipe y Sucumbíos. (Astudillo, 2015)

1.2.3. Layout de la empresa

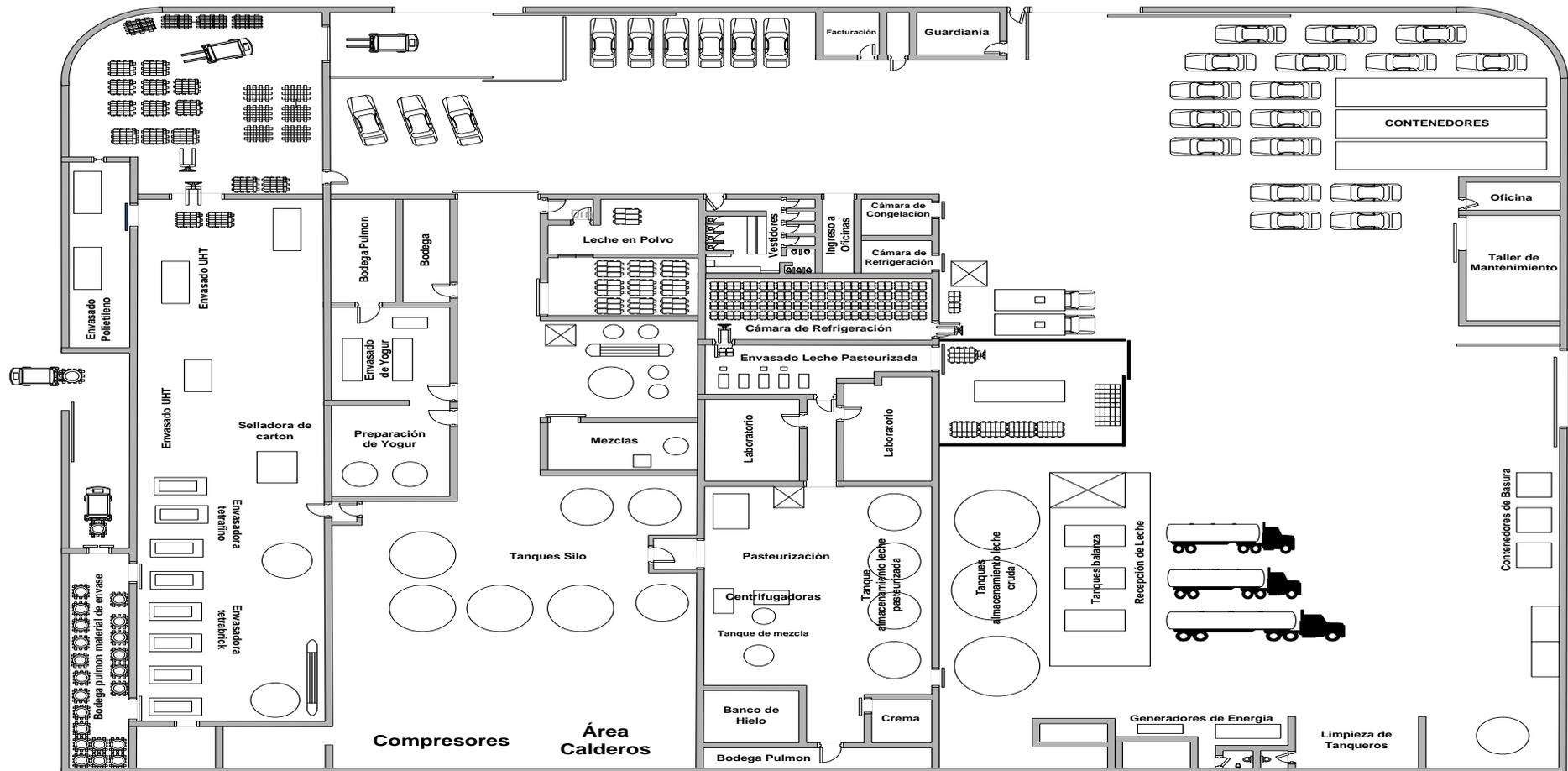
Conforme la empresa ha crecido, ésta ha estado expandiendo sus instalaciones e innovando su tecnología, reorganizando sus áreas, departamentos, maquinaria, salones sociales, etc. Una correcta distribución de planta le ha permitido mejorar su funcionamiento, alcanzando un alto rendimiento en sus operaciones.

Cabe señalar que la metodología six sigma nos permite discernir la causa raíz de los problemas y no se puede descartar la hipótesis de que una pobre distribución de planta, sea posiblemente dicha causa. Dicho esto, la obvia solución sería la redistribución de la planta pero, a través de six sigma, se puede medir estadísticamente la mejora de dicha distribución con indicadores como: tiempos de producción, demoras, porcentajes de desperdicios, eficiencias de las máquinas, etc.

La figura 1.1 nos muestra como está actualmente la distribución de planta de Lácteos San Antonio en Cuenca.



Figura 1-1 Layout de la empresa



Fuente: Lácteos San Antonio C.A.

Autor: Adrián Oswaldo Vásquez Vanegas



1.2.4. Organigrama de la empresa

El organigrama es una parte importante dentro del estudio de la presente tesis, puesto que el conocimiento del mismo permitiría que, a través de six sigma, se deleguen responsabilidades a los involucrados que participen en el proceso de envasado, haciendo que la información necesaria del proyecto circule a través de sus canales lo cual debe ser de forma clara y oportuna. Actualmente hay 251 trabajadores en total que laboran en la empresa. El organigrama de Lácteos San Antonio de la ciudad de Cuenca es el siguiente:

Tabla 1.3 Leyenda del Organigrama de Lácteos San Antonio

LEYENDA:

1-S

Operador:

- Operador Mantequilla
- Operador Recepción
- Operador Pasteurización
- Operador Quesera

Operativo:

- Operativo de Hacienda

1-L

Operativo:

- Operativo Pack
- Operativo Estibador
- Lavador de Jabas
- Arrumador

Despachador

- A) Despachador productos UHT
- B) Despachador producto pasteurizado

1-M

Operativo:

- Operativo de Limpieza

Mecánico:

- Mecánico
- Mecánico Automotriz
- Mecánico Gasfitero
- Mecánico Plomero
- Mecánico Albañil
- Metalmecánico Industrial
- Metalmecánico INOX

Electromecánico:

- Electromecánico Técnico de Campo
- Electromecánico Técnico de Línea

1-C

Operativo:

- Operativo de Reproceso

Analista Líder:

- Microbiología
- Bromatología

Analista de Laboratorio:

- Microbiología
- Bromatología

1-P

Operador:

- Operador Envasado de Leche Pasteurizada
- Operador Crema
- Operador pasteurización
- Operador Recepción
- Operado Yogurt
- Operador Leche en Polvo
- Operador UHT
- Operador Mezclas

Operativo:

- Operativo de UHT

5

Auxiliar de Contabilidad:

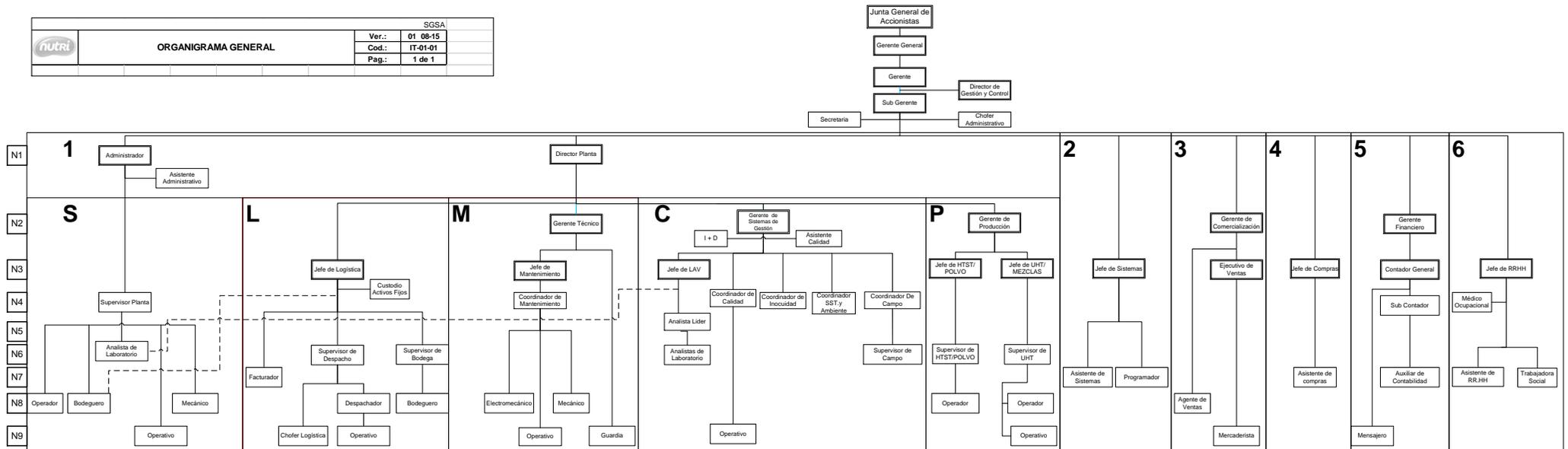
- Auxiliar de Contabilidad Clientes
- Auxiliar de Contabilidad Compras
- Auxiliar de Contabilidad Control Interno

ELABORA	REVISAR	APRUEBA
JEFE DE RRHH	GERENTE	GERENTE

Fuente: Lácteos San Antonio C.A.



Figura 1-2 Organigrama de la empresa



Fuente: Lácteos San Antonio C.A.



1.2.5. FODA

A continuación se ha realizado una matriz FODA en la cual se muestra como está actualmente la empresa permitiendo generar un diagnóstico y así también, con relación al proyecto six sigma, se determinó que la variación en el envasado de la leche es una circunstancia considerable a analizar.

La ponderación que recibió cada uno de los criterios mostrados se muestran en el anexo 1. De estos se escogieron los 4 más importantes, los mismos que se consideran para ser evaluados con el objetivo de potenciar sus fortalezas y mejorar en sus debilidades.

Tabla 1.4 Matriz FODA

FORTALEZAS (Factor Clave Interno)	OPORTUNIDADES (Factor Clave Externo)
<ul style="list-style-type: none">• Buena calidad del producto final• Control del mercado en la zona austral.• Nivel de tecnología.• Proactividad en la gestión.• Grandes recursos financieros.	<ul style="list-style-type: none">• Demanda creciente del producto UHT.• Producto de primera necesidad.• Nuevas certificaciones de calidad.• Tendencias favorables en el mercado de lácteos
DEBILIDADES (Factor Clave Interno)	AMENAZAS (Factor Clave Externo)
<ul style="list-style-type: none">• Altos tiempos de preparación. (Setup).• Poca actuación en provincias del norte.• Variación en el envasado de leche.• Alta dependencia de proveedores.	<ul style="list-style-type: none">• Competencia Internacional más fuerte.• Aumento de impuestos a insumos.• Políticas de gobierno.• Aumento de la actividad de la competencia nacional.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se puede observar, la “Variación en el envasado de leche” es una debilidad considerable que se planteó en la matriz FODA, se ha considerado como debilidad primordial pues el proceso de envasado aséptico está provocando pérdidas a la empresa al producir con una variación muy alta, superando los límites de especificación del producto. Es por esto que se ha planteado este problema como tema de tesis y se abordará el tema de variabilidad del proceso en el capítulo 4.

1.3. Principales productos elaborados.

1.3.1. Leche entera

Es el resultado del proceso térmico UHT realizado en la leche entera, con el objeto de elaborar un producto comercialmente estéril, seguido de un llenado



aséptico en envase esterilizado y sellado herméticamente, su nombre comercial es Leche Entera “Nutri Leche”. Cabe señalar que la leche entera, debe su nombre a que conserva un porcentaje de lípidos incluso después de haberse tratado en la industria. El porcentaje de grasa que se maneja para la producción de este tipo de leche tiene que ser mínimo de 3%. Actualmente hay presentaciones de 1 litro y ½ litro.

1.3.2. Leche semidescremada

De igual forma este tipo de leche es procesada mediante la Ultra Pasteurización (UHT), al igual que en la leche entera, este proceso es para darle a la leche larga vida, es decir, un periodo de 6 meses sin necesidad de refrigeración. Al tratarse de leche semidescremada quiere decir que se ha eliminado cierta cantidad de grasa aunque su sabor es muy similar al de la leche entera. El porcentaje de grasa para esta leche se comprende entre un mínimo de 1% y un máximo de 2,9%. Esta leche tiene presentaciones de 1 litro.

1.3.3. Leche descremada

La leche descremada que se prepara en la empresa tiene un porcentaje de grasa inferior al 1%. Este tipo de leche aporta igual cantidad de proteínas, azúcares, en forma de lactosa, y calcio que la leche entera. Además, la cantidad de agua que contiene la leche descremada es similar al de la leche entera, por lo que es incorrecto afirmar que la descremada es sólo agua. La diferencia radica en que esta leche no contendrá casi nada de grasa y por cuestión de gustos o salud del consumidor es que se ha elevado su demanda. Su presentación igualmente se da en envases de 1 litro.

Cabe señalar la importancia de la leche UHT ya que su demanda ha incrementado a pasos agigantados alcanzando un volumen de producción cercano a los 90.000 litros diarios en diversas presentaciones.

1.4. Descripción de los principales procesos.

Son varios los procesos industriales dentro de la empresa, tales como: la descarga de producto el análisis físico-químico de la leche cruda, el pesaje del producto, bodegaje, control de calidad de producto en proceso, etc. Pero al igual que en toda empresa, Lácteos San Antonio tiene sus procesos “clave”, los mismos que le permiten realizar sus labores con normalidad permitiéndole crear valor y producir de acuerdo a la demanda del cliente.

Los principales procesos por los que debe circular la leche son:

1.4.1. Recepción de la leche.

A la empresa Lácteos San Antonio en la ciudad de Cuenca llegan diariamente, cerca de 340.000 litros de leche; cantidad necesaria para satisfacer la demanda. Todo este volumen de leche es proveniente de 6 diferentes provincias: Tungurahua,



Chimborazo, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Cañar y Azuay a través de múltiples ganaderos.

Una vez que la leche llega a las instalaciones, se controla su peso y luego, esta pasa por un análisis de limpieza mediante la toma de una muestra, esta rutina de control se efectúa con el fin de categorizar el producto como: conforme y no conforme. La leche “no conforme” simplemente se devuelve al proveedor ya que no cumple con los estándares.

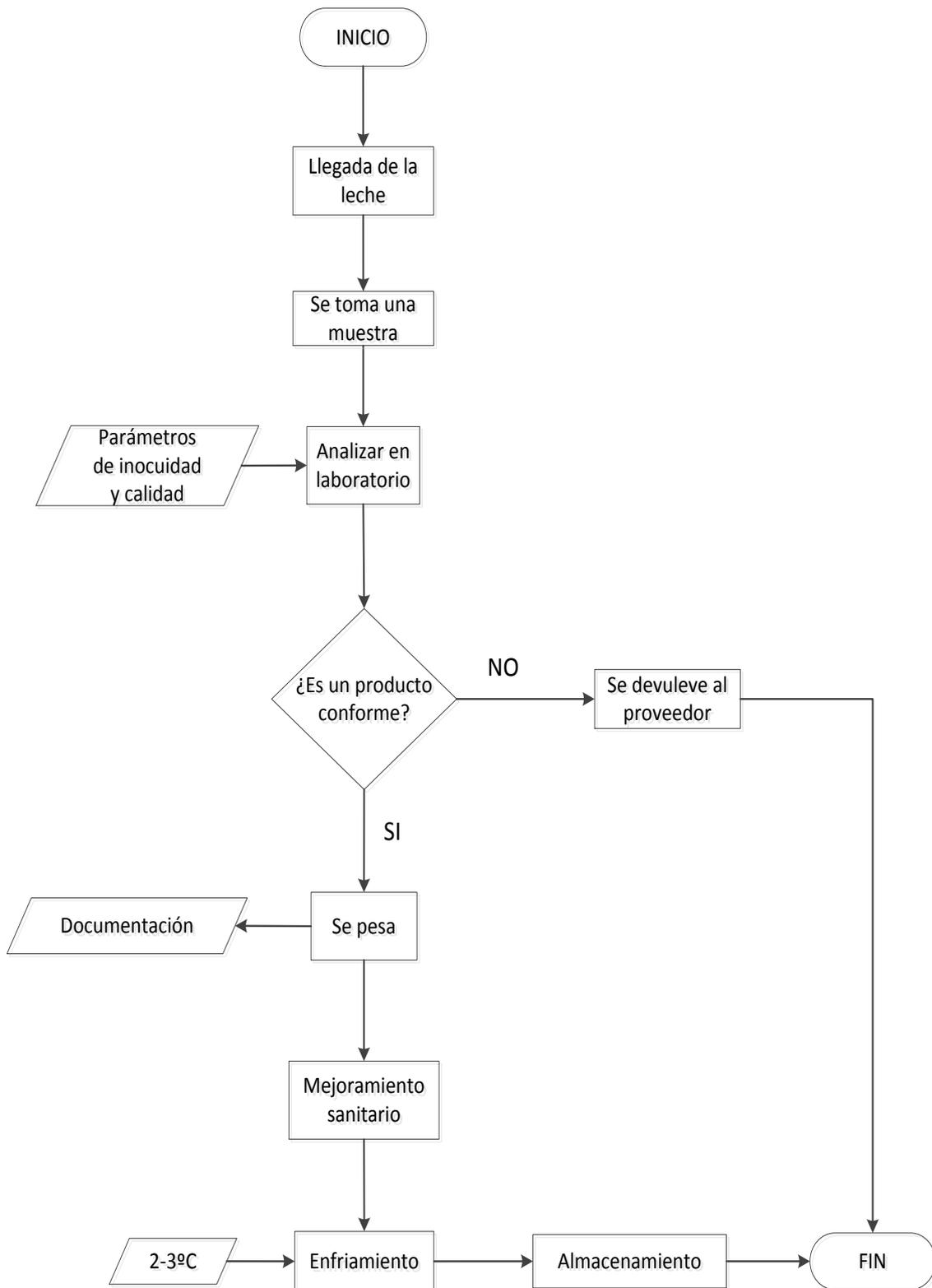
Una vez analizada la muestra y si todo está en regla, se cataloga como “conforme”, esto en caso de ser leche que cumple el estándar, esta leche pasa por un tanque en donde se realiza el “mejoramiento sanitario”, que consiste en hacer circular al fluido a través de 2 filtros para que así se retenga impurezas de cualquier tipo.

La leche llega a diferentes temperaturas, teniéndose leche fría de aproximadamente 7°C y leche caliente de hasta 27°C. Para controlar y homogenizar toda la leche, se hace pasar por un intercambiador de placas y se enfría hasta 2 o 3 grados Celsius.

A continuación se presenta el diagrama de flujo de todo el proceso de la recepción de la leche:



Figura 1-3 Diagrama de flujo: Recepción de la leche.



Fuente: Elaborado por el autor.



1.4.2. Pasteurización.

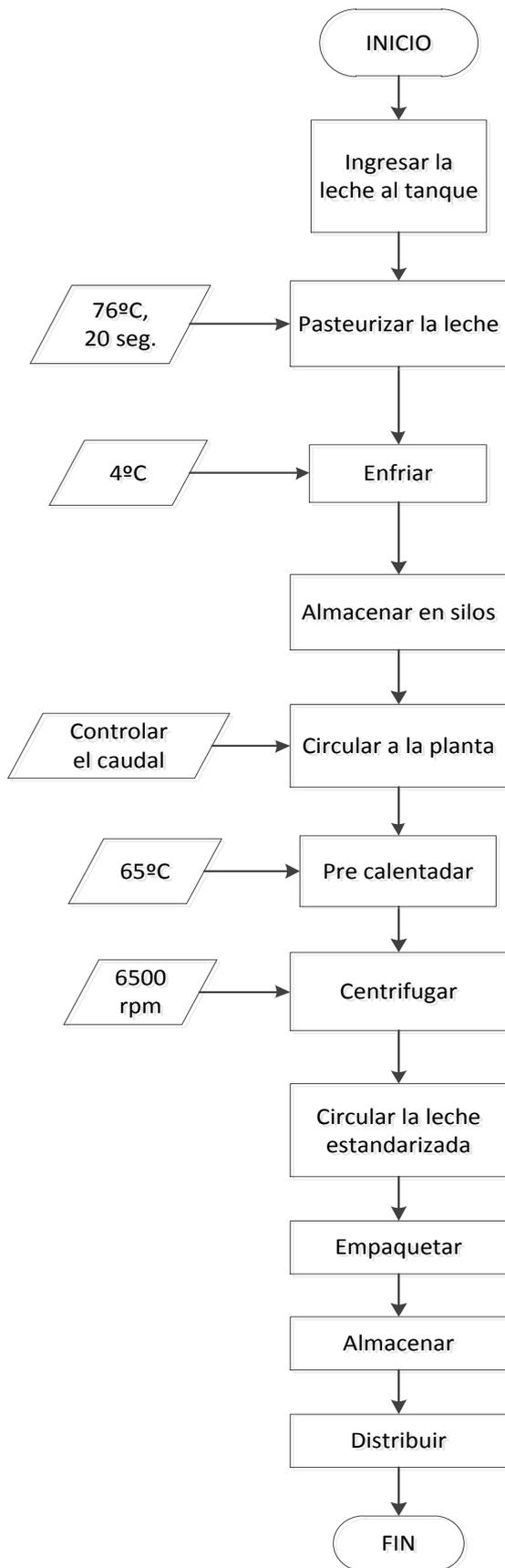
El método de pasteurización que se maneja en la planta de nutri leche es el proceso HTSH (High Temperature/Short Time) Alta Temperatura/Corto Tiempo. Aquí lo que se toma en cuenta es la combinación entre temperatura y tiempo para conseguir un correcto pasteurizado. Dicho esto, la leche se somete a las siguientes condiciones: 76º Celsius durante 20 segundos y luego un enfriamiento drástico a 4º Celsius.

Este proceso, inicial para la elaboración de productos lácteos, asegura su inocuidad al controlar el riesgo de contaminación con microorganismos patógenos que causen enfermedades al consumidor, y para efecto del proceso se lo realiza en un intercambiador de placas. Finalmente, la leche pasteurizada se almacena en silos, los mismos que mantienen la temperatura de la leche a 4º C. Más tarde, esta empezará a circular hacia la planta controlando el balance de flujo. Este control del caudal estará en función de la capacidad del equipo a donde se envíe.

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



Figura 1-4 Diagrama de flujo: Pasteurización



Fuente: Elaborado por el autor.



1.4.3. Proceso UHT.

Es posible esterilizar la leche más que pasteurizarla mediante el uso de tratamientos térmicos más fuertes. Si se emplea una temperatura suficientemente alta, el tiempo puede ser muy breve, lo cual previene el sabor a cocido y el cambio en el color. Este proceso es conocido como UHT (Ultra High Temperature) Ultra Alta Temperatura.

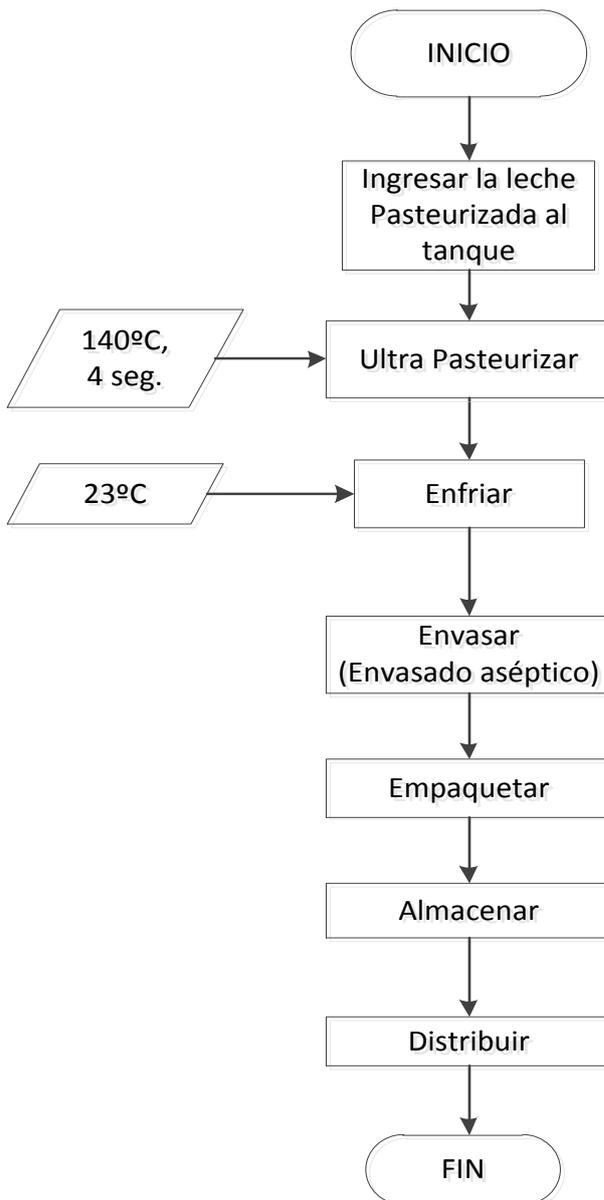
Para la elaboración de leche ultra pasteurizada se utiliza la leche pasteurizada almacenada en los silos y que luego circula hacia las instalaciones del proceso UHT para su elaboración. Las condiciones bajo las cuales se procesa la leche para la ultra pasteurización son: 140º Celsius durante 4 segundos y luego se hace un enfriamiento a 23º Celsius.

Una parte clave del proceso UHT es el “envasado aséptico”, el cual consiste en envasar la leche herméticamente para que de esta manera se cuide su inocuidad, finalmente se almacena para su posterior distribución. Esta leche conocida también como leche larga vida, puede estar hasta 6 meses sin necesidad de refrigeración.

Cabe señalar que el 80% de la producción diaria de leche se destina a la fabricación de leche UHT; esto debido a que la demanda de este producto es cada vez mayor y satisface las expectativas del consumidor.



Figura 1-5 Diagrama de flujo: Ultra-Pasteurización



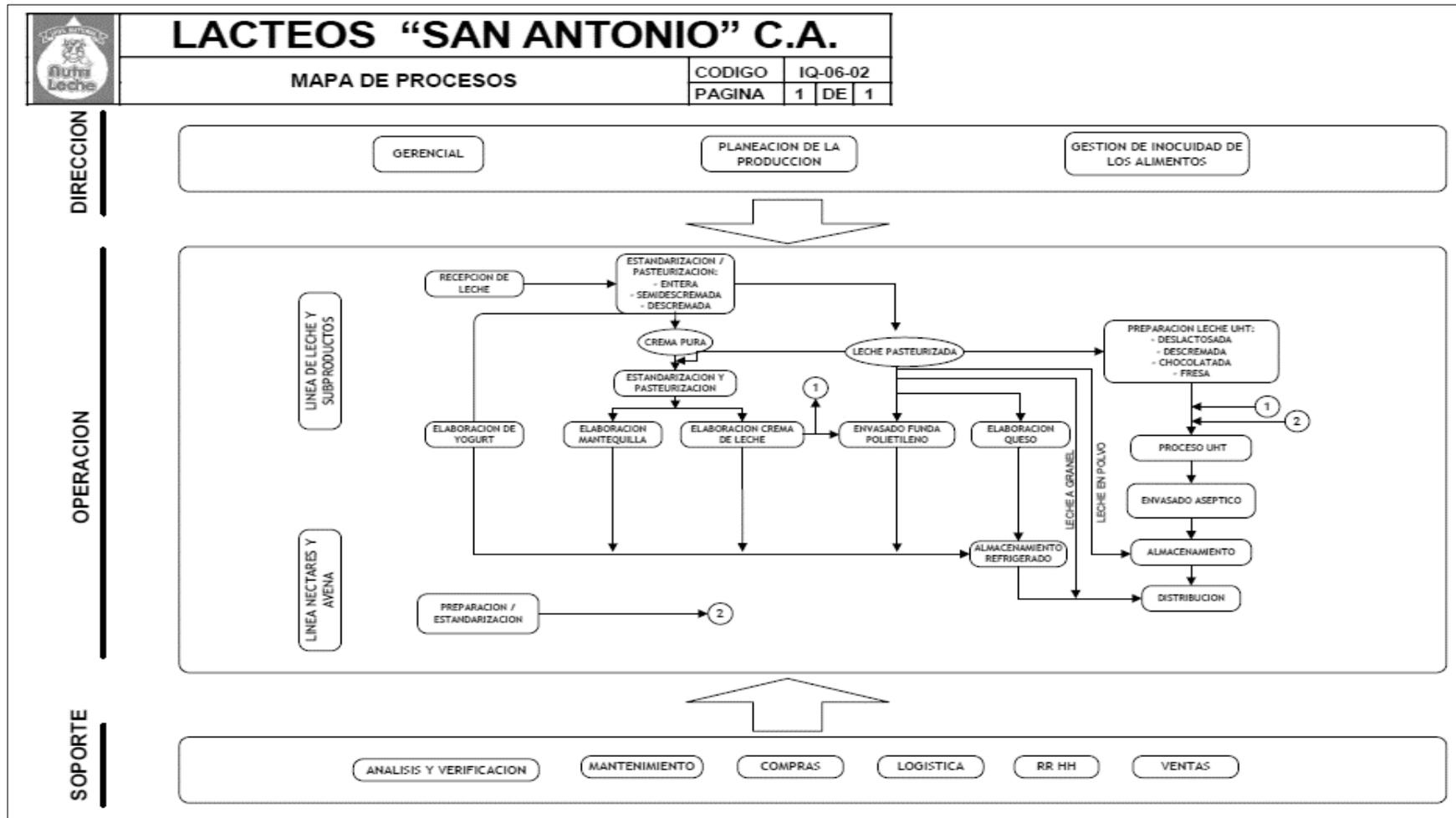
Fuente: Elaborado por el autor.

1.4.4. Mapa de procesos

El mapa de proceso de Lácteos San Antonio permite mostrar de manera clara todas las actividades (procesos) que se ejecutan dentro de la organización y en especial del proceso en el cual se centrará el presente trabajo, con el fin de conocer de mejor manera su funcionamiento. Las mejoras a través de six sigma, pueden probablemente, darse en los procesos previos al empaquetado de la leche, y éstas repercutan al momento del envasado. A continuación se presenta el mapa de procesos de la empresa Lácteos San Antonio.



Figura 1-6 Mapa de procesos



Fuente: Lácteos San Antonio C.A.



CAPÍTULO 2. GENERALIDADES SIX SIGMA

2.1. Introducción a Six Sigma.

En esta sección se presentará todo lo concerniente a la metodología six sigma, aclarando los puntos más importantes de la metodología así como las ventajas que se alcanzan después de poner en práctica esta técnica. Six sigma es principalmente aplicable a procesos con:

- Límites de especificación.
- Alta variabilidad en el proceso.
- Altos costes de producción.
- Manejo de variables como presión, volumen, densidad, caudal, longitud, etc.

Para el logro de los diversos beneficios que esta técnica concede, es preciso el estudio de la variabilidad de un proceso con el fin de reducirlo; minimizando la variabilidad a tal punto que, después de aplicada esta metodología, sea de 3,4 defectos por cada millón de oportunidades, es decir, que por cada millón de productos fabricados se tendrían 3,4 que son defectuosos consiguiendo un rendimiento del proceso del 99,9997% abaratando costos y aumentando ingresos.

Esta metodología ha sido bien vista en muchas organizaciones de renombre mundial como se verá a continuación, las mismas que a través de los años, han logrado réditos bastante significativos y que en consecuencia, han alcanzado una gran ventaja competitiva lo que produjo a la final la satisfacción del cliente, el cual es, precisamente, el fin de la aplicación de la metodología six sigma buscando la causa raíz de los problemas y analizándolos para que de esta manera se propongan mejoras en los procesos productivos.

2.2. Antecedentes.

La historia de Seis Sigma aparece por primera vez en la empresa Motorola en el año 1987, promovida por Bob Galvin, Director General de Motorola, quien propone la reducción de productos defectuosos. El éxito del proyecto fue tal, que Motorola se hizo ganador del premio a la calidad Malcolm Baldrige en el año 1988. Más tarde logró ahorrar 1000 millones de dólares en tan solo tres años.

En 1994, Allied Signal, empresa automotriz, aeroespacial y materiales varios, inició su programa six sigma encabezado por Larry Bossidy, presidente de dicha empresa. El ahorro que consiguió se estima en más de 2000 millones de dólares entre 1994 y 1999. General Electric (GE), empezó en 1995 y alcanzó más de 2570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997-1999). Estas dos organizaciones adoptaron la metodología y acoplaron la estrategia Seis Sigma así como sus herramientas de manera exitosa. Un factor determinante del éxito de los proyectos six sigma en estas



empresas fue el compromiso de sus presidentes, quienes encabezaron de manera entusiasta y firme el programa en sus empresas. (GUTIÉRREZ, Calidad Total y Productividad, 2010).

Lo que todas estas empresas han tenido en común para el éxito de sus programas six sigma, ha sido el actuar con compromiso y valores que todos los involucrados en los proyectos han demostrado, desde la alta gerencia hasta los operarios.

Otras empresas como Nissan-Renault, Sony, Toshiba, Aglomerados Cotopaxi (Ecuador) han obtenido resultados beneficiosos en sus ingresos. Específicamente, la empresa Aglomerados Cotopaxi aplicó desde el 2005 cuatro proyectos six sigma, generando ahorros de 1.100.000. (QualiPlus, s.f.).

2.3. Objetivos del six sigma

El principal objetivo de la metodología six sigma es la creación de valor.

Six sigma no es solo una herramienta de calidad, no es solo una herramienta de reducción de costos. No se refiere solo a herramientas estadísticas. Es un marco ordenado y metódico enfocado a mejorar los resultados de un proceso puntual o de toda la organización y mejorar su competitividad. Six sigma propone la sistematización de las mejoras, convirtiéndolas en proceso clave de negocio.

Seis Sigma articula los objetivos del negocio con toda la organización enfocándose en la mejora de los procesos clave. La metodología guía de forma adecuada la estructura organizativa y potencia a los recursos humanos mediante la formación de especialistas en mejora continua. Según Carlos Rozen (Auditor Socio BDO Argentina) estos son los principales objetivos de six sigma:

2.3.1. Objetivos operativos

Los objetivos operativos de Six Sigma son:

- Mejorar el promedio del proceso.
- Reducir la variación del proceso.
- Romper la cultura de “Sigmas bajos” y alinear la organización con la cultura de altos Sigmas (todos trabajando para conseguir esta meta).

2.3.2. Objetivos estratégicos

Los promotores de esta filosofía de trabajo se centran en la mejor combinación de las siguientes variables críticas de éxito organizacional:

- Mayor retorno financiero
- Reducción de costos
- Mejoramiento productivo



- Incremento de la satisfacción del cliente
- Reducción de defectos y tiempo de ciclo
- Maximizar el éxito en el desarrollo de nuevos productos y servicios

2.4. Características de six sigma

Los principios en los cuales se basa el éxito de un proyecto six sigma son muy importantes y deben ser revisados y considerados a la hora de emprender un proyecto; y, como señala Humberto Gutiérrez Pulido (2010), estos son los principios a considerar:

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo
- Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye a gente de tiempo completo
- Orientada al cliente y enfocada en los procesos
- Seis Sigma se dirige con datos
- Seis Sigma se apoya en una metodología robusta
- Seis Sigma se apoya en entrenamiento para todos
- Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas
- El trabajo por Seis Sigma se reconoce
- Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años
- Seis Sigma se comunica.

A continuación se procede a explicar cada una de las características mencionadas:

2.4.1. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo

Para el éxito de un programa six sigma es necesario un cambio en la forma de manejar y tomar decisiones y para esto pues debe entenderse y apoyarse un proyecto six sigma desde los altos niveles de la organización empezando desde su máximo líder.

Un ejemplo de aplicación exitosa de este principio fue el del presidente de General Electric Jack Welch quien tras 20 años dirigiendo la empresa logró de manera exitosa el proyecto six sigma alcanzando grandes réditos como se vio anteriormente.

2.4.2. Seis Sigma se apoya en una estructura directiva que incluye a gente de tiempo completo

Una forma de lograr el éxito en un programa six sigma es la delegación de responsabilidades creando una estructura directiva en la que cada individuo tiene diferentes roles dentro de un proyecto six sigma. Esta estructura que va desde los líderes expertos en el tema hasta el personal de planta que afrontan directamente los problemas de calidad.



Adicionalmente a la gestión realizada y a las actividades asignadas a cada puesto de trabajo, cada persona en la empresa debe tener una función dentro de la metodología six sigma como lo son: Líder ejecutivo, champions (campeón o patrocinador), master black belt (maestro cinta negra), black belt (cinta negra), green belt (cinta verde), yellow belt (cinta amarilla). En la siguiente tabla se podrá observar los roles de cada uno.

Tabla 2.1 Actores y roles en six sigma

Nombre	Rol	Característica
Líder de implementación	Dirección del comité directivo para six sigma. Suele tener una jerarquía solo por abajo del máximo líder ejecutivo de la organización	Profesional con experiencia en la mejora empresarial y en calidad; es respetado en la estructura directiva
Champion o patrocinador	Gerentes de planta y gerentes de área, son los dueños de los problemas y establecen problemas y prioridades. Responsables de garantizar el éxito de la implementación de six sigma en sus áreas de influencia.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.
Master black belt (MBB)	Dedicado 100% a six sigma, realiza asesoría y tiene la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirige o asesora proyectos claves. Es mentor de los BB.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos
Black belt (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a Seis Sigma, realiza y asesora proyectos.	Capacidad de comunicación, reconocido por el personal por su experiencia y conocimientos, tiene futuro en la empresa.
Green belt	Ingenieros, analistas financieros, expertos técnicos en el negocio; atacan problemas de sus áreas, dedicados de tiempo parcial a six sigma. Participan y lideran equipos six sigma.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento.
Yellow belt	Personal de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.

Fuente: GUITIÉRREZ, P. H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw-Hill.



La capacitación que reciben los diferentes directivos de un programa six sigma en general es un entrenamiento amplio que generalmente se conoce como “currículum de un black belt”. La duración de dicha capacitación varía de 120 a 160 horas y es recomendable organizar estos entrenamientos en sesiones de 4 a 5 semanas no consecutivas de capacitación intensiva relacionada con las cinco fases del proceso DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control/Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

Para recibir la acreditación como Green belt, Black belt, Master black belt o campeón, implica un gran esfuerzo, es necesario recibir el entrenamiento adecuado y garantizar que cada uno cuenta con los conocimientos y experiencia necesarios que exige cada distinción.

2.4.3. Orientada al cliente y enfocada en los procesos

La finalidad de un proyecto six sigma es la satisfacción del cliente, tanto interno (empleados), como externo (consumidores) haciendo que sus procesos clave estén direccionados a esto de forma que cumplan los estándares de cantidad, calidad, tiempo de entrega y calidad del servicio que el cliente pide. Estos requerimientos deben direccionar los esfuerzos de la organización y esta debe comprender dichos requerimientos y atenderlos y, para llevar a cabo lo dicho, la organización necesita revisa sus procesos.

Una vez revisados se procede a designar los procesos clave o prioritarios y trabajar sobre estos, desarrollándolos y reforzándolos de manera que cumplan con las expectativas del cliente e incluso las superen fortaleciendo la lealtad del mismo.

2.4.4. Seis Sigma se dirige con datos

Los datos son relevantes a la hora de tomar decisiones pues analizando estos estadísticamente se pueden determinar las “variables críticas de calidad” (VVC) y los procesos clave a mejorar. Las mejoras en la calidad de los productos y procesos no deben realizarse al azar, por el contrario, se debe apoyar con datos ya que estos manifiestan que sería posible la mejora y lo más importante, que al desarrollar un proyecto six sigma, se demuestra que aplicando la mejora el cliente percibirá la misma.

2.4.5. Seis Sigma se apoya en una metodología robusta

Los datos por si solos no resuelven el problema, solo nos sirven para identificarlo y cuantificarlo es por esto que es indispensable una metodología para su solución. Al hacer un proceso “robusto”, quiere decir que lo hace insensible a las fuentes de variación, es decir, a todo lo que a un proceso pueda afectar de modo que varíe su estado natural de operación. En six sigma los proyectos se dirigen con la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control/Definir, Medir,



Analizar, Mejorar y Controlar). Cada una de estas fases se las definirá detalladamente más adelante.

2.4.6. Seis Sigma se apoya en capacitación para todos

La capacitación de cada actor que trabaja en un proyecto six sigma se da de forma paralela al entrenamiento y los conocimientos que deberán adquirir pues serán necesarios para cada una de las fases DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control/Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) y las herramientas que deban utilizarse en cada una.

2.4.7. Los proyectos realmente generan ahorros o aumento en ventas

La recompensa que se alcanza en un proyecto exitoso de six sigma son los ahorros y/o incremento en las ventas, esto implica que se han elegido correctamente los proyectos y se han atendido los problemas de forma satisfactoria generando soluciones duraderas que a su vez permiten evaluar el proyecto. Esto es de conocimiento anterior debido a que la mala calidad y el bajo desempeño de los procesos generan altos costos. La escala de relación del nivel de sigma y la mala calidad se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2.2 Relación entre sigma y rendimiento del proceso.

NIVEL DE SIGMAS	RENDIMIENTO DEL PROCESO	PARTES POR MILLON (PPM)	COSTO DE CALIDAD COMO % DE LA VENTAS
1	30,90%	690000	NA
2	69,20%	308000	NA
3	93,30%	66800	25-40%
4	99,40%	6210	15-25%
5	99,98%	320	5-15%
6	99,9997	3,4	< 5%

Fuente: GUITIÉRREZ, P. H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw-Hill.

Las partes por millón (PPM), indica el numero artículos defectuosos por cada millón de artículos producidos, vale notar que alcanzar un nivel six sigma determina que habrá 3,4 artículos defectuosos por cada millón de artículos producidos.

2.4.8. El trabajo por Seis Sigma se reconoce

Las grandes ventajas conseguidas con six sigma que son alcanzadas por los líderes y los equipos de un proyecto DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control/Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) deben ser recompensadas; por ejemplo tenemos el caso de General Electric quien desarrollo un sistema de compensaciones a los directivos en el que el 40% se destinaba a los logros en six sigma. De esta manera es recomendable reconocer a los responsables del éxito de un programa six sigma.



Las recompensas pueden darse desde un elogio o una bonificación monetaria hasta el ascenso en un nuevo puesto de trabajo.

2.4.9. Seis Sigma es una iniciativa con horizonte de varios años

Es posible que la empresa ya haya tenido estrategias anteriores al six sigma pero un proyecto six sigma puede vincular e integrar estas estrategias logrando perdurar y reforzarse durante años y debido a que six sigma direcciona y alinea los recursos de una organización es posible la resolución de problemas. Así mismo, a parte de las estrategias, se relaciona con otros proyectos importantes que la empresa pueda tener en su momento sin quitarles prioridad o recursos que hayan sido previamente designados.

Six sigma integra otras estrategias y a la vez estas aportan al seguimiento del proyecto y su eficacia a través de la cuantificación de las variables críticas de calidad.

2.4.10. Six Sigma se comunica

Un programa six sigma se fundamentan en un proceso de comunicación para generar apoyo y compromiso al interior de toda la organización y así mismo al exterior de esta con los clientes y proveedores. De esta manera se afianzara en la empresa una nueva filosofía en la que se empieza explicando sobre lo que es six sigma y porqué es necesario trabajar bajo esta modalidad. Los resultados obtenidos en un proyecto six sigma también deben ser considerados en la comunicación dentro de la empresa, esto se verá en el capítulo 4 donde la designación de responsabilidades permite el correcto desempeño del proyecto.

2.5. Descripción de la metodología six sigma.

Six sigma es una manera de gestionar calidad dentro de la organización que, combinada con herramientas estadísticas permite el mejoramiento del desempeño de un proceso clave prestando especial atención a las decisiones acertadas y comprendiendo las necesidades del cliente. (HERRERA & FONTALVO, 2011)

En múltiples obras literarias señalan a six sigma como una manera de producción prácticamente sin errores. La letra “ σ ” (sigma) como se vio anteriormente, es la letra griega utilizada en estadística como indicador para medir la variabilidad o desviación estándar que se suscita en un proceso productivo a lo largo del tiempo; entre mayor sea el valor de la desviación estándar pues mayor será la variabilidad del proceso. Este indicador tradicionalmente en las empresas llega a ser de 3 o 4 niveles de sigma lo que lleva a tener defectos totales que van desde 6210 hasta los 66800 productos defectuosos por cada millón que se produzcan de estos, por lo que, con un mayor nivel de sigma se traduce a la final en una mayor satisfacción del cliente. (PYZDEK & KELLER, 2010)



Los alcances de six sigma son muy amplios pues puede implementarse desde un centro de trabajo hasta toda la organización. La metodología es versátil a múltiples industrias de producción y servicios como por ejemplo: metalúrgicas, manufactureras, alimentos, construcción, aviación, servicios financieros, servicio de telefonía, servicio de transporte terrestre, industrias de muebles, petroleras, cementeras, textil, mecánica, etc. y en todas se pueden obtener grandes beneficios de six sigma.

2.5.1. Adaptabilidad a otros sistemas

Six sigma ha podido combinarse con la filosofía de “Lean Manufacturing” (manufactura esbelta), la cual es una metodología de trabajo que busca la eliminación de los desperdicios o “mudas”, las cuales son: transporte, movimientos innecesarios, inventarios, esperas, exceso de producción, correcciones, sobre-procesamiento y sub utilización de recursos.

En esencia, los sistemas de Lean y Six Sigma tienen el mismo objetivo: tratar de hacer al sistema lo más eficiente posible, pero toman diferentes enfoques hacia la consecución de este objetivo. Los profesionales de Lean afirman que los problemas se dan por pasos innecesarios en el proceso de producción, los cuales no agregan valor al producto final, mientras que los profesionales de Six Sigma dicen que los desperdicios surgen de la variación dentro del proceso productivo. (Universidad de Villanova, s.f.).

Ambas metodologías se enfocan en los procesos, reduciendo la variabilidad y potenciando las actividades que dan el valor agregado al producto, así también minimizando costos operativos. Según el artículo científico titulado “Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma” (Mantilla Celis & Sánchez García, 2012), estas filosofías de trabajo se complementan de la siguiente forma:

- La filosofía Lean no reconoce el impacto de la variabilidad en los procesos, por ende, no emplea herramientas para su dirección y análisis.
- Six sigma por sí solo no puede mejorar la velocidad de proceso.
- La reducción de defectos a través de six sigma se logra más rápido con la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor.
- Lean no define una metodología y no enlaza a las personas con el logro de resultados.

Esta metodología combinada aun es nueva, sus primeras menciones se las hacen en libro llamado “Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed” de Michael L. George en el año 2002; cabe señalar que esta metodología no ha sido explotada.



2.6. Fases de la metodología six sigma

2.6.1. Definir.

Al igual que en todo proyecto, six sigma inicia con la delimitación del mismo exponiendo las bases para el éxito. En esta etapa se debe presentar de forma clara el objetivo, la forma en que se medirá el éxito, el alcance del proyecto, los beneficios esperados y así también todos los responsables que formaran parte del proyecto. (GUTIÉRREZ & SALAZAR, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)

Es recomendable realizar un diagnóstico preliminar a la organización para conocer qué puntos pueden ser mejorados y en el que se presenten problemas, luego habrá que definir las metas y estas deben ser claras y alcanzables.

Este primer paso puede resultar ser un desafío al inicio para el equipo de trabajo o directivos que buscan la mejora pero, para Pete Pande y Larry Holpp en su obra titulada "What is six sigma?"(2002) se puede seguir una serie de preguntas cuyas respuestas nos dan una guía de cómo empezar a plantear el proyecto:

- ¿Sobre qué estamos trabajando ahora?
- ¿Por qué estamos trabajando en este problema en particular?
- ¿Quién es el cliente?
- ¿Cuáles son los requerimientos del cliente?
- ¿Cómo es el trabajo que actualmente está hecho?
- ¿Cuáles son los beneficios de hacer la mejora?

Este tipo de preguntas son el fundamento del pensamiento del negocio, impulsan nuevas y originales formas de pensar sobre los problemas del negocio y que antiguamente fueron ignoradas. Una vez contestadas estas preguntas nos pueden ayudar a la consecución del proyecto siguiendo la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control/Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

La elección de un proyecto debe hacerse con cuidado, con una revisión periódica de los problemas que ocurren en la organización, para resolver los problemas que tengan mayor prioridad, esto se asocia con la metodología six sigma puesto que debe ser ordenada en cada fase para el éxito del proyecto; así también, por otro lado, se debe establecer también las situaciones que debemos evitar pues dichas situaciones solo ralentizarán las actividades de interés y/o perturbarán el buen funcionamiento de six sigma.

Dicho lo anterior entonces se hace necesario un conjunto de criterios para la selección de un proyecto. Estos criterios permiten que se divise de forma más clara hacia dónde queremos llegar en la mejora y hacia quién estará destinada.



A continuación se presentan un grupo de consideraciones que deben tomarse en cuenta a la hora de seleccionar un proyecto six sigma:

Tabla 2.3 Criterios para la selección y definición de proyectos.

Aborda áreas de mejora de alto impacto:
<ul style="list-style-type: none">• Reducir defectos o desperdicios en las etapas más críticas de un proceso.• Ligado directamente a la satisfacción del cliente (quejas, reclamos, tiempos largos de atención, burocracia).• Mejorar la capacidad de los procesos.• Incrementar el flujo del trabajo en los procesos (organización del proceso, reducción del tiempo de ciclo, eliminar actividades que no agregan valor).
Apoyo y comprensión de la alta dirección:
<ul style="list-style-type: none">• La importancia del proyecto es clara para la organización y se percibe como algo importante.• El proyecto tiene el apoyo y la aprobación de la dirección (o gerencia) de la empresa.
Efectos fundamentales:
<ul style="list-style-type: none">• Se espera que el proyecto tenga beneficios monetarios importantes (medibles), que se reflejen en un tiempo menor a un año.• Factible de realizarse en 3 a 6 meses.• Para medir el éxito del proyecto se tienen métricas cuantitativas claras, por lo que es fácil medir el punto de partida y los resultados.
Aspectos a evitar en el proyecto:
<ul style="list-style-type: none">• Objetivos vagos e imprecisos.• Pobres métricas para medir impacto.• No ligado a lo financiero.• Alcance demasiado amplio.• No ligado a los planes estratégicos anuales.• Soluciones indefinidas.• Demasiados objetivos.

Fuente: GUTIÉRREZ, P. H., & SALAZA, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.

El líder que se designe para que lleve a cabo la realización de un proyecto six sigma debe tener gran motivación ya que será fundamental para animar al grupo de trabajo y a su vez a realizar las actividades de manera afable; dicho equipo de trabajo será escogido de acuerdo a las aptitudes y actitudes de cada uno ya que cada miembro será pieza fundamental con sus aportes durante el proyecto.

2.6.2. Medir.

El objetivo final de la fase “Medir” es la de cuantificar el problema que se está trabajando para así conocer sus repercusiones en la organización.



Para esto el proceso debe definirse correctamente así como los detalles de su funcionamiento, también es necesario establecer las métricas que formarán parte de las mediciones y con las que se evaluará el proyecto. Luego, se sugiere analizar y validar el sistema de medición para asegurar la calidad en las mediciones y que también servirá como línea base para estimar desde donde se arranca el proyecto. (GUTIÉRREZ & SALAZAR, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)

La organización debe planificar métodos de seguimiento de la información que se está midiendo de forma que se ajuste a la estructura orgánica de la empresa para así validar dicha información y cuantificar el estado actual de la satisfacción del cliente.

Para cuantificar la situación actual de un proceso es necesario un conjunto de herramientas estadísticas que nos muestren cómo se está produciendo los bienes para el cliente, la interpretación de los resultados que arroja la estadística son claves para tomar las decisiones correctas.

Casi toda la totalidad de la información generada en los procesos es recopilada en forma de datos, pero solo recolectar datos y cifras no tendrán utilidad práctica si es que no se analizan con los métodos adecuados que faciliten un análisis para desvelar lo que esconden los datos, por lo tanto, las personas deben tener la capacidad de seleccionar y utilizar diversas herramientas para obtener información y estudiarla. Si no se posee un buen sistema de recolección de información y no se analiza correctamente, pues el sistema generará información equivocada y producirá desperdicios. (López, 2012)

Las principales herramientas estadísticas para visualizar el comportamiento del proceso se explican a continuación:

2.6.2.1. Medición de la variabilidad

Luego de obtenidas las medidas de las muestras de un proceso es necesario conocer las tendencias de estos datos con el fin de analizar que tan diferentes son los datos entre sí.

La medida de variabilidad se la realiza con la “desviación estándar”, la cual se denota con la letra griega σ que es la medida más usual de variabilidad y este parámetro indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media. La desviación estándar se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 2.1 Medición de la variabilidad

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Fuente: GUTIÉRREZ, P. H., & SALAZAR, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.



Donde X_1, X_2, \dots, X_n son las mediciones u observaciones que se obtienen durante el proceso, “n” es el tamaño del número de mediciones que se haya efectuado y \bar{X} es la media muestral del total de datos que se obtuvieron; esta media muestral a su vez, se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 2.2 Media muestral

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

Fuente: GUTIÉRREZ, P. H., & SALAZA, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.

La desviación estándar es expresada en las mismas unidades en las que se midieron los datos observacionales inicialmente (gramos, litros, metros etc.). Además, cabe recalcar que la desviación estándar como tal no muestra la magnitud de los datos, sino que solo indica que tan apartados están los datos con respecto a la media y esto también puede darse por la inclusión de algún dato atípico. (GUTIÉRREZ & SALAZAR, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)

2.6.2.2. Media poblacional o del proceso, μ

Para el cálculo de este parámetro se lo realiza mediante la medición de todos los elementos de una población como por ejemplo el sueldo de todos los trabajadores de una organización, en este caso la media de esta población se denota con la letra griega μ (mu).

La diferencia que se debe hacer notar entre μ (media poblacional) con \bar{X} (media aritmética) es que para el cálculo de \bar{X} esta irá en función de la muestra que seleccionemos; por lo que en general los valores de \bar{X} y μ son diferentes. (GUTIÉRREZ, Calidad Total y Productividad, 2010)

2.6.2.3. Límites reales

Los límites reales son parámetros que indican los puntos entre los cuales varía la salida de un proceso, es decir, el rango en el cual se espera que las mediciones de los datos estén fluctuando. Hay límites tanto superior como inferior y se calculan por la siguiente ecuación:

Ecuación 2.3 Límites reales

$$\begin{aligned} \text{Límite real inferior (LRI)} &= \mu - 3\sigma \\ \text{Límite real superior (LRS)} &= \mu + 3\sigma \end{aligned}$$

Fuente: GUTIÉRREZ, P. H., & SALAZA, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.



La relación de $\mu \pm 3\sigma$ nos indica que el 99,73% de los datos estarán comprendidos dentro de este rango delimitado por el número de sigmas; esta es la llamada desigualdad de Chebyshev. (GUTIÉRREZ & SALAZAR, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)

2.6.2.4. Índice de capacidad de proceso. (Cp)

El índice de capacidad de proceso Cp se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 2.4 Índice de capacidad de proceso (Cp)

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Fuente: GUTIÉRREZ, P. H., & SALAZA, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.

Donde sigma “σ” es la desviación estándar del proceso mientras que ES (Especificación Superior) y EI (Especificación Inferior) son las característica de calidad. La fórmula expuesta nos indica que al realizar esta relación se obtiene un indicador de la variación tolerada en el procesa versus la variación real. Entre menor sea la variación real con respecto a la variación tolerada, será mejor, porque así se estará garantizando el cumplimiento de especificaciones y analizando las pérdidas de recursos.

Para interpretar el índice Cp (Capacidad de Proceso) se lo hace en función del resultado que muestre pues este estará relacionado con el número de sigmas que tenga el proceso. A continuación se muestra en la tabla 2.4 la interpretación de este índice.

Tabla 2.4 Valores de Cp y su interpretación.

VALOR DEL ÍNDICE CP	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$Cp > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < Cp < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < Cp < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$Cp < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Fuente: GUTIERREZ, P. H., & SALAZA, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.



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

Un estudio de repetibilidad y reproductibilidad permite que se valide un sistema de medición para tener seguridad de que los datos medidos sean precisos. Lo más deseable es que el equipo de medición sea “preciso y exacto”, es decir, que cuando se mida el mismo objeto arroje resultados similares y que el promedio de dichos resultados sea la magnitud verdadera del objeto. Los términos más importantes de este estudio son:

La **Repetibilidad** es la variación o error de las mediciones sucesivas sobre el mismo objeto con un instrumento bajo las mismas condiciones (un operador).

La **Reproductibilidad**, en cambio, es la variabilidad o error de las mediciones sobre el mismo objeto con un instrumento bajo condiciones cambiantes (diferentes operadores).

El **Error de Repetibilidad y Reproductibilidad ($\sigma_{R\&R}$)** que permite tener un rango de error máximo entre los cuales estará una medida. El resultado obtenido nos indica que este error está dado por: $X \pm 2,575\sigma_{R\&R}$.

El **Porcentaje de Precisión/Tolerancia**, cuyo resultado nos indica si el método de medición es correcto o incorrecto. (GUTIÉRREZ & SALAZAR, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)

2.6.3. Analizar.

Una vez obtenidos los datos necesarios en la fase “medir”, se analizan de tal forma que se manifieste la situación actual del proceso, es necesario realizar un análisis exhaustivo para que se encuentren la(s) causa(s) del problema, es decir, buscar llegar al fondo del problema desentrañando sus posibles causas que dieron lugar al surgimiento del mismo, y a la vez, reconfirmar estas causas encontradas con los datos obtenidos. (GUTIÉRREZ, Calidad Total y Productividad, 2010)

Para el desarrollo correcto de esta fase es indispensable considerar y listar todas las posibles causas del problema; esto es posible mediante el uso de herramientas que permitan la indagación del problema, estas se definen a continuación:

2.6.3.1. Diagrama de Ishikawa

Dado que el número de las posibles causas de un problema resulta ser grande, el Dr. Ishikawa desarrolló un diagrama sencillo que lleva su nombre el cual tiene el propósito de mostrar gráficamente las causas de un problema de calidad.

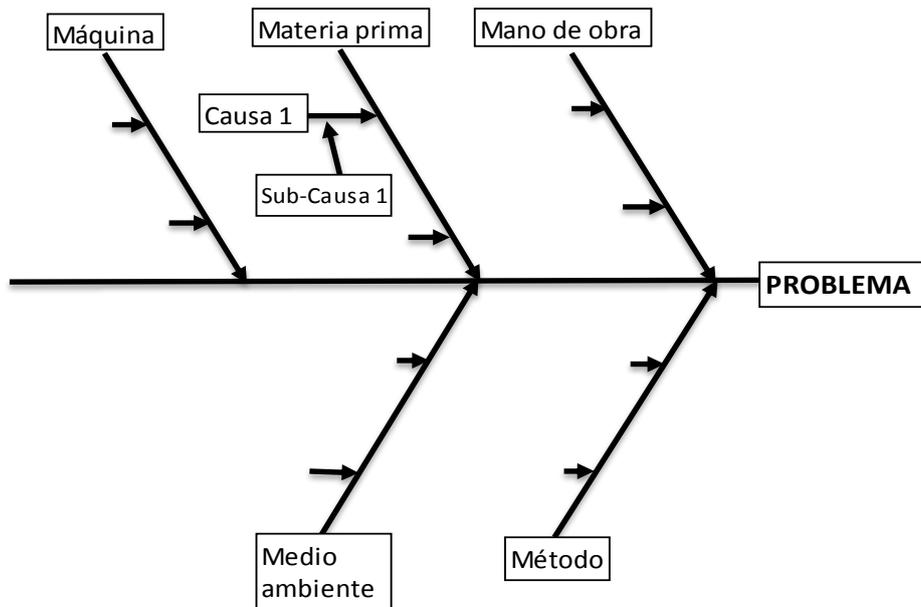
También conocido como “Diagrama de pescado” o “Diagrama Causa-Efecto”, lo que hace es organizar la información para exponerla gráficamente elevando el nivel de



comprensión entre los problemas y sus causas mostrando estas y agrupándolas en categorías. (PYZDEK & KELLER, 2010)

Como se muestra en la figura 2.1, este diagrama por lo general se elabora en función de las 5M's: Mano de obra, Materia prima, Método, Medio ambiente y Máquinas.

Figura 2-1 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaborado por el autor.

Cada causa tendrá a su vez una sub-causa o causa secundaria con lo que se desentraña cada vez más profundo la causa raíz del problema. Para elaborar cada ramificación es recomendable una lluvia de ideas (brainstorming) para todas las posibles causas relacionadas a su respectiva categoría.

2.6.3.2. Cinco porqués

Esta es una herramienta que realiza sucesivamente la pregunta “¿Por qué?” para llegar a la causa raíz del problema para así, una vez descubierta esta causa, poder tomar decisiones para erradicarla y solucionar el problema.

Para aplicar correctamente la técnica de los 5 porqués realizaremos los siguientes pasos:

- A. Definir el problema a solucionar o aquel punto que queremos mejorar.
- B. Empezar la serie sucesiva de preguntas “¿por qué?”, algunas de las preguntas más comunes son:
 - ¿Por qué ha surgido este problema?
 - ¿Por qué no funciona este mecanismo?

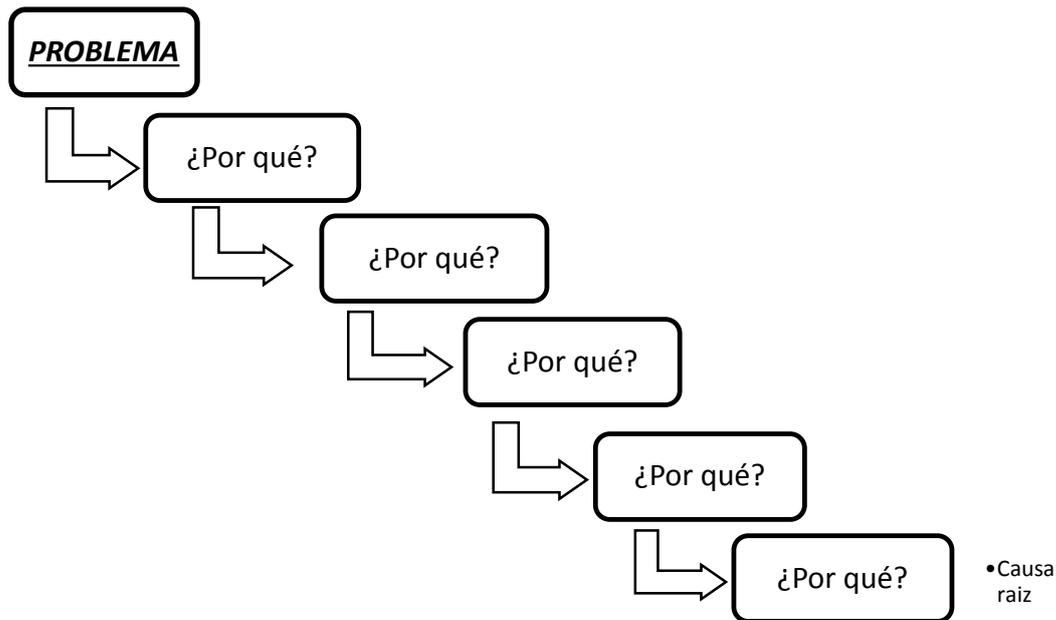


- ¿Por qué no se mejora este proceso?

Cuando no se puede contestar una de las preguntas significa que se ha llegado a la causa raíz del problema, esto por lo general ocurre en el cuarto o quinto “porque” (quees.info, s.f.).

En la figura 2.2 se ilustra cómo se elabora un diagrama “5 por qué”

Figura 2-2 Diagrama 5 por qué



Fuente: Elaborado por el autor.

2.6.4. Mejorar.

La etapa de mejora es la más importante pues aquí se hacen las implementaciones de las soluciones al problema atacando su causa raíz tal y como se explicó en el punto anterior “Analizar”.

El objetivo de esta fase es el de reducir o corregir el problema y para lograrlo es recomendable planificar las soluciones en función de cada causa de los problemas, aquí es necesario primeramente proponer soluciones, implementarlas y finalmente evaluarlas al darles seguimiento. Una de las herramientas más utilizadas es la “lluvia de ideas” (Brainstorming), pues esta técnica tiene como premisa el evaluar todas las ideas dadas por el equipo de trabajo ya que aquí se alienta a la persona a ser creativo en sus propuestas. La clave de esta fase es que las soluciones ataquen la causa raíz y no al problema directamente. (GUTIÉRREZ & SALAZAR, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, 2009)



Las demandas de los clientes pueden ser fácilmente convertidas en los requisitos de diseño y especificaciones para plantear las mejoras. El propósito de escuchar las especificaciones es para transmitir la voz del cliente a lo largo de la organización. Una de las dificultades que se pueden presentar en esta fase de la metodología six sigma es la de elegir de entre todos los diseños el mejor frente a la ambigüedad que está presente entre cliente y cliente, a esto se le añade las diferencias entre el personal interno de la organización y los objetivos de cada departamento, evaluar cada mejora frente a los costos de implementar, costos de calidad, etc. Lo que a la final resulta en un problema de elección de una alternativa de mejora lo que lo convierte en algo complejo a los ojos de la dirección de la organización. (PYZDEK & KELLER, 2010)

Para una correcta elección de la mejora se ha hecho indispensable el uso de técnicas que permitan comparar cada solución. Una vez propuestas todas las diferentes soluciones es necesario evaluar cada una de estas en base a criterios que permiten tomar la mejor decisión. Para esto se hace necesaria una matriz de priorización en donde se asigna una ponderación a cada criterio y luego evaluar cada solución dando un peso a cada criterio.

A continuación se muestra un ejemplo de una matriz de priorización:

Tabla 2.5 Matriz de priorización

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN	Criterio A	Criterio B	Criterio C	Criterio D	
PESO DE CADA CRITERIO					
ELEMENTOS A PRIORIZAR	CALIFICACIÓN DE CADA ELEMENTO				Calificación final de cada elemento
A					
B					
C					
D					
E					

Fuente: Elaborado por el autor.

2.6.5. Controlar.

Esta es la fase final de un proyecto six sigma que se da una vez escogida la mejora que se implementará. Aquí en la fase “Controlar” se establecerán mecanismos para los cuales la mejora aplicada se mantenga a lo largo del tiempo y no sea solo una solución de momento pues de aquí depende la durabilidad del impacto positivo.



Esta etapa también puede resultar ser difícil ya que al intentar hacer que las mejoras sean perdurables y se institucionalicen, esto lleva a que haya mayor participación y adaptación de todos los involucrados a los cambios que se han generado y en ocasiones se presentaran resistencia al cambio y complicaciones. Las mejoras implementadas deben soportar el paso del tiempo y para esto el sistema de control debe:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

Dicho lo anterior, según la obra de Gutiérrez y Salazar (2009), se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo, como se explica en seguida.

2.6.5.1. Estandarizar el proceso.

Para lograr la estandarización del proceso se deciden acciones para asegurar las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso, con esto se gana el no depender de controles manuales o visuales sobre el desempeño del proceso y del trabajador que realiza la tarea. En otras palabras, se deben buscar cambios permanentes en los procesos y en sus métodos de operación.

Una buena herramienta para la estandarización del proceso son las “Listas de verificación” (Check List), estas son documentos que muestran la información pertinente a un proceso, esta debe estar en un orden determinado. Esta herramienta se utiliza para evitar la omisión de pasos o para comprobar que se cuenta con todos los insumos necesarios antes de realizar una tarea asegurando su correcta ejecución.

Un ejemplo de una Hoja de verificación se indica a continuación:

Figura 2-3 Hoja de verificación.

HOJA DE VERIFICACION			Empresa: XXX	
Revisión diaria				
Operario:			Fecha:	
Turno:			Supervisor:	
Área:				
Descripción	CUMPLE		Tiempo de duración (s)	Observaciones
	SI	NO		
Tarea 1				
Tarea 2				
Tarea 3				
Tarea 4				
Firma operario			Firma supervisor	

Fuente: Elaborado por el autor.



El uso de indicadores para la evaluación del proceso podría ser:

$$\% \text{ tareas cumplidas} = \frac{\text{Tareas cumplidas}}{\text{Total de tareas}} \times 100$$

$$\% \text{ tiempo de tarea} = \frac{\text{Tiempo de cada tarea}}{\text{Tiempo total}} \times 100$$

Es útil también para brindar información detallada para nuevos miembros de equipo y proveer una base para auditorías, solución de problemas, mejoramiento continuo, rebalanceo de operaciones y transferencia de documentos.

2.6.5.2. Documentar el plan de control.

Todas las mejoras y planes para mantener las mismas deben documentarse de forma escrita y muy bien ilustrada paso a paso.

Esto servirá para capacitar a trabajadores tanto nuevos como los actuales con los que ya cuenta la organización. Para lograr una forma correcta de documentar el plan de control se recomienda los siguientes lineamientos:

- Involucrar a la gente que supervisa y aplica los métodos.
- Probar el procedimiento tal como se documentó.
- Ser completo, pero conciso.
- Colocar el procedimiento donde esté disponible fácilmente.
- Bosquejar un método para actualizar los procedimientos (mejora continua).
- Poner fecha a los procedimientos.
- Destruir los procedimientos obsoletos.

2.6.5.3. Monitorear el proceso.

Las mejoras implementadas necesariamente tienen que vigilarse y darse un sistema en que se verifique su funcionamiento para que se tenga evidencia de que el nivel de mejoras logrado se siga manteniendo. El monitoreo sobre las variables críticas del proceso ya que estas como se vio anteriormente, son las que demandan el cliente.

Según el sistema de monitoreo que se tenga y el proceso que se estudie, se aconseja dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se monitorea el proceso? (estadísticamente, base de datos en software, intuitivamente)
- ¿Con qué frecuencia se verifican? (diaria, semanal, mensual, etc)
- ¿Se conocen las especificaciones y valores meta óptimos? (SI, NO, porqué)
- ¿Cuál es su capacidad y estabilidad? (cantidad producida diaria, semanal, eficiencia del proceso, etc.)
- ¿Cuáles deben tener cartas de control?



Cabe recalcar que una de las mejores herramientas para analizar y monitorear el desempeño de un proceso son las “cartas de control”, pero estas deben elegirse según el proceso o el producto que se haya tratado en mejorar. Con esto logramos lo que sería el “SPC” (Statistical Process Control/Control Estadístico de Procesos) que usa criterios objetivos para distinguir variaciones de fondo para eventos de importancia.

De esta manera se puede monitorear el centro del proceso y su variación. Los tipos de cartas de control que, según el Libro “La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas” (Pozo, 1996), deben ser consideradas para monitorear un proceso son:

2.6.5.3.1. Gráfica Promedios y Rangos

Permite observar los cambios de la media del proceso permitiendo catalogar anomalías; se podrá notar si hay una pérdida de control en el proceso cuando la dispersión de los datos se posicione fuera de los límites de especificación.

2.6.5.3.2. Gráfica Promedios y Desviación Estándar

Esta gráfica sigue el comportamiento del proceso en función de la desviación estándar detectando cambios en la variabilidad que no se pueden ver en la gráfica promedios y rangos. Con esta gráfica se logra decidir si el proceso es capaz de operar correctamente o si hay que cambiar el proceso.

2.6.5.3.3. Gráfica Medianas y Rangos

Mediante esta carta de control se obtiene el comportamiento del proceso mediante la tendencia central de este, la mediana se usa en casos en que la población estudiada no sea normal y presente una fuerte asimetría. Esta gráfica presenta mayor información estadística.

2.6.5.3.4. Gráfica Lecturas individuales y Rangos

Esta gráfica se vuelve útil cuando, se intenta capturar información para organizarla y el tiempo entre medición y medición es muy grande, o la muestra se tiene que destruir, o dicha muestra es muy cara o cuando los resultados son muy homogéneos y la variabilidad puede ser ignorada como por ejemplo en procesos químicos.

2.6.5.3.5. Gráfica p: Procesos defectuosos

Este es un tipo de gráfica por atributos, en donde, la muestra estudiada está formada por las unidades defectuosas. Mide la proporción de unidades defectuosas dentro de la población inspeccionada. Encuentra el porcentaje de productos defectuosos y permite estar alerta ante cualquier cambio en el nivel medio de la calidad.



2.6.5.3.6. Gráfica np: Número de unidades defectuosas

Este tipo de gráficos permite tanto analizar el número de artículos defectuosos como la posible existencia de causas especiales en el proceso productivo. Aquí ya no se centra en el porcentaje de defectos sino solo en el número exacto de estos dentro de la población estudiada.

2.6.5.3.7. Gráfica c: Número de defectos por área de oportunidad

La gráfica C se utiliza cuando se monitorea el número de defectos encontrados en un área específica que tiene dimensiones constantes, es decir, los defectos encontrados en cada producto. Su característica es que catalogar a un producto como aceptable aunque contenga un cierto número de fallas.

2.6.5.3.8. Gráfica u: Fracción de defectos por área de oportunidad.

Esta gráfica es una variación de la gráfica c, para casos en donde el producto o área de estudio sea de dimensiones variables. Se calcula el número de defectos por unidad inspeccionada “u” dividiendo el número de defectos de la muestra por el número de unidades inspeccionadas.

2.6.5.4. Cerrar y difundir el proyecto.

El objetivo de este apartado es el de transmitir las ventajas logradas con el proyecto six sigma así como el aprendizaje obtenido y las mejoras realizadas, dicha transmisión de logros ayuda a la organización a fortalecer la mejora continua y crear un ambiente de excelencia.

Debe elaborarse un informe técnico en el que se especifique de manera concisa lo más importante del proyecto como por ejemplo:

- La situación anterior y posterior al proyecto.
- Los costos y beneficios del proyecto.
- Listar los principales cambios y soluciones.
- Datos validados y analizados del producto y/o proceso.
- Los planes de control.

El control administrativo que establece la alta dirección permite coordinar y dirigir el desempeño del personal, a través de la delegación de actividades individuales y grupales; es decir, se busca que las personas se desempeñen como los directivos lo desean. Desde otro punto de vista, el control es referido en forma de evaluaciones y diagnósticos para reconocer los cambios del ambiente y sus efectos en la organización; también, trata de mantener los procesos y las tareas organizacionales bajo parámetros, restricciones y límites establecidos, de acuerdo con lo planeado. (López, 2012)



CAPÍTULO 3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE ENVASADO.

3.1. Proceso de envasado.

El envasado es la fase final del procesamiento de la leche UHT y se realiza en la máquina Adipack modelo ADIAS G⁵ 2X50, que envasa la leche herméticamente. Es muy importante tener un correcto envasado pues así se asegura la inocuidad del producto, es decir, se tiene la seguridad de que el producto no tendrá contacto con agentes externos que puedan perjudicar su limpieza como por ejemplo cuerpos patógenos que puedan provocar una enfermedad en el consumidor.

El empaque que utiliza la empresa Lácteos San Antonio C.A. para el envasado de la leche UHT es suministrado por la empresa Flexiplast de la ciudad de Quito, empresa certificada con ISO 9001:2008, la misma que elabora una gran variedad de empaques diseñados para varios productos y usos como por ejemplo galletas, detergentes, helados, fundas para la basura industrial y doméstica, etc.

3.2. Diagrama SIPOC

Es necesario conocer todos los recursos necesarios para que la envasadora Adipack tenga una operatividad adecuada. Llevar un registro para identificar todos los pasos previos y personal necesario permite evitar múltiples ineficiencias en la producción por la falta de algún recurso; dicho esto, ha sido necesario la elaboración de un diagrama SIPOC (Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers / Proveedor, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes).

A continuación en la figura 3.1, se muestra el diagrama SIPOC elaborado para el proceso de envasado aséptico. Lo que se muestra aquí, nos indica de manera detallada la organización que se debe mantener a la hora de empezar el envasado aséptico.



Figura 3-1 Diagrama SIPOC

CARACTERIZACIÓN		
Subproceso	Envasado aséptico	Responsable
		Operario
		Jefe de producción
		Supervisor
Objetivos	Envasado del producto cuidando su inocuidad	
Documentos del proceso		
Registro de Control de la envasadora Adipack		
Límites de especificación (pesos de producto)		
Cronograma de producción.		

Tipo de proveedor		Proveedor	Entradas	Actividades Generales del proceso	Salidas	Clientes	Tipo de cliente	
Int	Ext						Int	Ext
x		Tanques de almacenamiento TC	leche pasteurizada	1. Recepción de leche pasteurizada	Leche entera 1 litro			
	x	Flexiplast	Empaque polietileno	2. Ultra pasteurización	Leche entera 1/2 litro	Área de embalaje	x	
x		Jefe de producción	Registro	3. Enfriamiento	Leche semidescremada 1 litro			
x		Supervisor	Control de producción					
x		Operario Adipack	Mano de obra	4. Envasado aséptico				
x		Departamento UHT	Cronograma de producción					
Normatividad aplicable al proceso								
Interna				Externa				
Tabla de pesos de producto envasado				Norma FDA para el empaque ISO 22000, INEN 1334, INEN 483				
Recursos								
Humanos			Hardware/Software			Otros		
Supervisor			Envasadora Adipack			Guantes		
Operario						Mandil		
Jefe de producción						Balanza		

Fuente: Elaborado por el autor.



3.3. Descripción del empaque

El empaque fabricado por la empresa Flexiplast se lo conoce como FLEXI-VAC MLK, el cual es utilizado principalmente para el envasado aséptico de leche UHT.

Se trata de una película de 7 capas, en la que se han utilizado materiales especiales para brindar una alta barrera tanto a oxígeno, gases y vapor de agua, así como excelentes propiedades mecánicas y de sellado, manteniendo así las propiedades de la leche envasada sin que se necesite refrigeración por al menos 90 días. Según la dirección web de Flexiplast, (flexiplast.com, s.f.) otras de sus principales características son:

- Aplicación para el envasado aséptico de leche UHT.
- Este producto es una excelente opción para mercados donde no existe acceso a refrigeración por parte de los consumidores finales y se requiere mantener las características de la leche por períodos prolongados.
- Su costo por litro de leche envasado es mucho más bajo que otros empaques para leche UHT disponibles en el mercado.
- Ha sido utilizado con éxito en regiones con temperaturas ambientales de hasta 25 grados centígrados.
- La serie de películas del empaque MLK cumple con las normas de la FDA para esta aplicación. (Muestra la información nutricional del producto).

3.4. Demanda del producto.

La demanda de leche larga vida UHT se ha incrementado considerablemente en los últimos tiempos por su ventaja de que no necesita refrigerarse; contrastando con esto, está la leche pasteurizada, que si bien llegó primero al mercado ahora su demanda ha bajado formidablemente; por ejemplo, al inicio se elaboraba cerca de 50.000 litros diarios de leche pasteurizada y ahora se produce un volumen de entre 7.000 y 12.000 litros diarios.

La disminución de su demanda se debe precisamente al surgimiento de la leche Ultra pasteurizada (UHT). La producción diaria de leche “Larga Vida” en la empresa Nutri leche es el equivalente al 80% de toda la leche con la que trabajan, es decir, cerca de 272.000 litros diarios se destina a la leche UHT en todas sus presentaciones.

Para satisfacer la demanda de la leche UHT en presentación del empaque antes mencionado, se tiene una producción diaria de entre 90.000 a 100.000 litros diarios

3.5. Calidad del producto.

Lácteos San Antonio fue la primera industria en el país en obtener el certificado de calidad ISO 22000:2005. La certificadora del proceso fue Icontec (empresa internacional de certificaciones). Ese reconocimiento ayudó a la empresa en la apertura de nuevos mercados y a posicionarse a nivel nacional.



Las mejoras en calidad empezaron en 2004 con la implementación de “BPM” (Buenas Prácticas de Manufactura), esto implicó cambios en los procesos industriales y la capacitación al personal en normas sanitarias. El siguiente paso fue adoptar el Sistema Internacional “Hazard Analysis and Critical Control Point” (HACCP) el cual es un sistema de gestión en el que la seguridad alimentaria se aborda mediante el análisis de controles biológicos, químicos y físicos de la producción de la materia prima, la adquisición, la manipulación, fabricación, distribución y consumo del producto terminado logrando de esta manera la inocuidad en todas las etapas. (Diario EL TIEMPO, 2009)

3.5.1. Política de inocuidad de la leche.

La política de inocuidad de Nutrileche, se centra principalmente en la prevención de daños al consumidor, cuidando el producto desde su recepción a la planta hasta su distribución.

La empresa posee un sistema de inocuidad altamente calificado que garantiza la seguridad del producto. Como ya se mencionó, cuenta con la certificación ISO 22000 desde noviembre del 2011, que es la norma de inocuidad de alimentos. También cuenta con la norma INEN 9 que establece el control de parámetros para la leche cruda antes de su procesamiento.

Para el logro de este objetivo se analizan varias muestras de leche que entregan los proveedores, las muestras son llevadas al laboratorio de la empresa donde se hacen análisis de: antibiótico, prueba de alcohol (estabilidad de proteína), grasa, célula somática y PH. Se guían en parámetros que son entregados por el Jefe de Calidad, los mismos que cumplen la norma INEN 9.

3.6. Capacidad del proceso.

Al igual que todas las máquinas industriales, la envasadora Adipack tiene su proceso de alistamiento previo a su operación de envasado. Dicho alistamiento se conoce como “esterilización” en el cual se limpia el equipo para cuidar la limpieza de la leche.

Estos alistamientos le restan tiempo de operatividad al proceso, no obstante la capacidad de la envasadora Adipack es de alrededor de 3.000 litros por hora para cada línea. El modelo de la Adipack maneja dos líneas, A y B, por lo que la capacidad total llegaría a 6.000 litros por hora.

3.7. Árbol de Problemas para la situación actual.

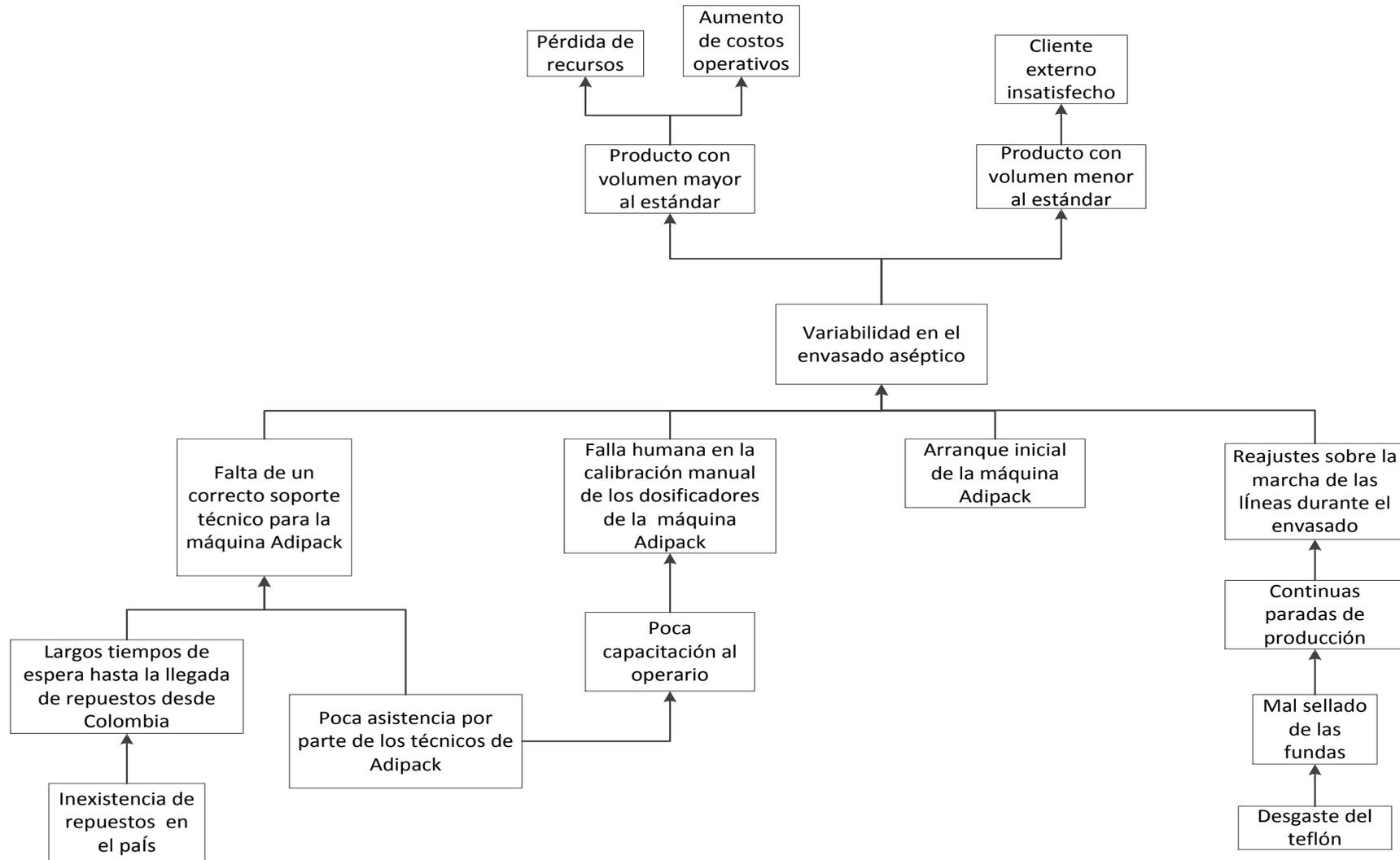
Con el “Árbol de Problemas”, podemos establecer hipótesis de las posibles causas que desencadenan la variabilidad y los efectos que ésta provoca en el envasado de la leche.



La información mostrada nos indica la situación actual del proceso y así también, nos da una guía de como direccionar el análisis del proceso y de las mejoras a aplicarse.



Figura 3-2 Árbol de Problemas.



Fuente: Elaborado por el autor.



CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Introducción.

En este capítulo se desarrolla la metodología six sigma como proyecto de tesis. La empresa Lácteos San Antonio de la ciudad de Cuenca, está interesada en dicho proyecto pues en el proceso de envasado de la leche se presenta variabilidad en el volumen final de la leche en funda. El objetivo es reducir la variabilidad de peso en la funda de leche de 1 litro mediante six sigma, encontrándose la causa raíz que provoca la variación, así también, el analizar el impacto que tendrá sobre la empresa y finalmente proponer mejoras que permitirían minimizar la variación, lo cual es, como se vio en el capítulo 2, el objetivo de la aplicación de six sigma.

4.2. ETAPA DE DEFINICIÓN.

La definición del problema se lo hace en función de comparación entre lo que es y lo que debería ser. Este será el punto de partida pues todo el análisis y las mejoras que se propondrán serán para resolver el problema planteado en este punto.

4.2.1. Selección del proyecto

Se ha decidido ejecutar un proyecto six sigma debido a que, el Director de Planta de la empresa Nutrileche, ha manifestado que se presenta una alta variación en el volumen de la funda de leche de 1 litro en empaque de polietileno del proceso de envasado aséptico, así también, como se vió primeramente al analizar las principales debilidades en la matriz FODA del capítulo 1 en las cuales se estableció como debilidad importante la variabilidad en el envasado; dicho lo anterior, se plantea aplicar la metodología six sigma que se enfoca en medir las pérdidas de producto por la variación, y cuantificarlas para proponer las soluciones al problema.

Otras de las condiciones que han aportado para la realización de este proyecto han sido:

- Tiempo de aplicación corto (de 3 a 6 meses).
- Rentabilidad del proyecto.
- Impacto sobre la satisfacción del cliente interno y externo.

Otro argumento a favor para la realización del proyecto, es que, el producto involucrado es el de mayor venta y su gran volumen diario de producción hace que las pérdidas por sobre-llenado sean considerables.

4.2.2. Problema

“Alto nivel de sobre-llenado de producto en el envasado de leche UHT de 1 litro, cuyo envasado se lo realiza en la máquina Adipack modelo ADIAS G⁵ 2X50.”



Dicho problema ha sido detectado desde hace ya algunos meses anteriores al inicio del presente trabajo de tesis por lo que es de interés de la empresa el mejorar el proceso y eliminar la(s) causa(s) que producen variación porque les ocasiona pérdidas monetarias diarias que son muy significativas.

4.2.3. Marco del proyecto.

El marco nos muestra un breve resumen de lo que se trata este proyecto, como por ejemplo el objetivo, las métricas, el alcance y los beneficios esperados. El marco del proyecto six sigma a aplicarse es el siguiente:

Tabla 4.1 Marco del proyecto

NOMBRE DEL PROYECTO	Propuesta de aplicación de la metodología six sigma para el proceso de envasado de la leche en funda de polietileno.			
Problema	Las altas pérdidas de producto por sobre-llenado en la cantidad envasada de leche UHT de 1 litro.			
Objetivo	Aumentar la eficiencia del proceso de envasado en 8% y el nivel "sigma" del proceso en 0,5; analizando y proponiendo las correcciones para la(s) causa(s) que provocan el sobre-llenado.			
Autor	Adrián Vásquez Vanegas.			
Alcance	El presente proyecto se realizará en el envasado aséptico que se produce en la máquina Adipack modelo ADIAS G ⁵ 2X50, la misma que envasa leche UHT en presentaciones de 1 litro y ½ litro.			
Recursos necesarios	Humanos	Procesos	Materiales	Informáticos
	<ul style="list-style-type: none">Personal administrativo y de planta	<ul style="list-style-type: none">Envasado aséptico	<ul style="list-style-type: none">BalanzaFunda de leche (polietileno)	<ul style="list-style-type: none">SoftwareBanco de datos
Métricas	<ul style="list-style-type: none">Peso.Volumen.Densidad.Desviación estándar.Índice de Capacidad de proceso.Variabilidad.			
Beneficios esperados.	<ul style="list-style-type: none">Ahorro de recursos.Cumplimiento de las expectativas del cliente interno y externo (consumidor)			
Fecha de inicio:	18 de Agosto del 2015.			
Fecha de término:	27 de Noviembre del 2015.			

Fuente: Elaborado por el autor.



4.2.4. Identificación del cliente.

El cliente, para efecto de reconocer las partes involucradas, son dos: interno y externo.

El cliente interno son los departamentos financieros, de producción y bodegas; cada uno involucrado de la siguiente manera: El departamento financiero percibe pérdidas de recursos pues con el sobre llenado se pierde gran cantidad de producto diariamente. El departamento de producción en cambio, no suministra la cantidad requerida por bodega, pues por lo general la cantidad solicitada es mayor a la cantidad producida; y bodega, confirma que no se abastece el stock deseado pues no puede distribuir las cantidades solicitadas por los mayoristas.

El cliente externo será el consumidor final, pues como se mencionó anteriormente, el consumidor puede llegar a recibir menos cantidad de producto por el mismo precio.

4.3. ETAPA DE MEDICIÓN.

4.3.1. Plan de recolección de datos.

La forma en que se recolecten los datos determinará el éxito del proyecto puesto que aquí se establece la situación actual y mide cuantitativamente que tan distanciado se encuentra la eficiencia actual con respecto a la eficiencia deseada.

Se procederá inicialmente a pesar varias muestras (fundas de leche) resultantes de la envasadora Adipack, estas muestras servirán para el análisis de la variabilidad la misma que se busca cuantificar.

Para esto se trabajará con un muestreo de toda la producción debido a que es imposible el pesaje de todas las fundas por dificultades como: la velocidad a la que trabaja la envasadora (50 fundas por minuto cada línea), no existen registros históricos de pesajes continuos y también porque la envasadora opera 16 horas seguidas por la gran demanda de este producto llegando a tener una producción de alrededor de 90.000 litros diarios. El tamaño de la muestra se calculará con la siguiente fórmula:

Ecuación 4.1 Fórmula del tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Fuente: www.psyma.com

En donde, N = tamaño de la población, Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada, Q = probabilidad de fracaso, i = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).



Los datos para el manejo de la ecuación mostrada son:

- $N= 45000$ (fundas diarias producidas por cada línea de la envasadora)
- $Z= 2,24$ (para una seguridad del 97,5%)
- $P=95\%$
- $q= 5\%$
- $i= 5\%$

Utilizando estos datos en la educación del tamaño de la muestra, se tiene que se debe manejar un mínimo de 95 muestras, pero, para efecto de manejo de cartas de control e histogramas, se utilizaran 100 datos. Estas herramientas estadísticas agrupan los datos en intervalos iguales por lo que son necesarias las 100 muestras para subgrupos de 5 muestras.

Los datos utilizados han sido recolectados en días diferentes, para que de este modo se perciba la variación por factores como cambios de materia prima y de los operarios que manipulan la envasadora. En el plan mostrado en la tabla 4.2 se establecen 3 fases importantes: Programa de medición, Documentar el proyecto y el Seguimiento y Control; la primera fase es importante pues la empresa muestra interés a partir de este punto una vez que quede claro el potencial del proyecto:



Tabla 4.2 Plan de recolección de datos.

FASE	TAREAS	MES/Semana											
		AGOSTO		SEPTIEMBRE				OCTUBRE					
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Programa de Medición:	Establecer el compromiso de la Alta Dirección.	■											
	1. Explicación al equipo de trabajo de lo que se va a hacer	■											
	2. Familiarizarse con los componentes. (Envasadora, balanza)		■										
	3. Pesaje de muestras		■	■	■	■							
Documentar el proyecto:	4. Recolección de información del mantenimiento de la envasadora					■							
	1. Situación actual de la envasadora								■				
	2. Capacitación sobre el objetivo a lograr a los miembros del equipo directivo								■	■			
	3. Beneficios del proyecto six sigma									■	■		

FASE	COLABORADORES				
	Supervisores UHT.	Operarios Adipack	Director de Planta	Jefe de producción	Adrián Vásquez
Programa de Medición:	x	x	x	x	x
Documentar el proyecto:				x	x
Seguimiento y Control:		x	x	x	

Fuente: Elaborado por el autor.



Para el “seguimiento y control” será necesario que se utilicen las siguientes herramientas una vez tomadas las muestras tal como se planteó en las fases precedentes:

- Diagrama de Ishikawa.
- Cartas de control: Xbarra-Rangos
- Registro de eficiencia y nivel sigma

El diagrama de Ishikawa se lo puede encontrar en el anexo 9, mientras que las cartas de control estarán presentes en la hoja de cálculo “Registro y eficiencia”. Para el uso de la carta de control se recomienda hacerlo con un mínimo de 100 muestras.

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

Este estudio preliminar a la toma de datos se lo realizó con el fin de que, al empezar el pesaje de las fundas de polietileno, se tenga confianza en los datos que se cuantifiquen. El equipo que actualmente se está usando es una balanza digital modelo DW-3000E con capacidad de hasta 3000 gramos.

Para efecto de este estudio se tomó en cuenta las consideraciones propuestas en el Libro de Gutiérrez y Salazar: “Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma”; y, adaptadas al presente trabajo de tesis se hizo:

- Se tomaron muestras durante 2 días diferentes de modo que cambien las condiciones ambientales en las que se realiza la producción.
- Se recolectó las muestras obtenidas de 2 operarios diferentes.
- Las muestras corresponden a diferentes turnos de trabajo.
- Se seleccionó de forma aleatoria 10 muestras producidas en toda la jornada.
- El número de ensayos “n” fue de 2.

Las muestras recogidas, bajo las condiciones mencionadas, han sido tomadas de manera aleatoria, esto es importante porque en este caso todos los elementos de una población tienen la misma probabilidad de ser escogidos, permitiendo determinar si la variación se mantiene a lo largo del tiempo. Los ensayos efectuados en la balanza digital se muestran a continuación:



Tabla 4.3 Reporte de ensayos de pesajes.

# Muestras	Día 1	Día 2	Rango (gramos)
	Ensayo 1 (gramos)	Ensayo 2 (gramos)	
1	1.045,00	1.045,50	0,50
2	1.044,00	1.044,00	0,00
3	1.052,00	1.051,50	0,50
4	1.038,00	1.038,50	0,50
5	1.036,50	1.036,50	0,00
6	1.042,50	1.042,50	0,00
7	1.054,00	1.054,50	0,50
8	1.042,50	1.042,50	0,00
9	1.030,50	1.030,50	0,00
10	1.050,00	1.050,00	0,00
Totales	10.435,00	10.436,00	2,00
Promedio	10.435,50		0,20

Fuente: Elaborado por el autor.

Estos datos de pesos son representativos de ambas líneas (A y B) para evaluar el pesaje de forma general de la envasadora; luego, una vez realizados los respectivos cálculos (incluidos en el anexo 2) se obtuvieron los siguientes resultados:

- a. Error de Repetibilidad y Reproducibilidad (σ R&R) = 0,172427.

Este resultado nos indica el intervalo en los cuales se encontrarán las medidas y está dado por: $X + (2,575 * 0,172427)$ y $X - (2,575 * 0,172427)$; es decir, una tolerancia de $\pm 0,44g$.

- b. Indicador de Precisión/Tolerancia (P/T) = 7,4%

El Indicador de Precisión/Tolerancia (P/T) determina si el equipo de medición es válido; para que sea válido el índice debe estar por debajo del 30%, y como se puede ver, está por debajo del máximo permitido por lo que el equipo para la medición está en buenas condiciones.

Cabe señalar que este estudio fue el "R&R corto", debido a que no se puede separar la repetibilidad y reproductibilidad; esta circunstancia se dio porque al calcular solo la reproductibilidad no se producirían errores por parte del operario en la lectura del peso, pues el resultado es claramente visible al tratarse de una balanza digital, la misma que está correctamente calibrada en las unidades deseadas (gramos).



4.4. ETAPA DE ANÁLISIS.

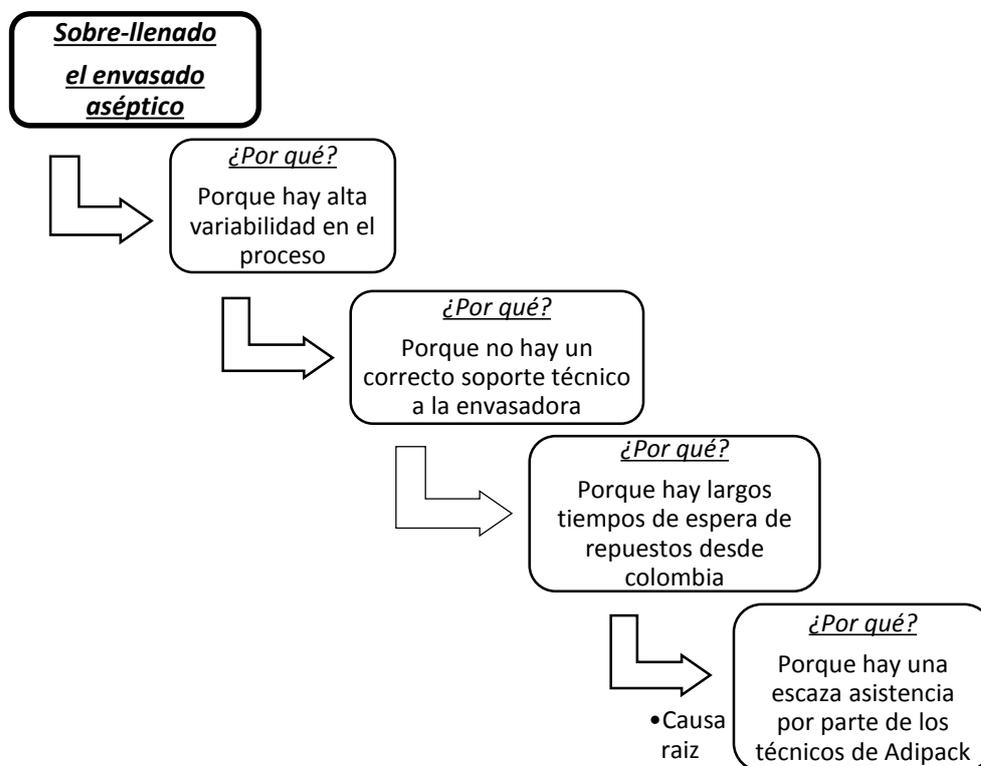
4.4.1. Diagrama 5 porqués

El principal problema como ya se mencionó, son las altas pérdidas de producto por sobre-llenado en el envasado aséptico; este problema se analizará utilizando los 5 porqués y el diagrama de Ishikawa conjuntamente, en donde se representa gráficamente las causas del problema. Al usar el diagrama de Ishikawa se hace uso de las 5 M's (Mano de obra, Materia prima, Método, Máquina y Medio ambiente).

Este análisis 5 porqués se lo ha realizado mediante conversatorios con el director de planta, jefe de planta, supervisor de mantenimiento y operarios.

En las visitas a planta para evaluar cada circunstancia, se observó que el "Medio ambiente" no tiene ningún tipo de relación con el sobre-llenado del proceso, esto debido a que el lugar de trabajo de los operarios está bien organizado, sus actividades se realizan bajo estrictas normas de seguridad y hay buenas relaciones interpersonales entre compañeros y superiores, por lo que el medio ambiente se descarta para un análisis 5 porqués. A continuación se presenta en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 el análisis para Máquina, Mano de obra y Método respectivamente.

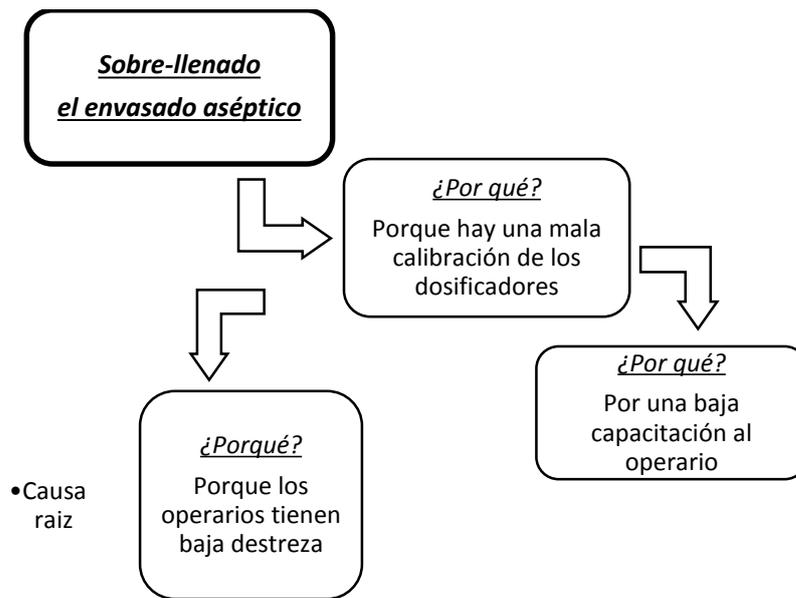
Figura 4-1 Diagrama 5 porqués: Máquina



Fuente: Elaborado por el autor.

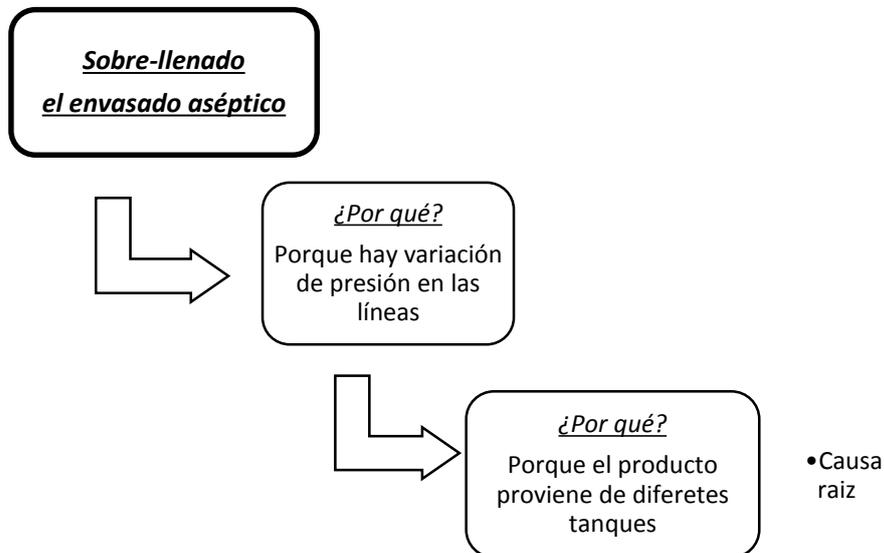


Figura 4-2 Diagrama 5 porqués: Mano de obra



Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 4-3 Diagrama 5 porqués: Método



Fuente: Elaborado por el autor.

Para la rama de “Materia prima” no se toma en cuenta su causa raíz (Bobinas de polietileno en mal estado), debido a que no tiene una frecuente ocurrencia al momento de la producción y no influye determinadamente en la variación del volumen del producto.



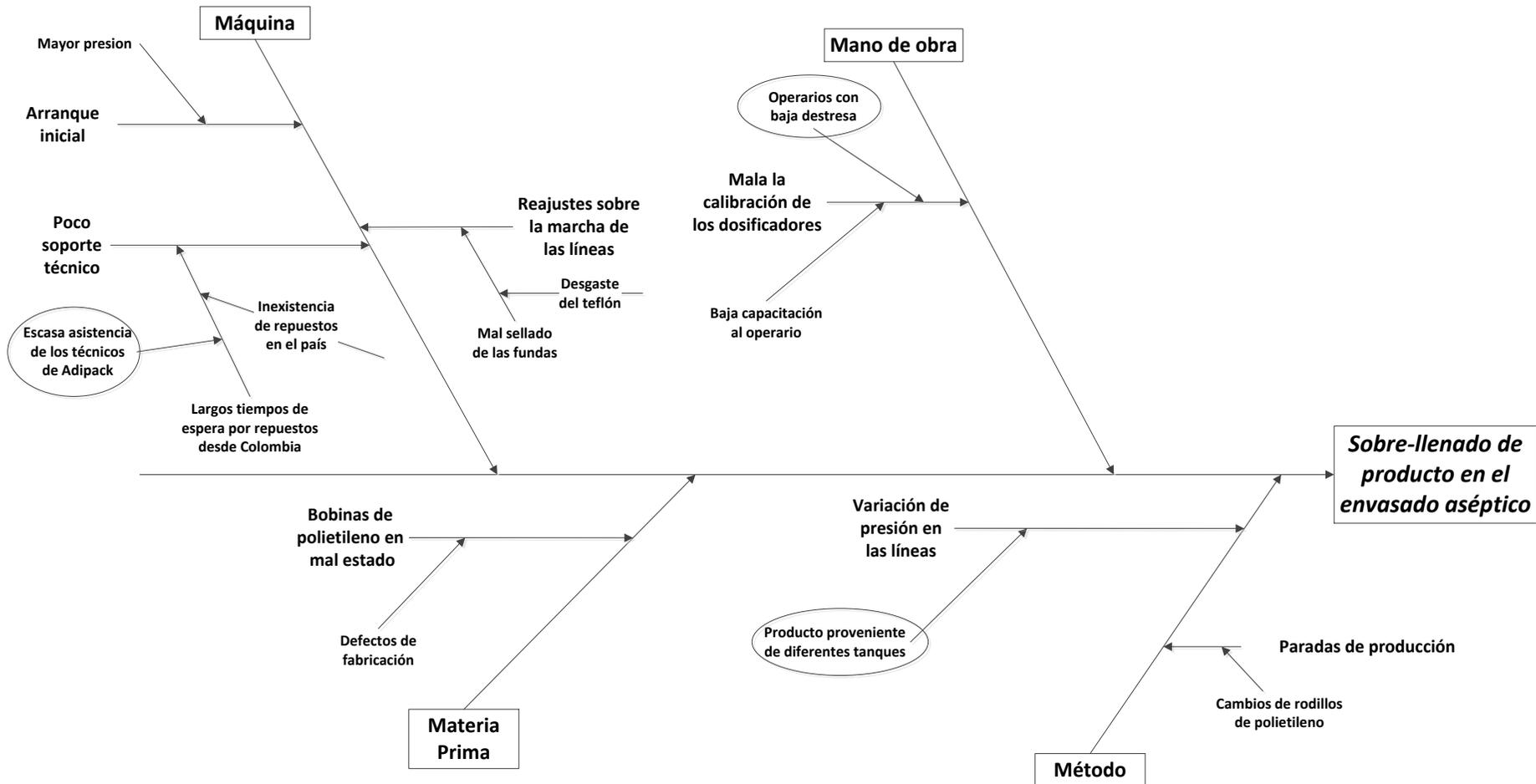
4.4.2. Diagrama causa-efecto.

En esta tercera fase del programa six sigma se determinan las causas potenciales que se observan en los diagramas 5 porqué del punto anterior, para el análisis de dichas causas, se recolectó información mediante conversatorio con los operarios y de observación directa de las actividades de los mismos durante su jornada laboral en la envasadora Adipack.

Toda la información recolectada ha sido de ayuda para la elaboración del diagrama “Causa-Efecto” con el fin de representar gráficamente todas las circunstancias que llevan a la existencia de variabilidad en el proceso. A continuación en la figura 4.4 se ilustra el “Diagrama de Ishikawa” o causa-efecto con las principales causas que permitirán el análisis del proceso.



Figura 4-4 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaborado por el autor.



Como se puede observar, las principales causas raíces del problema son:

- Escasa asistencia de los técnicos de Adipack.
- Operarios con bajas destrezas.
- Producto proveniente de diferentes tanques.

Cada causa raíz tendrá diferente impacto en la variabilidad del proceso, el análisis de cada una se explica a continuación:

4.4.2.1. Análisis de la causa raíz.

Una de las causas principales ha sido la “escasa asistencia de los técnicos de Adipack”; cabe señalar que la empresa Adipack es de Colombia. La determinación de esta circunstancia como la principal causa raíz se ha establecido debido a que en conversaciones con los operarios, Director de planta y encargados de mantenimiento han llegado siempre a la misma conclusión.

La empresa afirma que ha tenido poco apoyo por parte de los técnicos de Adipack quienes no han atendido los requerimientos necesarios y provoca que en consecuencia la envasadora opere con la alta variabilidad. Su ayuda es imprescindible, pues aportan con capacitaciones tanto a operarios como a los encargados del mantenimiento. Esta causa raíz es una causa externa a la empresa y resulta ser inadmisibles para poder mejorarla, y también porque la información que posee la empresa es muy limitada; por lo tanto, se analizará más a detalle las otras causas que también tienen un efecto importante y son considerables a mejorar.

Operarios con bajas destrezas: Al decir que los operarios tienen un nivel de destreza bajo, se refiere a que cada operario tiene distinta manera de calibrar los dosificadores de la envasadora, pues esta calibración del dosificador para cada línea (A y B), influye en el volumen del producto y dicha calibración depende de la experiencia del operario, teniendo valores del dosificador que van desde 40325 hasta 42289 para el dosificador A y de 36164 a 38645 para el dosificador B; estos valores son medidas de “grados de referencia”, en donde, cuando este valor rodea los 40000, significa que envasa 1 litro de producto, mediante un mecanismo que permite el paso de producto que cede una membrana que se encuentra en los dosificadores de la envasadora y si mayor es el dígito, mayor será el volumen envasado.

Producto proveniente de diferentes tanques: Esta causa se refiere a que la envasadora Adipack opera con leche que llega desde los tanques Flex 7, Flex 13 y Tanque aséptico (tanques donde se realiza la Ultra-pasteurización), esto se conoce como el circuito aséptico. El tanque flex 7 trabaja directamente con la envasadora, mientras que el tanque aséptico y flex 13 proveen a la envasadora Adipack y a otras máquinas al mismo tiempo.



Este circuito también produce variación en el volumen final de cada funda pues con el equipo directo se tiene desviación estándar que está alrededor de 11,66 (gramos) para la línea A y 20,11g para la línea B. Mientras que cuando se trabaja con el tanque flex 13, se tiene una desviación de 16,84g para la línea A y de 21,41g para la línea B.

La mayor parte del tiempo, la envasadora opera con los tanques Flex 7 y Flex 13, pero cuando trabaja con el tanque aséptico se encontró que el proceso es más estable, teniendo una desviación estándar de 4,26g para A y de 3,64g para B.

Las muestras que determinaron esta variación se encuentran en el anexo 3.

4.4.3. Análisis de la capacidad de proceso.

Como se vió en el capítulo 2, la capacidad del proceso determina si se están cumpliendo o no con los parámetros de calidad deseados. El análisis comparativo de las líneas permite determinar cuál de estas tiene mayor estabilidad. Todos los datos de pesajes se muestran en el anexo 4 y 5.

Se recolectaron 25 muestras en diferentes días durante cuatro días dando un total de 100 datos para cada línea, este es un valor recomendable para el manejo de histogramas y cartas de control. Los límites de especificación para leche entera y semidescremada de un litro han sido dados por la propia empresa, estos son:

Tabla 4.4 Especificaciones de producto (1 litro)

Límites de envasado	Gramos	Mililitros
Límite inferior	1026	988,25
Peso óptimo	1034	996,12
Límite superior	1038	1000

Fuente: Lácteos San Antonio C.A

Para mayor facilidad del análisis de los datos, se ha utilizado el programa MINITAB 15, su opción de análisis de capacidad de proceso Sixpack, el mismo que presentan 6 gráficas de análisis.

4.4.3.1. Análisis comparativo: Línea A - Línea B

De las muestras obtenidas de la línea A, se determinaron los valores de \bar{X} y la desviación estándar (σ), estos datos son importantes para calcular la capacidad de un proceso:

- \bar{X} : 1.006,80 g
- Desviación estándar (σ): 8,040148577

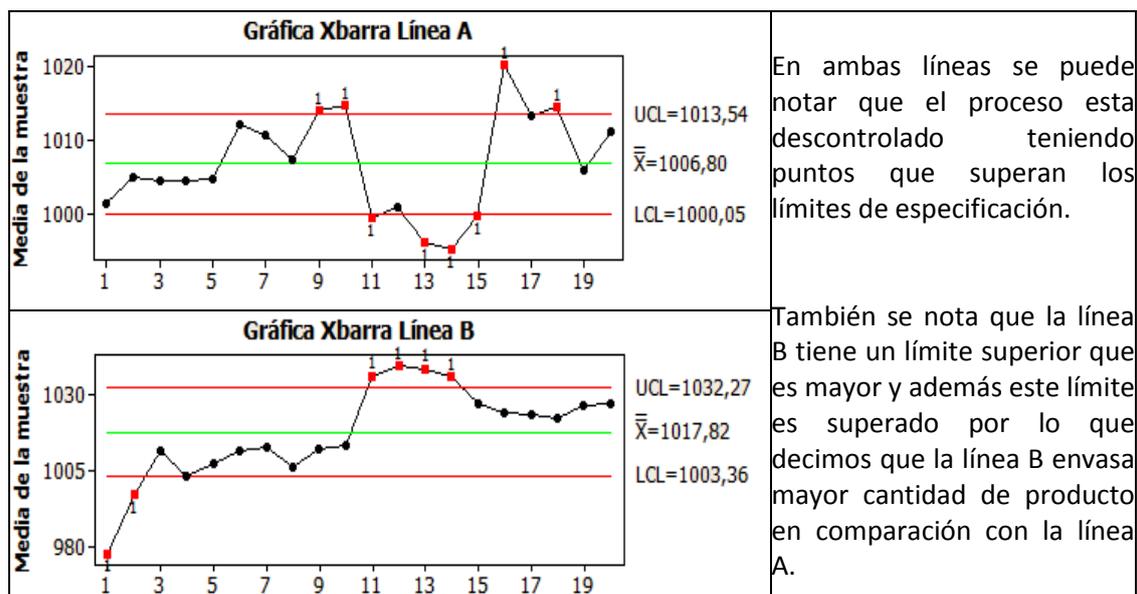


De igual forma, para el análisis de la línea B, las muestras obtenidas determinaron los valores de \bar{X} y la desviación estándar (σ):

- \bar{X} : 1.017,82 g
- Desviación estándar (σ): 17,91737862

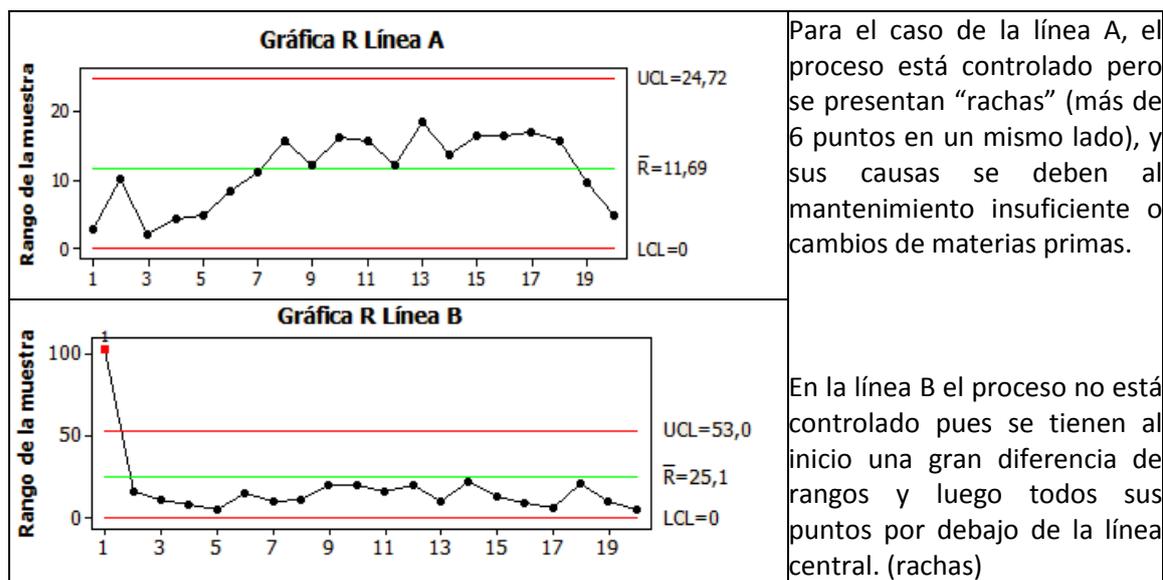
Con estos resultados de la desviación estándar “ σ ”, tenemos un valor de variación del peso que indica que la línea B es mucho mayor al de la línea A; es decir, la línea B presenta una alta inestabilidad en el envasado con respecto a la línea A.

Figura 4-5 Gráficas Xbarra.



Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 4-6 Gráficas Rangos

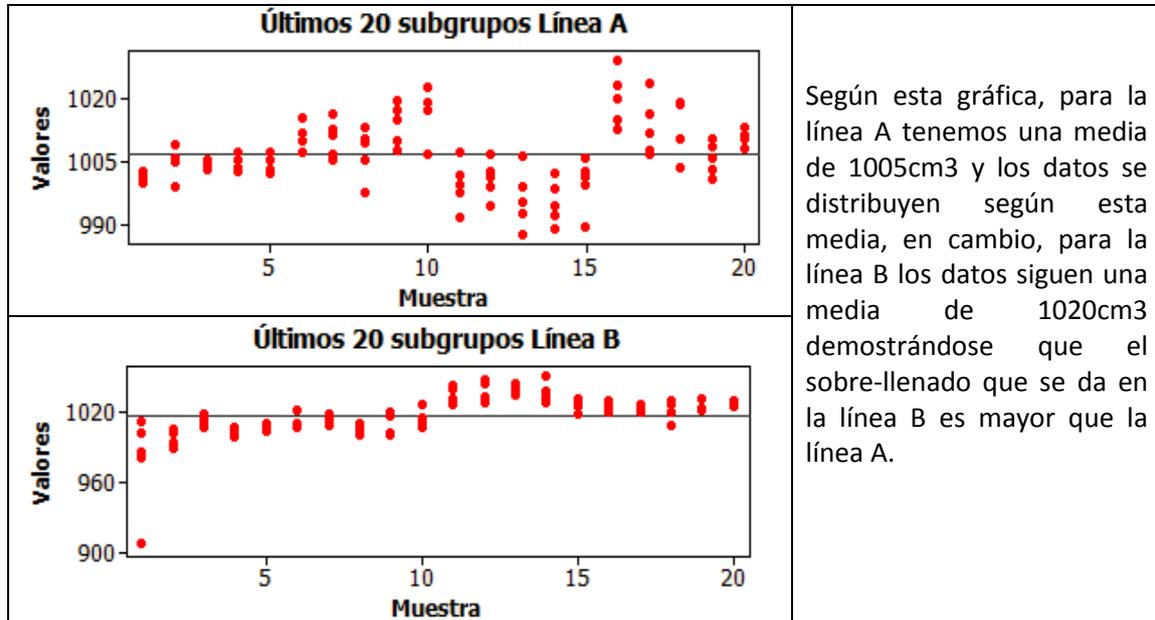


Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 4-7 Gráficas de Subgrupos

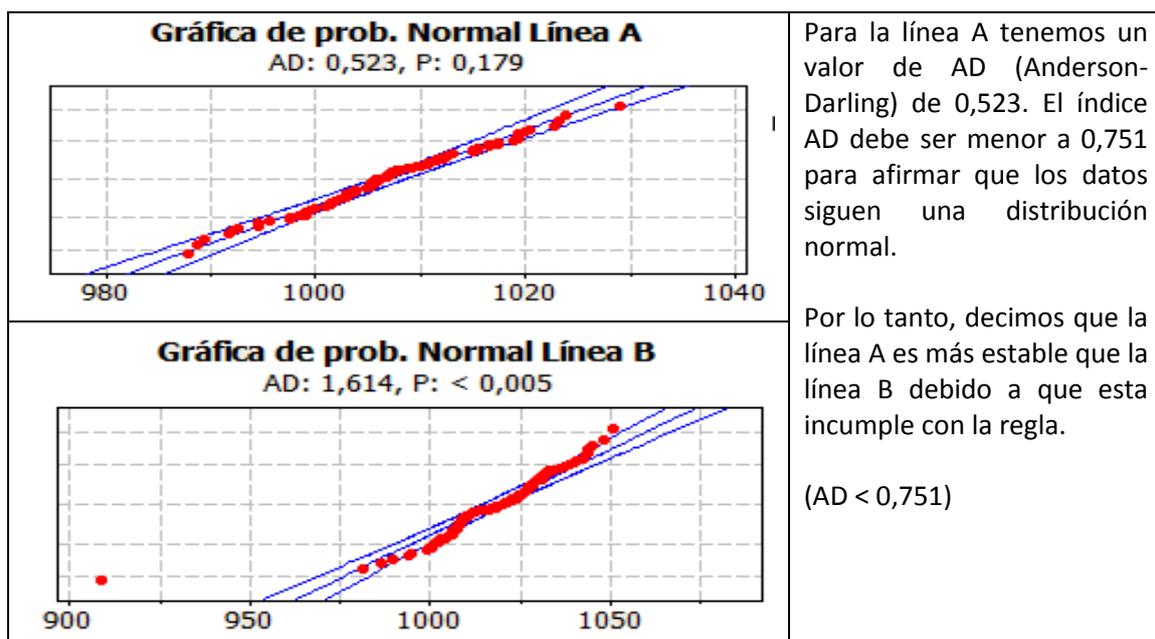
Esta gráfica muestra a los datos agrupados y su distribución horizontal.



Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 4-8 Gráficas de probabilidad normal.

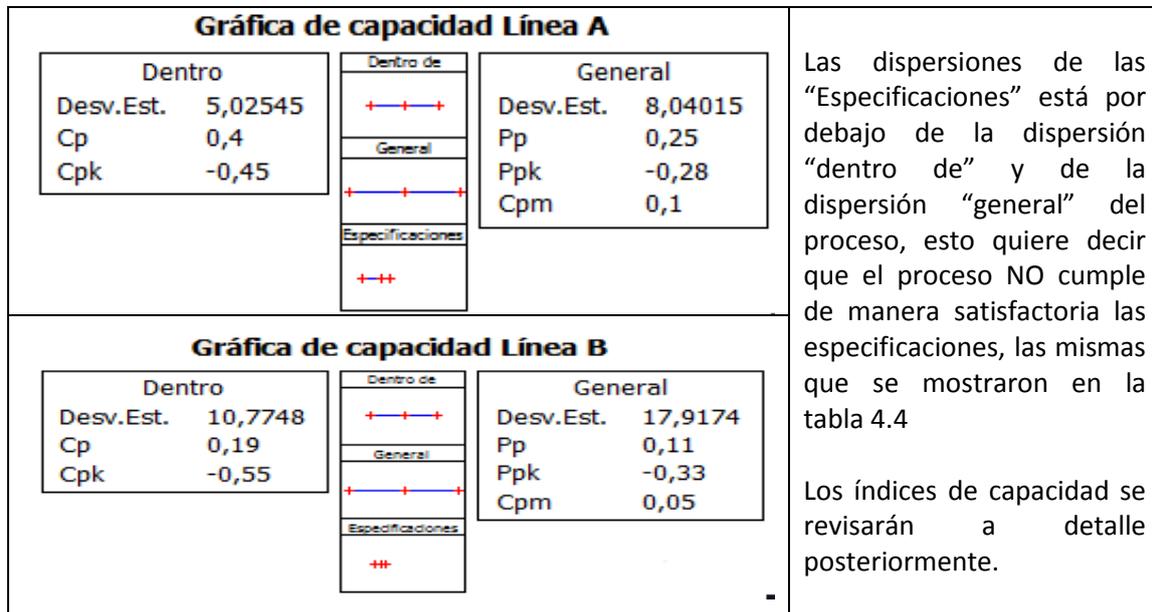
La gráfica de probabilidad normal indica si los datos siguen una distribución normal; el índice de confianza utilizado fue del 95%.





Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 4-9 Gráficas de capacidad

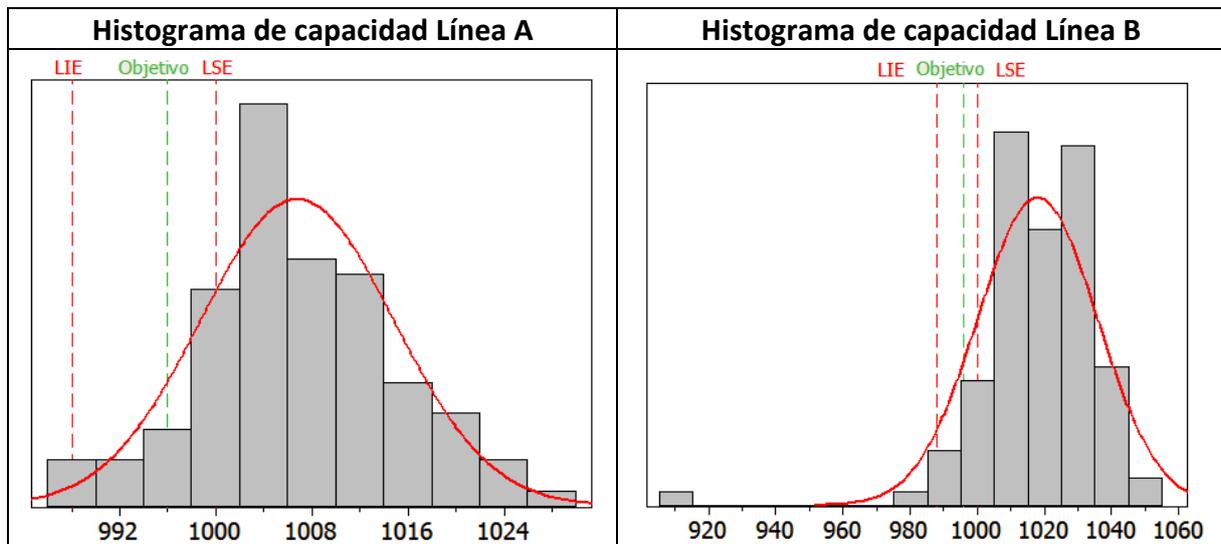


Fuente: Elaborado por el autor.

4.4.3.2. Histograma de capacidad Línea A - Línea B

El histograma presentado será de vital importancia pues el impacto de la variación en el envasado se podrá cuantificar. A continuación en la figura 4.6 se visualizan los histogramas y sus indicadores más importantes.

Figura 4-10 Histograma de capacidad Línea A - Línea B



Fuente: Elaborado por el autor.



Se sabe que el histograma nos muestra el comportamiento del proceso y a su vez, si dicho comportamiento cumple o no con las especificaciones del producto. A simple vista se puede ver que en ambos casos, las distribuciones superan el límite superior de especificación (tabla 4.4), concluyendo que existe un alto nivel de sobrellenado. A continuación se presenta los datos concernientes al histograma de cada línea:

Tabla 4.5 Índices de Capacidad.

Datos	LÍNEA A	LÍNEA B
LIE (g)	988	988
Objetivo (g)	996	996
LSE (g)	1000	1000
Medida de la muestra (g)	1006,8	1017,82
Número de muestras	100	100
Desv. Est. (General)	8,054015	17,9174
Capacidad general		
Pp	0,25	0,11
PPL	0,78	0,55
PPU	-0,28	-0,33
Ppk	-0,28	-0,33
Cpm	0,10	0,05
Exp. Rendimiento general		
PPM < LIE	9699,27	48050,55
PPM > LSE	801020,64	839965,44
PPM Total	810719,92	888015,99

Fuente: Elaborado por el autor.

Las conclusiones respectivas a los datos mostrados se explican en los siguientes apartados:

4.4.3.2.1. Capacidad general

4.4.3.2.1.1. Índice de Capacidad Cp (Pp)

El mínimo recomendado es de 1,33 por lo que podemos afirmar que ninguna línea cumple las especificaciones del cliente pues se explicaría que la tolerancia requerida es mucho menor que la desviación del proceso, pero, así también, se nota que la línea A está más cercana a los límites y especificaciones mostrados de mejor manera que la línea B.

4.4.3.2.1.2. Índice de Capacidad inferior Cpi (PPL)

Así también, un mínimo recomendado es de 1,25 para aseverar que el proceso cumple con la especificación inferior. La línea A se acerca más a este objetivo que la



línea B aunque remotamente. Es importante el cumplimiento del límite inferior para que no se envase menos leche.

4.4.3.2.1.3. Índice de Capacidad superior Cps (PPU)

Este es el valor más crítico pues tiene un valor negativo para ambos casos y muy lejanos al recomendado (1,25), esto quiere decir que se está sobre-llenando leche en cantidades muy altas. Nuevamente para el caso de la línea B se cuantifica que sobre-ensava producto en mayor cantidad.

4.4.3.2.1.4. Índice de Capacidad real del proceso Cpk (Ppk)

La capacidad real toma en cuenta el centrado del proceso y es el valor mínimo entre Cps Y Cpi, y al ser menor que 1 indica que el proceso no es capaz de cumplir con por lo menos una de las especificaciones y se incumple por parte de ambas líneas y críticamente por parte de la línea B.

4.4.3.2.1.5. Índice de Capacidad real del proceso Cpm

El índice Cpk no contempla el valor nominal u objetivo, para esto se utiliza el Cpm el cual examina la dispersión del proceso y el desplazamiento de la media del proceso con respecto al objetivo y los compara con la dispersión de especificación. Así también se tiene un valor bajo, lejos del objetivo (>1). Ninguna línea se acerca al objetivo de envasado de 996cm³.

4.4.3.2.2. Rendimiento general

Los datos de “Exp. Rendimiento general” nos indica las PPM (partes por millón) de producto defectuoso; como se puede observar, tenemos 9699 partes por millón de productos que son sub-ensavados y 801020 PPM de productos que tienen un sobre-ensavado de leche para la línea A, y para la línea B tenemos 48050 PPM de productos sub-ensavados y 839965 PPM de productos sobre-ensavados. Con la cantidad de PPM que son mayor al límite de especificación superior concluimos que el proceso está perdiendo gran cantidad de recursos y que la línea B pierde mucho más producto en comparación con la línea A.

4.4.4. Conclusión de la etapa Análisis

Se ha conseguido explicar de mejor manera los inconvenientes que día a día se presentan en la envasadora y se detalla a continuación lo más importante:

4.4.4.1. Medición de la variabilidad

Se ha podido cuantificar la variabilidad del envasado aséptico, demostrándose que la línea A es más estable que la línea B, es decir, la línea A cumple de mejor manera los parámetros de calidad del producto tales como Cp, Cpk, Cpi, Cps y Cpm. La línea B tiene una desviación estándar que es 122% superior a la desviación de la línea A por lo que esta variación de la línea B es problemática y genera mayores pérdidas.



4.4.4.2. Causa raíz

Las causas raíces a tratar para una mejora del proceso son: la destreza del operario y el producto que proviene de diferentes tanques de ultra-pasteurización. Algo importante que hacer notar es que, si los técnicos de Adipack dieran oportunamente su asesoramiento, no hubiera ciertas dificultades en el manejo de la envasadora, tales como una mejor capacitación al operario y asistencia técnica a la máquina, además de que se envíen los repuestos adecuados al país y a tiempo para que la envasadora cumpla con el programa de mantenimiento establecido.

4.4.4.3. Igualar las líneas.

Si bien la línea A también presenta sobre-llenado en sus productos, se tomará como modelo para la línea B pues esta tiene pérdidas aún más considerables que la línea A. El igualar la línea B hacia la A, hará que la variabilidad disminuya considerablemente, así también, como se vio en el índice de capacidad superior (Cps/PPU), la línea B sobre-llena en mayor cantidad y, como se verá posteriormente, la igualación de las líneas tendrá un impacto positivo en cuanto al ahorro de recursos.

4.5. ETAPA DE MEJORA.

De la fase anterior del proyecto six sigma, tenemos que las principales causas raíz a mejorar son: Operarios con bajas destrezas y producto proveniente de diferentes tanques; por lo que, en la fase mejorar, se determinan las acciones a tomar para mitigar las pérdidas por sobre-llenado. Se recalca que se toma como modelo a la línea más estable, que en este caso es la línea A, pues como se verá más adelante la línea B desperdicia aproximadamente 900 litros diarios, con lo que alineando la línea B hacia la A se espera tener un ahorro de hasta un 38% de producto. A continuación, se presenta las propuestas de mejora para conseguir que el rendimiento de la línea B se asemeje al rendimiento de la línea A.

4.5.1. Propuestas de mejora.

Dado que efectuar una mejora a la parte mecánica de la envasadora resulta ser inadmisibles porque los técnicos expertos en la envasadora no responden a la empresa, se propone realizar mejoras parciales en el desempeño del operario, de modo que esto permita mejorar la eficiencia de la línea B disminuyendo su desperdicio.

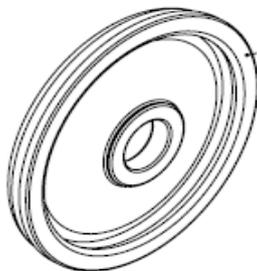
4.5.1.1. Inspecciones periódicas en la calibración del dosificador

Lo que se ha analizado previamente, ha sido la destreza del operario pues como se mencionó anteriormente, cada uno calibra el dosificador de la envasadora según sea su percepción, por lo que es necesario establecer inspecciones que el operario deberá efectuar para tener más control sobre la marca del dosificador de modo que disminuyan las pérdidas de producto por este motivo.



Esta marca del dosificador será en función de una membrana interna del mecanismo, pues entre más nueva sea, mayor será el nivel de marca en la calibración del dosificador.

Figura 4-11 Membrana del dosificador



Fuente: Lácteos San Antonio C.A

Como ya se mencionó, la marca del dosificador será en función del número de horas que tenga la membrana en funcionamiento, en las siguientes imágenes se muestra los niveles a los cuales puede llegar una membrana nueva y usada:

Figura 4-12 Marca de la dosificación.

Marca: membrana nueva	Marca: membrana usada
<p>PRODUCCION ESTERIL UHT OK 17/10/2015 9:40a TOTAL: 24235 UND. HORAS PRODUCCION 15765 BOCAL L 50 upm BOCA M 50 upm 2L - 1000ml - 50 upm 2M - 1000ml - 50 upm DOS: 42164 12163 UNID. DOS: 46123 12072 UNID. MAQUINA ESTERIL EN PRODUCCION</p>	<p>PRODUCCION ESTERIL UHT OK 17/10/2015 10:24a TOTAL: 17930 UND. HORAS PRODUCCION 15692 BOCAL L 50 upm BOCA M 50 upm 2L - 1000ml - 50 upm 2M - 1000ml - 50 upm DOSIF: 40338 9437 UNID. DOS: 36179 8493 UNID. MAQUINA ESTERIL EN PRODUCCION - CAMBIAR MEMBRANAS VALV ASEPTICAS HORAS TRA CAMBIAR MEMBRANAS DOSIFICADORES HORAS TRABAJO > CAMBIAR FILTRO MICROBIOLOGICO HORAS TRABAJO >24</p>

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se puede ver, una membrana nueva (imagen izquierda) tiene valores de dosificación mayores a una membrana usada (imagen derecha), estos valores son los correspondientes a las bocas “L” y “M” que son las líneas A y B respectivamente que son controladas por la membrana.

Lo que se propone es establecer una inspección rutinaria de estos niveles en intervalos de 10 a 15 minutos, pues el operario lleva en el registro de la envasadora Adipack, el peso del producto medido cada 20 minutos, pero dada la alta variabilidad del proceso es necesario realizar las mediciones cada 10 o 15 minutos con el objetivo



de recalibrar el dosificador en caso de ser necesario. Esta inspección servirá esencialmente, para que el operario recalibre el dosificador más seguido, pues en 20 minutos se envasarían alrededor de 1000 litros con sobre-llenado.

Este control de inspección se deberá realizar con especial atención cuando la envasadora trabaje con el tanque flex 13; ya se vio en la fase de análisis que este tanque produce una mayor variación en el envasado y por consiguiente, provoca mayores pérdidas.

4.5.1.2. Reajuste temporal de la calibración del dosificador

En las observaciones del desempeño de los operarios que trabajan con la envasadora Adipack, se pudo notar que, cada 50 o 60 minutos, se hace el cambio del rollo de polietileno, este polietileno es en donde se envasa la leche de 1 litro tal como se muestra en la figura 4.13. Cada vez que hay este cambio de polietileno, se debe parar la producción de la línea a la cual se le está haciendo dicho cambio, esto tiene repercusiones sobre la línea contraria pues esta empieza a sobre-llenar con mucho más producto todos sus envases; los datos del anexo 6 medidos el 22 de octubre del 2015 muestran dicha circunstancia.

Figura 4-13 Rollo de polietileno.



Fuente: Lácteos San Antonio C.A

Dado que la envasadora trabaja a 50 unidades por minuto, se pudo recolectar 17 muestras de la línea B mientras se realizaba el cambio de rollo de la línea A y se obtuvo un promedio de sobre-llenado de $40,43 \text{ cm}^3$ por cada envase, más adelante se mostrará que el sobre-llenado que existe antes del cambio del rollo es aproximadamente de $9,29 \text{ cm}^3$ para la línea A y de $20,73 \text{ cm}^3$ para la línea B por lo que el sobre-llenado para la línea B aumenta un 95%. Esta situación se da porque al cerrarse un dosificador la presión que correspondía a esta línea se distribuye hacia el dosificador que está en funcionamiento lo que en consecuencia, hace que pase más producto, sobre-llenando los envases.



El tiempo aproximado que dura el cambio del polietileno es de 3 minutos y 27 segundos, en este tiempo se envasarían 172 empaques con un excedente de 0,04043 litros cada uno, siendo un equivalente a 6,95 litros. Durante toda la jornada se efectúan 14 cambios de rollos con lo que las pérdidas totales serían 97,35 litros diarios, en costos son 58,09 dólares diarios o 406,64 dólares semanales en pérdidas.

Como mejora para el proceso, mientras se hace el cambio de rollo, se propone bajar la marca del dosificador contrario alrededor de 100 unidades pues esto cerraría la membrana, la misma que permite el paso del producto. Así también, al término del cambio de rollo, el operario deberá volver a subir inmediatamente la marca del dosificador para que vuelva a normalizarse el proceso.

4.5.2. Medición del nivel actual de sigma.

En un proyecto “six sigma” se debe manejar como referencia el número de “sigmas” (σ) del proceso, que denota la eficiencia del proceso.

Para este proyecto de tesis se midió el nivel de sigma para cada línea (A y B) y el sigma global de la envasadora Adipack, esto debido a que se ha planteado el objetivo principal de aumentar la eficiencia de la línea B y su nivel de sigma, de modo que se ajuste a la línea A.

El cálculo del sigma para cada línea y el sigma global, se lo ha conseguido mediante la distribución normal, calculando los índices “Z” tanto superior como inferior. Estos índices se compararon con los valores tabulados de la distribución normal y así obtener su probabilidad para finalmente compararlos en la tabla de conversión del nivel de sigma y rendimiento del anexo 8.

Los límites utilizados para el parámetro “X” son los mismos de la tabla 4.4, la media “ \bar{X} ” y la desviación estándar “S” son los respectivos a cada línea mostrados al inicio del punto 4.3.3.1.

En las siguientes tablas 4.6, 4.7 y 4.8 se presentan los resultados de los índices Z y rendimiento de cada línea; los cálculos del índice Z se encuentra en el anexo 7.

Tabla 4.6 Rendimiento actual del proceso línea A.

Z		Probabilidad
Zs	-0,84	0,29955
Zi	-2,29	0,48899
Rendimiento del proceso		0,18944

Fuente: Elaborado por el autor.

**Tabla 4.7 Rendimiento actual del proceso línea B.**

Z		Probabilidad
Zs	-0,99	0,33891
Zi	-1,64	0,44950
Rendimiento del proceso		0,11058

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 4.8 Rendimiento actual total del proceso.

Z		Probabilidad
Zs	-0,83	0,29389
Zi	-1,61	0,44520
Rendimiento del proceso		0,15131

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se observa, para cada línea y para el total de la envasadora se obtuvo su respectiva probabilidad de que el proceso cumpla con las especificaciones; este valor lo comparamos con la tabla de conversión de sigmas y rendimiento del proceso del anexo 8 y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 4.9 Nivel actual de sigma del proceso.

Eficiencia		Sigma
A	18,94%	0,62
B	11,06%	0,27
Proceso	15,13%	0,46

Fuente: Elaborado por el autor.

El nivel de sigma de las tres mediciones analizadas resulta ser muy bajo, esto lo comprobamos con los datos obtenidos de la fase “Análisis” en donde se cuantificó que el sobre-llenado de producto es superior al límite superior de especificación.

4.5.3. Nivel de sigma del proceso mejorado

Al aplicar las mejoras mencionadas al proceso de envasado, se espera que la eficiencia de la línea B mejore hasta un 7,88% y del total del proceso hasta un 3,81%. Con estos nuevos valores, se tiene un nuevo nivel de sigma para la línea B y para el proceso; la tabla de comparación del nivel de sigma y rendimiento se muestra a continuación:



Tabla 4.10 Nivel de sigma del proceso mejorado (propuesto)

Eficiencia actual		Eficiencia del proceso mejorado	Porcentaje de mejora	Sigma actual	Sigma mejorado
B	11,06%	18,94%	7,88%	0,27	0,62
Proceso	15,13%	18,94%	3,81%	0,46	0,62

Fuente: Elaborado por el autor.

Al igualar la eficiencia de las líneas (A y B), se espera una mejora sustancial de la eficiencia de la línea B, pasando de 11,06% a 18,94%; un aumento de 7,88% podría verse como muy poco pero, analizando la información estimamos un ahorro de producto perdido de hasta un 38%, equivalente a 514 litros diarios que son 306 dólares.

Es importante que la mejora debe ser continua, es decir, no establecer como límite el haber aumentado la eficiencia a 18,94% porque esta eficiencia es en función de la línea A, si bien es más estable que la B pero recordemos que esta línea tampoco cumple con los requerimientos y tiene alta variación y alto sobre-llenado, por lo que, como fase inicial, es igualar la línea B hacia la A para en una fase posterior mejorar la línea A y reducir sus pérdidas para que de esta manera, nuevamente se iguale la línea B y continuar así sucesivamente.

4.5.4. Análisis de costos.

Los costos son parte importante para el proyecto six sigma pues se evalúan las pérdidas monetarias que la envasadora está provocando con el sobre-llenado, a tal manera de poder visualizar de mejor manera el significado de todos los datos calculados y mencionados en los puntos anteriores. Así también, se incurrirá en calcular los costos de pérdida de cada línea por separado.

De los datos tomados del anexo 4 y 5, consideramos las muestras con “sobre- envasado” para cuantificar el volumen que se está excediendo del total de las 100 muestras de cada línea y hacer una estimación de cuanto sería la pérdida diaria en litros. De las muestras con “Sub-llenado” se obtienen que son 17 para la línea A y 7 para la línea B, estos casos de sub-llenado son muy pocos pues dado que por cuestiones legales la empresa no puede envasar menos de 1 litro, se ha optado por el sobre-envase, el mismo que aunque de pérdidas económicas, es necesario para evitar sanciones si se comercializara producto sub-llenado. Para el análisis de costos por sobre-llenado, ha sido necesario conocer el costo de producción de 1 litro de leche entera el cual es de 59,67 centavos de dólar y la producción diaria aproximada que es de alrededor de 45000 litros diarios por cada línea.

En el siguiente cuadro se puede notar las pérdidas que incurren en cada línea:



Tabla 4.11 Costos de pérdida del proceso.

Línea	Número de muestras con sobre-llenado	Volumen total en exceso (cm3)	Volumen unitario en exceso (cm3)	Volumen total perdido en una jornada de trabajo (litros)	Costo total diario (\$)
A	82	762,14	9,29	418,25	249,57
B	93	1927,67	20,73	932,74	556,57
Total	175	2.690	30,02	1.350,99	806,14

Fuente: Elaborado por el autor.

Aproximadamente, la empresa pierde 1350 litros de leche en el día y en costo se traduce a \$806,14 diarios que son aproximadamente \$24000 al mes, esto sin lugar a dudas, es una cantidad bastante alta de recursos perdidos. Así también, debemos reconocer que al perder 1350 litros diarios equivalen a \$1147,5 dólares en ventas perdidos pues cada litro se vende en 0,85ctvs.

4.5.5. Mejora de los costos

Un aumento de eficiencia de la línea B generará ahorros de producto 514 litros de producto al día, como se vio en el punto 4.5.3, representa a la vez una gran cantidad de recursos económicos ahorrados, la diferencia económica entre el proceso actual y la mejora se muestra a continuación:

Tabla 4.12 Mejora económica del proceso.

	Línea	Volumen unitario en exceso (cm3)	Volumen total perdido en una jornada de trabajo (litros)	Costo total diario (\$)
Proceso actual	A	9,29	418,25	249,57
	B	20,73	932,74	556,57
	Total	30,02	1.350,99	806,14
Proceso mejorado	A	9,29	418,25	249,57
	B	9,29	418,25	249,57
	Total	18,59	836,50	499,14

Fuente: Elaborado por el autor.

Con tan solo una disminución de 11,44 cm³ de producto por cada funda con sobre-llenado, se logra ahorrar diariamente 514 litros de producto, pasando de perder cerca de 1350 litros a 836 litros. Este ahorro equivalente a \$307, es decir, el producto perdido por sobre-llenado y los costos de pérdida se reducen en un 38,08% diariamente. Este valor mensualmente es de 15420 litros y en dinero son 9201,11 dólares. Anualmente la empresa tiene ventas de alrededor de 85 millones de dólares,



con lo que haciendo una comparativa, al tener un ahorro de \$9201,11 mensuales, representa un 0,12% de las ventas.

Cabe señalar que este es un valor aproximado pues no siempre habrá un exceso de 20,73cm³ en cada funda producida en la línea B, pero si podemos afirmar que esta línea sobre-llena mucho más producto que la línea A, tal como se vio en apartados anteriores.

4.6. ETAPA DE CONTROL.

Para efecto de mantener a largo plazo las mejoras en el desempeño y evitar retornar a las pérdidas de producto, se debe establecer lineamientos que el operario deberá seguir, de tal manera que la eficiencia mejorada de la envasadora se mantenga.

4.6.1. Diseño de plan de control.

Como se puede notar en el siguiente plan de control, se ha cambiado las tolerancias tanto para volúmenes de 1 litro como de 500ml. Se propone este cambio debido a que, las tolerancias actuales con las que se guía la producción tienen como límite mínimo 988 cm³ y 492 cm³ para 1 litro y ½ litro respectivamente; son especificaciones muy bajas pues si se produce con estos volúmenes, el consumidor tendrá menos producto por el mismo precio, situación que no debe darse por cuestiones legales. Dicho lo anterior, se recomienda que la producción se mantenga en rangos como se muestran en la tabla 4.13.



Tabla 4.13 Plan de control.

Parámetro	Especificaciones		Método de ejecución	Tamaño de la muestra	Frecuencia de medida		Quién mide	Dónde se mide	Dónde se registra
Marca del dosificador	Flex 7	Revisión continua de la marca del dosificador	Verificación visual/ Recalibración manual	No cuantificable	Cada 15/20 minutos		Operario / Supervisor UHT	Pantalla de la envasadora	No necesario
	Flex 13				Cada 10/15 minutos				
	Disminuir 100 unidades en los cambios de rollos de polietileno		Recalibración manual	Aproximadamente 14 rollos diarios	En el cambio de cada rollo		Operario		
Monitoreo del peso del producto	1 litro	LIC: 1038g/1000cm ³	Pesaje en balanza	de 25 a 100	En cada turno de trabajo con Operario 1 y 2	para 100: 5 muestras cada 15 minutos	Operario	Área de envasado aséptico	Hoja de cálculo: Registro de pesos y eficiencia de la envasadora Adipack
		LSC: 1048g/1009,7cm ³							
	500 ml	LIC: 522g/500cm ³							
		LSC: 527g/504,85cm ³							

Fuente: Elaborado por el autor.



Seguir correctamente el plan de control propuesto, permitiría que la eficiencia del proceso en la línea B, mejore de forma sustancial, recordando que, en la fase “Análisis” se midió que esta línea es muy inestable con respecto a la línea A, de modo que una mejora importante es el ajuste equivalente para ambas líneas.

4.6.2. Hoja de Cálculo

Como complemento de la fase “Control”, se diseñó una hoja de cálculo en Excel, donde el usuario podrá ingresar las muestras obtenidas tal como se establece en el “tamaño de la muestra” del plan de control de la tabla 4.13.

La ventaja de esta hoja de cálculo es que, mediante estadística, se podrá calcular los resultados más significativos de un proceso como lo es la eficiencia, el número de muestras con sobre-llenado, la cantidad de producto perdido por sobre-llenado y el nivel de sigma, para compararlos con el operario de turno y el circuito aséptico.

Para un análisis más profundo, se debe tomar estos datos y registrarlos durante varios días o semanas, para que de este modo, al revisar el historial de registros se tenga una comparativa entre la eficiencia del proceso versus operario y versus circuito aséptico que son las fuentes más comunes de variación tal como se analizó en la etapa de análisis.

4.6.2.1. Carta de control Xbarra-Rangos

Esta carta que ha sido incluida en la hoja de cálculo propuesta, esto permite analizar el comportamiento del proceso, ya que identifica el valor central y la dispersión de los datos para poder predecir los límites entre los que varían las muestras y así también los rangos de cada subgrupo, midiendo así la variación entre el peso máximo y mínimo registrado.

El procedimiento para iniciar el análisis con esta carta de control se debe dar desde la recolección de datos, para esto se propone realizar el pesaje de 5 muestras cada 15 minutos hasta completar las 100 muestras necesarias tal como se plantea en el plan de control de la tabla 4.13. Es necesaria la recolección de las 100 muestras pues es un valor representativo para que la carta de control muestre una correcta distribución de los datos.

4.6.3. Continuidad del proyecto.

Una vez aplicadas las 5 fases de la metodología six sigma, es totalmente necesario que se mantenga a lo largo del tiempo la continuidad del proyecto. Como se planteó en el plan de recolección de datos, la integración y participación de Supervisores de producción, Director de Planta y Operarios deberá ser permanente para que el proceso mejorado se mantenga y a futuro se dé una mejora continua.



Específicamente, la persona encargada de continuar con el proyecto una vez culminado la fase de mejoras y control, será el Jefe de Producción, pues en su autoridad, debe establecer los nuevos lineamientos que los operarios deberán seguir para mantener la mejora en el envasado. Conjuntamente también aportaran el Director de planta y los supervisores UHT.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Cualquier proceso, sea industrial o administrativo, tiene como objetivo final la satisfacción del cliente, sea interno o externo; el proceso de envasado aséptico en la envasadora Adipack de la empresa Nutrileche claramente ha demostrado que no cumple de manera satisfactoria los requerimientos afectando financieramente a la empresa y al consumidor final.

El objetivo de six sigma, tal como se vió al inicio del proyecto, es la satisfacción del cliente interno y externo (consumidor), y para este caso de estudio se puede decir que las mejoras planteadas están alineadas a dicho objetivo pues el ahorro de recursos para la empresa y envasar la cantidad correcta de producto es beneficioso para las partes mencionadas.

La envasadora Adipack ha tenido el problema de variación desde hace ya tiempo atrás y la empresa conocía que tenían pérdidas pero no se cuantificaban cuanto representaban las mismas y en toda la investigación y análisis realizado en la presente tesis, se exhibieron las pérdidas numéricamente demostrándose lo crítico que está el proceso en su capacidad de cumplir los requerimientos.

Mediante la identificación del cliente en la fase “Definición”, se puede denotar que hay múltiples partes afectadas a causa de la variabilidad del envasado, entre estas tenemos bodega, el departamento financiero, el departamento de producción y el consumidor final; con lo que, dando prioridad al mejoramiento de la eficiencia de la envasadora, se puede aumentar la competitividad de la empresa, generando confianza en los consumidores y en los mayoristas pues a su vez, bodega les entregaría las cantidades solicitadas.

De la fase “Análisis” se tiene que, un factor determinante para que la envasadora Adipack opere con una eficiencia muy baja (15,13%) fue que los técnicos de Adipack en Colombia, no han atendido oportunamente los requerimientos de la empresa cuando les han solicitado una revisión técnica de la máquina y también, cuando envían al país repuestos que no se han pedido debido a los cambios en los códigos del manual de partes. Con lo mencionado anteriormente, se establece que, en consecuencia, para el desarrollo de la tesis fue imposible abordar esta causa mediante six sigma al ser externa a la empresa, así también, la empresa tiene información muy limitada de la envasadora. No obstante, la presente investigación ha servido para plantear soluciones que ayudan a evitar el problema, y en otros casos mitigan el problema.

La escasa asistencia de los técnicos de Adipack también repercute en la Mano de obra debido a que no ha habido una debida capacitación al operario, quien en



consecuencia desconoce a detalle como salvaguardar el correcto funcionamiento y mantenimiento de la envasadora. Esta destreza del operario se optó por mejorar pues a parte del problema técnico de la envasadora, también se notó que el operario calibra el dosificador a un nivel más alto del apropiado por lo que en la propuesta de mejora del proceso se estableció disminuir dicho nivel para normalizar el estándar del proceso.

Debido al amplio mix de productos con los que la empresa cuenta en su portafolio, los programas de producción varían ampliamente en cuanto a la utilización de los equipos de ultra pasteurización, provocando así variabilidad en la envasadora analizada, pues como se vio, esta recibe producto de 3 diferentes tanques y cada uno maneja una distinta presión en el caudal del producto siendo también, una causa raíz del problema, estas variaciones en la presión, algo que se buscan corregir con la instalación de un convertidor IP como se mencionará más adelante en las recomendaciones.

Una herramienta muy útil de ayuda para el análisis del proceso fue el software estadístico “Minitab 15”, utilizado para cuantificar el número de Partes Por Millón (PPM) de fundas que tienen sobre-llenado de producto, diferenciándose que la línea B tiene menos eficiencia que la línea A, siendo estos valores de PPM: 801020,64 y 839965,44 respectivamente, notándose con estos valores de PPM que la envasadora le provoca pérdidas a la empresa; es por eso que, para disminuir ese sobre-llenado de producto, se planteó igualar las líneas. Igualando las líneas se tiene una reducción de producto perdido, por parte de la línea B, de un 38,08%.

En la fase de “Mejora”, se dio a conocer estadísticamente el nivel de pérdidas de la empresa, cuantificando su variabilidad y rendimiento del proceso que esta alrededor de 15,13% correspondiente a un nivel de sigma de 0,46. Este nivel de sigma está muy por debajo de un objetivo competitivo que es de 4 a 6 sigmas. Aunque la mejora esperada para la línea B sea de un 7,88% y un aumento del nivel de sigma de 0,27 a 0,62, los beneficios económicos son altos si bien la eficiencia y el sigma suenan bajos.

Con referencia a los datos de costos de pérdida y ahorro presentados en la fase de “Mejora”, es necesario reafirmar que el dinero perdido por la empresa es sumamente alto, pues solo al hablar de 1300 litros de producto perdido en el día es una cifra alarmante considerando que son 800 dólares diarios. De esta forma, también se expone la necesidad de una corrección “urgente” del problema.

Para la última fase “control”, se diseñó una hoja de cálculo en la que el usuario, en este caso el Jefe de producción, podrá evaluar la eficiencia del proceso en función de factores como: el operario, circuito aséptico y la línea de la cual se tomen los datos; es necesario su utilización para darle continuidad al proyecto y medir el desempeño



del proceso en “sigmas”, algo que debe proyectarse a implementarse en otros procesos de la planta.

Como ya se mencionó, las diferencias de presiones en los tanques generan variabilidad, y para mitigar esto, es recomendable la instalación de un convertidor IP, sustituyendo al actual en la máquina Adipack, este convertidor lo que hará es mejorar el funcionamiento de las válvulas que permiten el paso del producto a través del dosificador de manera que, cuando la presión proveniente de la línea sea mayor a la presión que permite la válvula, el convertidor envía una señal a la válvula para que se cierre y retenga el producto. El convertidor IP que está actualmente instalado en la Adipack es de 4 a 20mA (mili amperios) para manejar presiones de 3 a 15 psi. Se recomienda cambiar por un convertidor de 4 a 20mA para presiones de 0 a 60 psi.

Si bien la empresa tiene altas pérdidas por sobre-llenado de producto, aun así mantiene un margen de ganancias del producto y también en otros de sus productos estrella como es el caso de la leche en envase tetrabrick y tetrafino.

La aplicación de la metodología six sigma fue de gran utilidad pues se analizó el proceso identificando las causas de variabilidad, se cuantificó las pérdidas en base al análisis estadístico y se enfocó en los puntos de mejora y el impacto que tendrá sobre los intereses de la empresa el aplicar dichas mejoras.

Al iniciar el presente trabajo, la empresa desconocida cuanto era el volumen aproximado de desperdicio diario de producto que se daba con el sobre-llenado, ahora con las muestras obtenidas y cálculos realizados se muestra que hay cuantiosas pérdidas, siendo esto el motivo por el cual, los gerentes consideran muy seriamente la compra de una nueva envasadora con miras a cumplir dos objetivos: primero, el de disminuir el volumen perdido de producto y el segundo, el de duplicar la producción para producir las cantidades que soliciten bodega.

5.2. Recomendaciones.

Es importante usar una correcta metodología estadística para el control de calidad pues esto permite modelar y describir las características de calidad de un proceso y hacer inferencias del mismo, así también, tomar acciones correctivas inmediatas.

Dado que la envasadora presenta gran variación en su operatividad, se recomienda que el control del peso del producto se lo haga en menor tiempo, proponiéndose que se lo haga cada 10 o 15 minutos y recalibrando el dosificador en caso de ser necesario, más no cada 20 minutos como se lo hace actualmente y, registrarlo en la hoja de registro de la envasadora Adipack diseñada en Excel.

Es necesario establecer un programa de producción en donde se de preferencia a la Adipack para que trabaje solamente con el tanque aséptico. La mayor parte de la



producción diaria de la envasadora Adipack, lo hace con los tanques Flex 7 y Flex 13, los cuales generan mayor variación como ya se vió, por lo que, es imperativo, que la envasadora Adipack opere con el tanque aséptico pues esto mejoraría su rendimiento y minimizaría las pérdidas diarias.

El supervisor de producción debería revisar personalmente la marca del dosificador y el peso del producto en intervalos de máximo 20 minutos y hablar con el operario en caso de que se deba hacer un reajuste del dosificador, pues una inspección continua sería necesaria en este caso debido a la alta inestabilidad de la envasadora.

La empresa debe fijar planes de capacitación adecuados para los operarios que manejan la envasadora debido a que desconocen aún muchos conceptos para una correcta operatividad de la envasadora Adipack.

Los cambios de las piezas de la envasadora deben ser oportunos y según las especificaciones del fabricante, es decir, se debe mantener el funcionamiento de las piezas según el número de horas para la que se diseñó sin sobrepasar ese límite, situación que no se da estrictamente en ciertas partes mecánicas de la envasadora.

Como se mencionó en el capítulo 1, una redistribución de planta ayudaría muy presumiblemente a minimizar el problema, pues recordando que los tanques Flex alimentan primero a otras envasadoras antes de la Adipack, por lo que sería aconsejable que la envasadora sea reubicada más cercanamente a los tanques Flex o a su vez, que las instalaciones de la red de tuberías, se rediseñe de modo que el producto llegue primeramente a la Adipack.



ANEXOS.

Anexo 1 Criterios de priorización para la matriz FODA.

Las siguientes tablas son matrices de doble entrada (horizontal y vertical) en donde hay una comparación entre sí de todos los criterios (A, B, C, D, E, etc). Se pondera cada criterio según qué tan importante es en comparación con otro criterio del mismo grupo. Se evalúa de acuerdo con la calificación de criterios que se muestra al final del presente anexo. Se escogieron los 4 criterios con mayor ponderación.

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN (Fortalezas)		A	B	C	D	E	F	G	H	SUMA	%
A	Nivel de tecnología.		7	9	3	7	5	7	1	39	14%
B	Automatización.	3		5	3	9	3	5	1	29	10%
C	Personal capacitado	1	5		1	7	3	1	1	19	7%
D	Control del mercado en la zona austral.	7	7	9		9	7	7	3	49	18%
E	Buen ambiente laboral	3	1	3	1		1	1	1	11	4%
F	Proactividad en la gestión	5	7	7	3	9		5	3	39	14%
G	Grandes recursos financieros	3	5	9	3	9	5		3	37	13%
H	Buena calidad del producto final	9	9	9	7	9	7	7		57	20%
TOTAL										280	100%

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN (Debilidades)		A	B	C	D	E	F	SUMA	%
A	Altos tiempos de preparación. (Set up)		9	9	7	5	9	39	26%
B	Poca actuación en provincias del norte	1		7	7	7	9	31	21%
C	Exportación reducida	1	3		3	1	7	15	10%
D	Variabilidad en el envasado de leche	3	3	7		7	9	29	19%
E	Alta dependencia de proveedores	5	3	9	3		7	27	18%
F	Poca relación directa con el consumidor	1	1	3	1	3		9	6%
TOTAL								150	100%

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN (Oportunidades)		A	B	C	D	E	F	G	SUMA	%
A	Implementación de mejora continua		3	3	3	3	5	1	18	9%
B	Demanda creciente del producto UHT	7		5	5	7	7	7	38	18%
C	Nuevas certificaciones de calidad.	7	5		5	3	7	7	34	16%
D	Producto de primera necesidad	7	5	5		7	7	7	38	18%
E	Tendencias favorables en el mercado de lácteos	7	3	7	3		7	7	34	16%
F	Aumento del poder adquisitivo de la clase media	5	3	3	3	3		5	22	10%
G	Apoyo del gobierno al producto Ecuatoriano	9	3	3	3	3	5		26	12%
TOTAL									210	100%



CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN (Amenazas)		A	B	C	D	E	SUMA	%
A	Entrada de nuevos competidores.		1	1	1	1	4	4%
B	Aumento de la actividad de la competencia nacional.	9		3	5	3	20	20%
C	Competencia Internacional más fuerte	9	7		7	5	28	28%
D	políticas de gobierno	9	5	3		5	22	22%
E	Aumento de impuestos a insumos	9	7	5	5		26	26%
TOTAL							100	100%

CALIFICACIÓN A LOS CRITERIOS	
Mucho más importante.	9
Más importante.	7
Igualmente importante.	5
Menos importante.	3
Mucho menos importante.	1



Anexo 2 Estudio de repetibilidad y reproductibilidad

Nombre del equipo de medición:		Balanza DW-3000E		
Especificaciones del producto (g)				
Límite inferior de especificación:				
	EI	1026		
Límite superior de especificación:				
	ES	1038		
Tolerancia:				
	ES-EI	12		
#	Muestras	Día 1	Día 2	Rango
		Ensayo 1	Ensayo 2	
	1	1.045,00	1.045,50	0,50
	2	1.044,00	1.044,00	0,00
	3	1.052,00	1.051,50	0,50
	4	1.038,00	1.038,50	0,50
	5	1.036,50	1.036,50	0,00
	6	1.042,50	1.042,50	0,00
	7	1.054,00	1.054,50	0,50
	8	1.042,50	1.042,50	0,00
	9	1.030,50	1.030,50	0,00
	10	1.050,00	1.050,00	0,00
	Totales	10.435,00	10.436,00	2,00
	Promedio	10.435,50		0,20

Índice K2

Número de partes	Número de operadores u observaciones			
	2	3	4	5
1	3.65	2.70	2.30	2.08
2	4.02	2.85	2.40	2.15
3	4.19	2.91	2.43	2.16
4	4.26	2.94	2.44	2.17
5	4.33	2.96	2.45	2.18
6	4.36	2.98	2.46	2.19
7	4.40	2.98	2.46	2.19
8	4.40	2.99	2.48	2.19
9	4.44	2.99	2.48	2.20
10	4.44	2.99	2.48	2.20

Estudio R&R corto	
Error de Medición expandido (EM)	
$EM=k2*\bar{R}$	0,888
$k2=$	4,44
$\bar{R}=$	0,20
Índice Precisión/Tolerancia	
$P/T=EM*100/(ES-EI)$	
$P/T=$	7,40%
$\sigma R\&R=$	$EM/5,15=$ 0,17242718

Criterios de aceptación P/T
<ul style="list-style-type: none"> • Abajo de 10% Excelente proceso • De 10 a 20% Bueno, aceptable • De 20 a 30% Marginalmente aceptable • Arriba de 30% Inaceptable y debe ser corregido



Anexo 3 Circuito aséptico y desviación estándar.

	<i>Fecha</i>	17-oct.-15	<i>Fecha</i>	8-oct.-15	<i>Fecha</i>	20-nov.-15
	<i>Tipo de leche</i>	Semidescremada.	<i>Tipo de leche</i>	Semidescremada.	<i>Tipo de leche</i>	Entera
	<i>Circuito aséptico</i>	Flex 7	<i>Circuito aséptico</i>	Flex13	<i>Circuito aséptico</i>	Tanque aséptico
	<i>Volumen de envase (litros)</i>	1	<i>Volumen de envase (litros)</i>	1	<i>Volumen de envase (litros)</i>	1
	<i>línea A</i>	<i>línea B</i>	<i>línea A</i>	<i>línea B</i>	<i>línea A</i>	<i>línea B</i>
#	<i>Volumen neto envasado (cm³)</i>					
1	1.014,08	975,73	1.005,34	1.006,31	999,51	1.002,91
2	1.026,21	980,10	1.014,08	1.005,83	1.002,43	1.000,00
3	1.032,04	977,67	1.012,62	1.001,94	1.000,49	1.004,37
4	1.016,99	972,33	994,17	1.010,68	999,03	1.005,34
5	1.022,82	971,84	1.001,94	1.002,43	994,66	997,09
6	1.024,27	1.008,74	1.007,28	985,44	996,60	1.006,80
7	1.010,19	1.021,36	1.004,85	978,64	999,03	1.000,97
8	1.022,33	1.018,93	994,17	977,67	991,75	1.000,49
9	1.003,40	1.029,61	1.007,28	981,07	995,15	999,51
10	1.012,14	1.028,64	1.011,65	976,21	995,15	997,09
11	1.034,95	1.022,33	988,83	989,32	998,06	1.002,43
12	1.024,76	1.031,07	947,09	989,32	998,06	1.002,91
13	1.017,96	1.023,79	957,28	989,32	1.007,28	1.000,00
14	1.015,05	1.023,79	978,64	989,81	1.002,43	1.000,97
15	1.016,02	1.027,18	992,72	992,23	994,17	998,54
16	1.020,39	1.019,90	996,60	987,38	1.000,49	1.002,91
17	1.005,83	1.026,70	1.007,77	983,50	992,23	1.005,34
18	986,89	1.016,02	1.011,65	1.022,82	1.004,85	998,06
19	999,03	1.022,33	993,69	1.037,38	1.000,00	995,63
20	1.003,88	1.025,73	1.008,74	1.029,13	1.003,40	1.001,46
21	997,57	1.021,84	1.001,46	1.031,55	1.001,94	997,57
22	999,03	1.024,76	1.006,80	1.036,41	1.002,91	995,15
23	1.007,28	1.020,39	1.007,28	1.030,58	997,57	1.002,43
24	1.004,85	1.030,58	1.016,50	1.028,16	999,51	991,26
25	1.006,31	1.022,82	1.012,14	1.037,38	1.008,25	997,09
Desviación estándar	11,66608314	20,11874839	16,84636217	21,4429625	4,267245244	3,643795943



Anexo 4 Muestras recogidas: Línea A

Fecha	Tipo de leche	Volumen de envase (litros)	línea	muestra recogida (gramos)	Peso funda Polietileno (g)	Peso líquido neto (g)	Densidad (g/cm ³)	Volumen neto envasado (cm ³)	excedente (+) / faltante(-) de producto [cm ³]	Caracterización						
20-ago	Entera	1	A	1.040,00	8,00	1.032,00	1,03	1.001,94	1,94	Sobre-envasado						
				1.039,50		1.031,50		1.001,46	1,46	Sobre-envasado						
				1.039,00		1.031,00		1.000,97	0,97	Sobre-envasado						
				1.038,00		1.030,00		1.000,00	0,00	Volumen Correcto						
				1.041,00		1.033,00		1.002,91	2,91	Sobre-envasado						
				1.037,00		1.029,00		999,03	-0,97	Sub-envasado						
				1.044,00		1.036,00		1.005,83	5,83	Sobre-envasado						
				1.047,50		1.039,50		1.009,22	9,22	Sobre-envasado						
				1.044,00		1.036,00		1.005,83	5,83	Sobre-envasado						
				1.043,00		1.035,00		1.004,85	4,85	Sobre-envasado						
				1.043,00		1.035,00		1.004,85	4,85	Sobre-envasado						
				1.043,50		1.035,50		1.005,34	5,34	Sobre-envasado						
				1.043,50		1.035,50		1.005,34	5,34	Sobre-envasado						
				1.041,50		1.033,50		1.003,40	3,40	Sobre-envasado						
				1.042,00		1.034,00		1.003,88	3,88	Sobre-envasado						
				1.041,00		1.033,00		1.002,91	2,91	Sobre-envasado						
				1.041,00		1.033,00		1.002,91	2,91	Sobre-envasado						
				1.043,50		1.035,50		1.005,34	5,34	Sobre-envasado						
				1.045,50		1.037,50		1.007,28	7,28	Sobre-envasado						
				1.042,00		1.034,00		1.003,88	3,88	Sobre-envasado						
				1.040,50		1.032,50		1.002,43	2,43	Sobre-envasado						
				1.045,50		1.037,50		1.007,28	7,28	Sobre-envasado						
				1.043,50		1.035,50		1.005,34	5,34	Sobre-envasado						
				1.041,50		1.033,50		1.003,40	3,40	Sobre-envasado						
				1.043,50		1.035,50		1.005,34	5,34	Sobre-envasado						
				30-ago		Entera		1	A	1.045,50	8,00	1.037,50	1,03	1.007,28	7,28	Sobre-envasado
										1.054,00		1.046,00		1.015,53	15,53	Sobre-envasado
										1.050,50		1.042,50		1.012,14	12,14	Sobre-envasado
1.054,00	1.046,00	1.015,53	15,53		Sobre-envasado											
1.048,50	1.040,50	1.010,19	10,19		Sobre-envasado											
1.045,00	1.037,00	1.006,80	6,80		Sobre-envasado											
1.051,00	1.043,00	1.012,62	12,62		Sobre-envasado											
1.043,50	1.035,50	1.005,34	5,34		Sobre-envasado											
1.050,00	1.042,00	1.011,65	11,65		Sobre-envasado											
1.055,00	1.047,00	1.016,50	16,50		Sobre-envasado											
1.051,50	1.043,50	1.013,11	13,11		Sobre-envasado											
1.048,00	1.040,00	1.009,71	9,71		Sobre-envasado											
1.049,00	1.041,00	1.010,68	10,68		Sobre-envasado											
1.035,50	1.027,50	997,57	-2,43		Sub-envasado											
1.043,50	1.035,50	1.005,34	5,34		Sobre-envasado											
1.048,50	1.040,50	1.010,19	10,19		Sobre-envasado											
1.056,00	1.048,00	1.017,48	17,48		Sobre-envasado											
1.046,00	1.038,00	1.007,77	7,77		Sobre-envasado											
1.053,50	1.045,50	1.015,05	15,05		Sobre-envasado											
1.058,50	1.050,50	1.019,90	19,90		Sobre-envasado											
1.045,00	1.037,00	1.006,80	6,80		Sobre-envasado											
1.045,00	1.037,00	1.006,80	6,80		Sobre-envasado											
1.061,50	1.053,50	1.022,82	22,82		Sobre-envasado											
1.058,00	1.050,00	1.019,42	19,42		Sobre-envasado											
1.056,00	1.048,00	1.017,48	17,48		Sobre-envasado											



Fecha	Tipo de leche	Volumen de envase (litros)	línea	muestra recogida (gramos)	Peso funda Polietileno (g)	Peso líquido neto (g)	Densidad (g/cm ³)	Volumen neto envasado (cm ³)	excedente (+) / faltante(-) de producto [cm ³]	Caracterización
09-sep	Entera	1	A	1.037,50	8,00	1.029,50	1,03	999,51	-0,49	Sub-envasado
				1.040,00		1.032,00		1.001,94	1,94	Sobre-envasado
				1.045,50		1.037,50		1.007,28	7,28	Sobre-envasado
				1.029,50		1.021,50		991,75	-8,25	Sub-envasado
				1.035,50		1.027,50		997,57	-2,43	Sub-envasado
				1.032,50		1.024,50		994,66	-5,34	Sub-envasado
				1.037,00		1.029,00		999,03	-0,97	Sub-envasado
				1.039,50		1.031,50		1.001,46	1,46	Sobre-envasado
				1.045,00		1.037,00		1.006,80	6,80	Sobre-envasado
				1.041,00		1.033,00		1.002,91	2,91	Sobre-envasado
				1.044,50		1.036,50		1.006,31	6,31	Sobre-envasado
				1.025,50		1.017,50		987,86	-12,14	Sub-envasado
				1.033,50		1.025,50		995,63	-4,37	Sub-envasado
				1.037,00		1.029,00		999,03	-0,97	Sub-envasado
				1.030,50		1.022,50		992,72	-7,28	Sub-envasado
				1.030,00		1.022,00		992,23	-7,77	Sub-envasado
				1.036,50		1.028,50		998,54	-1,46	Sub-envasado
				1.032,50		1.024,50		994,66	-5,34	Sub-envasado
				1.040,50		1.032,50		1.002,43	2,43	Sobre-envasado
				1.026,50		1.018,50		988,83	-11,17	Sub-envasado
				1.027,00		1.019,00		989,32	-10,68	Sub-envasado
				1.041,00		1.033,00		1.002,91	2,91	Sobre-envasado
				1.039,50		1.031,50		1.001,46	1,46	Sobre-envasado
				1.044,00		1.036,00		1.005,83	5,83	Sobre-envasado
1.037,50	1.029,50	999,51	-0,49	Sub-envasado						
21-sep	Entera	1	A	1.059,00	8,00	1.051,00	1,03	1.020,39	20,39	Sobre-envasado
				1.062,00		1.054,00		1.023,30	23,30	Sobre-envasado
				1.051,00		1.043,00		1.012,62	12,62	Sobre-envasado
				1.053,50		1.045,50		1.015,05	15,05	Sobre-envasado
				1.068,00		1.060,00		1.029,13	29,13	Sobre-envasado
				1.046,00		1.038,00		1.007,77	7,77	Sobre-envasado
				1.055,00		1.047,00		1.016,50	16,50	Sobre-envasado
				1.062,50		1.054,50		1.023,79	23,79	Sobre-envasado
				1.050,50		1.042,50		1.012,14	12,14	Sobre-envasado
				1.045,00		1.037,00		1.006,80	6,80	Sobre-envasado
				1.058,00		1.050,00		1.019,42	19,42	Sobre-envasado
				1.049,00		1.041,00		1.010,68	10,68	Sobre-envasado
				1.057,50		1.049,50		1.018,93	18,93	Sobre-envasado
				1.042,00		1.034,00		1.003,88	3,88	Sobre-envasado
				1.058,00		1.050,00		1.019,42	19,42	Sobre-envasado
				1.044,00		1.036,00		1.005,83	5,83	Sobre-envasado
				1.039,00		1.031,00		1.000,97	0,97	Sobre-envasado
				1.049,00		1.041,00		1.010,68	10,68	Sobre-envasado
				1.041,50		1.033,50		1.003,40	3,40	Sobre-envasado
				1.047,00		1.039,00		1.008,74	8,74	Sobre-envasado
				1.049,00		1.041,00		1.010,68	10,68	Sobre-envasado
				1.050,00		1.042,00		1.011,65	11,65	Sobre-envasado
				1.051,50		1.043,50		1.013,11	13,11	Sobre-envasado
				1.046,50		1.038,50		1.008,25	8,25	Sobre-envasado
1.050,00	1.042,00	1.011,65	11,65	Sobre-envasado						
				104.500,00		103.700,00		100.679,61	679,61	
				1.045,00		1.037,00		1.006,8		
				8,04014858						

SUMA
PROMEDIO
DES. ESTANDAR



Anexo 5 Muestras recogidas: Línea B

Fecha	Tipo de leche	Volumen de envase (litros)	línea	muestra recogida (gramos)	Peso funda Polietileno (g)	Peso líquido neto (g)	Densidad (g/cm ³)	Volumen neto envasado (cm ³)	excedente (+) / faltante(-) de producto [cm ³]	Caracterización
20-ago	Entera	1	B	1.018,50	8,00	1010,5	1,03	981,07	-18,93	Sub-ensvasado
				944,00		936		908,74	-91,26	Sub-ensvasado
				1.040,50		1032,5		1.002,43	2,43	Sobre-ensvasado
				1.024,00		1016		986,41	-13,59	Sub-ensvasado
				1.050,00		1042		1.011,65	11,65	Sobre-ensvasado
				1.027,50		1019,5		989,81	-10,19	Sub-ensvasado
				1.043,50		1035,5		1.005,34	5,34	Sobre-ensvasado
				1.040,50		1032,5		1.002,43	2,43	Sobre-ensvasado
				1.032,00		1024		994,17	-5,83	Sub-ensvasado
				1.032,50		1024,5		994,66	-5,34	Sub-ensvasado
				1.046,00		1038		1.007,77	7,77	Sobre-ensvasado
				1.057,00		1049		1.018,45	18,45	Sobre-ensvasado
				1.047,50		1039,5		1.009,22	9,22	Sobre-ensvasado
				1.047,00		1039		1.008,74	8,74	Sobre-ensvasado
				1.052,00		1044		1.013,59	13,59	Sobre-ensvasado
				1.045,00		1037		1.006,80	6,80	Sobre-ensvasado
				1.044,50		1036,5		1.006,31	6,31	Sobre-ensvasado
				1.043,00		1035		1.004,85	4,85	Sobre-ensvasado
				1.038,50		1030,5		1.000,49	0,49	Sobre-ensvasado
				1.037,00		1029		999,03	-0,97	Sub-ensvasado
				1.047,50		1039,5		1.009,22	9,22	Sobre-ensvasado
				1.044,50		1036,5		1.006,31	6,31	Sobre-ensvasado
				1.048,00		1040		1.009,71	9,71	Sobre-ensvasado
				1.046,00		1038		1.007,77	7,77	Sobre-ensvasado
1.042,50	1034,5	1.004,37	4,37	Sobre-ensvasado						
30-ago	Entera	1	B	1.049,00	8,00	1041	1,03	1.010,68	10,68	Sobre-ensvasado
				1.045,00		1037		1.006,80	6,80	Sobre-ensvasado
				1.047,00		1039		1.008,74	8,74	Sobre-ensvasado
				1.049,00		1041		1.010,68	10,68	Sobre-ensvasado
				1.060,00		1052		1.021,36	21,36	Sobre-ensvasado
				1.046,50		1038,5		1.008,25	8,25	Sobre-ensvasado
				1.051,00		1043		1.012,62	12,62	Sobre-ensvasado
				1.049,50		1041,5		1.011,17	11,17	Sobre-ensvasado
				1.053,50		1045,5		1.015,05	15,05	Sobre-ensvasado
				1.057,00		1049		1.018,45	18,45	Sobre-ensvasado
				1.038,50		1030,5		1.000,49	0,49	Sobre-ensvasado
				1.045,50		1037,5		1.007,28	7,28	Sobre-ensvasado
				1.044,00		1036		1.005,83	5,83	Sobre-ensvasado
				1.049,50		1041,5		1.011,17	11,17	Sobre-ensvasado
				1.045,50		1037,5		1.007,28	7,28	Sobre-ensvasado
				1.057,50		1049,5		1.018,93	18,93	Sobre-ensvasado
				1.039,00		1031		1.000,97	0,97	Sobre-ensvasado
				1.041,00		1033		1.002,91	2,91	Sobre-ensvasado
				1.059,50		1051,5		1.020,87	20,87	Sobre-ensvasado
				1.055,50		1047,5		1.016,99	16,99	Sobre-ensvasado
				1.045,50		1037,5		1.007,28	7,28	Sobre-ensvasado
				1.054,50		1046,5		1.016,02	16,02	Sobre-ensvasado
				1.048,00		1040		1.009,71	9,71	Sobre-ensvasado
				1.047,00		1039		1.008,74	8,74	Sobre-ensvasado
1.065,50	1057,5	1.026,70	26,70	Sobre-ensvasado						



Fecha	Tipo de leche	Volumen de envase (litros)	línea	muestra recogida (gramos)	Peso funda Polietileno (g)	Peso líquido neto (g)	Densidad (g/cm ³)	Volumen neto envasado (cm ³)	excedente (+) / faltante(-) de producto [cm ³]	Caracterización
09-sep	Entera	1	B	1.066,00	8,00	1058	1,03	1.027,18	27,18	Sobre-envasado
				1.079,50		1071,5		1.040,29	40,29	Sobre-envasado
				1.082,00		1074		1.042,72	42,72	Sobre-envasado
				1.079,00		1071		1.039,81	39,81	Sobre-envasado
				1.070,00		1062		1.031,07	31,07	Sobre-envasado
				1.067,00		1059		1.028,16	28,16	Sobre-envasado
				1.087,50		1079,5		1.048,06	48,06	Sobre-envasado
				1.071,50		1063,5		1.032,52	32,52	Sobre-envasado
				1.084,00		1076		1.044,66	44,66	Sobre-envasado
				1.083,00		1075		1.043,69	43,69	Sobre-envasado
				1.083,00		1075		1.043,69	43,69	Sobre-envasado
				1.073,00		1065		1.033,98	33,98	Sobre-envasado
				1.081,50		1073,5		1.042,23	42,23	Sobre-envasado
				1.075,00		1067		1.035,92	35,92	Sobre-envasado
				1.076,50		1068,5		1.037,38	37,38	Sobre-envasado
				1.077,50		1069,5		1.038,35	38,35	Sobre-envasado
				1.067,50		1059,5		1.028,64	28,64	Sobre-envasado
				1.090,00		1082		1.050,49	50,49	Sobre-envasado
				1.071,50		1063,5		1.032,52	32,52	Sobre-envasado
				1.069,50		1061,5		1.030,58	30,58	Sobre-envasado
				1.064,50		1056,5		1.025,73	25,73	Sobre-envasado
				1.057,00		1049		1.018,45	18,45	Sobre-envasado
				1.070,00		1062		1.031,07	31,07	Sobre-envasado
1.067,50	1059,5	1.028,64	28,64	Sobre-envasado						
1.070,00	1062	1.031,07	31,07	Sobre-envasado						
21-sep	Entera	1	B	1.064,50	8,00	1056,5	1,03	1.025,73	25,73	Sobre-envasado
				1.068,00		1060		1.029,13	29,13	Sobre-envasado
				1.061,50		1053,5		1.022,82	22,82	Sobre-envasado
				1.062,50		1054,5		1.023,79	23,79	Sobre-envasado
				1.058,50		1050,5		1.019,90	19,90	Sobre-envasado
				1.059,00		1051		1.020,39	20,39	Sobre-envasado
				1.061,50		1053,5		1.022,82	22,82	Sobre-envasado
				1.064,50		1056,5		1.025,73	25,73	Sobre-envasado
				1.065,00		1057		1.026,21	26,21	Sobre-envasado
				1.061,50		1053,5		1.022,82	22,82	Sobre-envasado
				1.068,00		1060		1.029,13	29,13	Sobre-envasado
				1.067,50		1059,5		1.028,64	28,64	Sobre-envasado
				1.058,50		1050,5		1.019,90	19,90	Sobre-envasado
				1.066,00		1058		1.027,18	27,18	Sobre-envasado
				1.046,50		1038,5		1.008,25	8,25	Sobre-envasado
				1.062,50		1054,5		1.023,79	23,79	Sobre-envasado
				1.062,50		1054,5		1.023,79	23,79	Sobre-envasado
				1.070,50		1062,5		1.031,55	31,55	Sobre-envasado
				1.061,00		1053		1.022,33	22,33	Sobre-envasado
				1.071,00		1063		1.032,04	32,04	Sobre-envasado
				1.063,50		1055,5		1.024,76	24,76	Sobre-envasado
				1.068,50		1060,5		1.029,61	29,61	Sobre-envasado
				1.066,50		1058,5		1.027,67	27,67	Sobre-envasado
1.066,00	1058	1.027,18	27,18	Sobre-envasado						
1.064,00	1056	1.025,24	25,24	Sobre-envasado						
SUMA				105.635,00	104.835,00	101.781,55	1.781,55			
PROMEDIO				1.056,35	1.048,35	1.017,82				
Des. Estándar				17,91737862						



Anexo 6 Muestras de sobre-llenado línea B.

Fecha:		22-oct-15	
#	muestra recogida (gramos)	Volumen neto envasado (cm ³)	Cantidad de sobre-llenado (cm ³)
1	1.072,50	1.033,50	33,50
2	1.075,00	1.035,92	35,92
3	1.083,50	1.044,17	44,17
4	1.079,00	1.039,81	39,81
5	1.092,00	1.052,43	52,43
6	1.106,00	1.066,02	66,02
7	1.099,50	1.059,71	59,71
8	1.059,50	1.020,87	20,87
9	1.039,50	1.001,46	1,46
10	1.078,00	1.038,83	38,83
11	1.089,00	1.049,51	49,51
12	1.106,00	1.066,02	66,02
13	1.092,50	1.052,91	52,91
14	1.099,00	1.059,22	59,22
15	1.090,50	1.050,97	50,97
16	1.041,00	1.002,91	2,91
17	1.051,50	1.013,11	13,11
Total	18.354,00	17.687,38	687,38
Promedio sobre-llenado por envase (cm³)			40,43



Anexo 7 Índice Z

La ecuación para el cálculo del índice Z es la siguiente

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

Índice Z Línea A:

$$Z_s = \frac{1000 - 1006,79}{8,04014} = -0,84$$

$$Z_i = \frac{988,35 - 1006,79}{8,04014} = -2,29$$

Los puntos de probabilidad según la tabla de Distribución Normal para Z_s y Z_i son 0,29955 y 0,48899 respectivamente.

Índice Z Línea B:

$$Z_s = \frac{1000 - 1017,815}{17,917378} = -0,99$$

$$Z_i = \frac{988,35 - 1017,815}{17,917378} = -1,64$$

Los puntos de probabilidad según la tabla de Distribución Normal para Z_s y Z_i son 0,33891 y 0,44949 respectivamente.

Índice Z total del proceso:

$$Z_s = \frac{1000 - 1012,305}{14,9123} = -0,82$$

$$Z_i = \frac{988,35 - 1012,305}{14,9123} = -1,60$$

Los puntos de probabilidad según la tabla de Distribución Normal para Z_s y Z_i son 0,29389 y 0,44520 respectivamente.



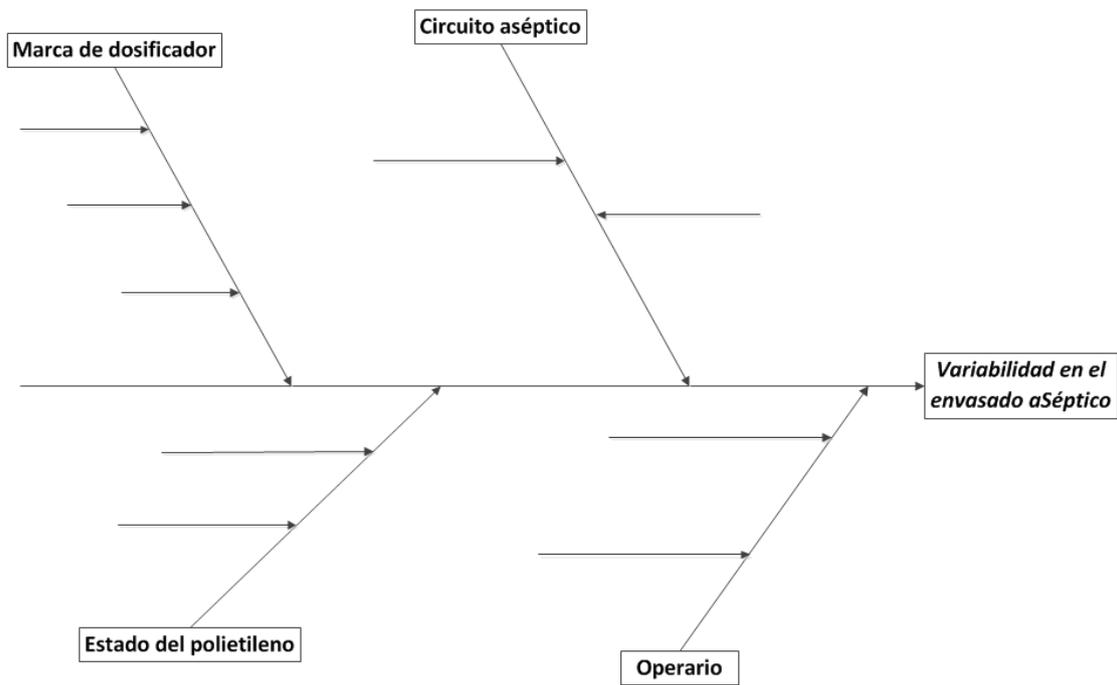
Anexo 8 Nivel de sigma y rendimiento del proceso.

Rendimiento (%)	DPMO	Sigma
6.68	933200	0
8.455	915450	0.125
10.56	894400	0.25
13.03	869700	0.375
15.87	841300	0.5
19.08	809200	0.625
22.66	773400	0.75
26.595	734050	0.875
30.85	691500	1
35.435	645650	1.125
40.13	598700	1.25
45.025	549750	1.375
50	500000	1.5
54.975	450250	1.625
59.87	401300	1.75
64.565	354350	1.875
69.15	308500	2
73.405	265950	2.125
77.34	226600	2.25
80.92	190800	2.375
84.13	158700	2.5
86.97	130300	2.625
89.44	105600	2.75
91.545	84550	2.875
93.32	66800	3
94.79	52100	3.125
95.99	40100	3.25
96.96	30400	3.375
97.73	22700	3.5
98.32	16800	3.625
98.78	12200	3.75
99.12	8800	3.875
99.38	6200	4
99.565	4350	4.125
99.7	3000	4.25
99.795	2050	4.375
99.87	1300	4.5
99.91	900	4.625
99.94	600	4.75
99.96	400	4.875
99.977	230	5
99.982	180	5.125
99.987	130	5.25
99.992	80	5.375
99.997	30	5.5
99.99767	23.35	5.625
99.99833	16.7	5.75
99.999	10.05	5.875
99.99966	3.4	6

Fuente: Pande, P., & Larry, H. (2002). What is six sigma? New York: McGraw-Hill.



Anexo 9. Formato: Diagrama de Ishikawa





BIBLIOGRAFÍA

- ACR. (8 de Noviembre de 2014). *DIARIO EL MERCURIO*. Obtenido de www.elmercurio.com.ec:
<http://www.elmercurio.com.ec/454861-nueva-imagen-presenta-marca-nutri-leche/>
- Astudillo, G. (8 de Febrero de 2015). *Revista Líderes*. Obtenido de www.revistalideres.ec/:
<http://www.revistalideres.ec/lideres/tecnologia-mejor-aliada-lacteos-san.html>
- Diario EL TELÉGRAFO*. (14 de Octubre de 2014). Obtenido de www.telegrafo.com.ec/:
<http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/la-produccion-lechera-en-ecuador-genera-1-600-millones-en-ventas-anuales-infografia.html>
- Diario EL TIEMPO*. (21 de Febrero de 2009). Obtenido de www.eltiempo.com.ec:
<http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/10716-marca-nutrileche-busca-nuevos-mercados/>
- ekosnegocios.com*. (s.f.). Obtenido de [ekosnegocios.com](http://www.ekosnegocios.com/):
<http://www.ekosnegocios.com/marcas/material/pdf/48.pdf>
- flexiplast.com*. (s.f.). Obtenido de [flexiplast.com](http://www.flexiplast.com/):
http://www.flexiplast.com/index.php?option=com_content&task=view&id=54&Itemid=136
- GUTIÉRREZ, P. H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw-Hill.
- GUTIÉRREZ, P. H., & SALAZAR, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill.
- HERRERA, A. R., & FONTALVO, H. T. (2011). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones*. Colombia: Universidad Autónoma Del Caribe.
- López, P. S. (2012). *Administración Integral para la Calidad*. México.
- Mantilla Celis, O. L., & Sánchez García, J. M. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. *estud.gerenc*, 29.
- Pande, P., & Larry, H. (2002). *What is six sigma?* New York: McGraw-Hill.
- Pickers, S. (4 de Noviembre de 2015). *Passionate People Creative Solutions*. Obtenido de [psyma.com](http://www.psyma.com/): <http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- Pozo, A. P. (1996). *La Ruta de la Calidad y las 7 Herramientas Básicas*. Monterrey.
- PYZDEK, T., & KELLER, P. (2010). *The six sigma handbook*. New York: McGraw-Hill.
- QualiPlus*. (s.f.). Obtenido de QualiPlus Excelencia Empresarial:
<http://qualiplus.com.br/es/project/caso-de-exito-con-six-sigma-plus/>
- quees.info*. (s.f.). Obtenido de [quees.info](http://www.quees.info/): <http://www.quees.info/los-5-porque.html>



Rozen, C. F. (s.f.). *Instituto de Auditores Internos de Argentina*. Obtenido de iaia.org.ar:
<https://www.iaia.org.ar/revistas/elauditorinterno/14/articulo2.html>

Universidad de Villanova. (s.f.). Obtenido de <http://www.villanovau.com/>:
<http://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-vs-lean-six-sigma/>