

**DISEÑO DE UN MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SEIS SIGMA EN
LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL PROCESO DE ENVASADO DE
CAFÉ MOLIDO EN UNA MICROEMPRESA DE NORTE DE SANTANDER.**

SANDRA MILENA CASTRO ESCOBAR

DIRECTOR

Doctor Saury José Thomas Manzano

CO-DIRECTOR

Doctor Oscar Orlando Ortiz

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
MAESTRIA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER**

2018



AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi esposo Pablo Bautista, a mi hermosa hija Paula Angelica Bautista Castro, mis Padres Miguel Angel y Gladys Marina, familia y a la Universidad de Pamplona por haberme brindado la oportunidad de formarme en esta maestría.

Igualmente, a mi tutor Saury Thomas y Co-Director Oscar Orlando Ortiz por la confianza que siempre depositaron en mí y por su constante apoyo y orientación durante esta etapa.

En especial a Diomar Montañez, Sandra Leal, mis compañeros y amigos por la ayuda brindada durante el proceso.

Gracias a cada uno de ustedes por ser parte de esta grandiosa etapa.



RESUMEN

El presente trabajo contiene una propuesta para la Implementación de la metodología Seis Sigma en una microempresa procesadora de café en Norte de Santander, con el fin de buscar oportunidades de reducción de desperdicios de producto en el proceso de envasado.

Para esto se propone un modelo de implementación de la metodología, el cual inicia con un análisis de la situación actual y financiera de la microempresa, seguidamente los pasos para determinar el nivel sigma en que se encuentra el proceso, la propuesta e inversión de la misma.

Palabras Claves: Seis Sigma, Microempresa, Café, Norte de Santander, Proceso de envasado.



ABSTRACT

The present work contains a proposal for the Implementation of the Six Sigma methodology in a coffee processing microenterprise in Norte de Santander, in order to look for opportunities to reduce product waste in the packaging process.

For this, a methodology implementation path is proposed, which starts with an analysis of the current and financial situation of the microenterprise, followed by the steps to determine the sigma level in which the process is located, the proposal and investment of the same.

Keywords: Six Sigma, Microenterprise, Coffee, Norte de Santander, Packaging process.



CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	9-12
2. ESTADO DEL ARTE.....	13
2.1. Fundamentos teóricos	13-16
2.2. Metodología Seis Sigma.....	16-18
2.3. Etapas de Seis Sigma	18-21
2.4. Herramientas utilizadas por Seis Sigma	21
2.5. Antecedentes.....	22-26
3. OBJETIVOS.....	27
3.1. Objetivo General.....	27
3.2. Objetivos Específicos	27
4. RESULTADOS.....	28
4.1. Diagnostico de la Situación actual	28
4.1.1. Diagrama de Procesos	28-29
4.1.2. Descripción del Proceso Productivo	30-31
4.1.3. Distribución de Planta actual	31-32
4.1.4. Determinación el Nivel Seis Sigma del Proceso de Envasado en una Microempresa Procesadora de Café Molido	32-35
4.1.5. Pasos para determinar el nivel del Sigma	36
4.1.5.1. Recolección de Datos.....	36-40
4.1.5.2. Calculo del crecimiento y Dispersión	41-44
4.1.5.3. Comportamiento del Proceso	44-45
4.1.5.4. Cumplimiento de las especificaciones	45
4.1.5.5. Calculo del Porcentaje de defectuosos	45-47
4.1.5.6. Identificación del nivel Sigma	47-48
4.1.6. Evaluación del Sistema de Medición	49
4.2. Evaluación Financiera.....	50
4.2.1. Costos de Producción.....	50
4.2.1.1. Activos fijos de Producción.....	50
4.2.2. Depreciación y amortización	50

4.2.3. Presupuesto de los costos de Producción	51
4.2.3.1. Costos de Materia Prima.....	51
4.2.3.2. Servicios.....	51
4.2.3.3. Mano de Obra	51
4.2.3.4. Total del presupuesto de costos del producto	52
4.2.3.5. Tasa Interna de Retorno.....	52
4.2.3.6. Tasa de Recuperación Contable.....	52
4.2.3.7. Periodo de Recuperación Contable	53
4.2.3.8. Flujo de Efectivo de la vida util del proyecto.....	54
4.3. Propuesta Modelo para la Implementación.	55-60
4.4. Estimación Inversión del Modelo.....	61
5. CONCLUSIONES GENERALES	63
6. RECOMENDACIONES.....	64
7. BIBLIOGRAFÍA.....	65-68

TABLAS

Tabla 1. Metodología Seis Sigma	23
Tabla 2. Aplicación Seis Sigma en Micro y Pymes	24
Tabla 3. Modelo de Implementación Seis Sigma en Pymes	26
Tabla 4. Formato para la recolección de datos	33
Tabla 5. Toma de Muestras	33
Tabla 6. Factores para construir carta de control para variables	34
Tabla 7. Resultados de los Límites de Control de la Carta de Rango	34
Tabla 8. Límites de Control de la Carta Medias	35
Tabla 9. Recolección de datos día 1	37
Tabla 10. Recolección de datos día 2	38
Tabla 11. Recolección de datos día 3	39
Tabla 12. Recolección de datos día 4	40
Tabla 13: Distribución de frecuencias de la variable continua	42
Tabla 14: El centramiento y dispersión de los datos	43
Tabla 15: Medida del Nivel Seis Sigma[1]	48
Tabla 16: Calculo del Nivel Sigma	48
Tabla 17: Análisis de la Varianza de los datos	49
Tabla 18: Interpolación de los Grados de Libertad	49
Tabla 19: Activos fijos de Producción	50
Tabla 20: Depreciación y amortización	50
Tabla 21: Insumos	51
Tabla 22: Servicios	51
Tabla 23: Mano de obra	51
Tabla 24: Total De Presupuestos costos de Producción	52
Tabla 25: Calculo de la TIR en Excel	52
Tabla 26: Herramientas de la Etapa Definir	58
Tabla 27: Herramientas de la Etapa Medir	59
Tabla 28: Herramientas de la Etapa Analizar	59
Tabla 29: Herramientas de la Etapa Mejorar	60
Tabla 30: Herramientas de la Etapa Controlar	61
Tabla 31: Costos Inversión Modelo Propuesto.....	61

FIGURAS

<i>Figura 1. Diagrama de Procesos</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2. Distribución de Planta</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3. Cartas de Control de Rangos para el Proceso de Envasado</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4. Cartas de Control de Medias para el Proceso de Envasado</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5. Ciclo DMAIC</i>	<i>56</i>

GRAFICOS

<i>Grafico 1: Comportamiento del proceso</i>	<i>44</i>
<i>Grafico 2: Cálculo del Porcentaje de Defectuosos</i>	<i>47</i>

1. INTRODUCCIÓN

Para Colombia, la producción de café aporta desarrollo, empleo, crecimiento y bienestar social viéndose reflejado en la gran cantidad de empresas que desarrollan su actividad económica en este sector, donde sobresalen las micro, pequeñas y medianas empresas, generando así una alta tasa de informalidad laboral en el país.

Con la globalización, el intercambio económico, entre los distintos sectores productivos y de servicios, han ocasionado que las empresas se direccionen hacia la apertura de nuevos mercados o se enfrenten con la invasión de empresas competidoras en sus respectivos sectores y áreas de influencia.

Se entiende según la ley que para el fomento de la Micro, Pequeña y Mediana empresa, la Ley 905 del 02 de agosto de 2004, modifica la clasificación de las empresas en Colombia quedando de la siguiente forma:

- Mediana empresa: Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores o Activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) a treinta mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Pequeña empresa: Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores o Activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- Microempresa: Planta de personal no superior a diez (10) trabajadores, Activos totales excluida la vivienda por valor inferior a quinientos (500) salarios mínimos mensuales legales vigentes[2].

La situación económica general de las Pymes industriales según la Gran Encuesta realizada por la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF), en el primer semestre de 2015, arroja como resultado la situación actual que enfrentan los empresarios; “para el sector manufacturero indica que el porcentaje de Pymes industriales manifestaron haber sufrido un encarecimiento de insumos (46%); con una proporción en las empresas pequeñas que sufrieron un encarecimiento de sus

costos (44%), por lo tanto afectó negativamente los márgenes de ganancia, los cuales se desaceleraron, indicando que los empresarios no pudieron transferir el incremento en costos al precio del bien final. El principal problema que enfrentaron las Pymes para el desarrollo de sus actividades fue la falta de demanda (20% las pequeñas vs 13% las medianas), el costo de insumos (17% las pequeñas vs 13% las medianas), los altos impuestos (14% las pequeñas vs 17% las medianas) y la tasa de cambio (10% las pequeñas vs 19% las medianas)”[3].

Actualmente la economía de Norte de Santander, cuenta con un gran número de micro, pequeñas empresas encargadas de trillar, tostar y moler el café, que ha venido realizando así aportes significativos para la región. En este tipo de empresas se encuentran, algunas con varios años de experiencia y tradición, otras que han venido surgiendo a partir de la necesidad de asociarse pequeños caficultores; es por ello, la importancia que inicien con la estandarización de los procesos con el fin de mejorar la calidad de sus productos, y les permita permanecer y ampliar su mercado.

En entrevista sostenida con algunos representantes de microempresas procesadoras de café tostado y molido en la Subregión Centro (Arboledas, Cucutilla) y Subregión Suroccidente (Pamplonita)[4] de Norte de Santander, se encontró que el interés de estas microempresas es estandarizar la línea de producción del café, donde se pueda identificar mermas de producto en el proceso y calcular el despilfarro o excesos de producto que se ha presentado en el envasado del mismo, debido a que en su gran mayoría, el proceso de envasado se realiza manualmente; este lo realizan mediante espátula y gramera, que le permite dosificar la cantidad necesaria de producto en la bolsa, pero al pasar al sellado, se presentan derrame del producto, o excesos debido a la fatiga que puede estar presentando el operario, por lo tanto, no verifican si la cantidad que se entrega al cliente en la presentación es la indicada en la etiqueta.

Al presentarse este tipo de excesos o derrames de producto, se debe analizar el nivel sigma que tiene la empresa, para conocer cuáles han sido las pérdidas que se presentan en el producto; con el fin de garantizar un peso correcto del contenido neto del producto, verificando que cumpla con lo declarado en la etiqueta y permitir que su producto pueda llegar a nuevos mercados.

Es por ello, que los procesos que adelantan actualmente en las microempresas, han venido industrializándose paulatinamente permitiéndoles así, la obtención de productos con mejor calidad, pero independientemente de las técnicas que utilicen, deben de verificar si su proceso está cumpliendo o no con las especificaciones.

Dichas microempresas mantienen la calidad de sus productos en cuanto aroma, y textura dependiendo la calidad de grano que compran para procesar, esto se debe que la mayoría de los cultivos son de asociados a la microempresa, ya que cuenta con propiedades familiares entre una y cinco hectáreas; esto con el fin de garantizar una materia prima idónea para procesar.

Inicialmente, en estudio exploratorio[5] realizado en las microempresas visitadas, se pudo observar como visión general, que sus procesos de transformación del café son similares y se centran en la Recepción de Materia Prima, Trillado, Tostado, Molido, Envasado; a su vez, la falta de estructura, organización y documentación adecuada de los procesos, ocasionando así un desconocimiento de información que le permita enfocarse en el mejoramiento de la calidad del producto.

Como resultado de esta investigación, se encontrará una propuesta de implementación de la metodología con base en Seis Sigma que permitirá la mejora de la calidad y productividad para la microempresa, buscando reducir la cantidad de productos defectuosos aumentando así la capacidad de los procesos y reduciendo los costos de no calidad; partiendo de un diagnóstico que permita definir el estado actual del Proceso de Envasado e identificar el rendimiento del mismo, conocer

cómo se encuentra la empresa y desarrollar una propuesta para implementar la metodología.

Teniendo en cuenta lo anterior, dentro de la bibliografía consultada no se encontró documentación en relación a la aplicación de metodología Seis Sigma en las pymes del sector cafetero en Norte de Santander, pero sí se ha venido presentando aplicaciones en diversos sectores como la industria automotriz[6], de alimentos[7], eléctrico[8], licores[9], confecciones[10], educación[11] entre otros; permitiendo así realizar la intervención en el proceso y poder obtener resultados que aumentan el nivel sigma en el proceso; sin embargo, en la literatura consultada fue encontrado como antecedente “Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado”[12], el cual se realiza aplicación de la metodología dentro del sector que es objeto de estudio.

Lo anterior, se realizó con el fin de que se tuviera como punto de partida, cómo se ha venido realizando la aplicación de esta metodología, y permita la orientación para realizar una propuesta que oriente a la empresa para ser implementada.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Fundamentos teóricos

En los años ochenta la TQM (Gestión de Calidad Total) sufrió un proceso de desgaste y muchos empresarios se vieron en la necesidad de realizar un cambio total en su manera de gestionar las empresas, dando lugar a adoptar la metodología de Seis Sigma en función de tres características:

- ✓ Seis Sigma está enfocado en el cliente.
- ✓ Los proyectos Seis Sigma producen grandes retornos sobre la inversión.
- ✓ Seis Sigma cambia el modo que opera la dirección. Seis Sigma es mucho más que proyectos de mejora. La dirección y los supervisores aprenden nuevos enfoques en la forma de resolver problemas y adoptar decisiones.

Seis Sigma fue introducida por primera vez en 1987 en Motorola por un equipo de directivos encabezado por el presidente de la compañía[13], con el propósito de reducir los defectos de productos eléctricos. Desde entonces Seis Sigma ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías. Además de Motorola, dos organizaciones que se han comprometido de manera ejemplar con SS y que han logrado éxitos espectaculares son *Allied Signal*[14], que inició su programa en 1994, es una empresa dedicada a la fabricación de piezas de aviones, la cual multiplicó sus ventas y sus ganancias y *General Electric (GE)*[15][16], que inició en 1995 como una Corporación conglomerada multinacional de infraestructuras, servicios financieros, y medios de comunicación altamente diversificada de origen estadounidense que obtuvo resultados impactantes en todas sus divisiones. Por ejemplo[17]:

- ✓ GE Medical Systems introdujo al mercado un nuevo scanner para diagnóstico (con un valor de 1,25 millones de dólares) desarrollado

enteramente bajo los principios de Seis Sigma y con un tiempo de escaneo de sólo 17 segundos (lo normal era 180 segundos).

- ✓ En otra de las divisiones: GE Plastics, se mejoró drásticamente uno de los procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando un beneficio mayor.

Un factor decisivo del éxito presentado por esas empresas ha sido que sus presidentes encabezaron de manera firme el programa en sus organizaciones. En Latinoamérica la empresa Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitoso con la finalidad de darle seguimiento a los proyectos y mejorar sus resultados, así como lo establece en la Política de Calidad de la Empresa[18].

La historia de Seis Sigma se inicia en Motorola cuando un ingeniero (Mikel Harry) comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos, como una manera de mejorar los mismos. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma (σ). Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos; algo casi cercano a la perfección.

Seis Sigma es un proceso de mejoramiento continuo, centrado en la reducción de la variabilidad, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente; es decir, que en el desempeño de medir la realización de un proceso en cuanto a su nivel de producto de acuerdo con las especificaciones requeridas por los clientes o el mercado, apoyando la utilización de herramientas adecuadas, enfocando como meta el acercamiento a no producir productos defectuosos[1].

Seis sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología seis sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente[19].

El proceso Seis Sigma (six sigma) se caracteriza por 5 etapas concretas[20]:

- Definir el problema o el defecto
- Medir y recopilar datos
- Analizar datos
- Mejorar
- Controlar

Hoy en día para que una empresa de manufactura o de servicios tenga éxito no sólo debe preocuparse por la producción de mercancías sin defectos o por brindar un buen servicio; una empresa tendrá que dominar muchas otras competencias. En ese sentido una pregunta que se puede plantear es: ¿Por qué es importante la mejora de la calidad en los procesos de servicio? Así una empresa debe mantenerse al día en las nuevas tecnologías y ser capaz de desarrollarse rápidamente con productos o servicios viables, como:[21]

- Comprender las necesidades existentes y emergentes del cliente, que se puedan satisfacer mediante la mejora de procesos y/o productos o servicios nuevos/mejorados.
- Establecer y gestionar redes de proveedores para garantizar una entrega a tiempo de los productos finales y de las materias primas (en el caso de empresas de manufactura).
- Tomar, procesar y cumplir adecuadamente (y de forma rentable) los pedidos de los clientes, incluyendo la oferta de especificaciones exclusivas cuando sea preciso.

En general, toda empresa debe adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado. Es decir, si hoy se quiere crear una empresa más competitiva ya sea de manufactura o de servicios, es importante estar a la vanguardia de las técnicas, herramienta que nos brindan un mejor seguimiento a los procesos.

2.2. Metodología Seis Sigma

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca identificar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos, enfocándose hacia aquellos que son críticos para los clientes. La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso; tiene tres áreas prioritarias de acción[22]:

- Satisfacción del cliente
- Reducción del tiempo de ciclo
- Disminución de los defectos

La meta de Seis Sigma es lograr procesos con una calidad, es decir, procesos que como máximo generen 3,4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se pretende alcanzar mediante un programa de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos Seis Sigma a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras y eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones. La metodología en la que se apoya está definida y fundamentada en las herramientas y el pensamiento estadístico[19].

Las mejoras en diferentes áreas representan importantes ahorros de costes, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.

Podemos definir Seis Sigma como:

1. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
2. Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
3. Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global.

La metodología Seis Sigma, engloba técnicas de Control Estadístico de Procesos, Despliegue de la función calidad (QFD), Ingeniería de calidad de Taguchi, Benchmarking, entre otras; siendo una sólida alternativa para mejorar los procesos, por lo tanto, lograr la satisfacción de los clientes. La estrategia Seis Sigma incluye el uso de herramientas estadísticas dentro de una metodología estructurada incrementando el conocimiento necesario para lograr de una mejor manera, más rápido y al más bajo costo, productos y servicios que la competencia[23].

La metodología que se orienta esta investigación será Seis Sigma DMAMC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Está orientada al cliente y enfocada a los procesos, Seis Sigma busca que todos los procesos cumplan con los requerimientos del cliente (en cantidad o volumen, calidad, tiempo y servicio) y que los niveles de desempeño a lo largo y ancho de la organización tiendan al nivel de calidad Seis Sigma.

Seis Sigma es una técnica de mejora que permite la reducción de la variabilidad de los procesos y persigue reducir o eliminar los defectos; maneja herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, ya que sigma representa tradicionalmente la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología es reducir, de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de

los límites establecidos por los requisitos del cliente[7]; logrando aumentar la cuota de mercado, incrementando las ganancias y la reducción de los costos[24].

2.3. Etapas de Seis Sigma

Seis Sigma o metodología DMAMC[25] como también se le conoce, consta de cinco etapas o fases que deben ser ejecutadas en los procesos con la finalidad de disminuir la variabilidad de los mismos. A continuación, se revisará cada una de las etapas y la relación que existe entre sí:

Definir

En esta primera etapa, se realiza la identificación del proceso o producto que deberá ser evaluado para mejorar, es decir, se delimita el proceso específico en que se desarrollará el proyecto. En esta etapa se determina el problema que está afectando el proceso, los recursos con que se cuenta, el cliente al cual llega el producto, se plantean objetivos y se establece el equipo de trabajo; también se permite realizar evaluaciones comparativas de los productos, sus características, equipos, personas y demás variables que intervienen en el proceso y son críticas para el mismo[26]; para esto lo pueden realizar por medio de lluvia de ideas que permite la participación de las personas que hacen parte del proceso que quiere ser intervenido, una vez identificado se prepara y se debe seleccionar el personal que va a realizar el respectivo análisis, asemejando claramente las causa que ocasionan el problema[27]; en esta fase puede ser utilizada diferentes herramientas estadísticas que permite que se adecue al problema como: Diagrama de flujo de los procesos, Diagrama causa – efecto o de espina de pescado, Diagrama de Pareto, Histogramas, Gráficos de tendencia[28]. A su vez, se recomienda hacer uso de la herramienta Project Charter[29] que consta de un documento que permite balancear las intenciones y alinear las necesidades de los interesados en el proyecto. Además, proporcionará un acuerdo respecto a cuándo podrá considerarse exitoso el proyecto y es usado como una oferta o propuesta.

Medir

En la segunda etapa, consiste en localizar el origen de la variación que muestra el proceso, esto quiere decir que se debe caracterizar el proceso identificando los requisitos claves del cliente, permitiendo así verificar, medir y determinar la situación actual del problema, revisando las características de las variables que afectan el funcionamiento del proceso. Comenzando con esta caracterización se precisa el sistema de medida y se calcula la capacidad del proceso[30]; es decir, aquí donde se declaran las variables del proceso que son dependientes, esta es una fase de recolección de la información[31]; que establece de manera objetiva la línea base del proceso. Esta línea base será comparada con las mediciones que se realicen en el proceso al final de la aplicación del proyecto para determinar si hubo un mejoramiento significativo. Es vital realizar una buena toma de datos ya que esto será la base sobre la cual se trabajará en este ciclo DMAIC. La información que se obtiene en esta etapa son:

- La diferencia entre el desempeño del proceso que se tiene con respecto al que se desea.
- La capacidad del proceso como línea base para establecer la métrica del proceso, es decir, determinar la $Y(s)$ del proceso.
- Evaluar el sistema de medición del proceso.

En esta etapa se pueden utilizar las siguientes herramientas estadísticas: Modelación de las características de calidad, Evaluación de la normalidad de los datos, Evaluación de la exactitud y linealidad, Evaluación de la receptibilidad y la reproductibilidad, Modos alternativos de la evaluación de los sistemas de medición, Análisis de la fiabilidad[32].

Analizar

En esta etapa, se analizan y evalúan los resultados obtenidos, su propósito es identificar, validar y seleccionar las causas raíz de la variación del proceso para así poder atacarlas, cómo se genera el problema y se confirman las causas con los datos recolectados, esto quiere decir, que se evalúa los datos recolectados con resultados actuales e históricos, se evalúan y comprueban hipótesis sobre posibles

relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas que confirme las variables claves de entrada que afectan a las variables de salida del proceso[11]. En esta etapa, se recomienda el uso de las siguientes herramientas: Análisis exploratorio de datos, Ajuste de distribuciones, Contraste de hipótesis, Intervalos de confianza[32]. En Seis Sigma, se utilizan a menudo herramientas de análisis complejos, sin embargo, es aceptable el uso de herramientas básicas si estos son apropiados. Dentro de las cuales se podría encontrar:

- Enumerar y priorizar las posibles causas del problema
- Dar prioridad a las causas clave del proceso (entradas) para proseguir en el paso Mejorar
- Identificar cómo las entradas de proceso (Xs) afectan a las salidas del mismo (Ys). Los datos son analizados para entender la magnitud de la contribución de cada causa. Se utilizan herramientas como pruebas estadísticas, usando el valor p acompañados de histogramas, diagramas de Pareto, entre otros.
- Mapas de procesos detallados pueden ser creados para ayudar a identificar en que parte del proceso residen las causas, y lo que podría estar contribuyendo a la aparición de las mismas.

Mejorar

En la cuarta etapa, se seleccionan las características de rendimiento que deben mejorar para lograr el objetivo; en esta etapa se identifican, pone a prueba e implementan soluciones de mejora parcial o total en los proceso que permita la disminución de los efectos que está generando el proceso, mejora el rendimiento y prevenir posibles problemas; se comprueba la relación causa-efecto para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso[6]. En esta etapa se utiliza herramientas estadísticas como: Análisis de correlaciones, Regresión simple, Regresión múltiple, Análisis de la varianza unifactorial, Análisis de la varianza multifactorial, Modelos de series temporales, a su vez, aplicación del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) de Deming entre otras[28].

Controlar

Para esta etapa, se propone que se realice un sistema de seguimiento con el fin de que se mantengan las mejoras realizadas al proceso, es decir, se requiere del diseño y documentación de controles para certificar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implementado los cambios[33]. Dentro de las herramientas útiles para trabajar tenemos: Control estadístico de procesos. Control de fabricación, Gráficos de Shewhart, Curva característica de operación, Gráficos de control por variables, Gráficos de control por atributos, Análisis de la capacidad mediante gráficos de control, Control estadístico de procesos. Control de aceptación, Muestreo por atributos, Muestreo por variables[32].

2.4. Herramientas utilizadas por Seis Sigma

Dentro de las herramientas utilizadas por Seis Sigma, se encuentran soportadas por modelos estadísticos e instrumentos específicos de calidad. Dentro de las herramientas de calidad se encuentran casi todas las desarrolladas por Calidad Total, como son[34]:

- Procesos de Mejora Continua
- Diseño/Rediseño de Procesos
- Análisis de Varianza
- La Voz del Cliente
- Pensamiento Creativo
- Diseño de Experimentos
- Gerencia de Procesos
- Control Estadístico de Procesos

2.5. Antecedentes

En el estudio y revisión de información relacionada con la evolución que ha venido presentando Seis Sigma, se encuentra que ésta se ha aplicado como herramienta, en diferentes casos, tales como:

Autor(es)	Propósito del artículo	Resultados
Yolanda A. Báez, Jorge Limón, Diego A. Tlapa y Manuel A. Rodríguez[35].	El trabajo realizado, trató sobre la aplicación de la metodología de seis sigma (DMAMC) y los métodos Taguchi para resolver el problema de baja resistencia a la prueba de jalón de un diodo emisor de luz (LED) de una compañía electrónica del noroeste de México, el cual es utilizado en el ensamble de teléfonos celular.	Disminución en el total de productos defectuosos reflejado en la reducción proyectada de los costos de producción. Aumento en las características de la calidad. Incrementó la satisfacción del cliente reflejado en la desaparición de retornos.
Omar Celis Gracia, Francisco Javier Estrada Orantes, Fernando Hermsillo Pérez[30].	El trabajo realizado, aplicó la Metodología Lean Sigma en un proceso de ensamble de autos de energía potencial, el cual consta de cinco estaciones de trabajo	Al aplicar la metodología se obtiene un nivel sigma de 3,8; frente a los problemas que venía enfrentando con un nivel sigma de 0,09 lo cual equivale a una mejora de 4000%. Disminución de la variación y el incremento en la media de la distancia recorrida por cada auto.

<p>Alexandra Tenera, Luis Carneiro Pinto[36].</p>	<p>El trabajo realizado, se basó en proponer un Lean Six Sigma apoyado por el ciclo DMAIC y la integración de un conjunto de herramientas estadísticas dada la naturaleza de las variables principales para los procesos involucrados.</p>	<p>Identificación y evaluación de la mejora de los procesos dando como resultado la reducción de residuos en el mismo. Las herramientas LSS se pueden utilizar y adaptar para mejorar formal y continuamente los procesos.</p>
<p>Sri Indrawati, Muhammad Ridwansyah[37]</p>	<p>El trabajo realizado se basó en identificar los problemas encontrados en el proceso de fabricación que causó incapacidad para cumplir con el objetivo de cantidad de fabricación</p>	<p>Como resultado de esta investigación muestra que el rendimiento de la calidad en la capacidad del proceso de fabricación está en el nivel de 2,97 sigma. Y se diseña un programa de mejora continua que consiste en rediseñar un colector de polvo del canal.</p>
<p>Alexandra Tenera, Luis Carneiro Pinto[36]</p>	<p>El presente trabajo propone un modelo de mejora de la gestión del proyecto Lean Six Sigma (LSS) respaldado por el ciclo DMAIC e integrar un conjunto ampliado y adaptado de herramientas estadísticas.</p>	<p>A través del enfoque propuesto LSS, mejora los procesos en el proyecto identificando y evaluando continuamente la mejora en procesos y decisiones de gestión de proyectos, permitiendo resultados organizativos y reducción de residuos en los procesos.</p>

Tabla 1. Metodología Seis Sigma

A su vez, se tiene como referencia estudios realizados en micro, pequeñas y medianas empresa a manera general, en la que se han aplicado herramientas relacionadas con Seis Sigma, encontramos:

Autores	Título del artículo	Objetivo
Heriberto Felizzola Jiménez y Carmenza Luna Amaya[33]	Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico	Implementar una metodología llamado Lean Six Sigma (LSS), que se adapte a las necesidades y características de una pyme dedicada a la fabricación de muebles de madera; que permita disminuir los costos de mala calidad y las devoluciones de productos permitiendo así las buenas prácticas en la gestión de los procesos.
Jacobo Tolamatl Michcol; David Gallardo García; José Antonio Varela Loyola y Elena Flores Ávila[6].	Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz	Reducir el producto no conforme de los costos por defectos de calidad a partir de resultados obtenidos en la aplicación de la Metodología Seis Sigma en el proceso de pintura de una microempresa del ramo automotriz.
S. Michael Gnanaraj, S.R. Devadasan, R. Murugesh, C.G. Sreenivasa[38]	Sensitisation of SMEs towards the implementation of Lean Six Sigma – an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME	Adoptar un modelo Lean Six Sigma (DOLADMAICS), para implementarlo en pequeñas y medianas empresas de ingeniería.

Sofía Presa García[39]	Aplicación de la Metodología Lean Six Sigma en la mejora continua de procesos: Un estudio de caso	Aplicar las herramientas del DMAIC, para reducir y mejorar los tiempos de desarrollo de la ingeniería sin afectar la calidad.
------------------------	--	---

Tabla 2. Aplicación Seis Sigma en Micro y Pymes

En relación con los modelos diseñados para la implementación de Seis Sigma en las Pymes podemos encontrar los siguientes autores y sus contribuciones:

AUTOR(ES)	Contribución / Enfoque
Thomas, Barton & Chuke-Okafor[40]	Desarrollan un modelo para implementar de forma integrada Six Sigma y Manufactura Esbelta. La metodología fue válida en una PYME, en la que se obtuvieron resultados positivos en calidad, costos y tiempos de entrega.
Chakravorty[41]	Proponen un modelo que está compuesto por 6 fases que son: análisis estratégico; identificación y formación de los equipos de mejora; identificación de las herramientas de mejora; mapeo de la organización e identificación de oportunidades de mejora; desarrollo de un plan detallado; y por último implementación, documentación y revisión del plan.
Kumar, Antony, & Tiwari[42][43]	Desarrollan un marco lógico para la implementación de Six Sigma en PYMES, el que está compuesto de 12 pasos divididos a su vez en 5 fases. Este marco brinda una guía paso a paso para que las organizaciones puedan implementar Six Sigma, y va desde la preparación de la organización hasta el sostenimiento a largo plazo.

<p>Édgar Alejandro Barbosa-Saucedo[44][45].</p>	<p>Adaptar el Modelo Seis Sigma a las pequeñas y medianas empresas de diferentes sectores en la ciudad de Tamaulpecat, México; buscando que las empresas sean más competitivas; recurriendo a las mejores prácticas que permita obtener beneficios en relación a la reducción de actividades, mejora de la calidad y disminución de costos.</p>
<p>Alexandre Bohigues Ortiz[29]</p>	<p>Desarrolla un modelo para la implementación de la metodología seis sigma en pymes industriales buscando la calidad y mejora de los procesos basado en el ciclo de Deming.</p>

Tabla 3. Modelo de Implementación Seis Sigma en Pymes

3. OBJETIVOS

3.1. *Objetivo General*

Diseñar un modelo para la implementación de Seis Sigma en la solución de problemas en el proceso de envasado de café molido en una microempresa de Norte de Santander.

3.2. *Objetivos Específicos*

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de envasado de la microempresa, con el fin de conocer la situación financiera de la microempresa en estudio.
- Determinar el nivel sigma en que se encuentra la microempresa en relación al proceso de envasado del café molido.
- Diseñar el modelo para la implementación de la metodología Seis Sigma proceso de envasado en la microempresa en estudio.

4. RESULTADOS

4.1. *Diagnóstico de la situación actual.*

La microempresa procesadora de café molido, ubicada en el departamento de Norte de Santander, para mantenerla en anonimato como fue solicitada por su representante legal, donde se conocerá como MCP-X y fue creada en el año 2010.

4.1.1. *Descripción del Proceso Productivo*

Su proceso productivo lleva a cabo una serie de actividades las cuales se desarrollan de forma secuencial y organizada, así:

1. Recepción de la Materia prima, esta es procedente de las fincas de los pequeños caficultores de la región, inicialmente se realiza una inspección visual de su calidad y se procede al almacenamiento del grano.
2. Se revisa las cantidades que se necesitan para procesar.
3. Se realiza el pesado, en relación con la cantidad que se procesará en lote de producción.
4. Se realiza el Trillado, que consiste en quitar la cascarilla del grano utilizando la máquina trilladora.
5. Al terminar el trillado ubican el grano en recipientes metálicos
6. Se procede a llevar el grano a la Tostador a una temperatura inicial de 180°C hasta 235°C.
7. Depositán el grano en recipientes metálicos y comienzan a revolver dejando que se enfrié a temperatura ambiente.
8. Se realiza el proceso de molido y el producto se va almacenando en recipientes metálicos.
9. Se envasa el producto en bolsas de la presentación deseada 500, 250, 125 gramos, su peso se realiza a través de una gramera digital.
10. Luego de manera horizontal, se lleva la bolsa a la selladora de bolsas plástica de impulso.

11. Se introduce en cajas, dependiendo de los requerimientos del cliente y se procede a realizar el despacho de las mismas.
12. Se da por terminado el proceso.

4.1.2. Diagrama de Procesos

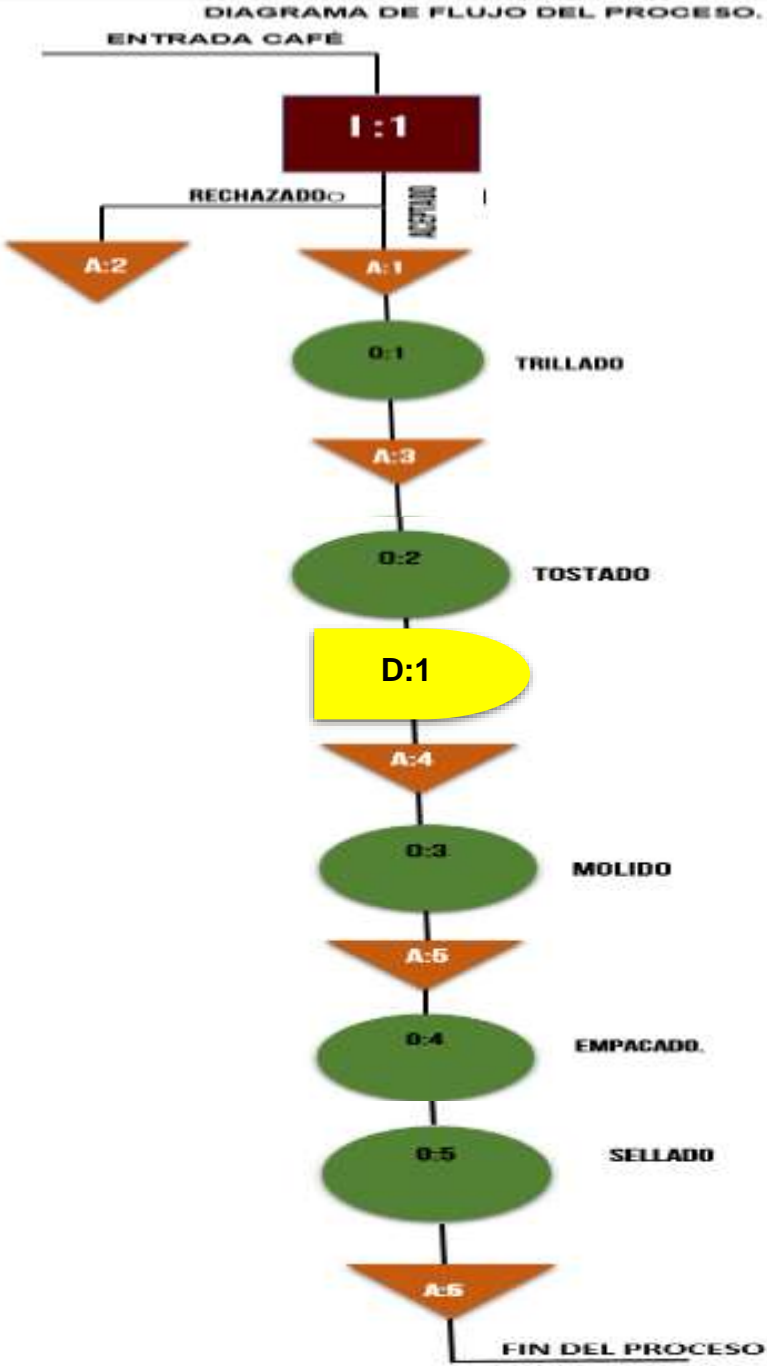


Figura 1. Diagrama de Procesos

A continuación, los pasos realizados en la microempresa MCP-X, para identificar y determinar el nivel sigma que se encuentra. Específicamente la investigación aplicada se llevó a cabo en el Proceso de envasado; este proceso para efectos del estudio inicia después del molido del producto, en donde las operarias proceden al llenado de la bolsa con espátulas, pesado en gramera, y sellada mediante una selladora de bolsas plásticas de impulso, en presentaciones de 500, 250 y 125 gramos.

Con la realización de este trabajo, el producto envasado es sometido a un proceso de inspección aleatorio, que consiste en determinar el peso real del producto contenido en cada bolsa y verificar el peso descrito en la etiqueta. En esta etapa se puede detectar una cantidad considerable de producto no conforme, y este hecho, obliga a realizar una revisión a los diferentes lotes de envasado.

El producto final, es envasado en diferentes presentaciones de 125, 250 y 500 gramos respectivamente; la tolerancia máxima permitida es de $\pm 2,5\%$, esta es alta debido a que es una microempresa y su proceso es artesanal. El estudio se llevó a cabo con la presentación de 125 gramos, cuya tolerancia es de $\pm 3,1$ gramos.

La microempresa MCP-X, envasa semanalmente 600 bolsas en la presentación de 125 gramos; teniendo en cuenta que un mes equivale aproximadamente a 4,3 semanas donde el proceso mensualmente envasa 2.580 bolsas y 30.960 bolsas anuales de dicha presentación.

4.1.3. Distribución de Planta

A continuación, se muestra el diseño de la planta de la microempresa MCP-X, la cual nos muestra toda su maquinaria y la distribución del proceso de envasado.

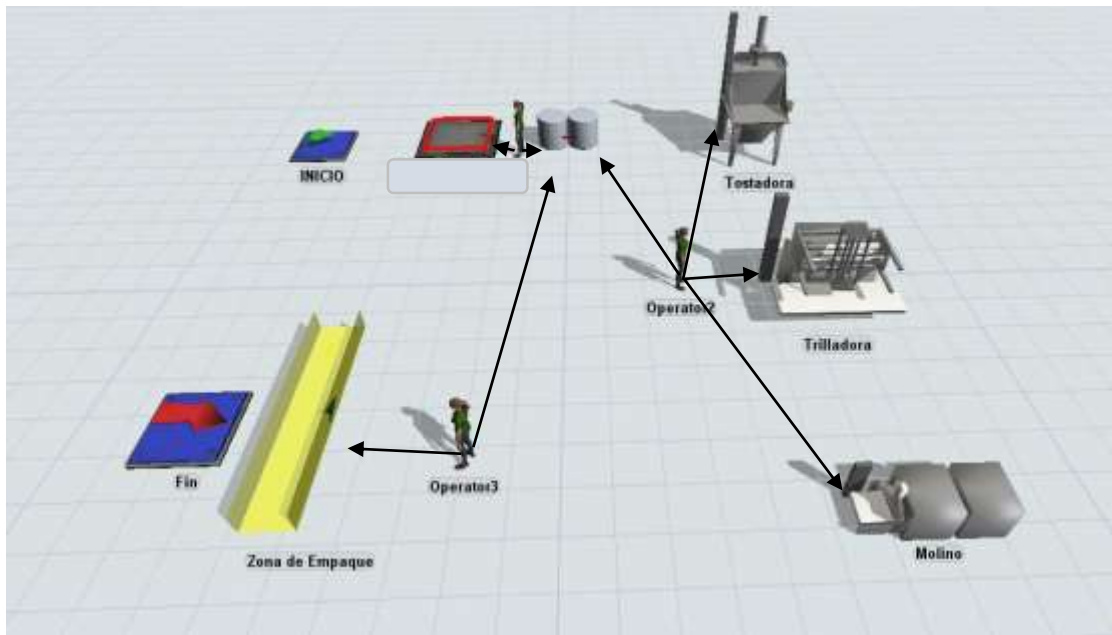


Figura 2: Distribución de Planta

4.1.4. Determinación el Nivel Seis Sigma del Proceso de Envasado en una Microempresa Procesadora de Café Molido.

Para determinar el nivel sigma, se trabajó en 6 pasos que permitió recolectar y crear información en relación con el comportamiento del proceso, estos pasos me llevaron a identificar el porcentaje de productos defectuosos o que no cumplen con el peso neto del producto.

En primera instancia se realiza un estudio preliminar que me permite la identificación de la problemática que viene presentando el proceso de envasado en relación al contenido neto del producto que varía con la información que suministra la etiqueta del producto, por tanto, se realiza entrevistas a la representante legal y operarias que manejan el proceso, visitas a la planta, toma de datos y observación del funcionamiento del proceso. Y se estudia detalladamente el proceso de envasado del café molido en su presentación de 125 g, para construir métricas e identificar variables que afectan el proceso.

Para realizar la revisión inicial al proceso, se observan y analizan datos estadísticos, la variabilidad y el comportamiento del proceso de envasado. Por medio del gráfico

de control como herramienta para valorar su proceso, se permitió supervisar el proceso e identificar inestabilidad y circunstancias anormales. Se aplicaron gráficos de control de medias y rangos[46] tomando muestras de 5 observaciones por lote de producción, para hacer un total de 50 observaciones (10 lotes). Las muestras fueron tomadas de lotes almacenados. A continuación, se muestran los resultados iniciales:

Lotes	Muestras Recolectadas (Gramos)				
	1	2	3	4	5
1	132	128	135	130	126
2	125	118	126	121	125
3	136	138	130	134	128
4	125	128	125	130	129
5	128	125	126	132	125
6	136	139	130	134	128
7	129	124	125	120	122
8	128	131	140	129	135
9	128	125	126	132	125
10	122	126	126	121	120

Tabla 4. Formato para la recolección de datos

Numero de Muestras	Observaciones					X bar (Media)	Rango	UCL	CL	LCL	UCL	CL	LCL
	1	2	3	4	5								
1	132	128	135	130	126	130,1	9,5	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
2	125	118	126	121	125	123,0	8,0	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
3	136	138	130	134	128	133,2	10,0	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
4	125	128	125	130	129	127,3	5,5	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
5	128	125	126	132	125	127,2	7,5	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
6	136	139	130	134	128	133,3	10,5	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
7	129	124	125	120	122	123,9	9,1	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
8	128	131	140	129	135	132,6	12,0	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
9	128	125	126	132	125	127,2	7,5	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
10	122	126	126	121	120	123,0	6,0	133,0	128,1	123,1	18,1	8,6	0,0
						128,1	8,56						

Tabla 5. Datos procesados.

Observaciones en la muestra n=5	Factores para construir carta de control para variables
D4	2,115
D3	0
A2	0,577

Tabla 6. Factores para construir carta de control para variables[46]

Límites de Control de la Carta de Rango (R)

$$LCS_R = D_4 \bar{R}$$

$$LC_R = \bar{R}$$

$$LCI_R = D_3 \bar{R}$$

R chart	
LCL	0,0
R-bar	8,6
UCL	18,1

Tabla 7. Resultados de los Límites de Control de la Carta de Rango.

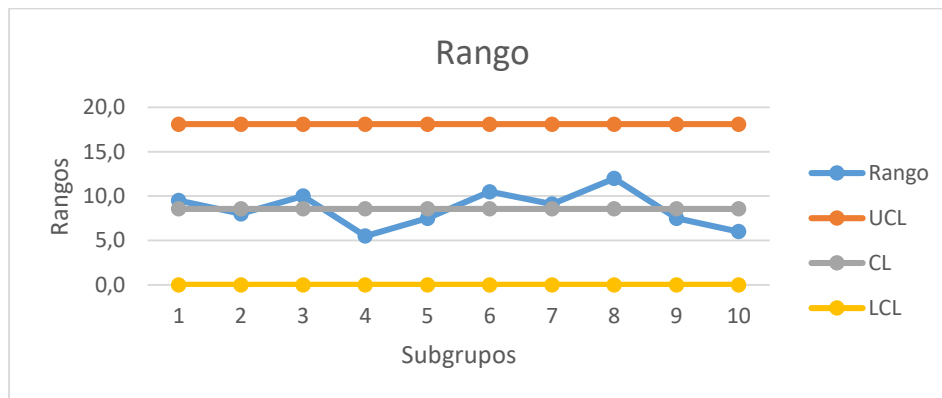


Figura 3. Cartas de Control de Rangos para el Proceso de Envasado

En la gráfica de control de rangos, indica que la variabilidad del proceso está bajo control, pero se visualiza que hay muchos datos dispersos, bien sean por debajo o por encima de la media; por lo tanto, puede construirse la carta (\bar{x}).

Límites de Control de la Carta Medias (\bar{x})

$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}}$$

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

x-bar Chart	
LCL	123,1
X bar	128,1
UCL	133,0

Tabla 8. Límites de Control de la Carta Medias

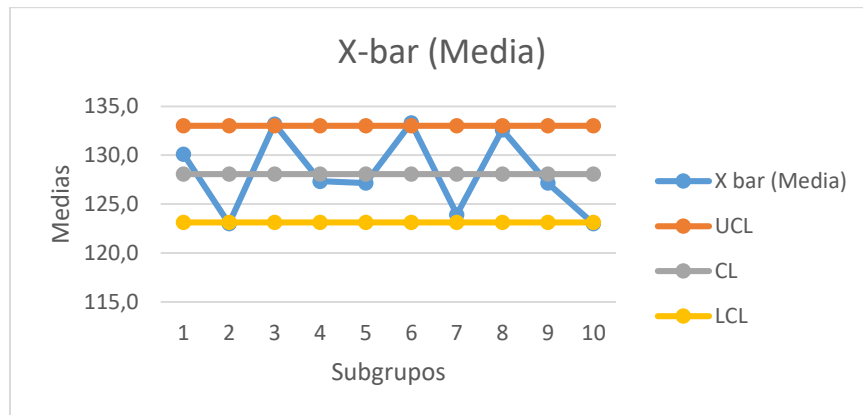


Figura 4. Cartas de Control de Medias para el Proceso de Envasado

En la carta de control de medias, se observa que el proceso se encuentra bajo control estadístico, pero en cualquier momento del tiempo puede salir de control, porque se encuentran puntos sobre límites.

Las variables críticas dentro de un proceso se refieren a la causa o causas que pueden generar un mayor descontrol del proceso que repercute directamente en una insatisfacción del cliente al darse una no conformidad. En el proceso de envasado del café molido, es posible identificar como variable crítica el contenido neto del producto.

4.1.5. PASOS PARA DETERMINAR EL NIVEL SIGMA

4.1.5.1. *Recolección de Datos*

En este primer paso, se determinó las herramientas a utilizar para la recolección de datos del proceso, y así poder conocer la situación actual, una vez definida la herramienta se realizaron las mediciones correspondientes para validar el sistema y establecer si los datos recolectados fueron suficientes para el análisis del sistema.

Se realizó un estudio detallado del proceso, registrando así las variables que se consideraban de interés para el desarrollo del proyecto. Entre la toma de datos predomina la dosificación del contenido neto, en mínima y máxima cantidad posible. En esta oportunidad, la recolección de datos se llevó a cabo por medio de observación directa del proceso, con apoyo de las operarias. Se tomaron 150 muestras semanales, de las cuales 30 en cada lote diario (se realizó la recolección durante el periodo de 4 sábados), obteniendo así 600 subgrupos de unidades producidas. Se diseñó un formato en donde se consignaron la cantidad de unidades inspeccionadas en cada muestra, a continuación, se muestra la información detallada:

- Día 1

DIA 1	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5
1	118,70	127,50	125,20	119,30	121,80
2	126,90	127,30	126,30	130,00	121,80
3	126,70	120,70	125,20	120,60	128,20
4	121,00	127,90	129,40	123,00	128,10
5	128,90	128,10	119,00	123,10	120,10
6	128,10	128,20	126,10	123,20	127,90
7	123,00	119,01	126,20	122,90	128,10
8	123,00	131,80	120,80	122,80	121,00
9	123,10	131,70	124,80	129,50	124,90
10	120,60	132,50	124,30	129,40	123,90
11	132,50	129,80	124,30	121,60	124,80
12	132,60	120,00	125,30	123,90	124,30
13	132,30	123,90	125,70	124,80	124,30
14	120,40	125,00	125,80	124,30	124,20
15	124,40	123,90	120,80	125,80	124,20
16	124,90	123,82	123,50	126,10	124,10
17	123,90	126,00	129,80	126,20	127,00
18	129,90	125,10	124,90	121,80	127,10
19	121,30	126,30	124,50	127,00	118,90
20	128,10	125,20	124,40	127,10	123,90
21	128,20	125,30	124,90	122,60	123,82
22	121,60	122,30	125,80	123,70	124,00
23	127,20	131,90	126,10	122,80	126,80
24	127,00	131,80	121,30	122,60	127,00
25	126,30	131,70	129,40	128,90	127,10
26	125,20	132,50	125,20	128,80	127,50
27	125,30	132,60	125,20	120,90	127,30
28	125,20	120,70	125,30	129,30	127,50
29	130,10	128,50	125,70	130,20	130,00
30	121,00	127,90	130,10	129,50	121,50

Tabla 9. Recolección Datos día 1

- **Día 2**

DIA 2	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5
1	127,10	132,60	129,90	120,40	119,00
2	126,80	132,30	129,30	119,00	124,10
3	118,80	132,60	122,10	129,80	124,50
4	129,80	130,20	122,40	130,10	124,40
5	122,20	129,50	121,80	121,80	125,80
6	124,20	129,40	129,40	125,20	125,80
7	124,20	120,00	124,00	125,30	125,80
8	124,10	129,30	124,50	125,70	126,10
9	124,50	119,00	124,40	129,90	126,10
10	126,20	125,20	124,90	118,90	126,20
11	126,00	125,30	123,90	124,20	125,20
12	120,60	125,70	127,00	124,20	120,70
13	130,10	124,50	126,50	124,10	125,20
14	130,00	124,40	119,20	120,90	127,10
15	130,20	124,90	128,80	125,80	126,80
16	129,50	126,10	129,10	125,80	126,90
17	129,40	126,20	120,80	126,10	125,30
18	130,20	126,00	127,10	127,00	125,70
19	129,50	118,90	126,80	127,10	125,80
20	120,10	130,00	126,90	121,00	124,30
21	126,00	130,20	127,20	123,70	124,20
22	125,20	121,90	127,00	122,60	124,20
23	126,30	129,30	126,90	123,50	132,60
24	125,20	123,30	127,30	123,30	131,90
25	125,30	123,00	127,80	123,00	128,10
26	128,90	123,00	121,90	127,80	128,20
27	128,80	123,10	126,20	127,90	127,80
28	128,90	123,20	125,20	128,10	128,10
29	130,00	128,10	120,40	128,20	128,90
30	120,80	128,90	120,10	129,50	120,70

Tabla 10. Recolección Datos día 2

- **Día 3**

DIA 3	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5
1	126,20	125,20	130,70	121,60	121,60
2	125,20	125,30	122,30	125,20	129,40
3	125,30	125,70	125,80	125,30	121,50
4	131,20	125,80	125,80	125,70	131,50
5	119,10	125,80	125,80	119,00	131,20
6	130,50	125,80	126,10	130,50	130,40
7	122,10	125,80	130,90	130,90	118,90
8	125,80	126,10	121,40	130,70	122,60
9	125,80	121,80	129,80	130,90	123,50
10	125,80	131,50	130,10	131,10	123,30
11	126,90	121,90	122,60	130,90	123,00
12	127,20	127,50	123,50	121,90	123,70
13	121,50	127,50	123,30	127,60	128,90
14	125,30	127,10	123,30	126,50	127,80
15	124,50	119,20	123,00	126,90	122,20
16	123,90	127,30	123,00	131,10	122,10
17	123,82	127,50	123,10	121,50	126,90
18	125,30	121,60	130,90	131,20	120,80
19	125,80	125,80	130,40	130,40	125,20
20	125,80	125,80	121,80	122,10	125,30
21	126,10	125,80	132,30	130,90	125,70
22	120,60	129,90	131,90	130,70	122,90
23	124,00	122,10	131,80	130,90	122,80
24	124,50	121,50	131,70	121,50	123,50
25	124,40	126,10	130,00	130,90	123,70
26	125,30	126,20	129,50	130,40	122,60
27	125,70	126,00	130,40	130,90	127,20
28	122,00	125,10	119,80	130,40	127,00
29	130,20	129,80	129,90	131,70	126,50
30	129,50	120,60	129,30	122,50	126,90

Tabla 11. Recolección Datos día 3

- **Día 4**

DIA 4	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5
1	118,90	128,90	127,50	118,70	127,90
2	128,10	127,80	127,30	120,60	128,10
3	122,40	127,90	127,50	123,20	118,70
4	125,80	118,70	120,00	122,90	128,50
5	125,80	126,30	127,50	122,80	127,90
6	121,00	125,20	127,50	123,50	118,90
7	125,30	125,30	126,20	123,70	129,80
8	125,70	125,80	126,00	123,70	124,50
9	125,80	125,80	125,10	126,20	124,40
10	125,80	125,80	120,80	126,00	124,90
11	125,80	127,80	128,90	125,20	123,90
12	126,10	121,10	128,80	126,30	124,80
13	126,20	123,20	128,50	125,20	125,20
14	126,50	122,90	127,90	125,30	120,80
15	127,60	122,80	126,60	131,10	123,90
16	126,50	123,50	126,80	121,50	124,80
17	120,70	123,70	120,10	122,30	124,30
18	126,30	123,70	124,80	130,40	124,30
19	125,20	122,60	124,30	129,80	129,90
20	125,30	123,50	124,30	129,80	129,30
21	125,20	126,20	124,20	129,80	120,40
22	125,20	126,00	124,20	129,80	122,30
23	125,30	125,20	124,10	129,80	121,50
24	125,20	126,30	124,50	129,80	121,60
25	121,30	125,80	123,90	130,20	132,30
26	126,70	125,80	123,82	126,80	131,90
27	127,10	125,80	124,00	126,90	125,70
28	126,80	121,60	124,50	127,30	125,80
29	127,60	126,80	127,80	131,50	125,80
30	126,50	127,50	127,90	121,00	130,50

Tabla 12. Recolección Datos día 4

4.1.5.2. Cálculo del Centramiento y Dispersión

Luego de recopilar la información es importante conocer cómo se encuentra el proceso, con el objetivo de mantener o cambiar la meta del proyecto de acuerdo a los resultados preliminares. La medición, involucra varios cálculos; para el manejo y procesamiento de los datos se utilizó el Software IBM SPSS Statistics versión 21[47] y Microsoft Excell[48]

Teniendo en cuenta los datos recolectados, se procede a realizar el análisis del proceso, haciendo uso inicialmente de las Distribuciones de Frecuencias[49] y luego se procede a identificar el nivel sigma en que se encuentra la empresa para determinar la cantidad de producto defectuoso.

El primer paso a seguir es determinar el valor máximo y mínimo que toma la variable, en este caso el contenido de la presentación de 125 gr de café molido; para calcular el Rango o Recorrido:

$$R = D_{mayor} - D_{menor}$$

$$R = 132,6 - 118,6$$

$$\mathbf{R = 14}$$

para determinar el número de intervalos utilizamos un método, que consiste en la aplicación de la fórmula Struges, obteniendo:

$$m = 1 + 3,3 \log n$$

$$m = 1 + 3,3 \log 600$$

$$m = 10,17$$

$$\mathbf{m \approx 11}$$

En cuanto a la amplitud, que debe tomar cada intervalo de la distribución, tenemos:

$$C = \frac{R}{m}$$

$$C = \frac{14}{11}$$

$$C = 1,27$$

$$C \approx 1,3$$

Con la información anterior procedemos a realizar la tabla de distribución de frecuencias de la variable continua.

va (agrupado)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	118,61 - 119,90	22	3,7	3,7	3,7
	119,91 - 121,20	34	5,7	5,7	9,3
	121,21 - 122,50	45	7,5	7,5	16,8
	122,51 - 123,80	54	9,0	9,0	25,8
	123,81 - 125,10	75	12,5	12,5	38,3
	125,11 - 126,40	138	23,0	23,0	61,3
	126,41 - 127,70	67	11,2	11,2	72,5
	127,71 - 129,00	48	8,0	8,0	80,5
	129,01 - 130,30	63	10,5	10,5	91,0
	130,31 - 131,60	31	5,2	5,2	96,2
	131,61 - 132,90	23	3,8	3,8	100,0
	Total	600	100,0	100,0	

Tabla 13: Distribución de frecuencias de la variable continua

En el cuadro anterior podemos observar que el mayor número de muestras se encuentra concentrado en el intervalo 125,11 – 126,4.

Al obtener dicha información, se procede a calcular el centramiento y dispersión de los datos

				Marca Clase	Frecuencia	d	df	d2f
1	118,61 - 119,90	118,6	119,9	119,25	22	-5	-110	550
2	119,91 - 121,20	119,9	121,2	120,55	34	-4	-136	544
3	121,21 - 122,50	121,2	122,5	121,85	45	-3	-135	405
4	122,51 - 123,80	122,5	123,8	123,15	54	-2	-108	216
5	123,81 - 125,10	123,8	125,1	124,45	75	-1	-75	75
6	125,11 - 126,40	125,1	126,4	125,75	138	0	0	0
7	126,41 - 127,70	126,4	127,7	127,05	67	1	67	67
8	127,71 - 129,00	127,7	129	128,35	48	2	96	192
9	129,01 - 130,30	129	130,3	129,65	63	3	189	567
10	130,31 - 131,60	130,3	131,6	130,95	31	4	124	496
11	131,61 - 132,90	131,6	132,9	132,25	23	5	115	575
	Total				600		27	3687

Tabla 14: El Centramiento y dispersión de los datos

$$\bar{x} = X_o + C\bar{d}$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum d_i f_i$$

$$\bar{d} = \frac{1}{600} (27)$$

$$\bar{d} = \mathbf{0,045}$$

$$\bar{x} = X_o + C\bar{d}$$

$$\bar{x} = 125,75 + (1,3)(0,045)$$

$$\bar{x} = 125,75 + 0,059$$

$$\bar{x} = \mathbf{125,809}$$

$$\sigma_d^2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (d_i^2 f_i - \bar{d}^2)}$$

$$\sigma_d^2 = \sqrt{\frac{1}{600} [3687 - (0,045)^2]}$$

$$\sigma_d^2 = \sqrt{\frac{1}{600} [3687 - 0,0020]}$$

$$\sigma_d^2 = \sqrt{6,145}$$

$$\sigma_d = 2,47789$$

$$\sigma_d \approx 2,479$$

$$\sigma_{\bar{x}} = C \sigma_d$$

$$\sigma_{\bar{x}} = (1,3)(2,479)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = 3,223$$

4.1.5.3. Comportamiento del proceso

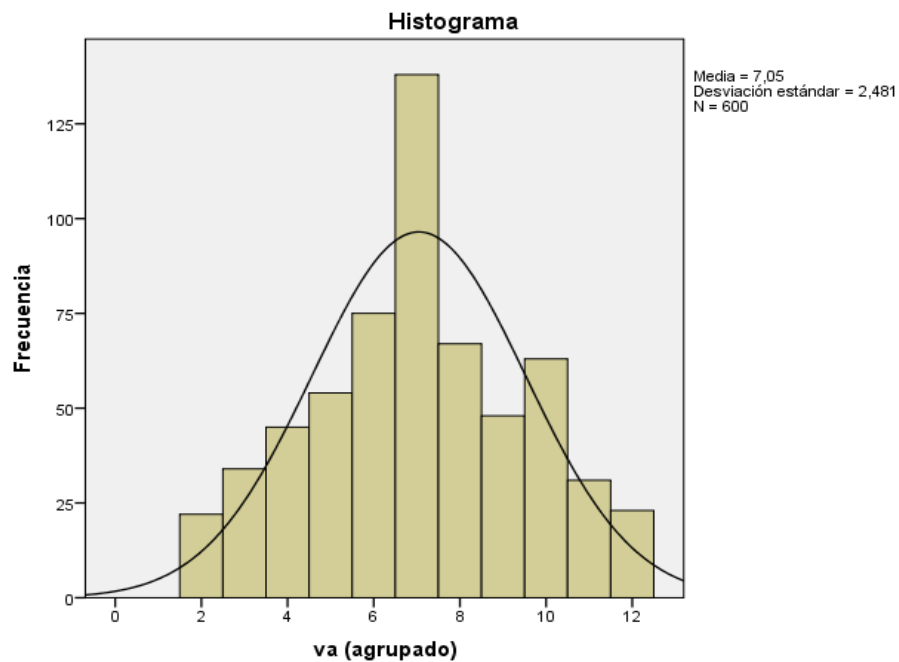


Grafico 1: Comportamiento del proceso.

Se observa en el histograma con curva normal que la media es igual a 7,05; esto quiere decir que los datos están más concentrados a la derecha de la curva normal, con respecto a la desviación estándar es de 2,481 ya que se encuentra en un término medio.

4.1.5.4. Cumplimiento de las especificaciones

Dentro de las especificaciones establecidas por la microempresa el producto se debe encontrar entre $125 \pm 3,1$ gr; a continuación, se aplica la siguiente ecuación con el fin de determinar si se cumple o no con las especificaciones de longitud.

$$6 \sigma_{\bar{x}} \geq S - I$$

$$6 \sigma_{\bar{x}} \geq 128,1 - 121,9$$

$$6 (3,223) \geq 128,1 - 121,9$$

$$**19,338 \geq 6,2**$$

Lo anterior, permite reconocer que el proceso de envasado es incapaz de cumplir con las especificaciones, debido a que no se encuentra bajo control, por lo tanto, se están produciendo productos defectuosos, se está entregando al mercado productos que no cumplen con el contenido neto declarado en la etiqueta.

Este comportamiento anormal señala la presencia de causas especiales de variaciones, tales como descuido del operario, un instrumento de medición descalibrado o una lectura errónea del mismo.

4.1.5.5. Cálculo del Porcentaje de Defectuosos

En este paso, se pretende evaluar que tan capaz es el proceso sobre él que se está trabajando. Definir esta medida dentro de los procesos de producción es muy importante ya que este establece que tan productivas son las operaciones y que tan competitivo se es en el mercado.

Se realiza la gráfica en función de los datos anteriores, mostrando el porcentaje de productos defectuosos y analizando la productividad del proceso.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma_{\bar{x}}}$$

$$Z_{(X=128,1)} = \frac{128,1 - 125,809}{3,223}$$

$$Z_{(X=128,1)} = 0,71$$

El valor obtenido de $Z_{(X=128,1)}$ lo revisamos en la Tabla Áreas bajo la curva normal de probabilidad [49]

$$P [X > I] = 0,5 - 0,2612$$

$$P [X > I] = \mathbf{0,2388}$$

$$Z_{(X=121,9)} = \frac{121,9 - 125,809}{3,223}$$

$$Z_{(X=121,9)} = -1,21$$

El valor obtenido de $Z_{(X=121,9)}$ lo revisamos en la Tabla Áreas bajo la curva normal de probabilidad [49]

$$P [X < I] = 0,5 - 0,3869$$

$$P [X < I] = \mathbf{0,1131}$$

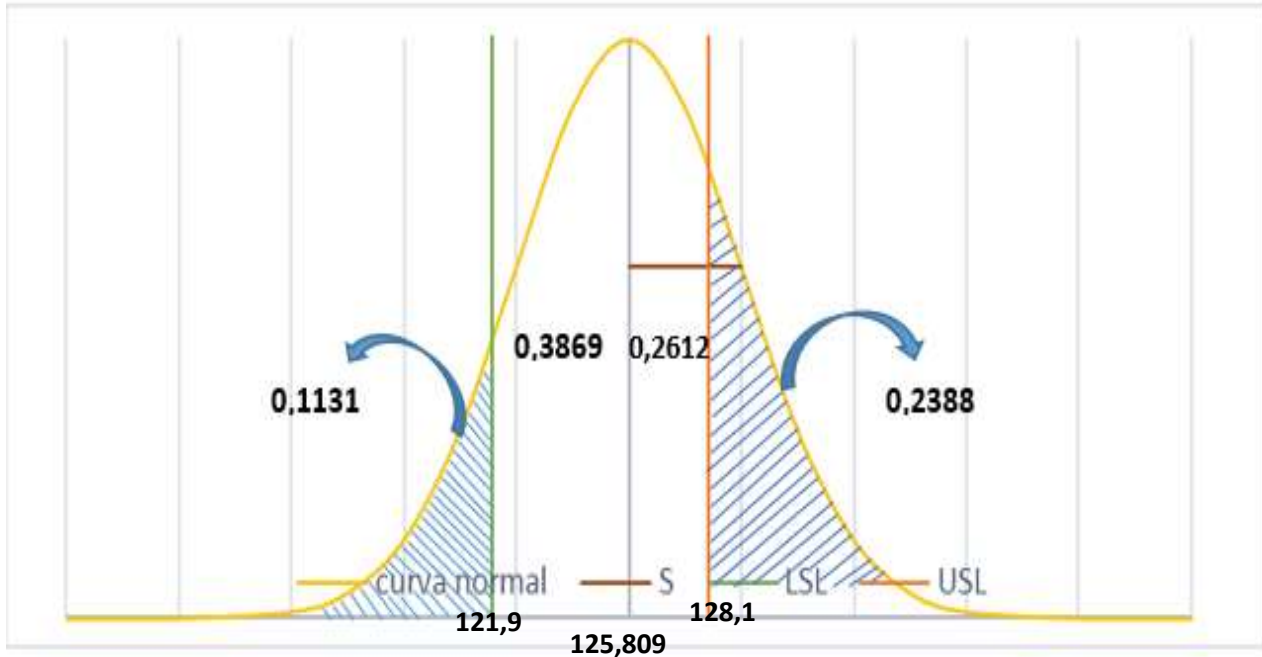


Grafico 2: Cálculo del Porcentaje de Defectuosos

$$\text{Producto Defectuoso} = 0,1131 + 0,2388$$

$$\text{Producto Defectuoso} = 0,3519 \approx 35,19\%$$

$$\text{Producto Bueno} = 100\% - 35,19\%$$

$$\text{Rendimiento} = 64,81\%$$

4.1.5.6. Identificación del Nivel Sigma

La microempresa MCP-X, presenta un 64,81% de bolsas de café en presentación de 125 g, se encuentra dentro de las especificaciones, por lo tanto, es conforme; con esta información se procede a determinar el nivel sigma en que se encuentra la microempresa, con base a la siguiente tabla:

Rendimiento	Nivel del Sigma	DPMO
6.680	0.00	933200
8.455	0.13	915450
10.56	0.25	894400
13.03	0.38	869700
15.87	0.50	841345
19.08	0.63	809200
22.66	0.75	773400
26.59	0.88	734050
30.85	1.00	691462
34.50	1.10	655422
38.20	1.20	617911
42.10	1.30	579260
46.00	1.40	539828
50.00	1.50	500000
69.10	2.00	308538
84.10	2.50	158655
93.30	3.00	66807
94.79	3.13	52100
95.99	3.25	40100
99.40	4.00	6210
99.98	5.00	233
99.99966	6.00	3.4

Tabla 15: Medida del Nivel Seis Sigma[1]

Se calcula el Nivel Sigma para la microempresa MCP-X, en relación con el Proceso de Envasado en función del rendimiento obtenido, así:

Nivel Sigma	DPMO	Rendimiento
1,5	500.000	50%
1,88	253.075	64,81%
2	308.537	69,1%

Tabla 16: Calculo del Nivel Sigma

Si sigma = 1.88, significa que nuestro producto entra dentro de las especificaciones en el 64,81% de los casos.

4.1.6. Evaluación del sistema de medición

ANOVA					
GRAMOS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	349,460	19	18,393	1,761	,024
Dentro de grupos	6048,651	579	10,447		
Total	6398,110	598			

Tabla 17: Análisis de la Varianza de los datos

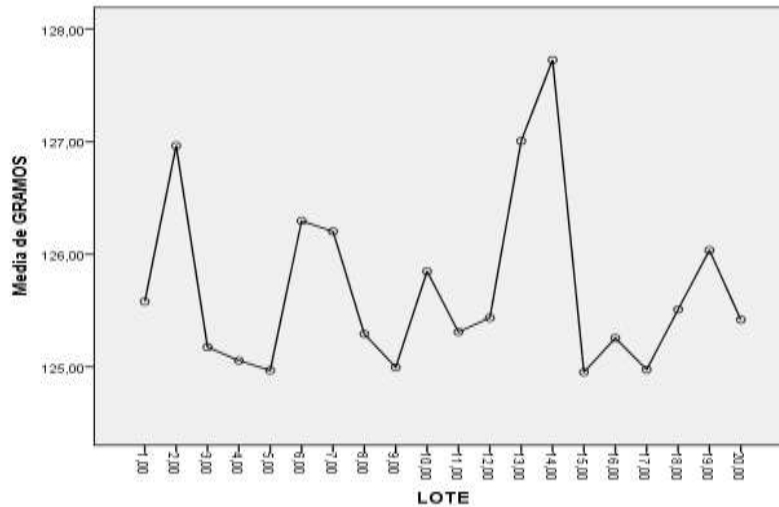


Gráfico 3: Distribución de la significancia

GRADOS DE LIBERTAD				
		X1		X2
		15	19	20
Y1	500	1,69		1,59
598			1,61	
Y2	1000	1,68		1,58

Tabla 18: Interpolación de los Grados de Libertad

Se observa que el cuadrado medio de los tratamientos **18,393** es varias veces mayor que el cuadrado medio **10,447**, esto indica que no es posible que las medias de las medias sean iguales. En este experimento se tomó una α igual a 0,05. Ahora bien si el F de la investigación presentada es menor igual al F de la tabla, se dice estadísticamente que la investigación no presenta diferencias significativas con respecto a las medias de los tratamientos y en este caso el F de la investigación es de 1,761 lo cual es mayor al F de la tabla o del entorno, con $F_{19,598}=1,61$; esto quiere decir que se presentan diferencias significativas entre las medias y por consiguiente se rechaza la Hipótesis Nula (H_0).

4.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

4.2.1. Costos de Producción

La inversión inicial mediante sus activos fijos, depreciación y amortización, presupuesto de los costos de producción y gastos de administración

Cantidad	Equipo	Precio
1	Trilladora	\$ 2.500.000,00
1	Tostadora	\$ 7.150.000,00
1	Molienda	\$ 2.000.000,00
1	Selladora	\$ 150.000,00
1	Gramera	\$ 25.000,00
1	Utensilios	\$ 500.000,00
Total		\$ 12.325.000,00

Tabla 19: Activos fijos de Producción

4.2.1.1. Activos fijos de producción

Para la elaboración de este producto se requiere de maquinaria especializada para el proceso donde cada una, tiene una capacidad de producción respecto a esto se determina la cantidad de cada una de las máquinas y el precio de cada una de ellas para calcular la inversión total de estos equipos de producción que se presenta a continuación.

4.2.2. Depreciación y amortización

De acuerdo con las leyes de depreciación y amortización del país se calculó la depreciación a un periodo de 3 años que es el tiempo de realización del proyecto.

Depreciación y amortización						
CONCEPTO	VALOR	PORCENTAJE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	VS
Equipos de Producción	\$12.325.000,00	10%	\$11.092.500,00	\$9.983.250,00	\$8.984.935,00	\$3.697.500,00

Tabla 20: Depreciación y amortización

4.2.3. Presupuesto de los costos de producción

4.2.3.1. Costo de materia prima

Para la producción se requiere de cierta cantidad de materia prima para la producción de Café, donde anualmente se consume 2,58 CARGAS DE CAFÉ para el llenado de 2580 bolsas de la presentación de 125gr por un valor unitario de \$629.000 y con un valor mensual de **\$1.622.820**.

Cantidad	Valor unitario	Valor Mensual	Valor Anual
2.58 cargas de café	\$ 629.000	\$ 1.622.820	\$ 19.473.840

Tabla 21: Insumos

4.2.3.2. Servicios

Los siguientes servicios son los necesarios para que la empresa tenga un buen funcionamiento de esta. **Estrato 1**.

SERVICIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Agua	\$ 15.000	\$ 180.000
Luz	\$ 35.000	\$ 420.000
TOTAL	\$ 50.000	\$ 600.000

Tabla 22: Servicios

4.2.3.3. Mano de obra

La mano de obra es directa ya que son los que intervienen en todo el proceso que se lleva a cabo de la empresa.

Egresos												
Salario mínimo \$ 737.717,00									Parafiscales			
Sueldo	Subsidio de Transporte	Salario	Cesantías (8,33%)	Intereses de Cesantías (12%)	Primas (8,33%)	Vacaciones (4,17%)	Pensión (12%)	Salud (8,5%)	Sena (2%)	I.C.B.F (3%)	Cajas de Compensación 4%	ARL (0,522%)
\$ 737.717,00	\$ 83.140,00	\$ 820.857,00	\$ 68.377,39	\$ 8.205,29	\$ 68.377,39	\$ 34.229,74	\$ 98.502,84	\$ 69.772,85	\$ 16.417,14	\$ 24.625,71	\$ 32.834,28	\$ 4.284,87
TOTAL					\$ 1.246.484,49	Valor por 1 trabajador						
SOW 3 TRABAJADORES		\$ 3.789.453,46	\$ 44.873.441,58									
Valor por los 3 trabajadores al mes			Valor por los 3 trabajadores al año (12 meses)									

Tabla 23: Mano de obra

4.2.3.4. Total De Presupuestos costos de Producción

CONCEPTO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Materia prima	\$ 1.622.820	\$ 19.473.840
Servicios	\$ 50.000	\$600.000
M.O Directa	\$ 3.739.453,46	\$ 44.873.441,58
TOTAL	\$ 5.412.273,46	\$ 64.947.281,58

Tabla 24: Total De Presupuestos costos de Producción

4.2.3.5. Tasa Interna De Retorno

- Calculo en Excel TIR = 19%

TIR
\$ (12.325.000,00)
\$ 2.545.518,42
\$ 6.047.434,35
\$ 10.061.910,06
19%

Tabla 25: Calculo de TIR en Excel

4.2.3.6. Tasa De Recuperación Contable

De acuerdo con la tasa interna de retorno se determina la tasa de recuperación contable

$$TRC = \frac{TIR}{1 - \left(\frac{1}{1 + TIR}\right)^n}$$

$$TRC = \frac{0.19}{1 - \left(\frac{1}{1 + 0.19}\right)^3}$$

$$TRC = 0.467307895$$

$$TRC = 46.7307895\%$$

4.2.3.7. Periodo De Recuperación Contable

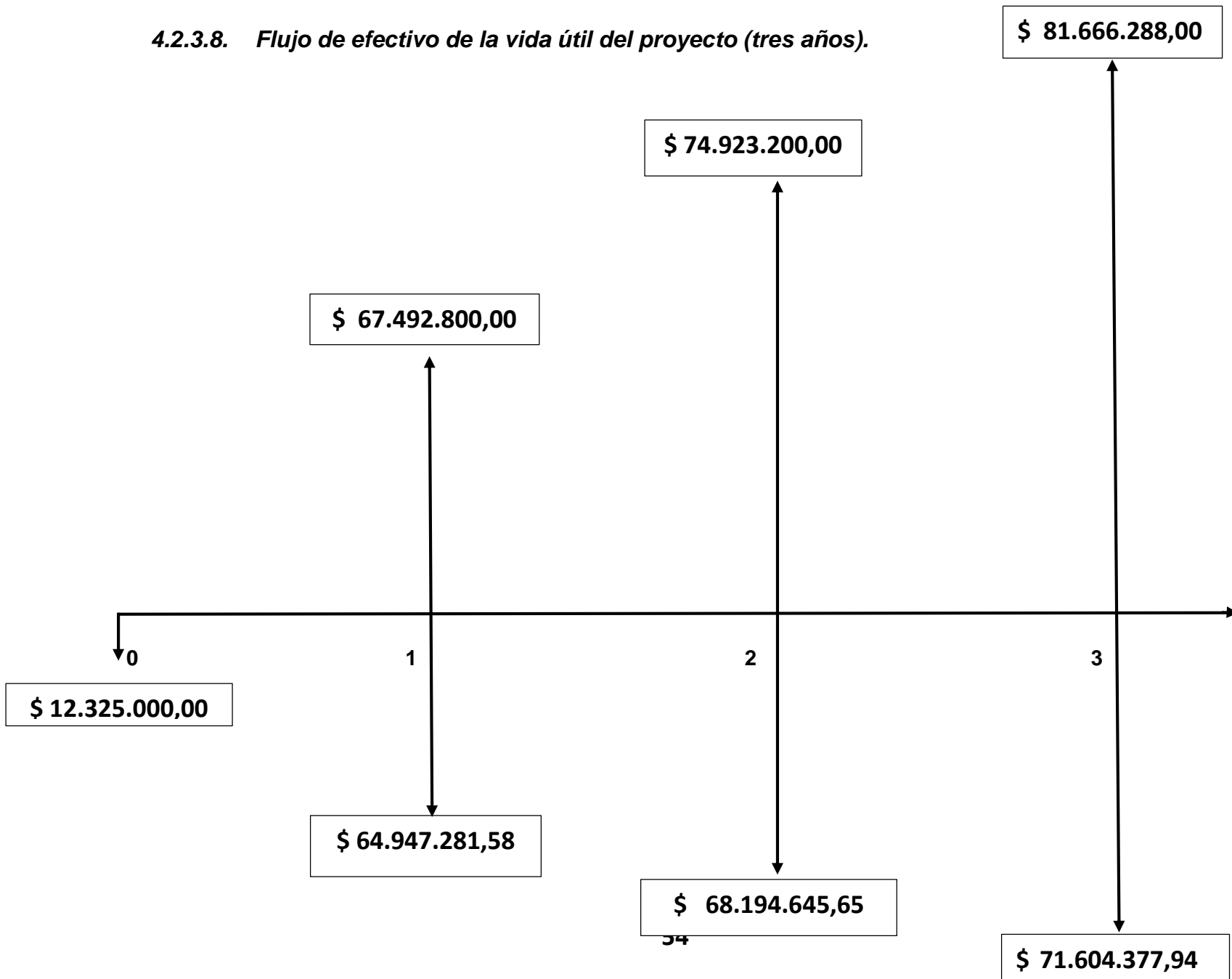
$$PRI = \frac{1}{TRC}$$

$$PRI = \frac{1}{0.467307895}$$

$$PRI = 2.139916767$$

$$= 2 \text{ años, } 1 \text{ Mes, } 20 \text{ Días}$$

4.2.3.8. *Flujo de efectivo de la vida útil del proyecto (tres años).*



4.3. PROPUESTA MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Antes de iniciar el proceso en la microempresa, se realizó el acercamiento con el representante legal de las mismas, para que facilitará el acceso a la información, explicando que es, en que consiste y los beneficios que puede obtener con los resultados de implementar la metodología Seis Sigma.

Basada en la experiencia que mencionan los diferentes autores, en relación a la implementación de Seis Sigma, es puede ser aplicada a cualquier tipo de empresa sin excluir el sector. Además, aconsejan, que esta metodología debe ser implantada secuencialmente, adaptándose a la realidad particular de cada caso, con el fin, de equilibrar esfuerzos y recursos orientados a la mejora[50].

En primera instancia, se debe establecer un equipo multidisciplinario que permita abarcar los distintos puntos de la problemática encontrada y establecer un plan de concientización sobre los beneficios que trae el mejoramiento continuo; también, se requiere de personal capacitado capaz de realizar intervenciones a los diferentes procesos en la búsqueda del mejoramiento de la productividad, disminución en los tiempos, maximización de los recursos y minimización de los desperdicios.

Con la propuesta de este modelo de implementación se pretende que la microempresa MCP-X, pueda aplicarlo en la totalidad de la empresa como tal, o un proceso específico; con el objetivo de llegar a mostrar resultados en periodo cortos de tiempo, ir utilizando cada vez más herramientas Seis Sigma conforme a la necesidad de cada fase, adaptarla a la situación presentada, visualizar el grado de avance del proceso e implementar la cultura de mejora continua, está consta de dos fases:

Fase I. Evaluación Inicial

Actualmente la microempresa MCP-X al no tener estructurado, organizado y documentado sus procesos, se hace necesario conocer la situación actual de la empresa y/o proceso, a través, de un Diagnostico que me proporcione un panorama general, utilizando herramientas estadísticas de esta manera identificar los posibles escenarios al implementar cada uno de las Etapas de la Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar).

Para la realización del Diagnostico se propone realizar la descripción del Proceso y/o situación: Se detalle en qué condiciones se encuentra el proceso, para esto, recomienda elaborar un análisis más específico por medio de una Matriz DOFA, que es una herramienta útil para analizar la situación de la empresa ya que analiza las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, abarcando de esta manera lo bueno y malo tanto internamente como externamente.

El objetivo del diagnóstico es ver la situación actual de la empresa detectando áreas de oportunidad. El presente trabajo servirá como base para la generación de proyectos de mejora, así, aplicar la metodología DMAIC, el cual se basará en los resultados que arroje el diagnóstico. Es importante priorizar en qué está fallando la empresa y así realizar una adecuada selección del proyecto.

En esta fase, se calcula la habilidad del proceso en función de las sigmas del proceso y se determina la capacidad del proceso, como se puede desarrollar en el capítulo anterior.

En la Fase Inicial, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Definir el equipo de trabajo: personal comprometido en mejorar los procesos de la microempresa.

- Capacitar el personal seleccionado; formación enfocada en aspectos claves de la metodología.
- Establecer los objetivos que se desean obtener, definir el alcance del proyecto
- Recolección y análisis de datos

De acuerdo, a lo analizado en la microempresa MCP-X, se observa que no tienen implementado ninguna de las herramientas Seis Sigma, solo trabajan bajo un sistema de producción pull, en este caso lo maneja por pedido.

Dentro de los problemas encontrados, radica, en el hecho de que el personal no tiene conocimientos mínimos sobre estas herramientas, además su nivel de formación se basa en el aprendizaje empírico que ha venido adquiriendo a lo largo de su experiencia en el sector, pero cabe resaltar el compromiso del representante legal, para seguir adelante y mantenerse en el mercado.

Fase II. Etapas de la Metodología

Una vez analizada la situación actual, se procede a plantear la metodología que integre las etapas del ciclo DMAIC, en las que se definen herramientas, que deben aplicarse para abordar las diferentes problemáticas y definir qué método se llevaran a cabo para su implementación en la microempresa MCP-X, es la siguiente:

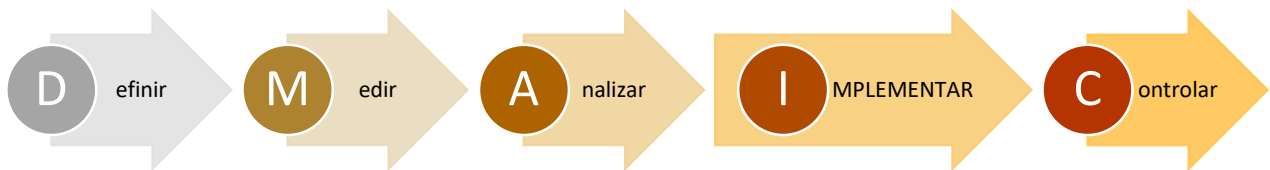


Figura 5. Ciclo DMAIC

ETAPA 1. DEFINIR

En esta etapa, se busca que la microempresa identifique el proyecto que impacte positivamente las finanzas, en el caso de estudio se encontró el desperdicio en el envasado del producto, esto genera la necesidad urgente por reducir desperdicios y comparar entre lo que es y lo que debería ser el proceso; se tomó este proceso que, aunque se desarrolla de manera artesanal presenta oportunidades de aprovechar más el material con el fin de poder envasar más unidades.

Para desarrollar esta etapa, se utilizará las siguientes herramientas que permitan visualizar la situación real e identificar problemas presentados[51]:

Herramienta	Usabilidad
Diagrama de Flujo	Ilustra gráficamente el proceso e identificar las áreas críticas y de oportunidad
Mapas de Proceso	Describe el proceso con detalle para comprender la funcionalidad del mismo.

Tabla 26. Herramientas Etapa Definir

ETAPA 2. MEDIR

En esta etapa, inicialmente se definen las métricas para verificar el desempeño del proceso y estimar la línea base, esto se logra con la medición del desempeño actual, seguidamente se obtienen los datos del proceso y se evalúa el sistema de medición para cuantificar los errores asociados.

Para desarrollar esta etapa, se recomienda utilizar[51]:

Herramienta	Usabilidad
--------------------	-------------------

Nivel Sigma	Permite determinar cuántos desviaciones del proceso caben dentro de los límites de especificaciones.
Muestreo Aleatorio Simple	Cada elemento o unidad dentro de la población se le otorga la misma oportunidad de selección
Hoja de Recolección	Maneja la recopilación de la información.
ANOVA [52]	Permite descomponer la variación total de los datos, comparar dos tipos de variación, decidir si existe o no diferencia entre las medias que se están analizando..

Tabla 27. Herramientas Etapa de Medir

ETAPA 3. ANALIZAR

En esta etapa, se requiere estructurar, analizar la capacidad del proceso estableciendo hipótesis iniciales; a su vez, establecer las variables significativas que me permitirá confirmar o desechar las hipótesis planteadas, determinando que se espera y que se puede mejorar.

Para desarrollar esta etapa, se recurre a herramientas que me permitan identificar las principales fuentes de variación[51]:

Herramienta	Usabilidad
Estadística Básica	Recolección, estudio e interpretación de datos.
Diagrama Causa - Efecto	Representa la relación entre un problema y todas las posibles causas que lo ocasionan.
Capacidad del Proceso	Cuantifica la naturaleza del problema que se debe abordar

Tabla 28. Herramientas Etapa de Analizar

ETAPA 4. IMPLEMENTAR

En esta etapa, las mejoras son implementadas y verificadas, por tanto, se busca alternativas de mejoras para aspectos urgentes detectados en las etapas anteriores, establece nuevas condiciones en el proceso, asocia los beneficios con la solución propuesta, estimados por el equipo de trabajo, y se investigan y resuelven los modos de falla para el nuevo proceso.[51]:

Para desarrollar esta etapa, se requieren herramientas que me permitan proponer y probar, como se puede mejorar los proceso, se propone utilizar[53]:

Herramienta	Usabilidad
Orden y Limpieza con las 5S	Mejora la limpieza y organización de las áreas de trabajo, mediante sus etapas, incrementando así la productividad[54].
Estandarización	Permite entender de forma detallada los procesos (se realiza mediante diagramas de flujos, indicadores eficiencia del proceso)
Layout	Mejora el diseño de planta enfocado al producto

Tabla 29. Herramientas Etapa de Implementación

ETAPA 5. CONTROLAR

En esta etapa, el impacto previsto de las mejoras y rendimiento financiero, deben ser verificados; por lo tanto, es importante convencer a la dirección que la aplicación de Seis Sigma da resultados favorables y puede ser utilizada como estrategia corporativa[51].

Para finalizar la metodología, en esta etapa, se recomienda realizar seguimiento al proceso en búsqueda de mejoras continuas[51]:

Herramienta	Usabilidad
Control Estadístico de Procesos	Estudia la variación y monitorea el rendimiento del proceso
Plan de Control	Identifica deficiencias en el sistema de control

Tabla 30. Herramientas Etapa de Controlar

4.4. INVERSIÓN ECONÓMICA DEL MODELO PROPUESTO

A continuación, se presentan los recursos y rubros que se deben tener en cuenta para la implementación del modelo propuesto, recordando que este consta de dos fases, dando inicio con la Evaluación Inicial y seguidamente con el desarrollo de cada una de las Etapas del Ciclo DMAIC.

4.4.1. Costos de Inversión

COSTOS DE INVERSIÓN	AÑO 0
Fase I. Evaluación Inicial	
Capacitaciones del Personal	250000,00
Fase II. Etapas DMAIC	
Adquisición de Software	180000,00
Adquisición de Equipo de Computo	2500000,00
Puesto de Trabajo Nuevo	27850608,00
Adquisición de Maquinaria Empacadora Dosificador	9500000,00
COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN	\$ 40.280.608,00

Tabla 31. Costos Inversión Modelo Propuesto

4.4.2. Beneficios de la Implementación

Para con ello llegar a unos indicadores financieros, robustos, viables, con respecto a VPN, TIR, TRC, PRI en el corto plazo.

Esto se logra aplicando la economía de escala en el cual se establece que el precio de venta del producto se mantiene igual o en su defecto se incremente un porcentaje mínimo, esto con el fin de mantener el nicho de mercado presente e incrementarlo a través de ellos.

5. CONCLUSIONES GENERALES

- La microempresa MCP-X no cuenta con documentación relacionada del proceso de café molido, ni con las características principales de un diseño de planta.
- El proceso de café molido es de manera artesanal el cual presenta despilfarros.
- El resultado del análisis preliminar se realizó mediante las cartas de control del cual se puede observar que el proceso se encuentra sobre los límites y que en cualquier momento el proceso puede salirse de control.
- Se calculó el nivel sigma donde arroja un **1,88%** equivalente a **253.075** DPMO.
- El valor p se encuentra cercano al valor de la tabla de F, lo cual indica que el proceso necesita mejora.
- La evaluación financiera indica que la inversión que se hace inicialmente se puede recuperar en 2 años, 1 mes y 20 días.
- El modelo de implementación me permitirá que la microempresa pueda comenzar a estandarizar y optimizar procesos aplicando diferentes herramientas por la metodología a aplicar.
- Teniendo en cuenta que las microempresas del sector de Norte de Santander cuentan con procesos muy similares, esta investigación permitirá replicar y realizar una comparación con respecto al porcentaje de desperdicios que se encuentran en sus procesos.
- El proceso no se encuentra bajo control estadístico ya que $6\sigma_1 \geq S-1$ es mayor, o sea **19,338 \geq 6,2**
- No solo se puede aplicar esta implementación a el producto estudiado sino también a los productos derivados de esta microempresa.
- El proceso de maquila permite desarrollar mayores ingresos.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio para proponer un rediseño de planta.
- Con la implementación de la nueva máquina, la cual optimiza dos procesos en uno; garantiza que se mejore el proceso de productos para uno de los productos que la microempresa desarrolla.
- Genera argumentos de alto impacto donde garantice que estas microempresas puedan participar en convocatorias para que logren obtener mejores recursos para la realización de sus productos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. J. Herrera and T. J. Fontalvo, *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*. 2011.
- [2] E. C. de Colombia, *Ley 905*. 2004.
- [3] A. N. de I. F. ANIF, “La Gran Encuesta Pyme - Informe de Resultados 1er. semestre 2015,” 2015.
- [4] G. de N. de Santander, “Mapa Subregiones de Norte de Santander.pdf.” [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20120227115104/http://www.nortedesantander.gov.co/msubregiones.php>.
- [5] R. Hernandez Sampieri, *Metodología de la Investigacion*. 1997.
- [6] M. C. J. T. Michcol, M. A. D. G. García, M. A. J. Antonio, V. Loyola, M. C. Elena, and F. Ávila, “Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz,” no. 42, pp. 11–18, 2011.
- [7] A. Moreano and P. Cáceres, “Diseño para la implementación de la metodología seis sigma en una línea de producción de queso fresco,” 2010.
- [8] J. Montañez and C. Gómez, “IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LA MEJORA DE PROCESOS Y SEGURIDAD EN LAS INTALACIONES DE SCHNEIDER ELECTRIC DE COLOMBIA S.A.,” 2006.
- [9] E. Pérez López and G. C. Minor, “Implementación de la metodología DMAIC- Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal,” *Tecnol. en Marcha*, vol. 27, no. 3, pp. 88–106, 2014.
- [10] P. T. Completo, “Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones Implementation of a program for six sigma quality,” vol. 9, no. 2, pp. 65–74, 2011.
- [11] D. Mar, A. Mart, and B. Elena, “Plan de implementación de six Sigma en el proceso de admisiones de una institución de educación superior,” vol. 10, no. 2, pp. 13–21, 2012.
- [12] M. Buest, “Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado,” pp. 1–10, 2013.
- [13] B. El-haik and D. M. Roy, *Service Design for Six Sigma*. 2006.

- [14] R. Jugulum and P. Samuel, *Design for Lean Six Sigma: A Holistic Approach to Design and Innovation*. 2010.
- [15] B. El-Haik and R. Al-Aomar, *Simulation-Based Lean Six-Sigma and Design for Six-Sigma*. 2006.
- [16] F. W. B. Iii and J. Wiley, *IMPLEMENTING SIX SIGMA*. 1999.
- [17] +lean Toolset, "Design for Six Sigma," 2002.
- [18] Mabe, "Mabe," 2006. [Online]. Available:
<http://www.mabe.com.ve/main.aspx?pid=Q6EKVSvxxpGTJrd1gulowQ==&idoma=143&parent=BfgdjnGyzOLD2dlmfZHIPIKfoQLuKm5R>.
- [19] J. M. Juran, *Juran's Quality Handbook*, Mcc Graw H. 1998.
- [20] J. Evans and W. Lindsay, *Administración y control de la calidad*, 7a. Edició. México, 2014.
- [21] J. I. V. Cervantes, "Filosofía 6- sigma una metodología para mejorar la calidad de productos y servicios en el sector productivo," Instituto Politecnico Nacional, 2005.
- [22] Jeffrey N. Lowenthal, *Guía para la aplicación de un proyecto seis sigma*. 2002.
- [23] C. Werkema, "Anexo B – Visão geral das ferramentas Seis Sigma integradas ao DMAIC," in *Métodos Pdca e Demaic e Suas Ferramentas Analíticas*, 2013, pp. 151–193.
- [24] H. Alcicia, "LA METODOLOGÍA DE TAGUCHI EN EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD," *Investig. Oper.*, vol. 37, p. 65 a 83, 2015.
- [25] T. F. Herrera, "Aplicación de Seis Sigma en una empresa productora de Cemento Application of six sigma in Cement manufacturer," vol. 9, no. 1, pp. 7–17, 2011.
- [26] G. Eckes, *SIX SIGMA FOR EVERYONE*. Published simultaneously in Canada., 2003.
- [27] A. L. Mireles Salinas, J. F. Estrada Orantes, and F. Hermosillo Pérez, "Análisis y mejora de un proceso mediante la aplicación de un enfoque Lean Six Sigma," *Culcyt/Calidad*, vol. 1, no. 57, pp. 220–235, 2015.
- [28] M. Pérez, *La Metodología Seis Sigma a través de Excell*, Primera Ed. 2010.

- [29] A. Bohigues, “Desarrollo e implementación de un Modelo Seis Sigma para la mejora de la Calidad y de la productividad en Pymes industriales,” Universitat Politècnica de València., 2015.
- [30] O. Celis, “Aplicación de la metodología Lean-Sigma en la solución de problemas en procesos de manufactura: Caso de Estudio,” *Cult. Científica y Tecnològica CULCyT*, 2015.
- [31] J. Supo, *Cómo elegir una muestra*. 2014.
- [32] C. Pérez, *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD - Teoría, práctica y aplicaciones informáticas*. 1999.
- [33] “Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas : un enfoque metodológico Lean Six Sigma in small and medium enterprises : a methodological approach,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 22, no. 2, pp. 263–277, 2014.
- [34] C. Elías, “Seis Sigma en las pymes : Caso de aplicación de una empresa productiva,” Universidad Nacional Autónoma de México, 2016.
- [35] Y. A. Báez, J. Limón, D. A. Tlapa, and M. A. Rodríguez, “Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz,” *Inf. tecnológica*, vol. 21, no. 1, pp. 63–76, 2010.
- [36] A. Tenera and L. C. Pinto^a, “A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 119, pp. 912–920, 2014.
- [37] S. Indrawati and M. Ridwansyah, “Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma : An Iron Ores Industry Case Application,” *Procedia Manuf.*, vol. 4, no. less, pp. 528–534, 2015.
- [38] M. Gnanaraj, “Sensitisation of SMEs towards the implementation of Lean Six Sigma – an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME,” *Prod. Plan. Control*, vol. 23, pp. 599–608, 2012.
- [39] “Aplicación de la metodología Lean Six Sigma en la mejora continua de procesos: Un estudio de caso.”
- [40] A. Thomas, “Applying lean six sigma in a small engineering company – a

- model for change,” *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 20, pp. 113–129, 2009.
- [41] S. S. Chakravorty, “Six Sigma programs: An implementation model,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 119, no. 1, pp. 1–16, May 2009.
- [42] M. Kumar, “Six Sigma implementation framework for SMEs – a roadmap to manage and sustain the change,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 49, pp. 5449–5467, 2011.
- [43] U. D. Kumar, D. Nowicki, J. E. Ramírez-Márquez, and D. Verma, “On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 111, no. 2, pp. 456–467, Feb. 2008.
- [44] É. A. Barbosa-Saucedo, “¿COMO MEJORAR LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS TAMAULIPECAT: SEIS SIGMA, UNA ALTERNATIVA PARA LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS,” *Cienc. UAT*, 2011.
- [45] E. Alejandro, B. Saucedo, S. G. Villar, L. Alonso, and D. López, “Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas PyMEs:,” vol. 9, pp. 10–20, 2013.
- [46] D. Montgomery, *Control Estadístico de la Calidad*, Tercera. 2004.
- [47] Informese, “Análisis Estadístico con IBM SPSS Statistics.” p. 231, 2015.
- [48] M. Pérez, *La Metodología Seis Sigma a través de Excell*. 2010.
- [49] C. Martínez, *Estadística y Muestreo*, Décima Ter. Bogotá, D.C, 2012.
- [50] F. Guaman, “Diseño de un Esquema para la Implementación de la Metodología Lean Six Sima en las empresas Industriales Ecuatorianas,” Universidad de Guayaquil, 2015.
- [51] S. Luis, *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*, Segunda Ed. México, 2016.
- [52] M. F. Triola, *Estadística*, Décima Edi. 2009.
- [53] S. Luis, *Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios*, Segunda Ed. México, 2016.
- [54] O. Tinoco Gómez, F. Tinoco Ángeles, and E. Moscoso Huaira, “Aplicación de las 5S para mejorar la percepción de cultura de calidad en microempresas de confecciones textiles en el Cono Norte de Lima,” *Ind. Data*, vol. 19, p. 33.37, 2016.