



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA DULCES S.A. MEDIANTE
LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA 6 σ

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía
Lic. Darwin Álvarez

Autor
Paul Tamayo Sierra

Año
2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUIA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Darwin Álvarez
Licenciado en Administración de Empresas
C.I. 171851199-9

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Paul Tamayo Sierra
C.I. 171582631-7

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mi familia por siempre estar de mi lado, empujándome a ser mejor cada día. Su apoyo ha sido vital para mi formación como una persona que siempre buscará superarse a sí mismo. También es importante agradecer a *QUALIPLUS Consultoria em Excelencia Empresarial Ltd.* por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado para mi Madre. Definitivamente la persona más fuerte que conozco; siempre dejando su mayor esfuerzo para que sus hijos sean mejores cada día. Todo lo que fui, soy y seré es gracias a ella. Esta es una pequeña muestra de gratitud por la maravillosa vida que me ha regalado.

RESUMEN

El sentido de innovación no proviene solamente del desarrollo de nuevos productos, sino también del desarrollo de mejores sistemas de producción, con la finalidad de brindar productos de buena calidad al cliente final. El objetivo principal del proyecto es mejorar el proceso productivo de la empresa Dulces S.A. mediante la aplicación de la metodología six sigma.

Bajo la filosofía estadística de Six Sigma se intentó reducir la variabilidad de un proceso productivo y que dicha reducción tenga un impacto positivo sobre la satisfacción del cliente final. La percepción del cliente final es muy sensible con respecto a un conjunto atributos claves de los productos y estos deben ser mantenidos bajo control para mantener un buen nivel de calidad.

La metodología que se empleó en el proyecto es el DMAIC. Metodología en la cual se busca progresivamente Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Con este modo de trabajo se desarrolló un tipo de proyecto que nunca antes ha sido implementado dentro de la empresa.

También se estimó el impacto económico que el proyecto puede tener sobre la empresa. Estimando los costos y los ahorros a largo plazo que puedan ser generados debido a la implementación del proyecto Six sigma; siempre teniendo como enfoque principal, el mejorar la satisfacción del cliente.

ABSTRACT

The sense of innovation comes not only the development of new products, but also the development of better production systems, with the aim of providing good quality products to the end customer. Which is why the main goal of this project is to cause a notable improvement in the production of Dulces S.A.

Under the statistical philosophy of Six Sigma the project attempted to reduce the variability of a production process and generate a positive impact on the satisfaction of the customer. The perception of the customer is very sensitive to the product's key factors and they must be kept under control to maintain a good level of quality.

The methodology used for the project was DMAIC. Methodology that seeks to gradually Define, Measure, Analyze, Improve and Control. This method helped develop a type of project that has never been implemented within the company. Finally, the project tried to estimate the economic impact that the improvement may have on the company. Estimating the costs and long-term savings that can be generated by the implementation of the Six Sigma project; always with the main focus of improving customer satisfaction.

ÍNDICE

1. Iniciación del Proyecto	1
1.1. Antecedentes y Relevancia del Proyecto.....	1
1.1.1. Restricciones y retos.....	2
1.1.2. Riesgos del Proyecto	3
1.2. Alcance del Proyecto	4
1.3. Objetivos	5
2. Marco Teórico	6
2.1. Orígenes del estudio Six Sigma	6
2.2. Descripción estadística de Six sigma	7
2.2.1. Definición del Índice de Capacidad Potencial del Proceso	8
2.2.2. Definición del Índice de desplazamiento	11
2.2.3. El desempeño Six Sigma	12
2.3. Objetivos del Estudio estadístico	13
2.4. Metodología DMAIC.....	15
2.4.1. Define	16
2.4.2. Measure	17
2.4.3. Analyze	17
2.4.4. Improve	17
2.4.5. Control	18
2.5. Herramientas Analíticas	18
2.5.1. Matriz de Priorización	18
2.5.2. Diagrama de Pareto	19
2.5.3. Diagrama del Proceso	20
2.5.4. Iso Plot.....	21
2.5.5. Capabilty Six Pack	22
2.5.6. Test de Normalidad.....	22
2.5.7. Diagrama de ISHIKAWA.....	23

2.5.8.Despliegue de la Función de Calidad (DFC).....	24
2.5.9.Cálculo del Índice Z	26
2.5.10.Técnica analítica de “Los 5 porqués”	26
3. Entorno del Proyecto	28
3.1. Macro entorno	28
3.1.1.Entorno Económico:.....	28
3.1.2.Entorno Político.....	29
3.1.3.Datos de la Industria Confitera en el Ecuador.....	30
3.1.3.1.Aranceles para dulces y confites en Sudamérica	31
3.1.3.2.Regulaciones en el Ecuador	33
3.1.3.3.Estadísticas de Importaciones en el Ecuador	34
3.1.3.4.Tipos de empaque del producto.....	35
3.1.3.5.Precios de Referencia en el Ecuador.....	36
3.2. Micro entorno.....	37
3.2.1.Síntesis del Mercado	37
3.2.2.Estudio Organizacional	37
3.2.2.1.Descripción Empresarial	37
3.2.2.2.Marco estratégico	38
3.2.2.3.Cadena de valor.....	41
3.2.2.4.Proceso Productivo	43
4. Define	45
4.1. Definición del CTS en base a los requerimientos del cliente	45
4.2. Posibles errores respecto al peso del producto	49
4.2.1.Diagrama de Flujo para la producción de chicles	52
4.2.2.Resumen de la definición del problema	54
5. Measure	55
5.1. Producto (chicle) para la medición	55
5.2. Método de Medición.....	55
5.2.1.Validación del muestreo.....	56

5.3.	Recolección de Datos.....	57
5.4.	Capacidad del proceso previa a la mejora	59
5.5.	Índice Z.....	60
5.6.	Prueba de Normalidad.....	60
5.7.	Resumen de la Medición de datos	61
6.	Analyze.....	63
6.1.	Proceso Critico (Análisis de maquinaria)	64
6.2.	Descripción del Equipo Critico	70
	6.2.1.Observación del problema (mecánico)	71
	6.2.2.Análisis de Causa	72
6.3.	Solución del problema	73
6.4.	Posibles acciones de mejora	75
6.5.	Resumen del análisis del problema	75
7.	Improve	76
7.1.	Estimación del posible impacto económico.....	77
	7.1.1.Estimación de Costos Mecánicos	77
	7.1.2.Estimación de Costos por consultoría.....	77
	7.1.3.Estimación de Costos extras.....	78
	7.1.4.Estimación del Ahorro	79
	7.1.5.Análisis Costo/Beneficio	80
7.2.	Inicio de la mejora.....	82
7.3.	Recolección de datos.....	82
7.4.	Capacidad del proceso post mejora.....	84
	7.4.1.Confirmación de Normalidad.....	87
7.5.	Resumen de la mejora	88
8.	Control.....	89
8.1.	Sugerencias de control.....	89
	8.1.1.Control del ritmo de boleado	89
	8.1.2.Estandarización del proceso	91

8.1.3.Capacitación	91
9. Conclusiones y Recomendaciones	92
9.1. Conclusiones	92
9.2. Recomendaciones.....	93
REFERENCIAS	97
ANEXOS	99

1. Iniciación del Proyecto

El siguiente capítulo describirá los antecedentes, alcance, restricciones y objetivos del proyecto de mejora Six Sigma.

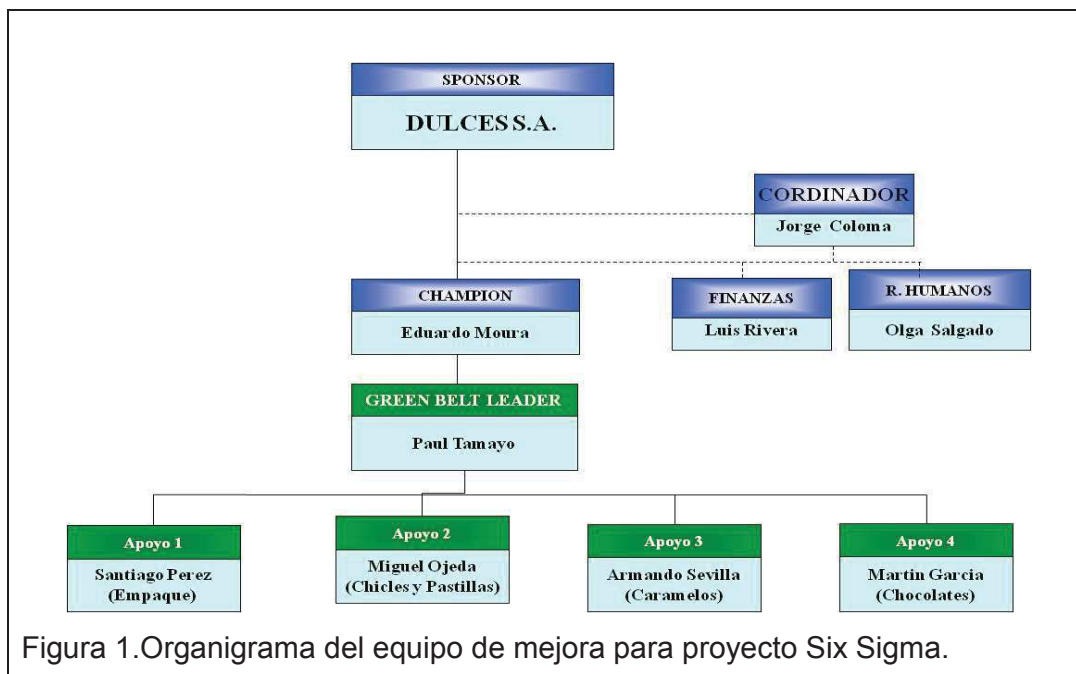
1.1. Antecedentes y Relevancia del Proyecto

Previamente al inicio del proyecto Dulces S.A. se encontraba consciente de que existían oportunidades de mejora dentro de sus plantas de producción, razón por la cual el proyecto estadístico fue aceptado por la gerencia. Se debe tomar en cuenta que previo al arranque de este proyecto, los empleados del área de producción ya habían iniciado con otros proyectos de mejora continua tales como:

- Sistemas de producción LEAN
- 5 's
- Equipos KAIZEN
- Gestión por Procesos

Con el objetivo de tomar ventaja de la cultura de mejora continua en la empresa y la evidencia de oportunidades de mejora, se tomó la decisión de iniciar el nuevo proyecto de mejora Six Sigma, el cual se enfocaría en reducir la variación de un proceso para mejorar la premisa de satisfacción al cliente.

El equipo de mejora, se encargará de analizar las oportunidades de mejora, evaluarlas y escoger la que más impacto positivo genere. El equipo ha sido conformado de la siguiente manera:



1.1.1. Restricciones y retos

Para el desarrollo del proyecto serán tomadas en cuenta las siguientes restricciones y retos.

- Restricciones:
 - Inversiones que sobrepasen los 50,000 \$, deberán ser autorizadas por el comité gerencial de la empresa.
 - Un cambio radical del lay-out no será posible, ya que el espacio en las plantas de producción ha sido completamente utilizado y previamente diseñado para los requerimientos actuales de la empresa.
 - Si una paralización de la maquinaria es necesaria, ésta no deberá afectar el cumplimiento del plan de producción.
 - No es posible tomar fotografías de dentro de las plantas de producción, para no romper las reglas de seguridad internas de la compañía.

- Retos:
 - No existe un benchmark al cual pueda ser comparado este estudio, debido a que éste será el primer proyecto Six Sigma a desarrollarse dentro de la empresa.
 - El equipo (apoyo #1-4) de mejora no ha sido capacitado con los principios estadísticos del Six Sigma.
 - Los proyectos de mejora continua previos no han llevado la metodología DMAIC.

1.1.2. Riesgos del Proyecto

Debido a que el proyecto será desarrollado dentro de las diferentes etapas del DMAIC, se ha construido una matriz de riesgos simple. En la cual se describe los riesgos específicos de cada etapa, la probabilidad de que ocurran y su respectiva gravedad. Consecuentemente cada riesgo tendrá alguna alternativa de remediación o alguna acción correctiva en caso de su ocurrencia

Tabla 1. Análisis de riesgos para cada etapa del DMAIC.

Análisis de Riesgo del Proyecto

Numero	Fase	Riesgo	Probabilidad	Gravedad	Valor	Descripcion
1	Define	No saber el enfoque o problema para el cual se va a realizar el proyecto	Medio	Bajo	MA	Desde el principio del proyecto conversar con el personal de producción para poder llegar a las causas de raíz del problema
2	Measure	Dificultad para obtener datos reales	Medio	Medio	MM	solicitar apoyo al sponsor y/o equipo de trabajo
3	Analyze	Dificultad para identificar las causas raíz del problema.	Medio	Medio	MM	Se puede realizar un análisis multy vari para identificar los factores críticos del proceso.
4	Improve	no disponibilidad de recursos (mano de obra y maquinas) al momento de realizar mejoras o experimentos	Alto	Alto	AA	Involucrar planificación de producción desde el principio del proyecto y tener su apoyo para llevar a cabo las mejoras.
5	Control	No sostener las mejoras logradas o no seguir los estándares definidos	Medio	Alto	MA	Involucrar al equipo de gestión por procesos para estandarización de los procesos, capacitación y

1.2. Alcance del Proyecto

Tomando en cuenta que es una empresa que tiene operaciones en diferentes países, únicamente se aplicará el proyecto para el área productiva del Ecuador. Dependiendo del éxito o fracaso del proyecto se podría aplicar los conocimientos a las sedes internacionales de la empresa, pero será netamente una decisión de la alta Dirección.

La evaluación inicial se aplicará a las instalaciones de producción que están situadas al norte de la ciudad de Quito. En la cual se encuentran las plantas de producción de:

- Chicles
- Chocolates
- Caramelos

El equipo de mejora tendrá el apoyo de los jefes de producción de las diferentes plantas.

Analizando las varias oportunidades de mejora existentes en las 3 plantas, se escogerá una sola para realizar el estudio estadístico. La mejora que sea elegida deberá ser asociada con un producto al cual sea posible reducir su variación, tomando en cuenta la viabilidad de realizar cambios y las restricciones específicas que tenga el proceso productivo por naturaleza. En caso de necesitar un cambio mecánico, el equipo de mejora no se encargará de realizar el mismo. En este caso se pedirá la ayuda del departamento de mantenimiento para realizar la adecuación.

El análisis completo será presentado al sponsor del proyecto, detallando cada aspecto que fue considerado para tomar la decisión de mejora. Finalmente se hará notar que solo habrán sido tomadas en cuenta aquellas oportunidades de

mejora que sean netamente del área de producción. El alcance del proyecto no tomará en cuenta a las áreas administrativas o cualquier otra área de apoyo.

1.3. Objetivos

- **Objetivo General:**

Mejorar el proceso productivo de la empresa Dulces S.A. mediante la aplicación de la metodología Six Sigma.

- **Objetivos específicos:**

- Identificar el tema de estudio en las plantas de producción de la empresa Dulces S.A.
- Identificar la Variable Crítica (CTS) dentro del proceso.
- Definir la acción de mejora para el proceso.
- Mejorar el desempeño del proceso crítico hasta un nivel de calidad Six Sigma, mediante la metodología DMAIC.

2. Marco Teórico

El siguiente capítulo detallará el marco teórico del proyecto.

2.1. Orígenes del estudio Six Sigma

ISixSigma (s.f) indica que las raíces de la metodología “Six Sigma” salen de la empresa Motorola, la cual buscaba una manera de mejorar la calidad de los componentes electrónicos que generaban sus procesos. Six sigma es un estándar de medición para la variación de productos que nació del ingeniero de Bill Smith y otros empleados de Motorola.

A mediados de los años 80s los ingenieros de la empresa decidieron que el nivel tradicional de medir los defectos en miles, no proporcionaba suficiente calidad en los productos. Teniendo eso en mente decidieron medir los defectos para cada 1 millón de muestras, lo que hoy en día es conocido como “Six Sigma”. Asociado con la metodología Motorola también desarrolló los cambios de cultura organizacional necesarios para alcanzar con éxito estos niveles de calidad. Con el pasar del tiempo el resultado alcanzado en Motorola documentó ahorros de más 16 billones de dólares.

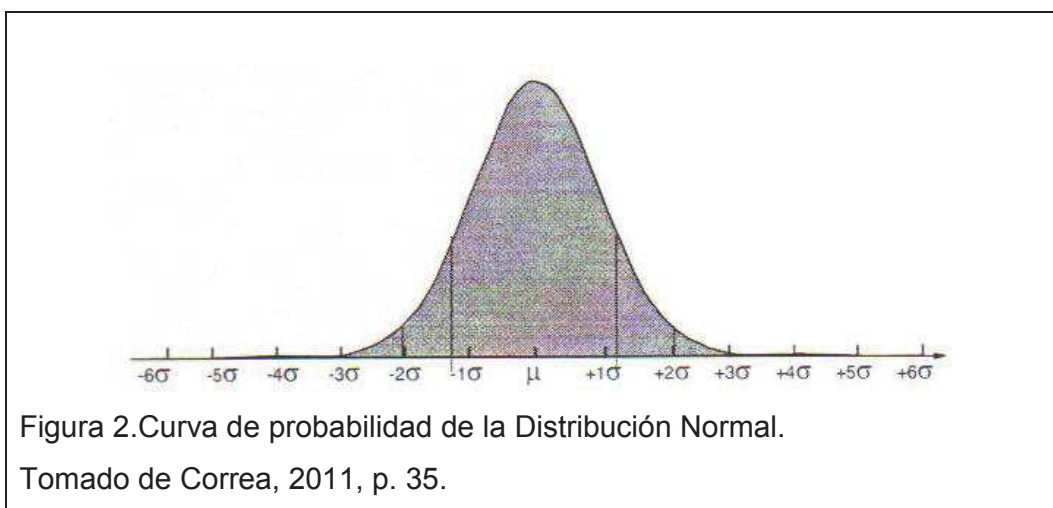
Desde ese entonces cientos de compañías alrededor del mundo tales como “General Electric” y “Allied Signal” (Honywell) han adoptado esta metodología como una manera de llevar sus negocios. La fama que Six Sigma ha ganado ha hecho que este método evolucione con el tiempo. Hoy en día es mucho más que un sistema de calidad como TQM (Total Quality Management) o las estandarizaciones ISO, más que eso es una manera de llevar los negocios.

Según General Electric citado en ISixSigma (s.f.) “Six Sigma es un proceso altamente disciplinado que ayuda a enfocarse en crear y entregar productos o servicios casi perfectos. Otra explicación según Geoff Tennant: “Six Sigma es muchas cosas, probablemente sería más fácil enlistar las cosas que Six sigma no es. Six sigma puede ser visto como: una visión, una filosofía, un símbolo, una medida, un objetivo, o una metodología”.

2.2. Descripción estadística de Six sigma

Carroll (2013, p.xxxix) explica que la palabra Sigma es un término estadístico que mide que tan lejos el proceso se desvía de la perfección, es decir de su media. La idea principal detrás de Six Sigma es que si existe la posibilidad de medir los defectos un proceso, se puede sistemáticamente encontrar la manera de eliminar dichos defectos casi tan cerca de cero.

La curva de la Distribución Normal es un gráfico que se usa usualmente para la representación de un proceso al azar, porque todas las ocurrencias del proceso están incluidas porcentualmente debajo de esta curva.



Es evidente que en el centro de la curva es donde se concentran la mayoría de los datos, es decir cerca de la media también conocida como “promedio”. Mientras más lejos de la media se esté, menor es el porcentaje de las ocurrencias.

Brevemente se debe aclarar lo que son variables “dependientes” e “independientes”. Las variables independientes (X) son las cuales pueden depender de alguna otra influencia pero no de la variable dependiente (Y). Las variables dependientes (Y) son aquellas que cambian conforme cambian las variables independientes. Para los propósitos del estudio Six Sigma el término “variable Y” será usado para representar las salidas o resultados del proceso.

El término “variable X” será usado para representar las entradas del proceso, que pueden ser mejoradas para controlar de una manera más óptima a las variables Y, en las cuales se basará la medición (Carroll, 2013, p.xxxix).

Correa (2010, p.32) indica que para poder medir el desempeño sigma de un proceso se toma en cuenta dos índices principales:

- CP (Índice de Capacidad Potencial del Proceso)
- CPK (Índice de desplazamiento)

2.2.1. Definición del Índice de Capacidad Potencial del Proceso

Según Correa (2010, p.27) la capacidad del proceso debe ser la relación entre “Tolerancia especificada del proceso” y la “Tolerancia natural del proceso”.

La tolerancia especificada del proceso es el rango entre el límite inferior de especificación y el límite superior de especificación. Los límites de especificación son las tolerancias máximas y mínimas que las empresas denominan para sus productos. Estas tolerancias pueden ser tomadas en cuenta como características físicas y químicas:

- Largo
- Ancho
- Peso
- Profundidad
- Espesor
- Acidez
- Humedad
- Entre otras

La tolerancia natural del proceso es el rango entre el máximo y el mínimo dato de las mediciones realizadas a los productos reales que salen del proceso. Estas mediciones son tomadas como base para analizar el cumplimiento de las tolerancias específicas en las características físicas y químicas del producto final del proceso.

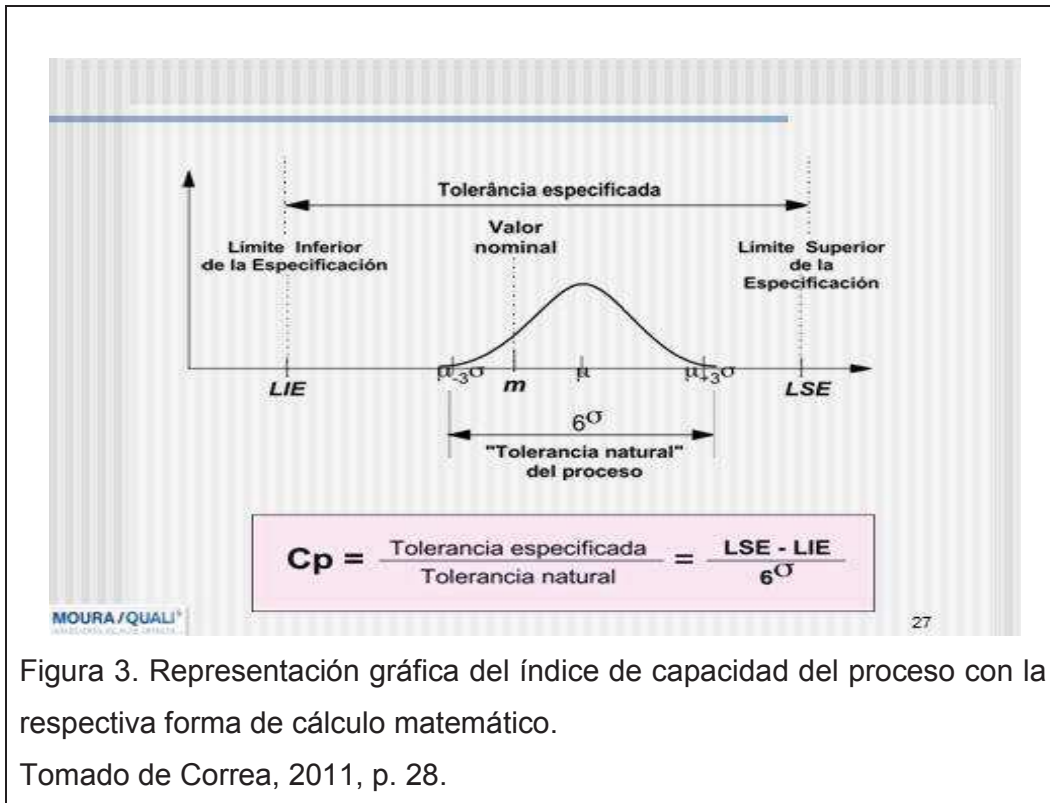
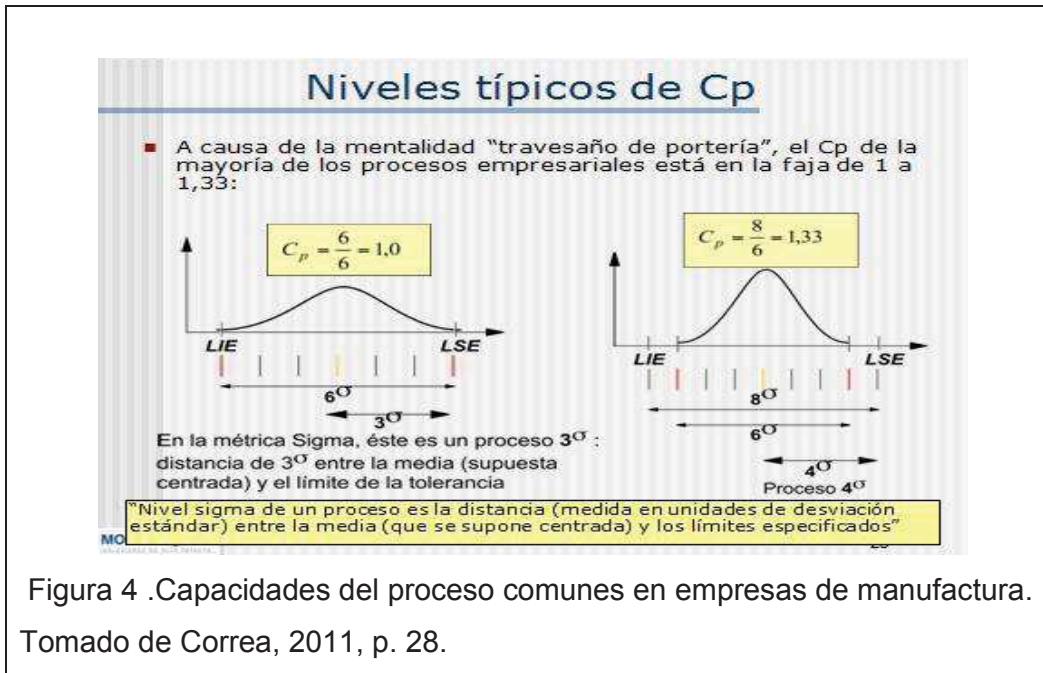


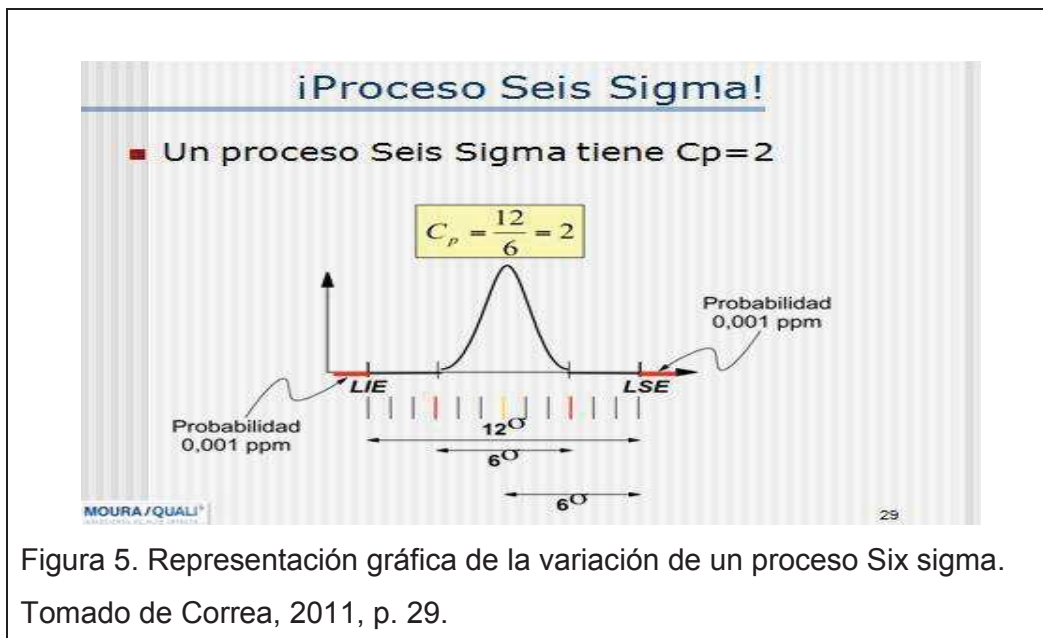
Figura 3. Representación gráfica del índice de capacidad del proceso con la respectiva forma de cálculo matemático.

Tomado de Correa, 2011, p. 28.

Normalmente las empresas tienen una mentalidad conformista, en la cual les es suficiente alcanzar los límites específicos de tolerancia. Esta mentalidad es la cual conlleva a tener índices de capacidad potenciales (CP) entre el 1 y el 1,33 (Correa, 2010, p.28).



Un proceso Six Sigma ha sido denominado como aquel que tiene un índice CP igual a 2 (Correa, 2010, p.29).



2.2.2. Definición del Índice de desplazamiento

Este índice evalúa el desplazamiento de la media en relación a la tolerancia; algo que no es evaluado por el índice CP. Esta es la importancia de evaluar los dos índices simultáneamente (Correa, 2010, p.30).

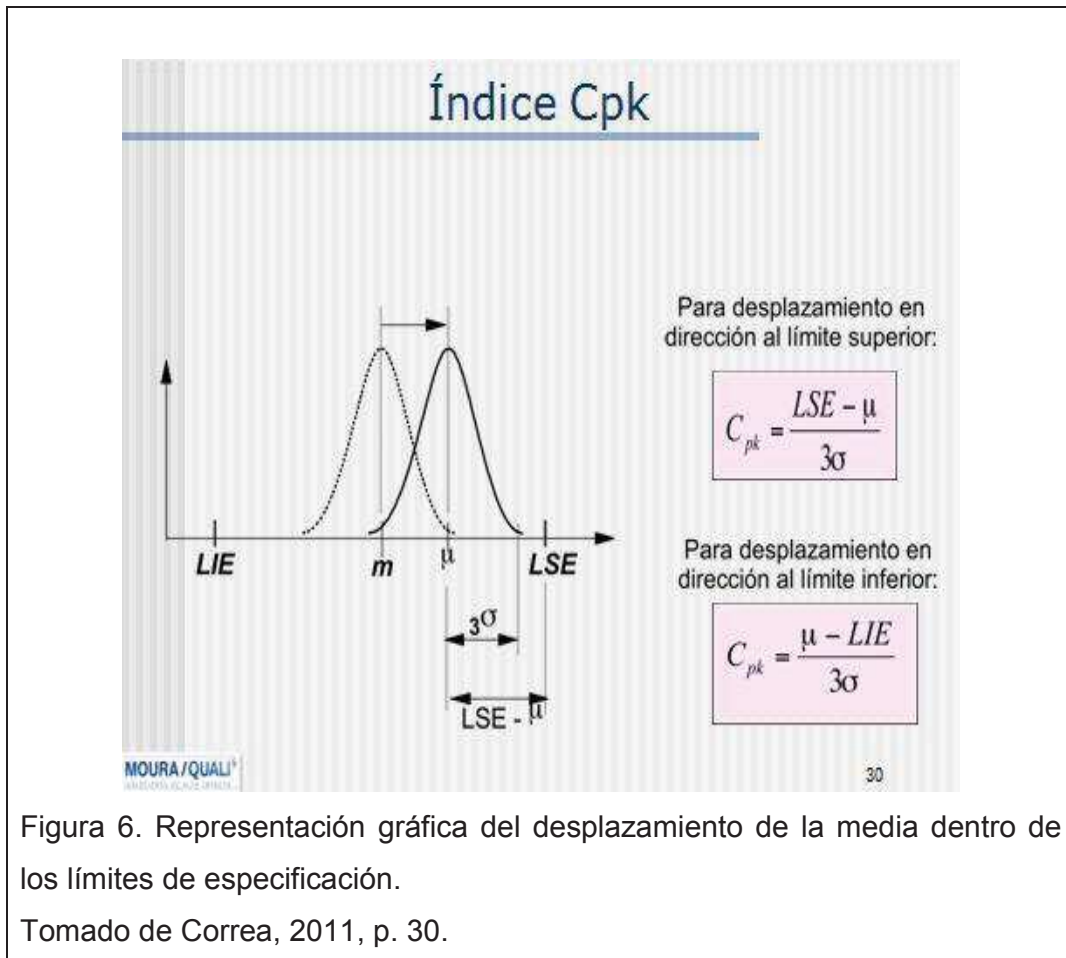
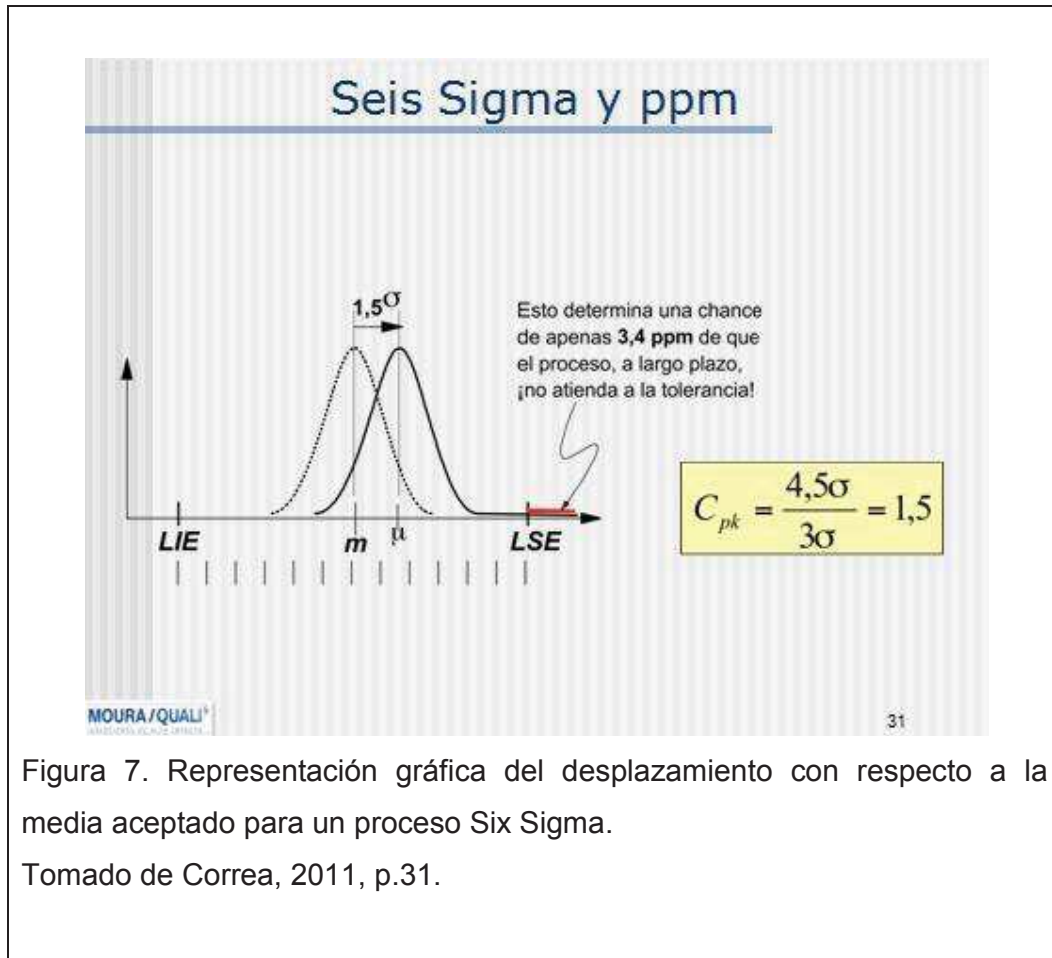


Figura 6. Representación gráfica del desplazamiento de la media dentro de los límites de especificación.

Tomado de Correa, 2011, p. 30.

Los creadores del concepto “sigma”, postularon un desplazamiento de hasta 1.5 sigma, para poder justificar desviaciones “típicas” del proceso a lo largo del tiempo (Correa, 2010, p.31).

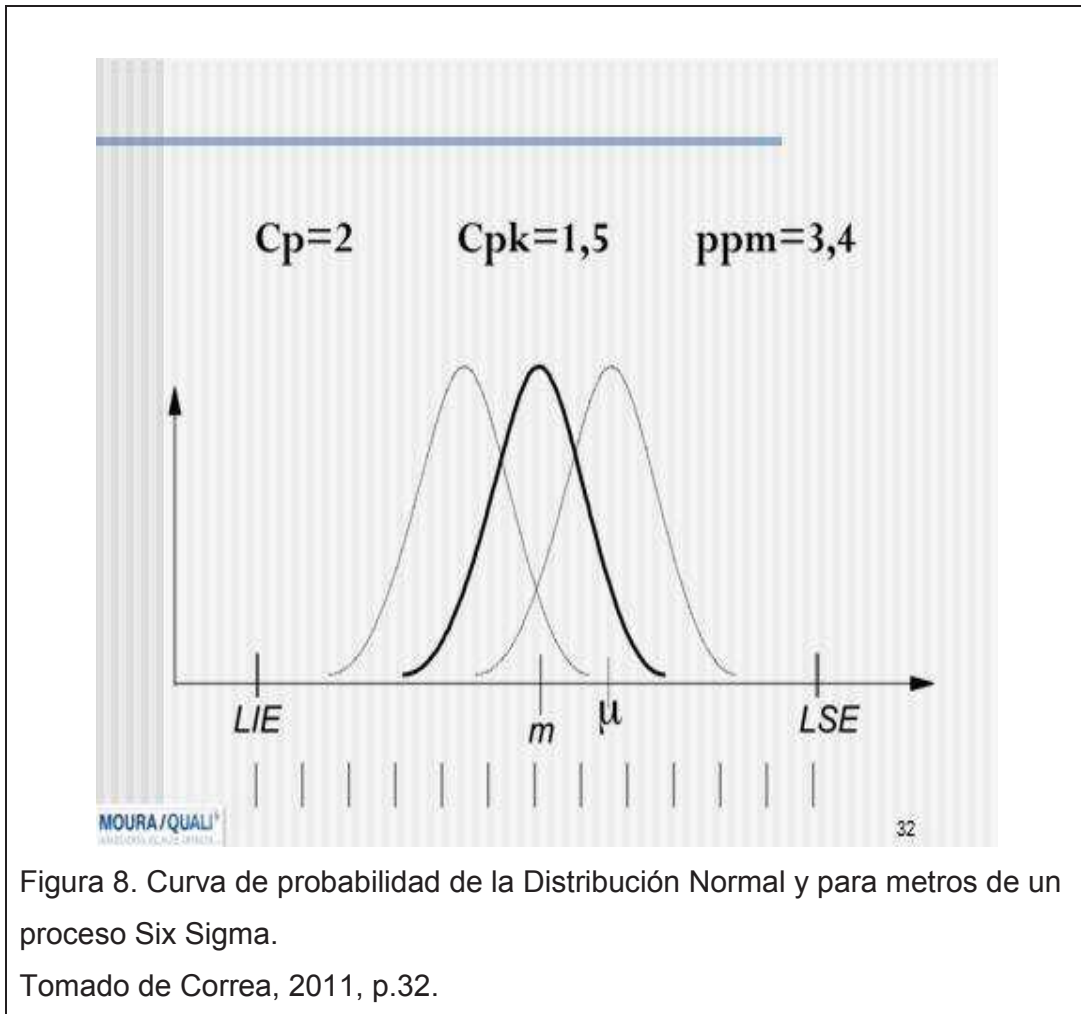


2.2.3. El desempeño Six Sigma

Correa (2010, p.32) indica que una vez establecidos los índices para poder evaluar el nivel sigma de un proceso, se puede estipular que un proceso “Six Sigma” es aquel que tiene los siguientes indicadores:

- CP = 2
- CPK = 1.5

Si el proceso cumple con el nivel de estos indicadores se puede asegurar estadísticamente hablando, que el proceso no tendrá más de 3,4 defectos en cada millón de unidades producidas.



2.3. Objetivos del Estudio estadístico

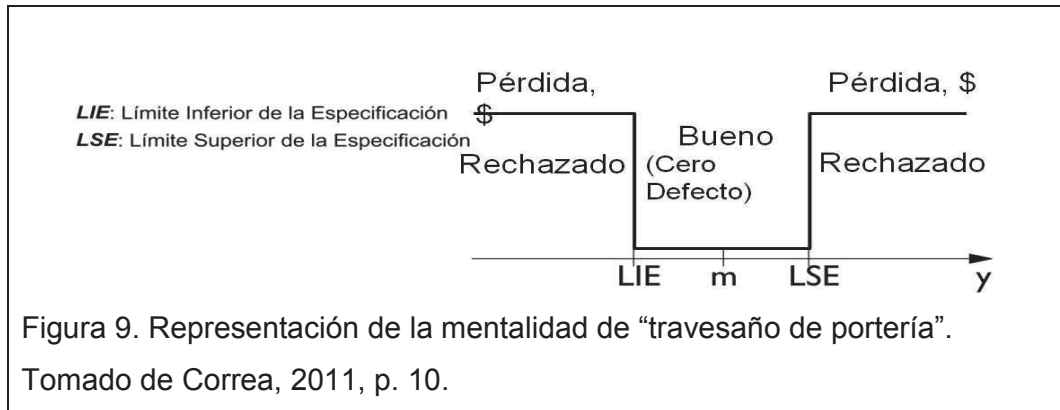
El autor Correa (2010, pp.10, 11) explica que el objetivo principal del estudio Six sigma es la reducción de la variación. Pero esta reducción de variación está muy relacionada al aspecto "calidad vs costo", el cual es muy importante para las personas que dirigen a las empresas.

Las organizaciones de hoy en día únicamente se preocupan cuando la variación está fuera de los niveles de tolerancia, y en muchos otros casos ni siquiera existe una preocupación de la variación de sus procesos.

Dentro de esta mentalidad tradicional, se piensa que mientras se está adentro de los límites de especificación se tiene "cero defectos". Si se está afuera de

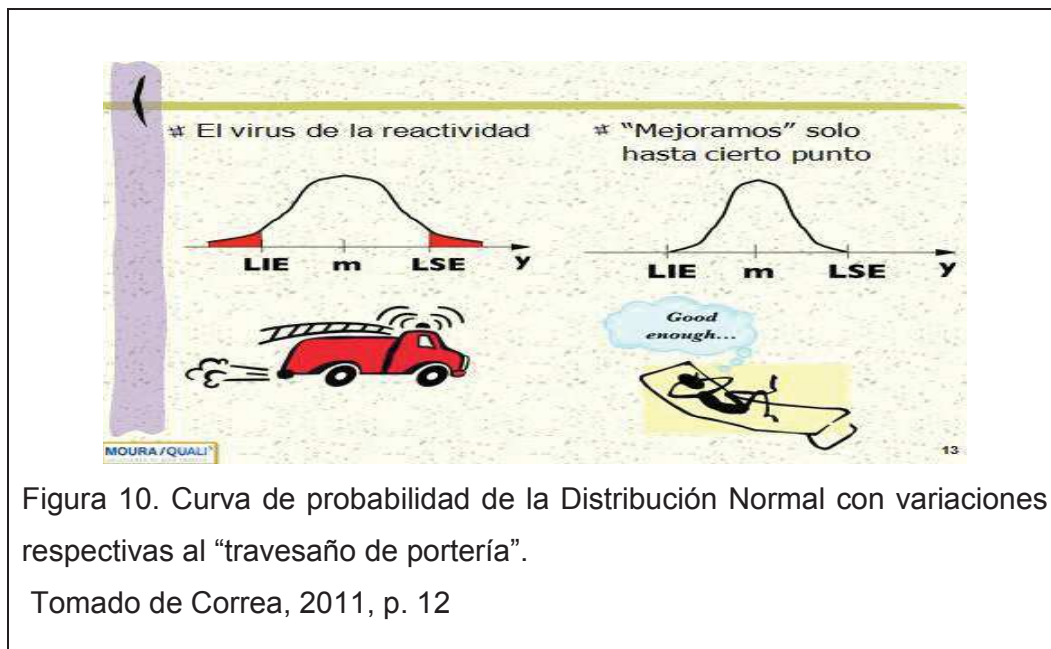
los límites de especificación el producto debe ser rechazado, equivalente a una pérdida.

Pero existen serios efectos colaterales negativos resultantes de este tipo de mentalidad empresarial también conocida como “travesaño de portería”.

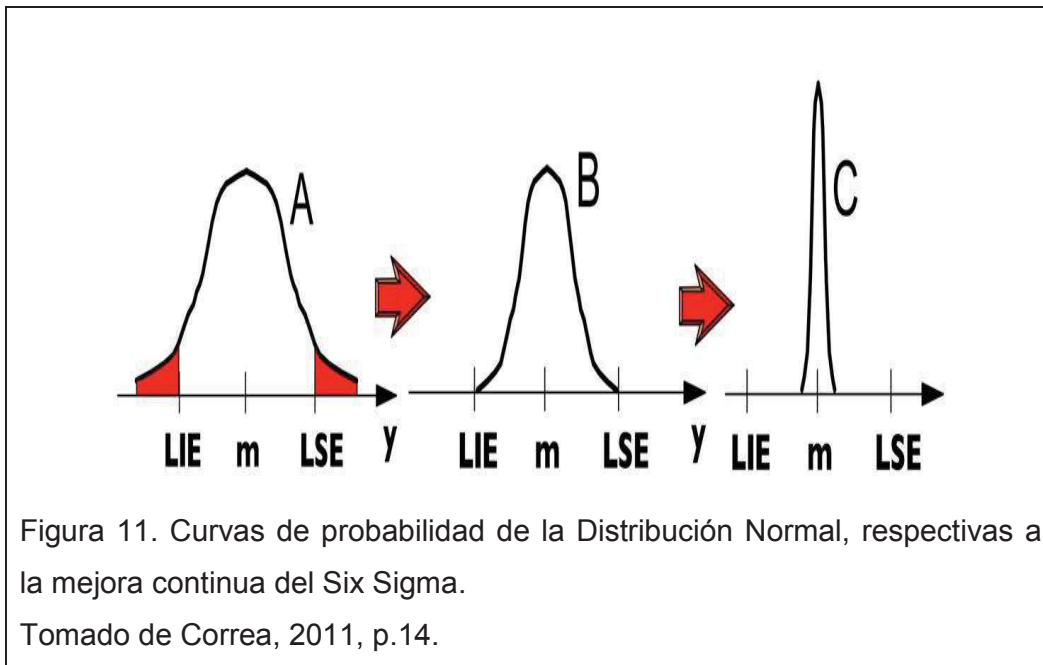


Los efectos colaterales del travesaño de portería son:

- Acciones correctivas que aumentan el costo.(Inspecciones, re-trabajo, piezas extras, materiales más caros)
- Mejorar sólo hasta cierto punto, pero no constantemente.
- Perder las verdaderas oportunidades de la reducción de costo.



Estos son claros errores que cometen las compañías que son reactivas a los errores en vez de ser preventivas a ellos. Debido a estas filosofías cotidianas se ha surgido el movimiento del mejoramiento continuo, y para el caso de Six Sigma se propone lo siguiente (Correa, 2010, p.14).



Correa (2010, p.15) explica que la reducción de variabilidad hace que surjan las verdaderas oportunidades de reducción de costos como:

- Reducción de tamaño
- Reducción de peso
- Reducción de tiempo

2.4. Metodología DMAIC

La metodología DMAIC es una serie de pasos combinados con herramientas cuantitativas y cualitativas usadas para llevar a cabo estudios de mejora continua. El uso integrado de estos métodos y herramientas ayuda a llevar a cabo la compleja tarea de reducción de variabilidad. Consecuente a la

reducción de variabilidad va ligada la satisfacción del cliente que en muchos casos se ve afectada por la misma (Carroll, 2013, p.xlii).

El contexto del DMAIC es la búsqueda incesante de la excelencia, a través de proyectos de mejoramiento de alto impacto, desencadenados a partir del punto de vista del sistema de negocios como un todo, con la meta de satisfacer a los clientes (Correa, 2010, p.124).

Se podría decir que el DMAIC por sus siglas en inglés es la espina dorsal de Six Sigma para el mejoramiento de procesos existentes y tiene 5 etapas principales que deben seguir el siguiente orden cronológico (Correa, 2010, p.126):

- Define (Definir)
- Measure (Medir)
- Analyze (Analizar)
- Improve (Mejorar)
- Control (Controlar)

Correa (2010, pp.135-159) detalla las diferentes fases de la metodología DMAIC y los pasos que se deberían seguir para cumplir con cada una de ellas.

2.4.1. Define

La fase “Define”, en la cual se define el problema al cual se va a aplicar la mejora; tiene 2 pasos:

- Definir el foco de la mejora, donde se analiza que el tema escogido tenga una alta relevancia para el cliente final. Para poder escoger el tema específico se debe contar con la participación de la alta gerencia de la empresa. Normalmente no se evalúa temas estratégicos.
- Se debe identificar las diferentes características críticas del tema escogido. Es decir los requisitos del cliente relevantes para el tema seleccionado. En este caso la palabra “Críticas” se refiere al impacto de satisfacción en los clientes finales. Para los fines del estudio la

característica crítica será denominada “CTS” o “Critical to satisfacion”, la cual es el parámetro importante para la satisfacción del cliente.

2.4.2. Measure

La fase “Measure” en la cual se mide el problema; tiene 2 pasos:

- Definir cuales variables serán medidas (CTS) y cómo serán recolectados los datos con su respectivo método de medición. También se debe recolectar una serie de datos preliminares para asegurar la exactitud del método de medición.
- Recolectar los datos suficientes para evaluar si el proceso tiene un desempeño estable, para posteriormente medir la capacidad del proceso antes de poner en marcha la mejora.

2.4.3. Analyze

La fase “Analyze” en la cual se analiza al problema; tiene 2 pasos:

- Identificar causas potenciales para el problema. Se debe utilizar el “Know-How” del equipo para explorar e investigar relaciones de causa efecto. También se puede realizar experimentos y mediciones que permitan refutar o confirmar las hipótesis planteadas.
- Luego del análisis, se debe seleccionar las causas principales. Intentado priorizar y/o cuantificar el efecto de las causas sobre la variable CTS, seleccionando las que más contribuyen en la reducción de variabilidad.

2.4.4. Improve

La fase “Improve” es la cual pone en acción la mejora que va a aplicar; esta fase tiene 3 pasos:

- El paso fundamental de generar la solución es otra parte crítica del proyecto. Primero se debe generar una solución conceptual para el

tratamiento de las causas seleccionadas. Luego se debe identificar el impacto de la mejora, el cual es representado en la variabilidad del proceso e intentar ajustar su punto óptimo.

- Al mismo tiempo se debe explorar oportunidades de simplificación, agilización y reducción de los costos en el proceso.
- Validar la solución realizando pruebas piloto y evaluar la nueva capacidad del proceso. Si es que el proceso no ha mejorado su capacidad se deberá analizar nuevas soluciones.

2.4.5. Control

La fase “Control” en la cual se implementa medidas para controlar el proceso; tiene 1 paso:

- Incorporar las mejoras obtenidas del proceso, estandarizando y documentando el nuevo camino del proceso. Si compete, dar el entrenamiento necesario al personal involucrado.

2.5. Herramientas Analíticas

Existen una variedad de herramientas analíticas que pueden ser de ayuda en las diferentes etapas de la metodología DMAIC. Dentro del ANEXO 1 se muestra una matriz en la cual se enlaza las diferentes etapas del DMAIC con diferentes herramientas analíticas que podrían ser útiles en determinada etapa. Para el propósito del estudio Six Sigma que se realizará, se describen únicamente las herramientas analíticas que serán utilizadas y puestas en práctica.

2.5.1. Matriz de Priorización

La matriz de priorización es una herramienta cualitativa en la cual se analiza y se establece una prioridad a varias alternativas planteadas por un equipo. Estas alternativas son evaluadas en base a diferentes criterios de interés y

cada criterio es asignado una ponderación de importancia. Luego de analizar cada alternativa en base a cada criterio se obtendrá la alternativa que más satisfaga a los criterios de interés y viceversa el criterio que más satisfaga a todas las alternativas.

Ésta tiene el beneficio, en que resulta más fácil escoger la mejor alternativa que salió del equipo de trabajo. De esta manera se construye automáticamente el consenso del equipo y se llega a una elección objetiva (Asociación Española Para La Calidad, *Matriz de Priorización*).

	A. Bajo costo	B. Variedad de actividades	C. Ambiente diferente	D. Alto valor educativo	
	38,3%	28,3%	21,7%	11,7%	Porcent
1. Orlando, EUA	4,7%	30,0%	26,0%	22,0%	18,5%
2. Fortaleza, CE	12,7%	20,7%	16,7%	16,7%	16,3%
3. Bonito, MS	14,0%	10,0%	20,7%	18,0%	14,8%
4. Parati, RJ	15,3%	15,3%	16,7%	19,3%	16,1%
5. Santos, SP	24,7%	19,3%	11,3%	16,7%	19,3%
6. Sitio del Tío "Virso"	28,7%	4,7%	8,7%	7,3%	15,0%

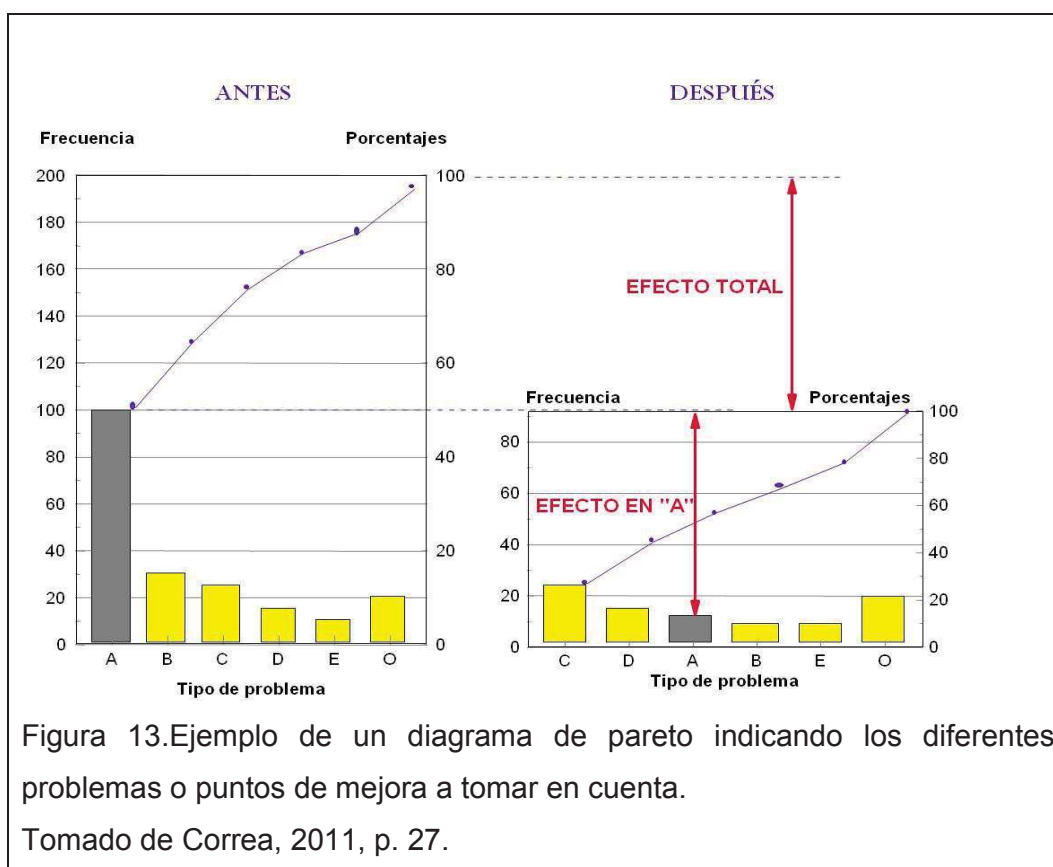
Figura 11. Ejemplo de una Matriz de Priorización indicando los diferentes valores de alternativas y criterios.

Tomado de Correa, 2011, p. 22.

2.5.2. Diagrama de Pareto

En las ocasiones en las cuales existe la disponibilidad de datos numéricos sobre varios temas potenciales de mejoramiento, se puede recurrir a un análisis de Pareto en el cual se aclara la situación para definir el enfoque del proyecto. En problemas de calidad existen pocas causas de importantes las cuales son conocidas como causas vitales y otras de menor ocurrencia que son conocidas como causas triviales.

Visualmente es un gráfico de barras en el cual se logra diferenciar las causas vitales de las triviales. El beneficio que brinda el gráfico es focalizar los esfuerzos de mejoramiento, separando las pocas causas vitales de las muchas causas triviales o comunes (Asociación Española Para La Calidad, *Diagrama de Pareto*).



2.5.3. Diagrama del Proceso

Es una visualización del proceso que está siendo analizado. Este nos facilita el entendimiento del proceso mostrándolo de una manera sintética. De esta manera podemos establecer las fronteras que constituyen el proceso, identificando las etapas principales y mostrando las respectivas entradas y salidas del mismo. También se puede especificar si estas etapas son operaciones, inspecciones, demoras, transportes, etc. (Asociación Española Para La Calidad, *Diagrama SIPOC*).

2.5.4. Iso Plot

Es una herramienta que ayuda a evaluar el sistema de medición que será utilizado, ya que en muchos casos éste no es necesariamente preciso o exacto.

Esta herramienta es usada para evaluar que el sistema de medición tiene una ventaja de discriminación adecuada. Es decir tiene un error mínimo con relación a la variabilidad del parámetro que está siendo estudiando, previniendo a la recolección de datos de tener interpretaciones erradas (Correa, 2010, p.250).

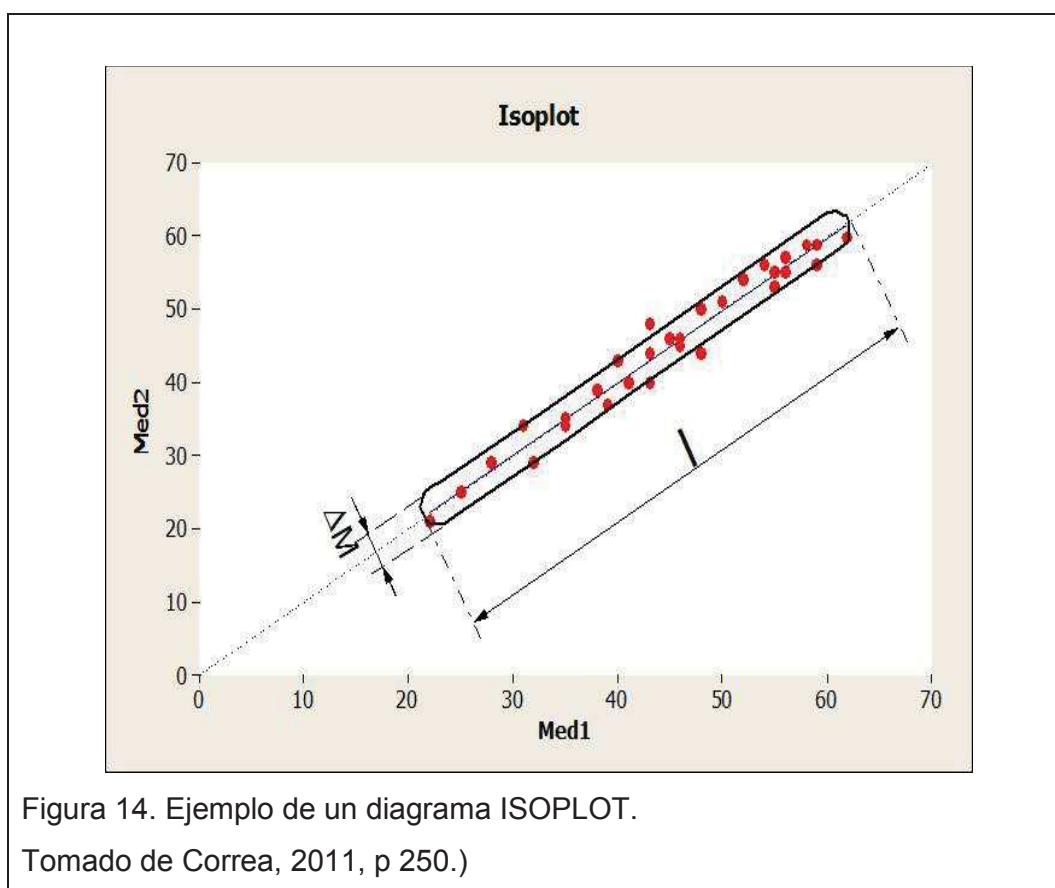


Figura 14. Ejemplo de un diagrama ISOPLOT.

Tomado de Correa, 2011, p 250.)

Como se puede visualizar en el gráfico se forma una especie de óvalo, el cual encierra a los datos tomados. De esta especie de óvalo se toman los valores de ΔM y ϕ .

- ΔM = el diámetro del óvalo
- l = la longitud del óvalo

Según Correa (2010, p.254) el criterio de aceptación para esta prueba debe ser mayor o igual a 8.5, siguiendo la siguiente desigualdad:

$$l / (\Delta M) \geq 8,5 \quad (\text{Ecuación 1})$$

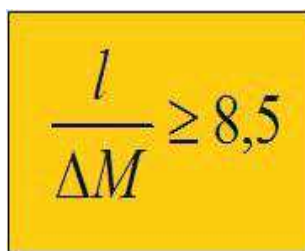

$$\frac{l}{\Delta M} \geq 8,5$$

Figura 15. Aceptación para diagrama ISOPLOT.

Tomado de Correa, 2011, p. 254.

2.5.5. Capability Six Pack

El software que será utilizado para el análisis estadístico será “Minitab” decima quinta edición. Dentro de las diversas herramientas estadísticas que proporciona el software, existe el “Capability Six Pack”, el cual será el que tabulará los datos recolectados del proceso y detallará los resultados de los indicadores de CP y CPK. Debido a la facilidad proporcionada por el software será más ágil la comparación del proceso antes y después de la mejora.

2.5.6. Test de Normalidad

Toda la teoría de Six Sigma está basada en que la distribución que siguen los datos es una distribución normal. Razón por la cual es prudente someter a los datos recolectados a una prueba estadística de normalidad.

Existen varias pruebas estadísticas de normalidad, pero la que se llevará a cabo será la prueba de normalidad “Ryan-Joiner”. La razón de esto es porque el software utilizado para el análisis lleva esta prueba por default. Es necesario conocer que para poder asumir que la distribución sigue una tendencia de normalidad, el P-value que salga como resultado de la prueba estadística, deber ser mayor a 0.05.

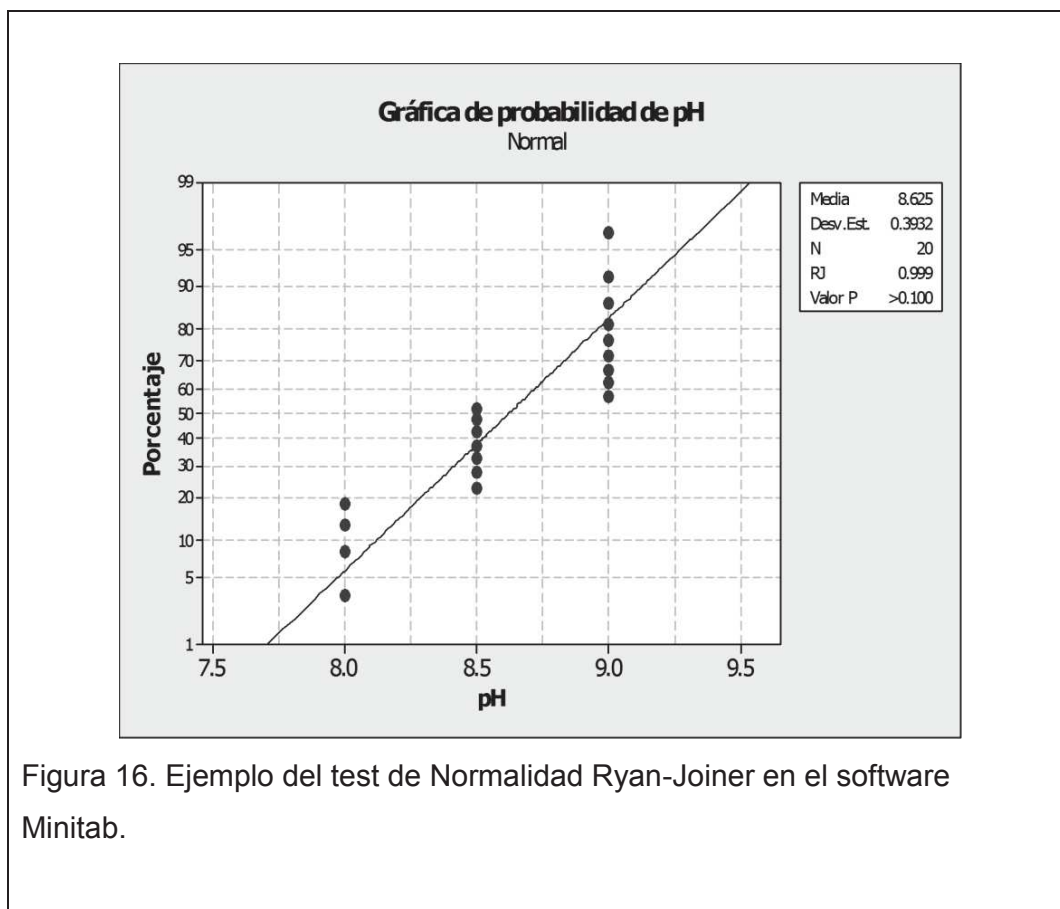


Figura 16. Ejemplo del test de Normalidad Ryan-Joiner en el software Minitab.

2.5.7. Diagrama de ISHIKAWA

También llamado diagrama causa-efecto, espina de pescado, 6M, entre otros... es una herramienta analítica que sirve para explorar y visualizar las posibles causas de un problema partir de un síntoma específico.

Brinda el beneficio en que el equipo de trabajo enfoque la discusión sobre el problema, con una visualización del conocimiento que el grupo tiene sobre la

situación actual. Este enfoque viene de una manera organizada ya que las causas aparecen jerarquizadas pudiéndose identificar las causas de raíz respectivas al problema principal (Asociación Española Para La Calidad, *Diagrama Causa Efecto*).

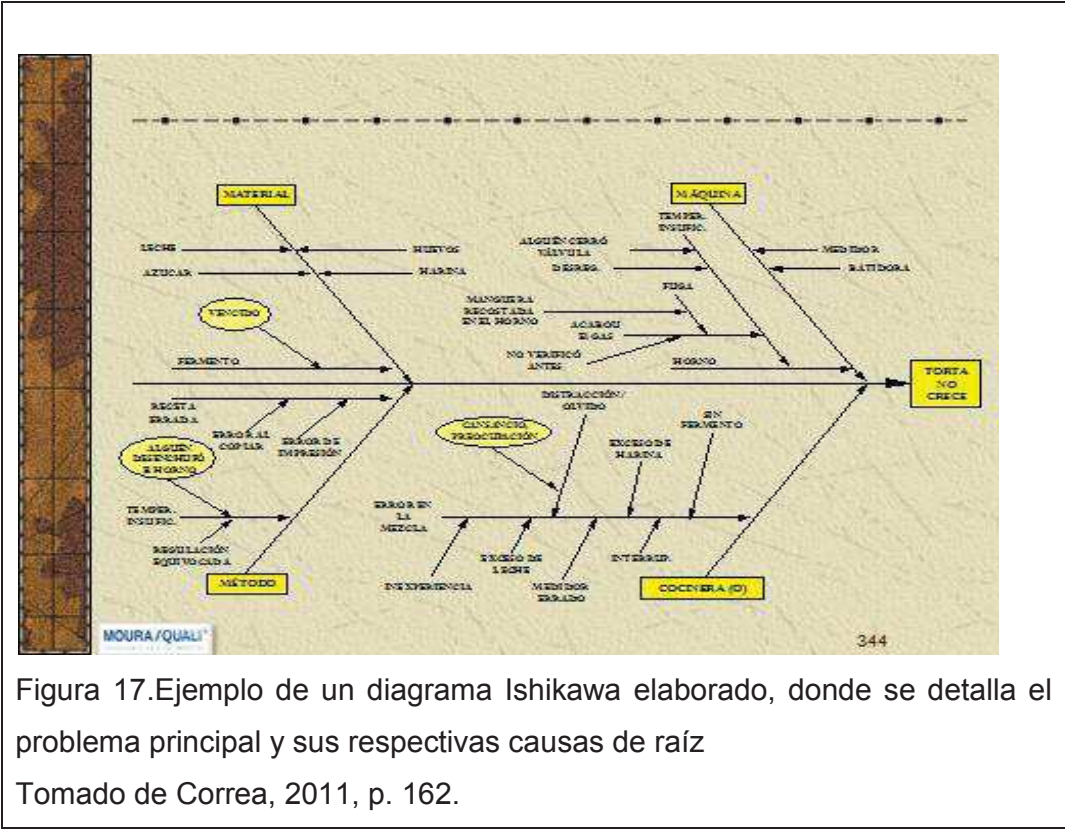


Figura 17. Ejemplo de un diagrama Ishikawa elaborado, donde se detalla el problema principal y sus respectivas causas de raíz
Tomado de Correa, 2011, p. 162.

2.5.8. Despliegue de la Función de Calidad (DFC)

Es una herramienta de planeación que introduce los requerimientos importantes del cliente dentro del desarrollo del proyecto. El papel del DFC es ayudar a entender las necesidades del cliente y transformarlas en procesos o acciones específicas. También tiene el propósito de identificar etapas de gestión que requieren atención y mejoramiento. Se utiliza una matriz en la cual se muestran diferentes atributos del producto (importantes para el cliente) y se traducen a lo largo de diferentes etapas de gestión, las cuales pueden influenciar a los mismos atributos. Adicionalmente se establecen pesos

numéricos para la prioridad de cada atributo, los pesos más altos indican mayor importancia para el cliente.

Finalmente se relaciona (multiplica) cada prioridad del atributo, con la influencia que cada etapa de gestión tiene sobre el mismo atributo. Al final de la tabla se debe sumar las relaciones para analizar que etapas de gestión influyen más a los atributos de mayor importancia (prioridad) para el cliente (Vara y Gutiérrez, 2009 pp. 167-171).

VARIABLES DEL PRODUCTO Y CRÍTICOS DE LA CALIDAD	PRIORIDAD	RECEPCIÓN DEL MAÍZ	PREPARACIÓN DEL MAÍZ	ALMACENAJE DEL MAÍZ	ELABORACIÓN DEL NIXTAVAL	LAVADO Y REPOSO DEL NIXTAVAL	MOLIENDA (OBTENER MASA)	DESHIDRATACIÓN	ENVASADO Y ALMACENAJE
Color	1	5	3	3	5	5	3	1	1
Sabor	5	3	3	3	5	5	1	1	0
Olor	5	1	1	3	5	5	1	1	0
Humedad	3	1	3	3	5	3	3	5	3
Rendimiento	1	3	3	3	5	3	3	1	3
Peso	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Presentación y calidad de envasado	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Quejas acerca del sabor y olor	5	1	1	1	5	5	3	1	1
Resultados internos	5	5	5	3	5	5	3	1	0
Importancia		61	65	65	125	117	55	37	28
Importancia relativa		5	5	5	10	9	4	3	2

FIGURA 6.16 Ejemplo de matriz DFC para relacionar las variables de interés con las etapas de un proceso de elaboración de harina de maíz.

Figura 18. Ejemplo del Despliegue de Función de Calidad.

Tomado de Vara y Gutiérrez, 2009, p. 170.

2.5.9. Cálculo del Índice Z

Otra forma alternativa de medir la capacidad del proceso es mediante el cálculo del índice Z. Este índice consiste en calcular la distancia (en unidades σ) entre los límites de especificación y la media del proceso. Un proceso con doble especificación tiene un Índice Z superior e inferior, los cuales se definen de la siguiente manera:

$$Z_s = (Es - u) / (\sigma) \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$Z_i = (u - Es) / (\sigma) \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$Z_s = \frac{ES - \mu}{\sigma} \quad \text{y} \quad Z_i = \frac{\mu - EI}{\sigma}$$

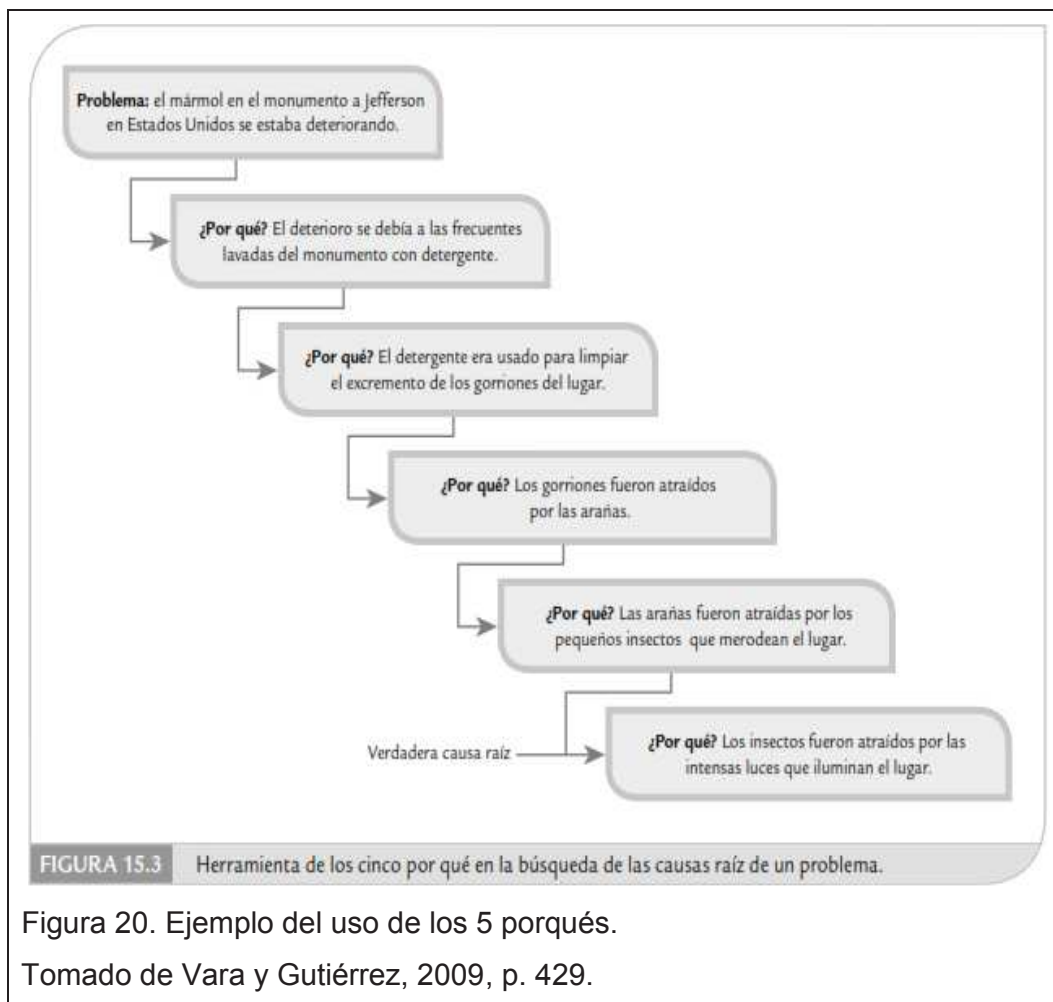
Figura 19. Fórmula de cálculo para Zs y Zi.

Tomado de Vara y Gutiérrez, 2009, p. 109

Es importante detallar que si los límites de especificación (superior e inferior) están a la misma distancia de la media se puede utilizar cualquiera de las dos fórmulas ya que el resultado será el mismo en unidades de desviación estándar (Vara y Gutiérrez, 2009 pp. 109).

2.5.10. Técnica analítica de "Los 5 porqués"

Es una herramienta analítica simple, la cual tiene como función inicial detallar soluciones que ataquen a la fuente del problema y no al efecto causado por el mismo. Esta técnica puede servir en el inicio del proyecto para enfocarse en aspectos internos de la empresa, aunque no esté completamente comprobada la hipótesis se puede utilizar como una guía inicial para traducir el lenguaje del consumidor hasta procesos más específicos. A continuación se puede visualizar un ejemplo de "los 5 porqués" (Vara y Gutiérrez, 2009 pp. 429).



3. Entorno del Proyecto

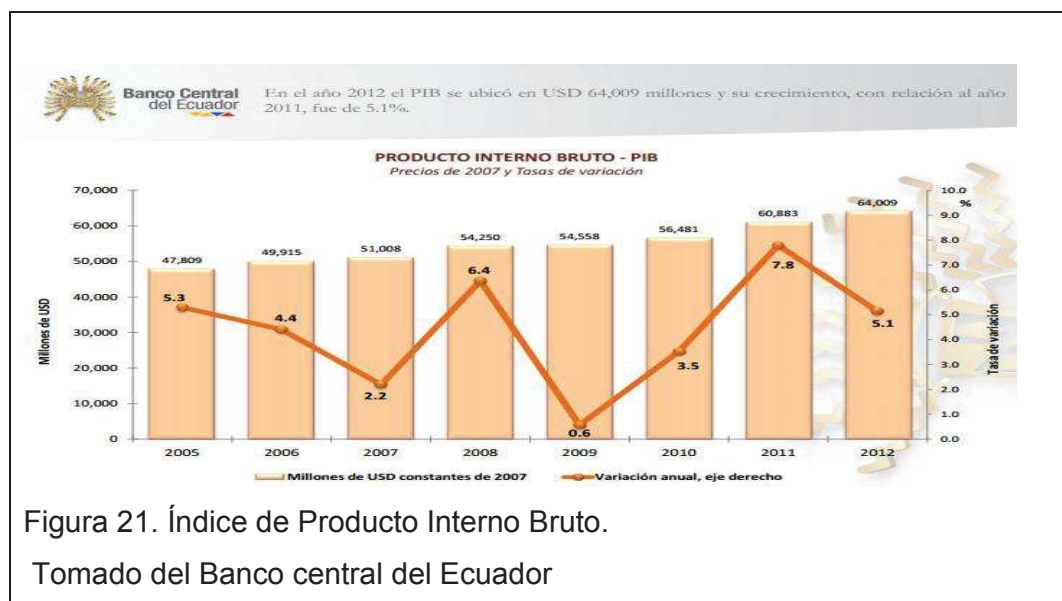
Este capítulo explicara brevemente los entornos externos e internos que tienen impacto en la empresa.

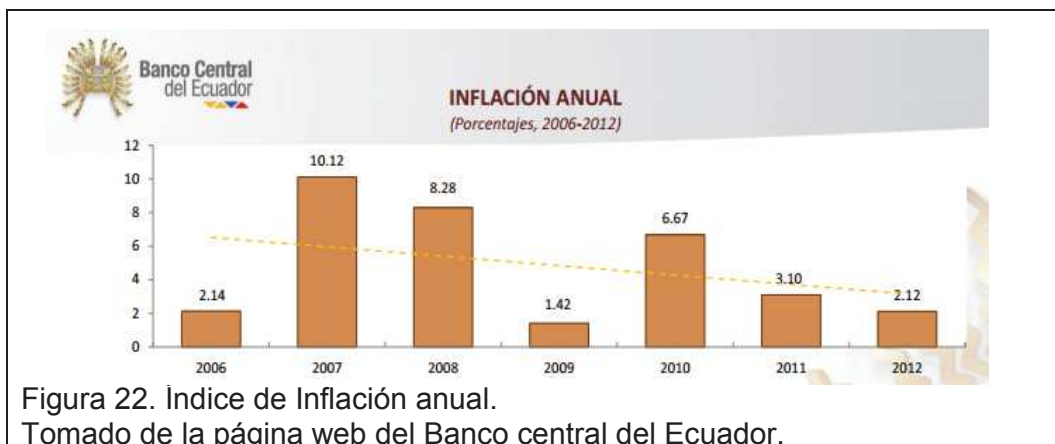
3.1. Macro entorno

El entorno externo en el cual la empresa se desenvuelve.

3.1.1. Entorno Económico:

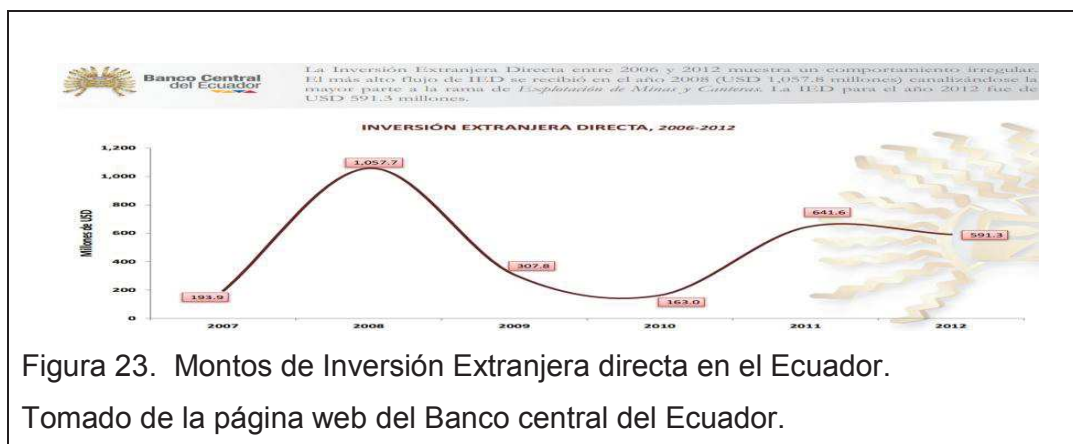
De acuerdo con oficiales el desempeño de la economía de Ecuador en el año 2013 alcanzará un crecimiento del PIB de hasta el 4%. Con esta base el crecimiento del PIB nominal seria de aproximadamente 89.000 millones de dólares, siendo la expectativa para el año 2014 que este índice alcance la cifra 98.000 millones de dólares. En el análisis también se ha tomado en cuenta que el Ecuador en el año 2013 reporta una inflación del 2.2% y según las estimaciones del Gobierno para el año 2014 podría alcanzar el 3.2%. Otro indicador importante de mencionar y que ha reflejado una disminución a lo largo de los últimos dos años, es la tasa de desempleo que refleja un decrecimiento del 5.59% al 4.55%(Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica, 2013).





3.1.2. Entorno Político

El Gobierno actual de Ecuador busca no ser únicamente un productor de materias primas. Determinado en su plan de estabilidad económica, el ofrecer proyectos rentables, políticas complementarias que viabilicen la inversión extranjera garantizando estabilidad política, ventajas fiscales y transparencia, y finalmente mejorar los sistemas de educación y capacitación. Para dar evidencia de su política, en una conferencia de prensa el presidente Rafael Correa contrastó el periodo de 1996 hasta el 2007 en el cual el Ecuador tuvo 7 presidentes, versus la época del 2007 al presente en la cual el actual mandatario (Rafael Correa) ha ganado dos elecciones presidenciales y tres consultas populares (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica, 2014).



BBC Mundo (2013) indican que gracias a los altos precios de crudo en a inicio del siglo XXI, se ha podido invertir en carreteras, escuelas y hospitales. Estos son parte de varios proyectos sociales gratuitos para poder dar un mejor estilo de vida a la gente del ecuador.

Pero no todo ha sido fácil este cambio de gobierno, ya que existen algunos críticos que indican que Correa ha concentrado el poder en sus propias manos. Rompiendo algunos principios de la constitución, llenando las cortes de sus aliados y reprimiendo a sus opositores, incluyendo al os medios de comunicación privados.

Con varias reformas para el futuro el gobierno actual aún tiene un alta popularidad dentro del pueblo ecuatoriano, pero falta por verse si al final de su mandato estas medidas son frutos a largo plazo para el país (BBC Mundo, 2013).

La Secretaria Nacional de Comunicación (2014) indica que el gobierno nacional con el fin de generar mayor competitividad sistemática, realizó la nueva matriz de productiva del Ecuador. La cual propone diversificación de la producción con nuevas industrias y nuevos tipos de negocios. Con esto en mente el gobierno lanzo incentivos de alrededor de 300 millones de dólares, con la finalidad de apoyar a nuevas ramas productivas.

Un eje muy importante de esta nueva matriz es mejorar la oferta exportable del país. Esto se logrará con la instauración de nuevas tecnologías, eficiencia y rapidez en los procesos productivos para cumplir con los estándares de producción (Secretaria Nacional de Comunicación, 2014).

3.1.3. Datos de la Industria Confitera en el Ecuador

Prochile (2012, p.4) indica que n el año 2010 el sector de confitería en Ecuador facturó alrededor del 200 millones de dólares, versus años anteriores en los cuales el Ecuador tuvo una oferta de 188 millones de dólares en el sector de

confitería. De los cuales 144 representan la producción local y 44 millones representan las importaciones de otros países. Adicionalmente las exportaciones de dulces alcanzaron montos monetarios de 52 millones de dólares, principalmente provenientes dos empresas: Confiteca y La Universal.

En la actualidad las empresas de la industria confitera tienen como estrategia la diversificación sus productos, con el objetivo de atraer al consumidor y aumentar su demanda. En el Ecuador el consumo masivo de dulces y confites está en constante evolución y crecimiento, razón por la cual las empresas locales compiten con exportaciones provenientes países como Colombia, Chile, Argentina, Brasil, Perú, etc. El lado positivo de esta competencia es que las empresas locales deben asumir el reto de buscar nuevos sabores, empaques, e ingredientes para sus productos; manteniendo un constante crecimiento de la industria (Prochile, 2012, p.4).

3.1.3.1. Aranceles para dulces y confites en Sudamérica

Existen diferentes tipos de aranceles para la industria de Confites en el Continente. Los Países que pertenecen al CAN (Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia) tienen una preferencia en la cual no deben pagar aranceles entre ellos. Por otro lado los países que pertenecen al ALADI (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay) tienen diferentes porcentajes de aranceles dependiendo del tipo de confite (Prochile, 2012, p.7).

Tabla 2. Tabla de Partidas Arancelarias

PARTIDA 1704.1

ARGENTINA	30%
BRAZIL	30%
PARAGUAY	40%
URUGUAY	0%

PARTIDA 1704.10.9

ARGENTINA	30%
BRAZIL	30%
PARAGUAY	40%
URUGUAY	0%

PARTIDA 1704.90.10

ARGENTINA	30%
BRAZIL	30%
PARAGUAY	40%
URUGUAY	0%

Tomado de Prochile, 2012, p. 8.

Según Camaras (2014) las partidas arancelarias pertenecen a la siguiente descripción de productos:

- La partida 1704.1 es para chicles y gomas de mascar (recubiertos de azúcar).
- La partida 1704 es para 1704.10.9 es para chicles y gomas de mascar con un contenido de sacarosa mayor al 60% en peso.
- La partida 1704.90.10 es para extracto de regaliz con un contenido de sacarosa superior al 10% en peso.

En un estudio realizado por Prochile (2012, p.8) se indican otros impuestos conocidos que aplican a estos productos como:

- FODINFA: Impuesto del 0.5% del valor CIF de la importación para el Fondo de Desarrollo de la Infancia.
- IVA: Impuesto al Valor Agregado sobre el valor CIF, equivalente al 12%
- ISD: Impuesto de Salida de Divisas.

3.1.3.2. Regulaciones en el Ecuador

Ministerio de Salud Pública (MPS) solicita el registro sanitario para la importación de alimentos y bebidas importados. Por otro lado las normas de etiquetado el organismo que rige los procedimientos es el INEN, donde se de incluir el nombre de la compañía, dirección y número de teléfono, etc (Prochile, 2012, p.9).

El rotulado del producto debe contener:

- Nombre
- Marca Comercial
- Identificación del Lote
- Modelo
- Contenido Neto
- Lista de ingredientes
- Fecha de elaboración y vencimiento
- La información debe estar en idioma Español

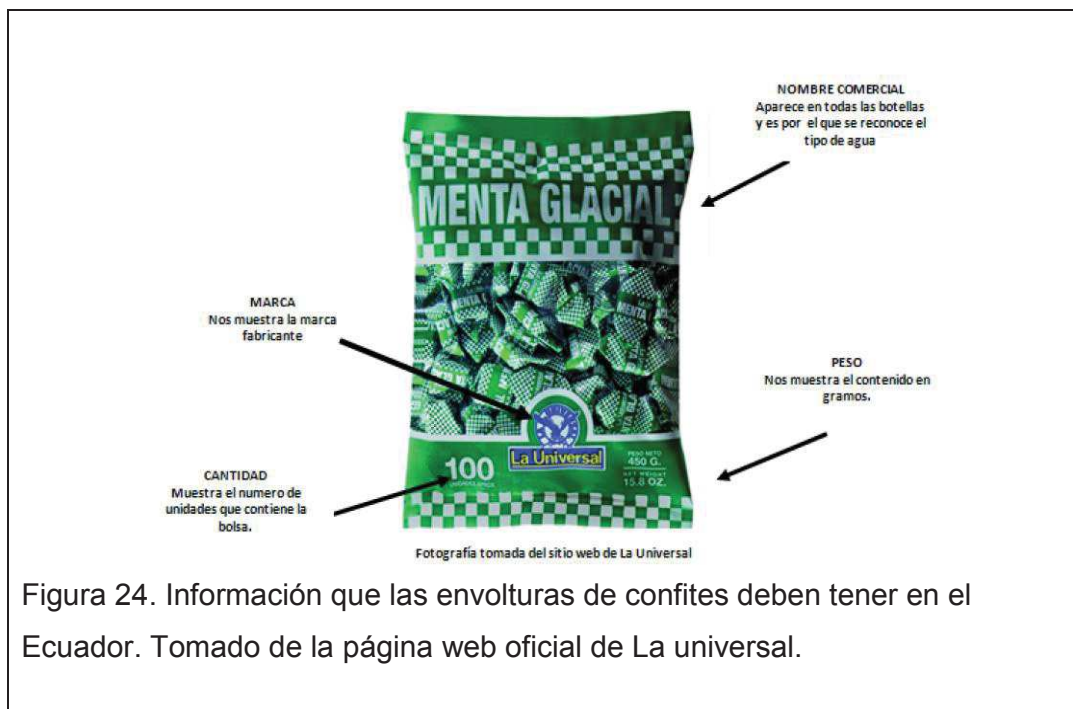


Figura 24. Información que las envolturas de confites deben tener en el Ecuador. Tomado de la página web oficial de La universal.

3.1.3.3. Estadísticas de Importaciones en el Ecuador

El año en el que Ecuador importó la menor cantidad de confites, caramelos y bombones fue en el año 2010 con 1101,29 kilogramos. Según datos tomados del Banco Central del Ecuador el consumo de confites va en aumento, lo cual es importante saber para analizar la inserción de algún producto nuevo en el mercado. A continuación se detallan tablas de importaciones para chicles cubiertos en azúcar desde el año 2009 al 2011 (Prochile, 2012, p.12).

Tabla 3. Importaciones de chiles en el Ecuador del 2009 al 2011, en Kg y respectivo valor monetario.

1. ESTADÍSTICAS 2011

Principales Países de Origen	Cantidad (KG)	2011	
		Monto en Miles	% Part Mercado
Colombia	600,07	2005,41	46,13%
Peru	348,22	838,74	19,29%
Brasil	267,01	790,01	18,17%
Estados Unidos	55,08	458,91	10,56%
Costa Rica	125,8	254,22	5,85%
TOTAL GENERAL	1396,18	4347,29	100,00%

2. ESTADÍSTICAS 2010

Principales Países de Origen	Cantidad (KG)	2010	
		Monto en Miles	% Part Mercado
Colombia	436,96	1481,29	45,65%
Brasil	292,69	759,67	23,41%
Peru	222,67	479,73	14,78%
Estados Unidos	47,73	353,92	10,91%
Costa Rica	101,24	170,30	5,25%
TOTAL GENERAL	1101,29	3244,91	100,00%

3. ESTADÍSTICAS 2009

Principales Países de Origen	Cantidad (KG)	2009	
		Monto en Miles	% Part Mercado
Colombia	718,59	1820,8	55,29%
Peru	252,6	565,09	17,16%
Brasil	185,58	428,29	13,00%
Estados Unidos	58,14	344,07	10,45%
Costa Rica	102,51	135,13	4,10%
TOTAL GENERAL	1317,42	3293,38	100,00%

Fuente: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

Tomado de Prochile. 2012, p. 12.

3.1.3.4. Tipos de empaque del producto

La mayoría de confites en el Ecuador se consumen dependiendo del tipo de dulce:

- Chupetes: Se presentan en fundas con diferente peso de acuerdo a su marca, variando entre los 18, 20, 24 gramos, con un contenido general de 24 chupetes por funda.
- Caramelos: Se presentan en fundas con pesos que van desde los 3.7 gramos la unidad hasta los 450 gramos por funda aproximadamente, con un contenido general de 100 unidades por funda. Para los caramelos

masticables el peso oscila desde los 5g la unidad hasta los 200g por funda, con un contenido de 50 o 100 unidades por funda dependiendo de la marca.

- Gomas de Mascar: Para bolas de chicle recubiertas al granel el peso varía entre los 1.15 gramos la unidad hasta los 300 gramos por funda, y con un contenido de aproximadamente 300 por funda. Para las gomas de mascar con centro líquido el peso de unidad aproximado es de 4.5 gramos, con un contenido por caja de 50 unidades.

3.1.3.5. Precios de Referencia en el Ecuador

En el país existen un sin número de diversos productos en comercialización, con diferentes pesos, y empaques. Para poder resumir se ha tomado una media promedio de los principales tipos de confites en el mercado ecuatoriano (Prochile, 2012, p.22).

Tabla 4. Precios referenciales para diferentes tipos de confites en el Ecuador.

Variedades	Precios en dólares	Exhibición en Vitrina
Caramelos duros de fruta y leche	Desde \$1.42 hasta \$1.98	Fundas de 450g.
Caramelo duro refrescante (Mentas)	Desde \$0.73 hasta \$1.69	Fundas de 450g.
Caramelo Masticable	Desde \$1.25 hasta \$2.28	Fundas
Chupetes con relleno	\$1.95	Fundas
Chupetes sin relleno	\$1.43	Fundas
Gomas de mascar, bolas recubiertas al granel	Desde \$1.51 a 2.41	Funda de 300g
Gomas de mascar con centro líquido	\$1.95	Caja de 5.98g.
Gomas de mascar refrescante (Menta)	\$2.47	Funda de 150 g.
Gomas de mascar refrescante (Menta)	\$3.47	Caja 20 g

Tomado de Prochile. 2012, p. 22.

3.2. Micro entorno

El entorno interno en el cual la empresa se desenvuelve.

3.2.1. Síntesis del Mercado

Prochile (2012, p.16) explica que los productores de la industria creen que aunque es un mercado muy explotado, aún quedan áreas sin explorar, en las cuales se pueden desarrollar nichos de mercado aún no conquistados por ningún competidor.

La parte importante del negocio se centra en poder diferenciar bien los tipos de clientes con sus respectivas preferencias y poder establecer una estrategia de comercialización, con el objetivo de poder llegar con el producto deseado por los consumidores. Algunas empresas han optado por usar aditamentos para dar sabores diferentes a los productos, además de usar empaques llamativos.

Finalmente con el avance de la tecnología, las empresas han optado por aprovechar el uso de las redes sociales donde organizan foros para la recepción de inquietudes y comentarios usados para nuevas ideas innovadoras (Prochile, 2012, p.16).

3.2.2. Estudio Organizacional

Es esta sección se detallará información de la empresa Dulces S.A.

3.2.2.1. Descripción Empresarial

En el año 1963 se establece la empresa productora de chicles “Dulces S.A.”, una de las primeras empresas en el Ecuador en su especie. Ésta se estableció con el patentes y marcas de una empresa americana llamada “American Chewing Products Corp.”

Con el pasar del tiempo sacó a la venta una de sus marcas pioneras llamada "Chicle Bola". Este producto tuvo un muy buen impacto en el mercado local convirtiéndose en un símbolo de diversión y alegría para diferentes generaciones. Con el pasar del tiempo el "Chicle Bola" se convirtió en el activo más importante a lo largo de su historia.

A finales de la década de los 60s la empresa comenzó a ingresar en mercados extranjeros de América del sur, empezando por Argentina. Durante los primeros años de la década de los 70s también inició exportaciones al gigante sudamericano de Brasil.

Durante las épocas de los 80s y 90s "Dulces S.A" comienza a emprender en diferentes tipos de confites como chupetes, caramelos masticables, caramelos con centro líquido, mentas, etc... Ya con una gran disposición de productos para el mercado nacional, "Dulces S.A" decide establecer su propia organización de ventas directa. Consecuentemente, establece un sistema de ruteo y zonificación, la cual le daría una penetración más fuerte en el mercado ecuatoriano.

Tomando en cuenta el gran éxito empresarial en el Ecuador, la empresa decide extender sus operaciones a los países vecinos de Colombia y Perú. Con el objetivo de consolidar la estrategia de exportación, se inicia con la participación en las ferias de golosinas más importantes de Europa.

Para principios del nuevo milenio "Dulces S.A" como fruto de su gran estrategia de exportación, llega con sus productos a tener una aceptación en 34 países de todo el mundo.

3.2.2.2. Marco estratégico

- Misión

"Existimos para generar experiencias de consumo que gratifiquen emocional y sensorialmente a nuestros consumidores, a través de innovación,

disponibilidad y desarrollo de nuestras marcas, con una operación rentable, en crecimiento y de bajos costos; en un ambiente agradable."

- Visión

"Seremos una comunidad de clase mundial, que deslumbra permanentemente a nuestro consumidor, sustentada en un equipo humano que disfruta lo que hace con valores morales y organizacionales sólidos."

- Innovación Constante

Teniendo en mente que el mercado de los dulces está constantemente cambiando y ya que existen varios competidores, la empresa cada mes saca un producto nuevo que lo pone a prueba del consumidor y mide su aceptación al mismo.

De hecho la empresa organiza concursos de innovación entre los mismos operarios de la planta, para poder sacar provecho a todas las ideas que tengan en la mente los empleados. Los ganadores de los concursos son premiados por su aporte y esto al mismo tiempo crea un mejor ambiente de trabajo.

- Ubicación

La principal planta de producción del Ecuador está situada al norte de la ciudad de Quito en el sector de la mitad del mundo. Además de la planta de producción existe un almacén abierto al consumidor, donde los clientes se pueden realizar personalmente la compra de los productos. Esta tienda tiene un factor muy atractivo y único, ya que está rodeada de un olor a puro dulce emitido por la planta en la parte posterior. Esta planta de producción tiene un personal de más 1000 personas que se encargan de elaborar los 655 consumibles de la empresa,

- Distribución

Entre las grandes familias de Productos que se exportan a diferentes países a nivel mundial tienen: Gomas de Mascar, Chocolates, Chupetes,

Interactivos, Sin azúcar, Caramelos, entre otros... Uno de los principales ejecutivos de la empresa detallo que “Dulces S.A” exporta el 60% de su producción.

A nivel nacional “Dulces S.A” llega directamente a más de 47.000 clientes por medio de distribuidores mayorías y minoristas. Con un canal de distribución detallista y logística integrada, provee sus productos hasta a las tiendas tradicionales y también a instituciones educativas. Atiende también a los puntos de venta donde se pueda obtener una ventaja competitiva principalmente con exhibiciones y actividades relacionadas con el consumidor final. Realiza auto servicios de entrega a las cadenas de supermercados, puntos de venta mayoristas y distribuidores que se dediquen a la comercialización de productos de consumo masivo.

En el Perú atiende directamente a más de 52,000 consumidores. En la distribución detallista atiende a bodegas y vendedores ambulantes a los cuales se llega por medio de mayoristas. Los distribuidores le facilitan el llegar a los puntos donde no logran llegar directamente. Finalmente también cuenta con socios comerciales como Nirsa, Industrias Unidas del Perú, y ABT Productos Naturales.

En Colombia se atiende a 130,000 clientes semanalmente. La división de Colombia tiene cedes en 22 ciudades que cuentan con comercialización y operaciones logísticas propias. Se extiende hasta los puntos de venta donde se permite la exhibición libre y degustación de los productos. Debido a la fuerte cobertura que realiza la fuerza de ventas, también se tiene alianzas hace más de 10 años con importantes compañías de consumo masivo que creen en la distribución horizontal como: J&J, HENKEL, ARCOR y FERRERO.

La pieza clave para el éxito de “Dulces S.A.” en los países andinos fue la decisión de operar y distribuir localmente en Colombia, Perú y Venezuela

debido a la similitud de los mercados. De tal manera que replicó su estrategia de distribuir tienda a tienda y las tácticas de exhibición de los puntos de venta. También ha empleado la difusión de sus productos por medio de medios de televisión, afiches, y vallas publicitarias.

3.2.2.3. Cadena de valor

Se ha elaborado un matriz de valor empresarial en la cual se detallan las principales actividades primarias y de soporte de la empresa.

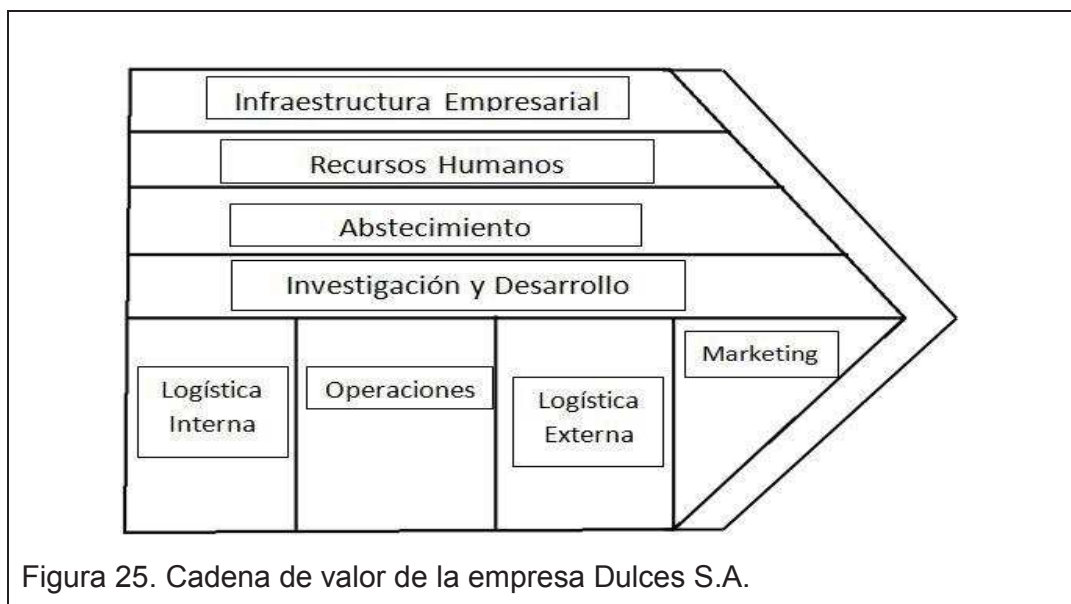


Figura 25. Cadena de valor de la empresa Dulces S.A.

- Actividades de Soporte:
- Infraestructura Empresarial: En esta área se encuentran las actividades que establecen una base para el futuro de la empresa tales como: Finanzas, Planeación, Asuntos Legales y Relaciones Comunitarias.
- Recurso Humanos: Área que se ocupa de reclutar, capacitar, compensar al personal de la empresa. Al mismo tiempo trata de crear un ambiente de trabajo en el cual se pueda trabajar en equipo, para lograr los objetivos de la empresa a largo plazo.

- Abastecimiento: Área donde se realizan todas las compras de insumos, equipos, software en respuesta a los requerimientos de producción.
- Investigación y Desarrollo: La actividad principal de esta área es investigar las demandas emergentes de los clientes, para luego poder crear productos innovadores que satisfagan éstas.
- Actividades Principales:
 - Logística Interna:
 - Recepción de Proveedores
 - Almacenamiento
 - Control de inventarios
 - Retorno de Producto no conforme.
 - Operaciones:
 - Preparación de Masas
 - Cortes
 - Relleno
 - Enfriamiento
 - Pulido
 - Seguridad
 - Mantenimiento
 - Etc.
- Logística Externa:
 - Procesamiento de Pedidos
 - Preparación de Informes
 - Muestreo
 - Transporte de personal
 - Transporte de producto final
- Marketing:
 - Fuerza de Ventas
 - Lanzamiento de promociones
 - Publicidad

- Exposiciones al público
- Imagen Corporativa

3.2.2.4. Proceso Productivo

- Principales Materias primas:

El elemento principal de la goma de mascar es la base de goma, porque es el cual une a los ingredientes con una textura suave y masticable.

Además de la goma base se utiliza edulcorantes los cuales para los chicles con azúcar pueden ser azúcar de caña en polvo, sirope de maíz y azúcar de remolacha. Para los productos sin azúcar se utiliza edulcorantes artificiales que dan un sabor duradero y no promueven caries dentales, tales como Xilitol, Maltitol, Aspartamo y Sorbitol.

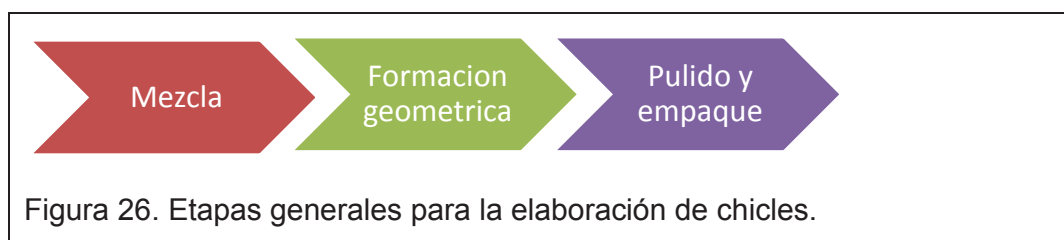
- Tecnología:

La empresa tiene varias máquinas distribuidas en sus 3 plantas de producción. Cada planta tiene maquinaria específica de corte y formado dependiendo del producto que deba ser elaborado. Sin embargo las únicas máquinas que son comunes para las diferentes áreas de confites, son las máquinas mezcladoras las cuales son utilizadas para las diferentes combinaciones que deben ser realizadas, independientemente del tipo de confite.

Las máquinas principalmente son de procedencia americana y alemana. Sin embargo las máquinas no son necesariamente obtenidas en condiciones nuevas, ya que en muchos casos son compradas de segunda mano, asegurándose que estén en un buen estado para poder ser utilizadas. Muchas de las máquinas de segunda mano son adecuadas mecánicamente por los propios ingenieros internos de la empresa para que cumplan con las necesidades de la empresa.

- Elaboración de chicles:

La elaboración general de los chicles se divide en 3 etapas principales:



4. Define

Capítulo en el cual se definirá el problema del proyecto.

4.1. Definición del CTS en base a los requerimientos del cliente

Para empezar la definición del problema, se analizó un estudio previamente desarrollado por el área de Marketing junto con el área de Producción. En el cual se analiza los diferentes atributos importantes en los confites según el consumidor final. El equipo de mejora no tabulo ninguno de estos valores simplemente utilizo el resultado final (la matriz) como una guía para el enfoque del proyecto.

Estos atributos fueron asignados un peso del 1 al 5 (siendo el #5 la importancia más alta) y relacionados (multiplicados matemáticamente) con las diferentes etapas de gestión (también asignadas pesos del 1 al 5, siendo el #5 la importancia más alta) que puedan llegar a influir en los mismos atributos. Con la finalidad de obtener el atributo más importante para el cliente y la respectiva etapa que lo puede estar influenciando. Este análisis también es conocido como DFC (Despliegue de la función de calidad).

La información había comenzado a ser recolectada antes de iniciar el proyecto Six Sigma por iniciativa de la empresa. El equipo de mejora decidió empezar el análisis de esta fuente aprovechando que esta información ya había sido recolectada previamente por medio de encuestas, inconformidades directas con asesores comerciales y llamadas al call center.

Atributos del producto y Etapas de gestión	Prioridad (peso asignado)	Recepción de Materia Prima	Mezcla de ingredientes	Formación geométrica	Estaciones de reposo	Recubrimientos	Empaque	Almacenaje y transporte
Color	2	1	1	1	1	4	1	1
Sabor	5	1	5	1	1	1	1	1
Olor	1	2	2	1	1	1	2	1
Peso	5	1	1	5	1	1	1	1
Presentación y unidades por display	3	1	1	4	1	1	4	1
Brillo	2	1	1	1	1	4	1	1
Consistencia	3	1	4	2	5	1	1	1
Forma de entrega	3	1	1	1	1	1	1	5
Importancia		25	54	56	36	36	34	36
Importancia Relativa		4,5	9,6	10	6,4	6,4	6,1	6,4

Figura 27. Análisis DFC.

La matriz da como resultado que los aspectos más importantes son el “sabor” y el “peso” del producto. Las etapas más relacionadas con estas variables son la mezcla de ingredientes y la formación geométrica.

Se debe detallar que la metodología Six Sigma necesita definir una variable que sea medible y cuantificable, razón por la cual se descarta al “sabor” como la posible CTS ya que su medición podría ser dificultosa al no tener una escala exacta de cómo medirlo.

El equipo de mejora evidenció que al escoger el “peso del producto” como CTS, se podría mejorar en dos aspectos muy importantes de para a la empresa:

- Calidad del producto: Al reducir la variabilidad de peso se asegura que el producto final (en fundas) tendrá las unidades en los tamaños adecuados (dentro de las especificaciones) para cumplir con el cliente. Creando una buena imagen al consumidor final.
- Reducción en costos de producción: Al reducir la variabilidad de peso la empresa asegura no gastar más materia prima de lo que debe, por que las fundas de confites no serán más pesadas de lo especificado.

Una vez descartado el “sabor del producto” se define como CTS al “peso del producto”. Ya que es una variable cuantificable, con especificaciones establecidas por la empresa y sobre todo es un atributo importante para el consumidor final

Adicionalmente el equipo de mejora desplegó una cadena de ideas para llevar el “lenguaje del consumidor” desde su requerimiento más importante hasta las operaciones manufactureras que lo podrían influenciar.



4.2. Posibles errores respecto al peso del producto

El área de producción de la empresa identificó mediante una lluvia de ideas los posibles errores que podrían generar problemas en el peso de los productos y empezó a llevar un registro de estos para evidenciar en que plantas ocurren:

- Sobreconsumo: En la elaboración del producto se tuvo que utilizar más insumos de lo planeado, para poder completar la cantidad ordenada.
- Error en digitación: El operario de la máquina se equivoca al reportar la cantidad verdaderamente producida.
- Sobre peso (mucho peso): Unidades individuales de los productos salen con pesos fuera de los límites de especificación.
- Error en consumo: El operario de la máquina no usó la cantidad apropiada de insumos necesarios para la orden estipulada
- Error de registró: El operario no registró la utilización de insumos sobrantes de otras órdenes (pasadas) para poder completar la cantidad estipulada.
- Error en Bodega: Bodega de insumos no recibió la materia prima sobrante de órdenes ya completadas

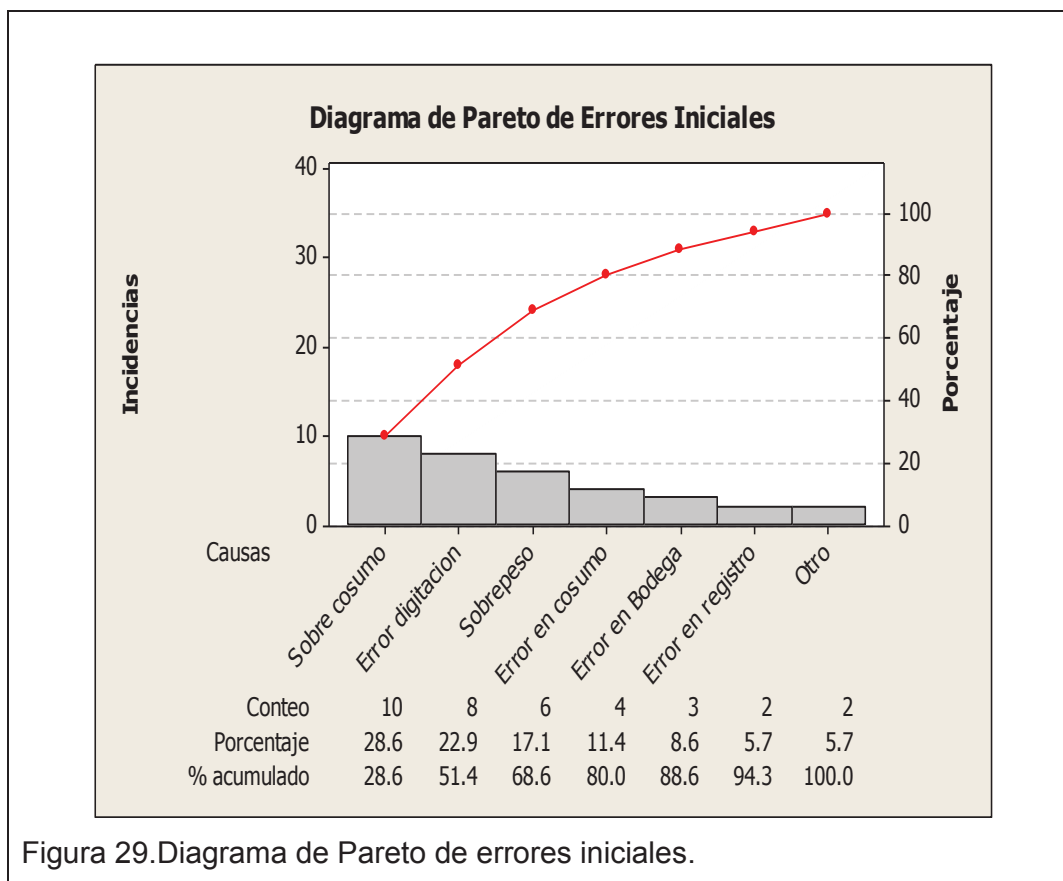
Se evaluará los errores iniciales que tengan mayor número de frecuencia.

Tabla 5. Errores de peso encontrados por familia de producto.

Tipo de Error	Familia de Confito
Sobrepeso	CHICLES
Sobre consumo	PASTILLAS
Sobrepeso	LONJA
Error en Consumo	PASTILLAS
Error en Consumo	PASTILLAS
Error en Consumo	PASTILLAS
Error en Consumo	PASTILLAS
Sobre consumo	LONJA
Sobre consumo	PASTILLAS
Sobre consumo	PASTILLAS
Error digitación	CHICLES
Error en Registro	LONJA
Sobre consumo	PASTILLAS
Error digitación	CARAMELOS
Error digitación	CARAMELOS
Error digitación	CARAMELOS
Otro	CHOCOLATES
Sobre consumo	CHICLES
Error en Bodega	CHICLES
Error en Bodega	CHICLES
Error en Bodega	CHICLES
Error en Registro	PASTILLAS
Sobre consumo	PASTILLAS
Sobrepeso	CHOCOLATES
Sobrepeso	LONJA
Sobrepeso	CHOCOLATES
Sobrepeso	LONJA
Sobre consumo	PASTILLAS
Error digitación	PASTILLAS
Sobre consumo	CHICLES
Sobre consumo	PASTILLAS
Error digitación	PASTILLAS
Error digitación	CHICLES
Error digitación	CHICLES
Otro	CHOCOLATES

Información con la cual se creó 2 diagramas de Pareto. El rango de tiempo para analizar estas ocurrencias fue de 3 semanas, en las cuales se recogió una

muestra de 35 incidencias de error (detallando en que familia de confite ocurrió).

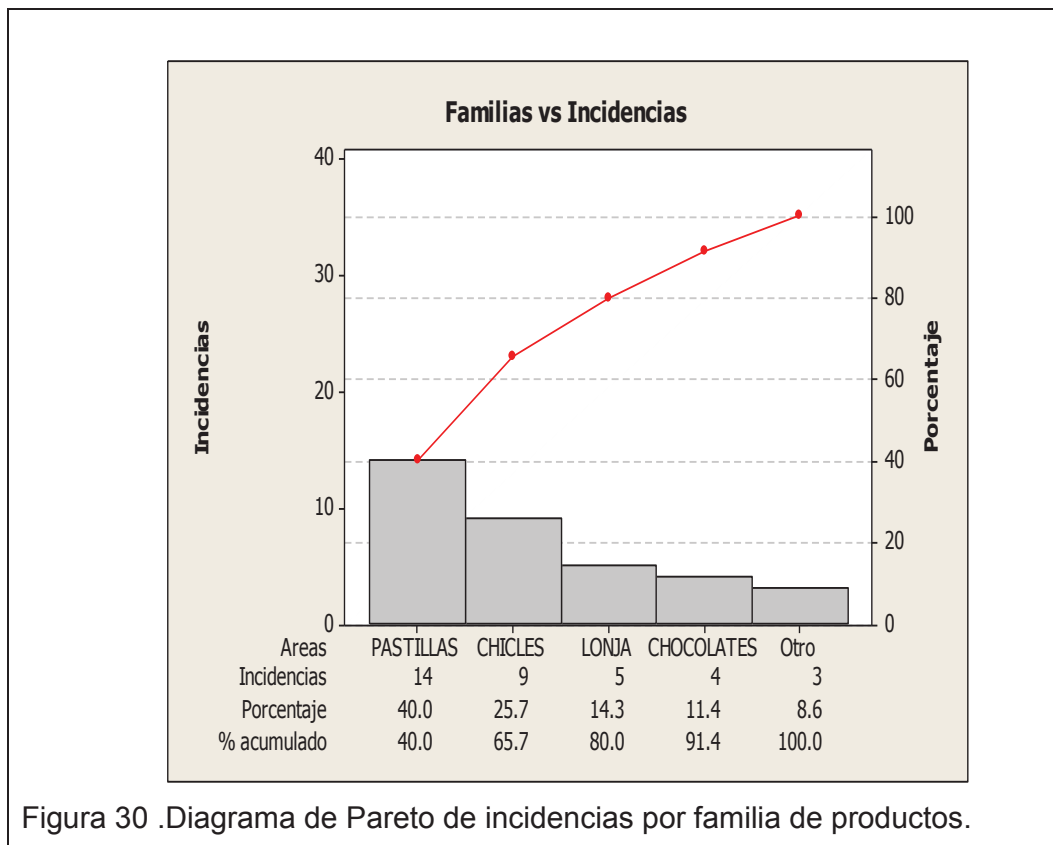


Como se puede evidenciar en el diagrama de Pareto, las cuatro causas principales que equivalen al 80% de las incidencias son:

- Sobre consumo
- Error en digitación
- Sobrepeso
- Error en consumo

El “Sobre consumo” y “sobrepeso” son dos causas que están asociadas entre sí. Ya que en algunos procesos el sobre consumo de materias primas causa que las unidades de los productos salgan con pesos mayores al peso nominal.

Tomando en cuenta que los errores previamente descritos eran generales para las tres plantas de producción, se analizará las incidencias por familias de producto para poder apuntar a un área más específica.



El 80% de incidencias ocurre en las familias de Pastillas, Chicles y Lonja. Estas tres familias de productos provienen de la planta de Chicles, la cual tiene el 35% de la producción total de la empresa.

Posteriormente se buscará un producto elaborado en la fábrica de chicles, el cual tenga un proceso que pueda ser modificado para reducir la variación de su peso.

4.2.1. Diagrama de Flujo para la producción de chicles

Una vez que el problema ha sido enfocado en el peso del producto y respectivamente en la fábrica de chicles, se procederá a analizar las

actividades en las cuales se pueda realizar una modificación para reducir la variación de peso. Las siguientes actividades son generales para casi todos los tipos de chiles fabricados en la empresa y también son detallados los tiempos promedios para dichas actividades.

A continuación se describe el flujo de actividades enfocándose en las etapas de “mezcla de ingredientes” y “formación geométrica”. Estas son las etapas que más influyen al CTS según el análisis FDC (página 47).

Etapas: Mezcla y Formación (Fabrica de Chicles)	Tipos de actividades					Distancia	Tiempo promedio (Min)
	Operaciones	Inspeccion	Transporte	Demora	Almacenaje		
Apertura e inspeccion de materias primas	●	■	➔	⌚	▼		2
Pulverizado	●	■	➔	⌚	▼		25
Recoleccion en recipientes	●	■	➔	⌚	▼		2
Transporte al horno	●	■	➔	⌚	▼	100	5
Incluir fluidos para la mezcla	●	■	➔	⌚	▼		5
Calentado	●	■	➔	⌚	▼		5
Transporte a mezcladora	●	■	➔	⌚	▼	20	1
Mezcla (con paletas de madera)	●	■	➔	⌚	▼		5
Mezcla (con mezcladora industrial)	●	■	➔	⌚	▼		45
Transporte para el almacenaje	●	■	➔	⌚	▼	100	5
Enfriado	●	■	➔	⌚	▼		45
Transporte al area de corte	●	■	➔	⌚	▼	40	2
Extruccion de masa	●	■	➔	⌚	▼		90
Corte	●	■	➔	⌚	▼		90
Formado	●	■	➔	⌚	▼		90
Tranporte al cuarto frio	●	■	➔	⌚	▼		1
Enfriamiento	●	■	➔	⌚	▼		120
Total	9	1	5	1	1	260	538

Figura 31 .Diagrama de flujo de mezcla y formación geométrica.

Las actividades en rojo coinciden con la cadena de ideas que detallan el leguaje del consumidor (página 49). Algunas de estas actividades podrían ser el enfoque al cual sería posible aplicar la mejora.

4.2.2. Resumen de la definición del problema

Recolectando la información de los análisis previos se establecen los siguientes puntos de resumen:

- El CTS será definido como el “peso del producto”, ya que es una variable que afecta al cliente final y a los costos de la empresa
- Se enfocará el problema de peso a la planta de chicles, área donde más incidencias de error han ocurrido.
- Los requerimientos del consumidor pueden llegar hasta el detalle de las actividades manufactureras de:
 - Pulverizado
 - Mezcla
 - Extrusión
 - Corte
 - Formado

5. Measure

Este capítulo detallará las mediciones iniciales del proyecto.

5.1. Producto (chicle) para la medición

Una vez definido el enfoque del proyecto, se proseguirá a realizar las mediciones. Se debe especificar que para recoger las muestras se escogió el producto #20344, también llamado “Chicle Bola 12”. Ya que es uno de los productos en la planta de chicles con más frecuencia de producción, esto facilitará a que la toma de datos se realice en el rango de tiempo más corto posible

5.2. Método de Medición

Debido a que el personal involucrado con el proyecto de mejora contaba con un rango de tiempo reducido para invertir en la investigación, se decidió tomar muestras de 3 lotes diferentes en el transcurso de un mes.

Los productos de muestra serán recogidos por los operarios de manera aleatoria. Durante la producción de cada lote, el operario encargado de la máquina tomará una muestra del producto cada 3 minutos durante un período de 90 minutos. Posteriormente las muestras serán pesadas una por una en las balanzas industriales pertenecientes a la empresa.

Inicialmente se realizó una medición de 50 muestras; con esta primera práctica la gerencia de producción decidió que sus operarios no podrían ocupar tanto tiempo realizando las mediciones, razón por la cual se tomó la decisión de que las siguientes mediciones serían de solamente 30 muestras cada una. Estas primeras 50 muestras fueron utilizadas para el análisis Isoplot (posteriormente explicado).

El propósito inicial era tener la oportunidad de tomar más muestras, pero la falta de recurso humano y el enfoque administrativo de no distraer a los operarios de sus actividades diarias, llevaría a reducir la toma de muestras. Razón por la cual se optó la metodología previamente descrita.

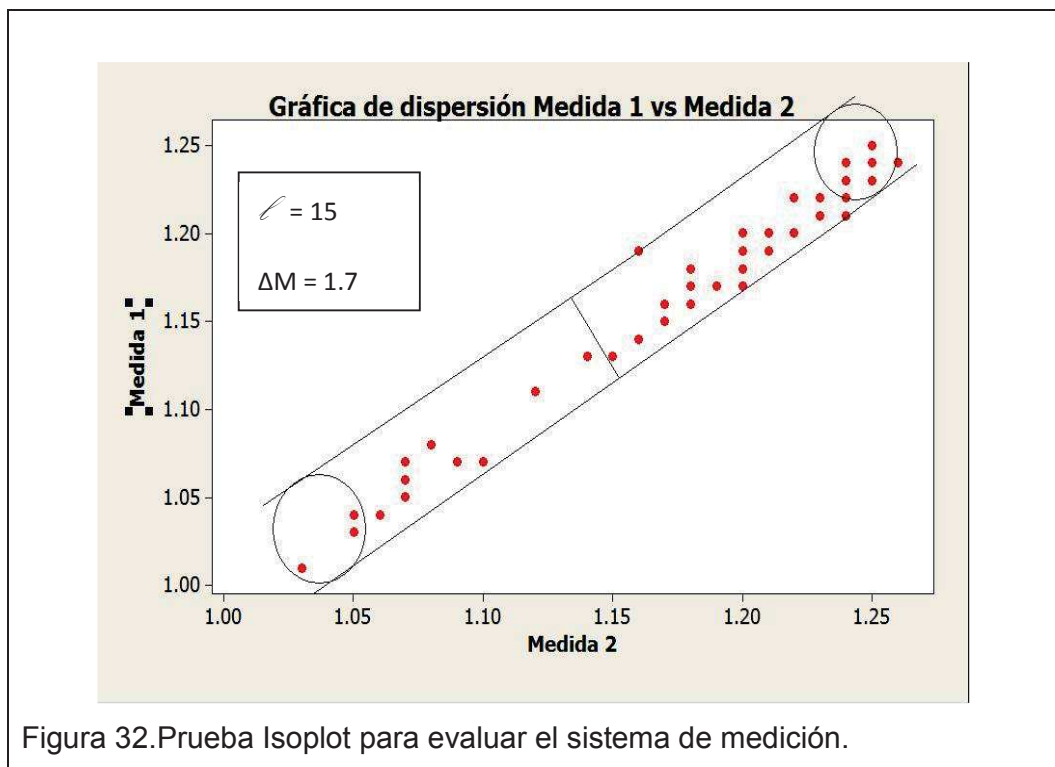
5.2.1. Validación del muestreo

Tomando en cuenta que pueden existir balanzas descalibradas, balanzas de poca exactitud, o alguno factor externo que pueda alterar la precisión de los datos recogidos, se realizó la prueba Isoplot al sistema de medición escogido previamente.

Esta prueba ayudará a asegurar que las balanzas usadas para la medición tengan un margen error mínimo, en relación a la variación natural del parámetro estudiado, el cual en este caso viene a ser el peso del chicle bola 12.

La manera en la cual se proseguirá con el análisis será tomando la muestra inicial de 50 muestras de un mismo lote, los cuales estarán etiquetados del #1 al #50 para identificar a cada uno. Usando dos balanzas de las mismas características técnicas, los 50 productos serán pesados uno por uno en la balanza número 1 la cual indicará la “medida 1”. Luego los mismo 50 productos serán pesados en la balanza número 2, la cual nos indicará la “medida 2”. En la siguiente tabla se muestran los pesos de cada chicle, comparando los pesos resultantes por la balanza 1 y balanza 2.

Con los datos de la tabla previamente detallada se arma un gráfico de dispersión, con el cual se busca tener uniformidad comparando cada medición de la misma muestra en los ejes X (Medida 2) y Y (Medida 1).



Donde la relación de n sobre el ΔM es igual a 8.82. De manera que se acepta el sistema de medición (Correa, 2010, p.250).

5.3. Recolección de Datos

De acuerdo al método de medición aceptado, el proceso de medición tomó un período de 1 mes para poder obtener los datos (pesos) iniciales. Con los cuales se obtendría la capacidad inicial del proceso de boleado. Se realizaron tres muestras aleatorias de 30 productos cada una.

Tabla 6. Tabla de pesos iniciales del producto #23044.

Toma 1	Toma 2	Toma 3
1.33	1.13	1.32
1.18	1.16	1.15
1.15	1.16	1.19
1.29	1.15	1.15
1.18	1.14	1.21
1.29	1.19	1.2
1.33	1.19	1.09
1.02	1.22	1.18
1.16	1.21	1.21
1.17	1.19	1.22
1.18	1.19	1.19
1.08	1.19	1.2
1.04	1.18	1.16
1.14	1.16	1.17
1.17	1.3	1.3
1.31	1.14	1.32
1.32	1.15	1.33
1.29	1.04	1.08
1.33	1.09	1.29
1.34	1.03	1.13
1.35	1.29	1.01
1.19	1.31	1.17
1.18	1.95	1.31
1.18	1.29	1.01
1.18	1.35	1.27
1.2	1.32	1.01
1.18	1.33	1.02
1.17	1.3	1.02
1.14	1.29	1.26

5.4. Capacidad del proceso previa a la mejora

Una vez recolectados los pesos aleatorios, se medirá los indicadores principales del proceso con la ayuda del Capability Six pack del software Minitab 15, el cual brinda los siguientes resultados.

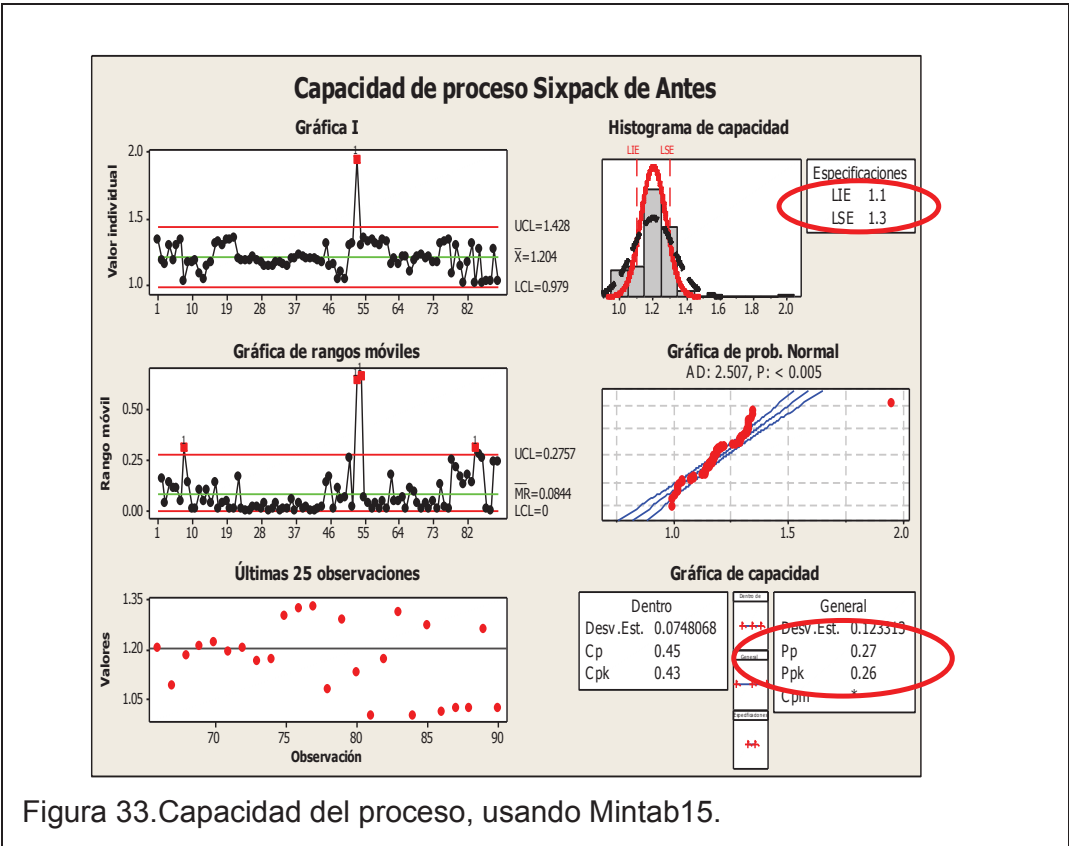


Figura 33. Capacidad del proceso, usando Mintab15.

Es importante mencionar que los límites de especificación inferior y superior, (LIE y LSE) son las tolerancias mínimas y máximas que la misma empresa asigna a sus productos. Estas referencias son muy importantes para este estudio porque los indicadores Cp y Cpk son calculados a partir de estos límites. Para el caso específico del producto #20344 se utilizó:

- LIE = 1.1 gramos
- LSE = 1.3 gramos

Tomando en cuenta los resultados del MiniTab, se puede analizar las tendencias estadísticas del proceso actual, donde se evidencia:

- $C_p = 0.27$
- $C_{pk} = 0.26$

Claramente el proceso está lejos de un desempeño Six Sigma, que refiere a un C_p igual a 2 y un C_{pk} de 1,5.

5.5. Índice Z

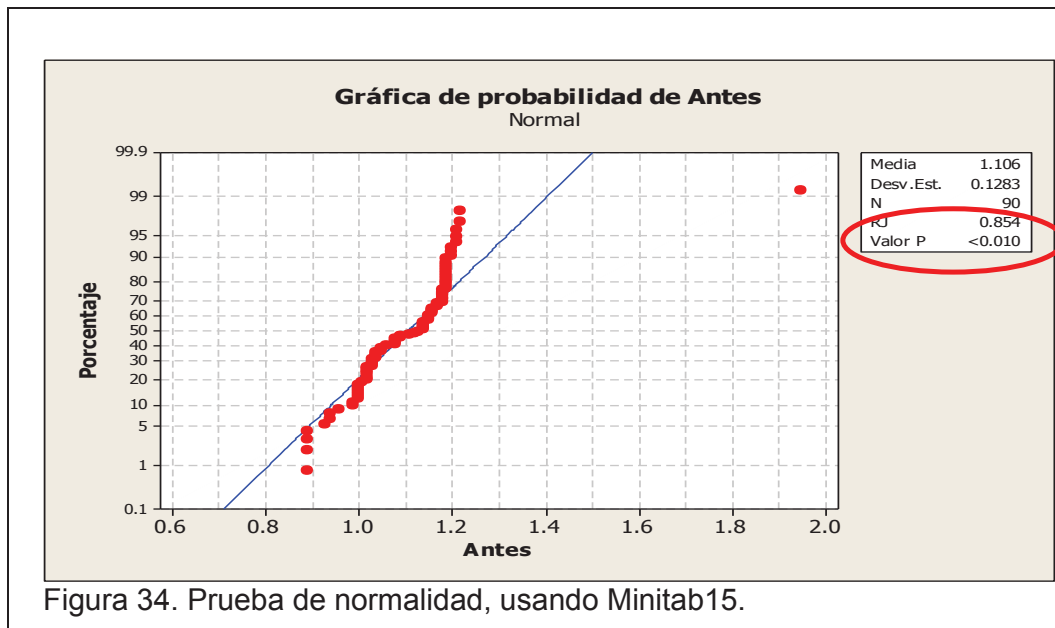
El índice Z calculado toma en consideración los siguientes datos:

- Especificación Superior (ES) = 1.3 gr.
- Especificación promedio del producto = 1,2 gr.
- Desviación estándar Actual = 0,1283

Lo cual en base a la fórmula (detallada en el marco teórico) equivale a una distancia entre los límites de especificación y la media igual a 0.77 desviaciones estándar.

5.6. Prueba de Normalidad

Utilizando la prueba de normalidad de Ryan-Joiner sobre los datos tomados, se puede evidenciar que el proceso tampoco sigue una distribución normal, ya que el P-value resultó ser menor a 0.01.



Éste es otro indicador clave para asumir que el proceso de boleado con respecto a los pesos del producto #20344 está lejos de tener un desempeño Six Sigma, ya que la normalidad de los datos es un requerimiento muy importante para cumplir con este estándar.

5.7. Resumen de la Medición de datos

Después de haber llevado a cabo la toma de muestras aleatoriamente y de haberlas analizado con la ayuda del software estadístico Minitab 15, se puede resumir los siguientes puntos importantes:

- El producto elegido para realizar la reducción de variación de peso fue el # 20344, también llamado como “Chicle Bola 12”.
- El método de medición con balanzas industriales, tiene un buen nivel de precisión para asegurar una buena toma de datos.
- El producto #20344 con respecto a la variabilidad de pesos, se encuentra muy por debajo de un desempeño Six Sigma con los siguientes índices:

- $C_p = 0.26$
 - $C_{pk} = 0.27$
-
- Los datos recolectados del proceso no siguen una distribución normal, ya que tienen un P-Value menor a 0.01.

6. Analyze

Una vez realizada la medición del estado actual del proceso, se iniciará el análisis de la causa raíz del problema.

Tomando en cuenta que el peso nominal del producto #20344 es de 1,2 gramos, el problema general se centra en que variabilidad actual del peso es demasiado amplia; ya que los límites de especificación mínimos y máximos son de 1.1 y 1.3 gramos respectivamente según los estándares impuestos por la compañía.

Con el fin de analizar las posibles causas raíz del problema y llegar a una conclusión sólida, se realizará un diagrama de Ishikawa (por el método de estratificación). En este análisis se tomará en cuenta el conocimiento de la gente que trabaja en la fábrica, ya que son ellos los que más interacción tienen en la elaboración de los productos.

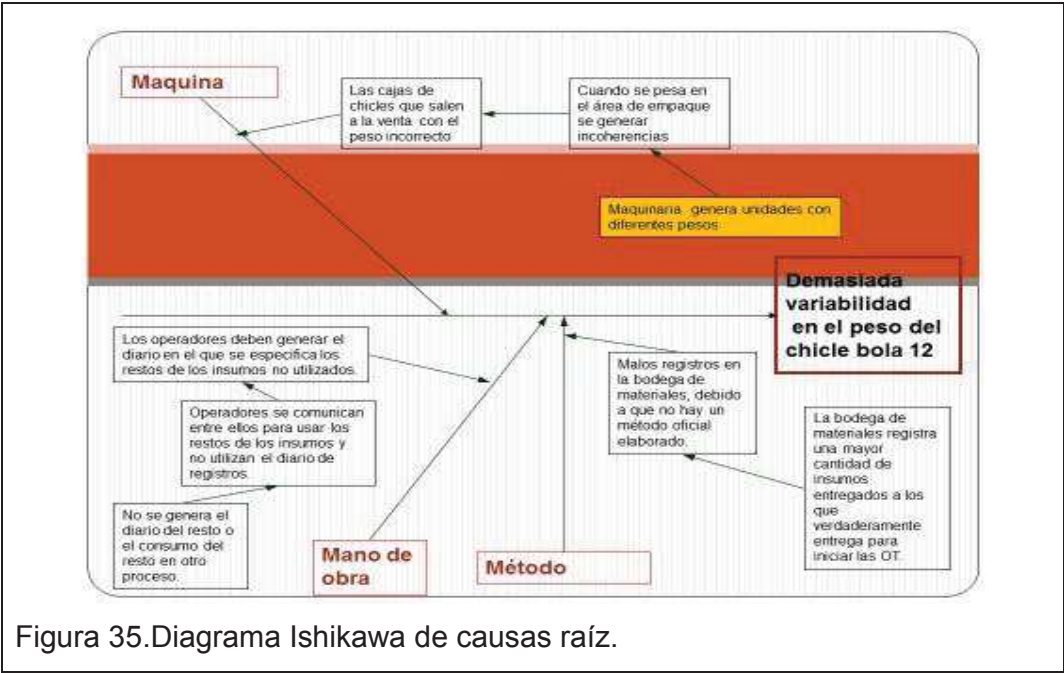


Figura 35. Diagrama Ishikawa de causas raíz.

Del diagrama Ishikawa salieron 3 posibles causas raíz:

- Al analizar el problema de mano de obra, se detalla que los operarios no registran los residuos de masa no utilizada de algunos productos y al final del día los insumos utilizados no cuadran con la cantidad de producto terminado, porque aparentemente existen faltantes. Cuando en realidad no se utilizó toda la materia prima.
- El problema de método proviene de la bodega de materias primas, la cual comete el error de entregar cantidades de insumos mayores o menores a las realmente necesitadas para cierta orden de producción. Esto da el resultado que la orden final tenga una cantidad mayor o menor a lo inicialmente planificado.
- También se pudo analizar que la maquinaria de la empresa esta generando unidades que no cumplen con las especificaciones de forma y peso.

Después de evidenciar las tres posibles causas raíz por separado, el equipo de mejora tomo la decisión de tomar al factor “maquina” como una prioridad. Ya que la maquinaria utilizada es la que detalla las características de forma (geometría) y peso en el producto final; dichas características son sumamente importantes para la satisfacción del cliente según el análisis DFC.

6.1. Proceso Critico (Análisis de maquinaria)

Para tener una visualización del proceso en general, se ha realizado un diagrama de flujo simple. En el cual se detallan las diferentes fases por las que atraviesa el producto #20344, incluyendo las maquinas respectivas que posiblemente pueden influenciar en el peso del producto y que también están ligadas a las etapas importantes detalladas en la fase “Define” (página 57).

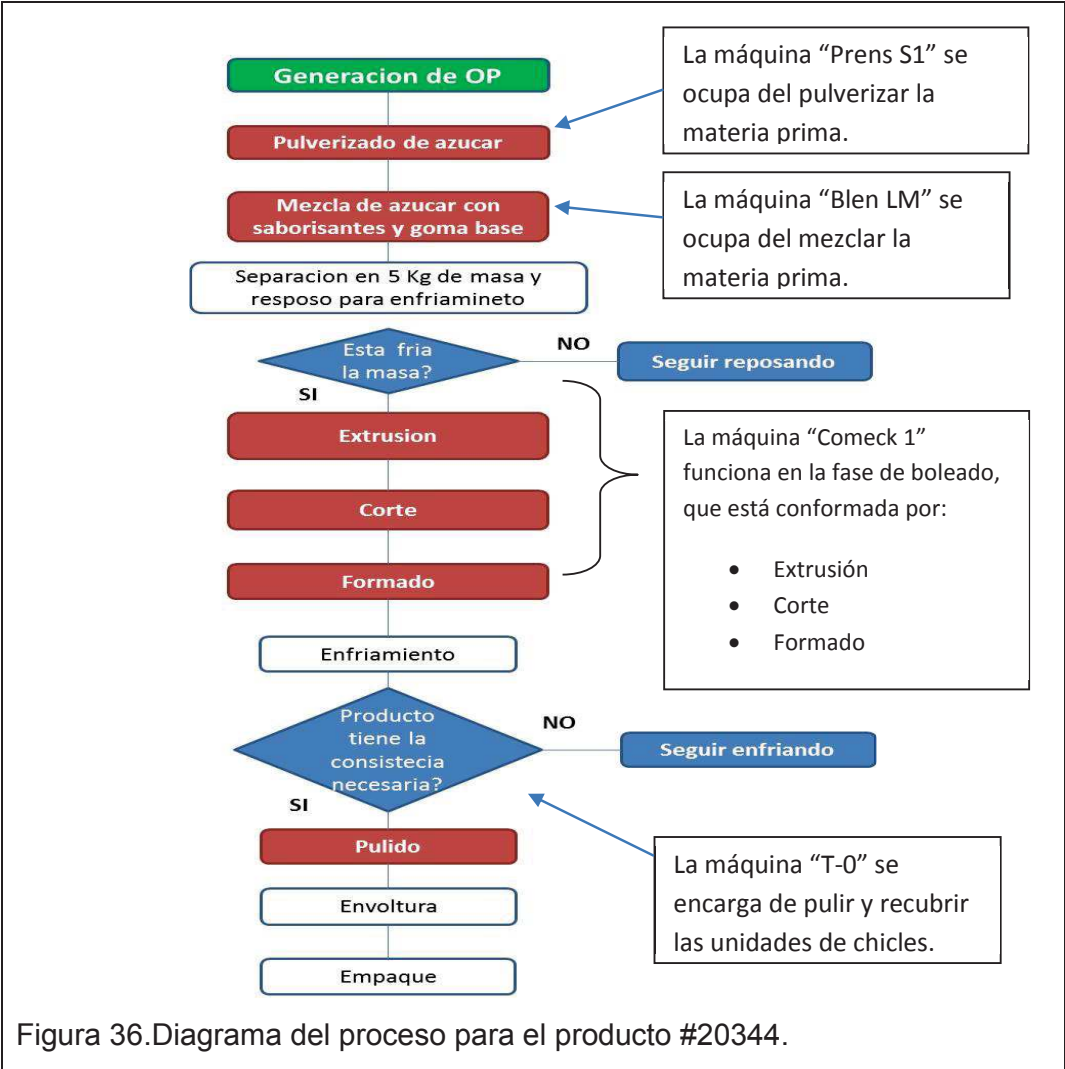


Figura 36. Diagrama del proceso para el producto #20344.

Se analizará 4 máquinas de la planta de chicles (detalladas previamente en el diagrama), las cuales son las utilizadas para la elaboración del producto #20344. Las siguientes imágenes son para dar una representación de cómo son las máquinas físicamente, pero no son las realmente usadas en la empresa ya que tomar fotografías es una restricción del proyecto.

- Prens S1: Máquina pulverizadora la cual es utilizada para reducir el tamaño de las materias primas. Principalmente es utilizada en la goma base y en el azúcar que son comprados en grandes cantidades.



Figura 37. Ejemplo de una maquina pulverizadora.

Tomado de Chinadrier

- Blen LM: Máquina mezcladora que utiliza grandes paletas para unir todos los insumos principales. Dentro de la máquina se vierte el azúcar, las gomas base, colorantes y otro aditivos. La máquina utiliza altas temperaturas para facilitar la mezcla de los ingredientes, que finalmente son transformados en una gran masa principal lista para ser cortada y moldeada en procesos futuros.



Figura 38. Ejemplo de una maquina mezcladora.

Tomado de Pharmacy Machinery

- T-0: Máquina de pulido en la cual se añade una última capa de recubrimiento (azúcar y colorante) al producto. Además también le brinda al producto el color y el brillo para su aspecto final.



- Comeck 1: Máquina boleadora la cual transforma la masa mezclada en pequeñas bolas de chicle. Además es una de las máquinas que más producción tiene porque los chicles bola tienen una demanda mayor del mercado.



Con un análisis cualitativo de Matrices de Priorización se evaluará la posible modificación de las máquinas bajo 4 criterios de importancia (escogidos por el personal del área de producción):

- A: Corto tiempo de implementación
- B: Bajo Costo de Mejora
- C: Facilidad para tomar muestras
- D: Alto impacto de satisfacción del cliente

Se utilizará una escala de importancia numérica, establecida por el equipo de mejora:

- 9 = Mucho más Importante
- 7 = Más Importante
- 5 = Igualmente Importante
- 3 = Menos importante
- 1 = Mucho menos importante

Primero se comparará cada criterio el uno con el otro utilizando la escala de importancia, para poder definir qué criterio es el más importante.

Tabla 7. Matriz de priorización de criterios.

	A	B	C	D	Suma	%
A		3	3	1	7	12%
B	7		7	5	19	32%
C	7	3		3	13	22%
D	9	5	7		21	35%

Se detalla que los criterios D y B son los más importantes. Para los cuales se buscará la alternativa (máquina) que más lo satisfaga y se evaluará cada alternativa bajo cada criterio inicial.

- Alternativa 1 = Comeck 1
- Alternativa 2 = T-0
- Alternativa 3 = Prens S1
- Alternativa 4 = Blen ML

Las siguientes matrices evalúan las alternativas (máquinas) la una contra la otra, bajo una escala de cumplimiento para cada criterio de importancia individual:

- 9 = Cumple mucho más
- 7 = Cumple más
- 5 = Cumple Igualmente
- 3 = Cumple menos
- 1 = Cumple mucho menos

Tabla 8. Matrices de priorización de alternativas evaluadas con cada criterio.

Criterio A	1	2	3	4	Suma	%
1		3	5	5	13	22%
2	7		9	9	25	42%
3	5	1		5	11	18%
4	5	1	5		11	18%

Criterio B	1	2	3	4	Suma	%
1		7	9	9	25	42%
2	3		7	7	17	28%
3	1	3		3	7	12%
4	1	3	7		11	18%

Criterio C	1	2	3	4	Suma	%
1		3	9	9	21	35%
2	7		7	7	21	35%
3	1	3		7	11	18%
4	1	3	3		7	12%

Criterio D	1	2	3	4	Suma	%
1		7	9	9	25	42%
2	3		7	7	17	28%
3	1	3		9	13	22%
4	1	3	1		5	8%

Finalmente se establece una matriz resumen en la cual se pondera entre las alternativas que más cumplen con los criterios de importancia y el valor de importancia de cada criterio entre sí.

Tabla 9. Matriz de priorización final

	Criterio A	Criterio B	Criterio C	Criterio D	
	12.0%	32.0%	22.0%	35.0%	%
Alternativa 1	21.7%	41.7%	35.0%	41.7%	38.217%
Alternativa 2	41.7%	28.3%	35.0%	28.3%	31.683%
Alternativa 3	18.3%	11.7%	18.3%	21.7%	17.550%
Alternativa 4	18.3%	18.3%	11.7%	8.3%	13.550%

Determinando a la alternativa 1 (“Comeck 1”) con un 38% de cumplimiento, como la mejor alternativa para realizar la posterior mejora, con el fin de reducir la variación de peso.

Posteriormente después de una inspección visual exhaustiva de a la máquina Comeck 1 (en su estado de producción), el equipo de mejora evidenció un problema mecánico en la fase de boleado.

6.2. Descripción del Equipo Crítico

La máquina Comeck 1 es el equipo crítico que será evaluado, el cual se encarga de la fase de boleado, la cual está separada en tres actividades diferentes:

- **Extrusión:** Una vez que la masa ha sido separada en porciones de 5Kg y dejada en reposo para su enfriamiento, cada porción es introducida en la boquilla inicial de la máquina. Lugar donde la masa es molida para luego ser expulsada en forma de un cordón continuo (una tira larga estirada longitudinalmente).
- **Corte:** El cordón continuo es expulsado hacia una banda transportadora de 2 metros de largo. Esta banda transportadora (intermitente) desliza el cordón de masa hacia el área de corte, instante en el cual la banda transportadora se detiene momentáneamente. En este sector de la máquina una cuchilla desciende y corta una sección de 60 centímetros de longitud, separando a esta porción del cordón continuo que salió de la primera actividad (extrusión) del proceso.

- **Formado:** Finalmente cuando el cordón ha sido cortado en la porción de 60 centímetros, un brazo hidráulico colocado al costado derecho de la banda sale para empujar la porción cortada del cordón hacia el costado izquierdo. Lugar donde se encuentra un rodillo paralelo a la banda transportadora, el cual corta el cordón (empujado por el brazo hidráulico) en pequeñas bolas de chicle.

6.2.1. Observación del problema (mecánico)

Al inspeccionar la máquina, se pudo evidenciar visualmente que el cordón que sale de la primera fase de extrusión está siendo tensado por el movimiento de la banda transportadora y el momento en el que ésta se detiene, para cortar la porción de 60 cm., lo deja de halar (al cordón continuo).

Este es un caso similar al DBR(Drum-Buffer-Rope), que se deriva de la Teoría de las Restricciones. Donde un proceso a veces se encuentra restringido porque las diferentes fases del mismo no están sincronizadas correctamente. Consecuentemente causando que existan fluctuaciones estadísticas no deseadas con el producto final. (The TOC-LEAN Institute, 2014)

En el proceso de boleado en particular, las actividades de extrusión y de corte no están trabajando al mismo ritmo. Ya que el cordón continuo está saliendo constantemente de la extrusión, pero en el corte existe una pequeña intermitencia donde la banda transportadora se detiene momentáneamente para que baje la cuchilla y realice el corte.

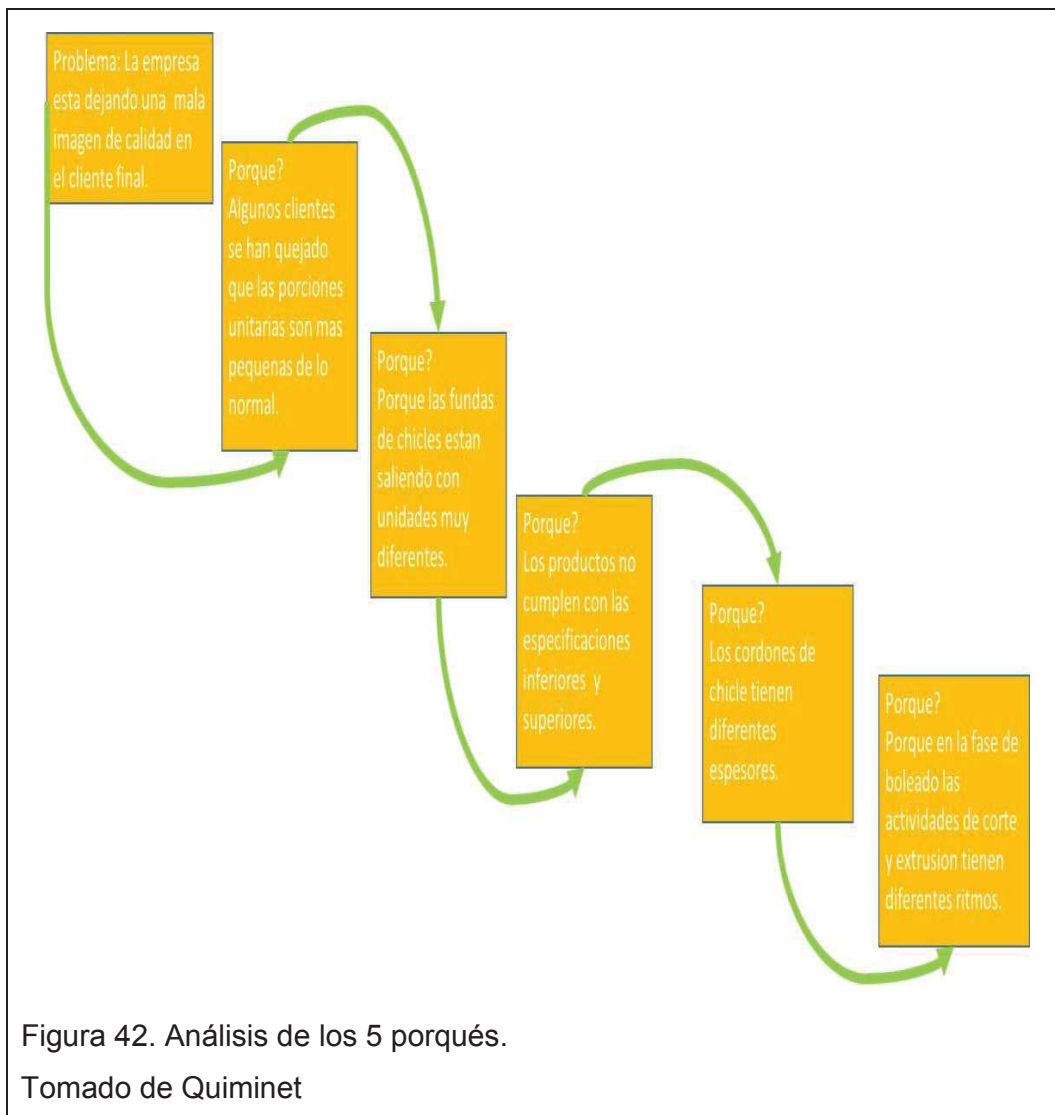


Figura 41. Ejemplo de cordones de chicle saliendo de la extrusión inicial.
Tomado de Quiminet

La intermitencia de la banda transportadora está causando que el cordón de chicle se estire el momento que la banda está en movimiento. En cambio el momento en que la banda transportadora se encuentra estática, el cordón de chicle se torna más grueso (porque deja de ser halado). Posteriormente, al final del proceso (formado) los distintos grosores del cordón son moldeados en pequeñas bolas de chicle por los rodillos, provocando que estas tengan diferentes pesos unitarios.

6.2.2. Análisis de Causa

Para analizar si el problema mecánico (fases no sincronizadas correctamente) es la causa raíz que afecta directamente al cliente final, el equipo de mejora utilizó la técnica analítica de los “5 porqués”. En el cual se detalla que el problema mecánico es relacionado con la inconformidad del cliente final.



6.3. Solución del problema

Habiendo establecido que la causa raíz del problema es la banda intermitente de la máquina Comeck 1, se empezó a analizar posibles soluciones.

En una reunión del equipo de mejora salió la posibilidad de poder hacer un cambio mecánico para que la banda transportadora pueda tener un movimiento continuo sin tener que detenerse al realizar el corte. En la fábrica de chicles ya existía una máquina (Comeck 3) que había sido adecuada recientemente con una banda transportadora continua con la finalidad de elaborar más rápido sus

productos. Esta máquina tenía un funcionamiento parecido al de la Comeck 1, pero es usada para fabricar otro tipo de chicles con una diferente geometría.

Para poder afirmar si el mecanismo de banda continua verdaderamente mejoraría la variabilidad de pesos se muestra un análisis en cual se evidencia el cambio de peso a lo largo del cordón. La máquina Comeck 3 tenía un lado “A” el cual seguía teniendo banda intermitente y un lado “B” el cual ya había sido adecuado a una banda continua.

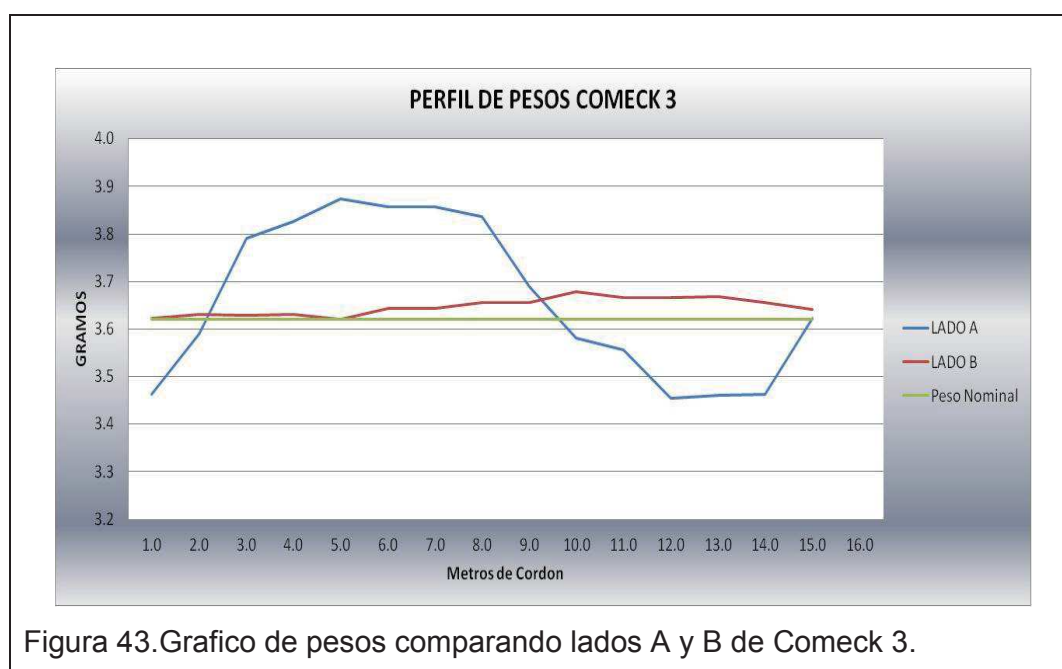


Figura 43. Gráfico de pesos comparando lados A y B de Comeck 3.

Con el gráfico anterior se puede evidenciar que el lado “B”, usando el mecanismo de banda continua, sigue una tendencia de peso más uniforme. Por el contrario el lado “A” tiene fluctuaciones en el peso del cordón, donde se puede demostrar que en ciertas secciones es más pesado cuando tiene mayor grosor al no ser halado por la banda transportadora y en ciertas secciones es menos pesado cuando su grosor disminuye por el tensado de la banda transportadora.

Adicional a este análisis el departamento de gestión de calidad de la empresa realizó un informe por separado del producto elaborado en la misma máquina

(Comeck 3). El cual concluye que la adecuación reduce significativamente la variación de peso en los chicles de un mismo cordón, aunque el propósito inicial del cambio era solamente aumentar la rapidez de producción de la máquina. El análisis está incluido en el ANEXO 2.

6.4. Posibles acciones de mejora

Una vez encontrada la manera de solucionar el problema, se debe encontrar la manera más viable de adecuar la misma al producto #20344. Dos alternativas fueron las que se tomaron en cuenta.

- Adecuar los rodillos del producto #20344 a la máquina Comeck 3.
- Adecuar a la máquina Comeck 1 con una banda transportadora continua.

6.5. Resumen del análisis del problema

Una vez concluida la fase de análisis de causas raíz y de posibles soluciones se puede resumir los siguientes puntos importantes:

- El producto #20344 está siendo afectado en mayor medida por el factor maquinaria.
- El análisis determina que la causa raíz del problema son las actividades de extrusión y de corte en la fase de boleado (en la máquina Comeck 1). Las cuales no están trabajando con el mismo ritmo mecánico.
- Una banda transportadora de movimiento continuo, puede reducir la variabilidad de pesos.

7. Improve

El análisis previo concientizó que la solución para reducir la variación de peso en el producto #20344, era utilizar una banda transportadora continua.

Para poder soportar esta decisión, en el capítulo anterior se hicieron algunos análisis cuantitativos a la máquina Comeck 3 que ya funcionaba con dicho sistema mecánico, con lo cual se pudo reafirmar que esta sería una solución correcta para reducir la variación. Sin embargo existen dos posibilidades para adaptar este mecanismo al producto #20344.

La primera opción es adecuar los rodillos del producto #20344 a la máquina Comeck 3. Esta opción es la más factible económicamente (causa pocos gastos), pero genera tres problemas principales. Primero al instalar los rodillos del producto #20344 en la máquina Comeck 3, se está dejando a un lado a la máquina Comeck 1, perdiendo potencial producción.

Como segundo problema se analizó que los rodillos del producto #20344 no podían ser instalados en la máquina Comeck 3 debido a su grosor y longitud. Finalmente la gerencia de producción tenía el escepticismo de que al comenzar a producir el chicle bola 12 en dicha máquina, se podrían retrasar las producciones de otros productos diseñados únicamente para la Comeck 3.

Al tomar en cuenta que la opción de cambiar los rodillos generaba algunos inconvenientes, se determinó que modificar a la máquina Comeck 1 con un mecanismo de banda continua sería la acción de mejora más viable para adecuar la solución. Esta propuesta tendrá que ser aceptada por la gerencia de producción.

7.1. Estimación del posible impacto económico

A continuación se detallará un análisis de Costo – Beneficio para la propuesta presentada a la gerencia (banda transportadora continua para Comeck 1).

7.1.1. Estimación de Costos Mecánicos

Se muestra la estimación de los costos del proyecto de mejora. La estimación de los costos mecánicos fue elaborada por los ingenieros mecánicos pertenecientes al departamento de mantenimiento.

Tabla 10. Tabla de Costos Mecánicos.

Estimación de Costos mecánicos			
Item	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Motor Monofasico 1HP	2	\$ 1,800.00	\$ 3,600.00
Rodamientos lineales cerrados	10	\$ 120.00	\$ 1,200.00
Ejes de acero lineales	5	\$ 95.00	\$ 475.00
Torneado de Cuchilla	1	\$ 600.00	\$ 600.00
Base circular movil	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Horquilla	2	\$ 50.00	\$ 100.00
Costo Mecanico Total			\$ 6,975.00

La información fue proporcionada al equipo de mejora para poder realizar la propuesta a la gerencia de producción.

7.1.2. Estimación de Costos por consultoría

Además de los costos mecánicos, un proyecto de mejora generalmente cuenta con el apoyo de un consultor externo con experiencia en proyectos de mejoramiento continuo. En ocasiones las mismas empresas entrenan a sus profesionales para certificarlos como Green belts o Black belts, quienes son expertos en los estudios Six sigma.

Tabla 11. Tabla de costos por consultoría

Estimacion de Costo de Consultoria			
Item	Dias	Valor Diario	Valor Total
Consultor Gren Belt Junior	15	\$ 360.00	\$ 5,400.00

En el caso específico de esta empresa de dulces no existían empleados internos Green belts o Black belts, razón para considerar el costo de un consultor certificado Green belt. El costo aproximado sería alrededor de \$360 dólares el día. Un consultor certificado Black belt con mucha más experiencia podría llegar a costar hasta \$1000 dólares el día.

7.1.3. Estimación de Costos extras

Adicionalmente se realizaron estimaciones de costos extras que podrían sumarse al gasto total del proyecto:

- El departamento de mantenimiento incluyó un valor adicional de \$200 dólares, en el caso de que se necesite comprar herramientas extra para realizar la adecuación de la máquina y también \$500 dólares para de mano de obra en caso de que necesite fabricar algunas piezas especiales para la adecuación.
- Se incluye una pérdida de materia prima para realizar pruebas piloto antes de reiniciar la producción. Se destinó usar 3 Kilogramos de materia prima para dichas pruebas, lo cual equivale a una pérdida de \$150 dólares destinado para las pruebas piloto (tomando en cuenta el costo de producción unitario de \$0.06).
- En ciertos casos de consultoría se cobran porcentajes del beneficio potencial que llega a tener el proyecto de mejora. En el caso de Dulces S.A. el estudio no fue organizado de esta manera desde un principio.

En resumen el gasto por Extras se determina así:

Tabla 12. Tabla de costos por extras.

Extras	
Item	Valor
Herramientas extras y Mano de obra	\$ 700,00
Costo de pruebas piloto	\$ 150,00
Costo total de Extras	\$ 850,00

7.1.4. Estimación del Ahorro

La estimación del ahorro se calculó con datos históricos facilitados por la empresa. Se tomó en cuenta 3 datos importantes a nivel anual y 1 dato tomado de tablas estadísticas:

- **Kg. anuales de producción:** En el año anterior (2013) la cantidad de kilogramos producidos para el producto #20344 fue de 208,248.3 Kg.
- **Costo unitario de producción y peso nominal:** En el año pasado (2013) el costo de producción para el producto #20344 fue de \$0.06 dólares por unidad, con un peso nominal de 1,2 gramos por cada unidad.
- **PPMs de sobreproducción:** Con un índice Cpk de 1 o menos, las partes por millón (PPMs) fuera de especificación suman la cantidad de 1349,97 unidades. (ANEXO 3)

Tabla 13. Tabla de estimación del ahorro.

Estimación de ahorro	
Kilo gr. anuales producidos(#20344)	208.248,30
gr. anuales producidos(#20344)	208.248.300,00
Peso unitario (#20344 en gramos)	1,20
Unidades producidas	173.540.250,00
Unidades producidas en Millones	173,54
PPMs de sobreproducción anual (Cpk=<1) (tabla ANEXO C)	1.349,97
Unidades sobre producidas	234.273,61
Costo de Producción por Unidad	\$ 0,06
Costo de sobreproducción anual	\$ 14.056,42

Nota: Los datos en letras de color rojo son los datos referenciales especificados previamente. El resto de datos son calculados a partir de los mismos.

Tomando en cuenta los PPMs de sobreproducción anual equivalentes a 234.273,61 unidades y el costo de producción unitario de \$0,06, se estima que el costo de sobreproducción anual que afecta a la empresa es de \$14,056 dólares. Los cuales con la reducción de variabilidad podrían ser reducidos muy cerca de cero (0,04 según tabla anexo 3), ya que la máquina prácticamente no elaborará productos con peso mayor al nominal.

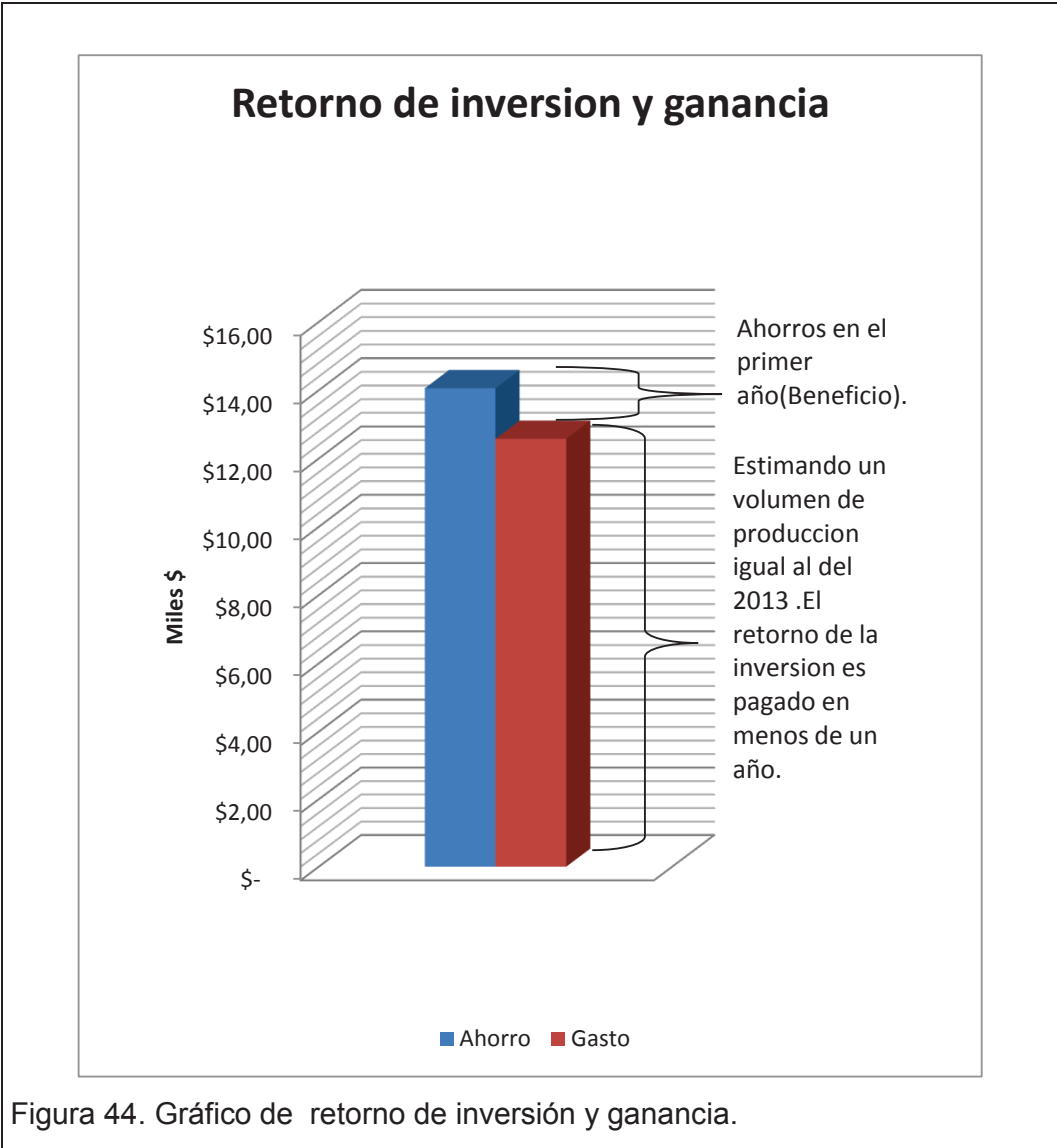
7.1.5. Análisis Costo/Beneficio

Después de estimar los posibles ahorros que serían generados y los costos que ocasionarían realizar la adecuación, se ejecuta un contraste de montos para analizar el impacto económico que resulta del proyecto Six Sigma en la empresa.

Tabla 14. Tabla Costo/Beneficio.

Costo/Beneficio	
Ahorro (anual)	\$ 14.056,42
Gasto de Inversión	\$ (13.225,00)
Beneficio (1 año después de la mejora)	\$ 831,42

El ahorro generado por la mejora (\$14.056,42) es mayor al costo de implementación (\$13.225,00), razón por la cual el beneficio sería una ganancia aproximada de \$831,42 dólares al finalizar el primero año post mejora.



A partir del segundo año el ahorro potencial de \$14,056 (dependiendo del volumen de producción) se convertirá en ganancia neta, ya que la inversión estará completamente pagada sin aumentar el costo de producción.

7.2. Inicio de la mejora

La gerencia de producción tomó la decisión de efectuar los cambios mecánicos un mes después de ser presentada la propuesta. Una vez que esta fue aprobada, los ingenieros mecánicos (propios de la empresa) iniciarían las operaciones necesarias para la adecuación de la máquina. Los ingenieros mecánicos son parte del departamento de manteniendo.

Es importante mencionar que el alcance del proyecto de mejora no abarca el análisis del funcionamiento de la máquina, razón por la cual no se detallará ninguna especificación mecánica de la mejora. Estos trabajos se realizaron dentro de dos meses.

7.3. Recolección de datos

Una vez que el cambio mecánico fue efectuado, se procederá a hacer una nueva toma de datos para verificar si efectivamente la variación había tenido una reducción.

La metodología para tomar las muestras del producto será la misma a la usada en la etapa de medición con tres lotes diferentes en dentro el transcurso de un mes.

Los productos de muestra serán recogidos por los operarios de manera aleatoria. Durante la producción de cada lote, el operario encargado de la máquina tomará una muestra del producto cada 3 minutos durante un período de 90 minutos.

Tabla 15. Tabla de pesos después de la mejora del producto #23044.

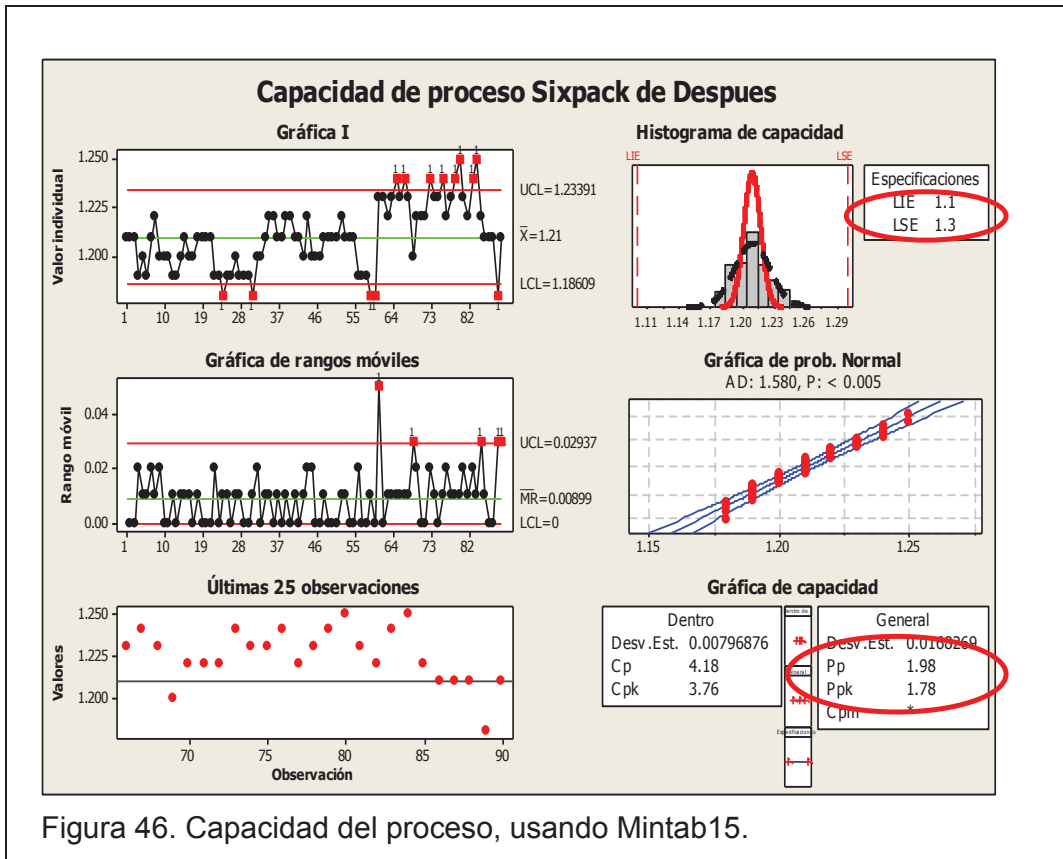
Toma 1	Toma 2	Toma 3
1.21	1.18	1.23
1.21	1.2	1.23
1.21	1.2	1.22
1.19	1.21	1.23
1.2	1.22	1.24
1.19	1.22	1.23
1.21	1.21	1.24
1.22	1.21	1.23
1.2	1.22	1.2
1.2	1.22	1.22
1.2	1.21	1.22
1.19	1.21	1.22
1.19	1.2	1.24
1.2	1.22	1.23
1.21	1.2	1.23
1.2	1.2	1.24
1.2	1.2	1.22
1.21	1.21	1.23
1.21	1.21	1.24
1.21	1.21	1.25
1.21	1.21	1.23
1.19	1.22	1.22
1.19	1.21	1.24
1.18	1.21	1.25
1.19	1.21	1.22
1.19	1.19	1.21
1.2	1.19	1.21
1.19	1.19	1.21
1.19	1.18	1.18
1.19	1.18	1.21

Con el propósito de visualizar la variación de los pesos del producto #20344 antes y después de la mejora, se realizó un gráfico de líneas tomando 30 muestras aleatorias de los 3 lotes previos (etapa de medición) y de los 3 lotes después de la mejora.



7.4. Capacidad del proceso post mejora

Con los datos de la mejora disponibles se procederá nuevamente a medir los indicadores principales del proceso. Se volverá a recurrir a la ayuda del software Minitab 15 para facilitar los siguientes cálculos.



Es importante volver a mencionar que los límites de especificación inferior y superior, (LIE y LSE) son las tolerancias mínimas y máximas que la misma empresa asigna al producto. Lo cual es muy importante para el estudio porque los indicadores Cp y Cpk son recalculados a partir de dichos límites. Para el caso específico del producto #20344 se utilizó:

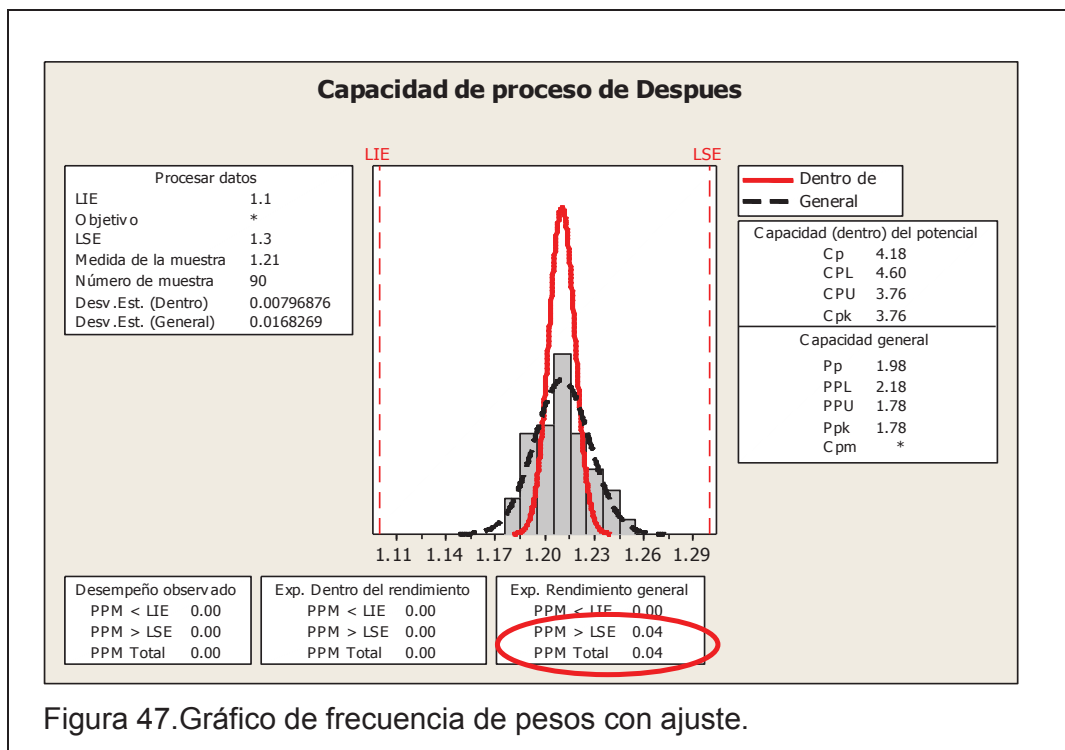
- LIE = 1.1 gramos
- LSE = 1.3 gramos

Tomando en cuenta los resultados del MiniTab, se puede analizar las tendencias estadísticas del proceso actual, de donde se evidencia:

- CP = 1.98
- Cpk = 1.78

A diferencia de los resultados pasados, se puede evidenciar que el desempeño del proceso ha mejorado notablemente. El desempeño del proceso es prácticamente un desempeño Six Sigma, el cual nos indica índices Cp y Cpk de 2.0 y de 1.5 respectivamente.

Para poder visualizar la reducción de la variabilidad de una mejor manera, se ha elaborado un gráfico de barras el cual representa la frecuencia con la que se repiten los diferentes pesos. Al mismo tiempo se hace un ajuste de la curva de la distribución normal con dichos datos.



Además se puede observar que el software realiza un estimado de cuantas partes por millón pueden estar afuera de las especificaciones. Estimando que la población del producto #20344 podría llegar a tener 0.04 partes por millón que sobrepasen su límite superior de especificación y 0 partes por millón que sobrepasen su límite inferior de especificación.

Índice Z

El índice Z calculado toma en consideración los siguientes datos:

- Especificación Superior (ES) = 1.3 gr.
- Especificación promedio del producto = 1,2 gr.
- Desviación estándar Actual = 0,0168

Lo cual en base a la fórmula (detallada en el marco teórico) equivale a una distancia entre los límites de especificación y la media igual a 5.95 desviaciones estándar

7.4.1. Confirmación de Normalidad

Se volverá a realizar la misma prueba estadística de normalidad que se realizó previamente, con la finalidad de comprobar si el proceso se acopla a una distribución normal después de realizada la mejora.

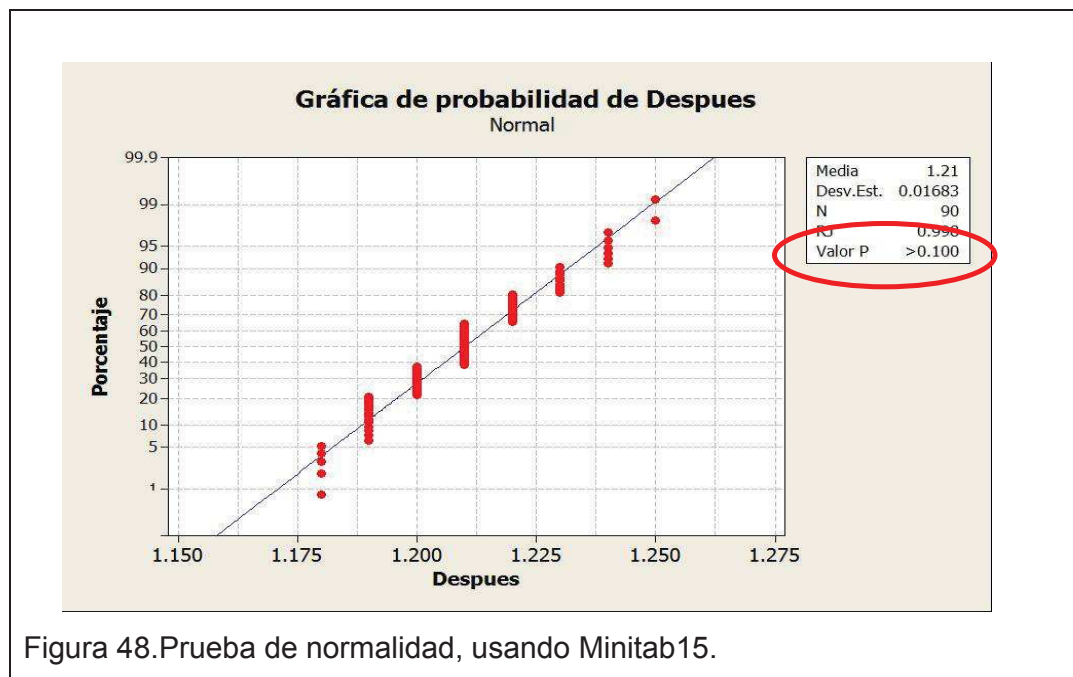


Figura 48. Prueba de normalidad, usando Minitab15.

Con un P- value mayor a 0.1 se acepta la hipótesis de que el proceso sigue una distribución normal. Este es un indicador muy importante ya que el desempeño Six Sigma se basa en que los datos se acoplen a una distribución normal.

7.5. Resumen de la mejora

Luego de haber analizado el proceso, una vez ya realizado el cambio de banda intermitente a banda continua, se pueden resumir los siguientes puntos importantes:

- La variación de peso en el producto #20344 ha sido reducida notablemente.
- La media se ha centrado mucho más en el peso nominal de 1.2 gramos.
- Estadísticamente el proceso ahora se acopla a una distribución normal, con un P-value de 0.1.
- El proceso prácticamente tiene un desempeño Six Sigma con indicadores de :
 - $C_p = 1.98$
 - $C_{pk} = 1.78$
- Se estima que 0.04 partes por millón sobrepasarán el límite superior de 1.3 gramos.

8. Control

Con la realización de la mejora concluida y con su respectiva comprobación de resultados satisfactorios, se sugirió a la alta gerencia seguir tomando muestras del proceso por un mes adicional; con la finalidad de contrastar los resultados con cartas de control estadístico (media y rango). La empresa tomo la decisión de dar por terminado el proyecto de mejora ya que necesitaba emplear el tiempo de sus recursos humanos en otros temas. Razón por la cual solo se decidió proponer algunas medidas de control.

El seguir efectuando dichas propuestas será completamente decisión de la empresa, ya que el ciclo de mejora continua debe ser permanente pero no obligatorio.

8.1. Sugerencias de control

Las siguientes propuestas son únicas para el proceso de boleado, el cual fue estudiado específicamente en el proyecto de mejora. No obstante, sería posible que las mismas sugerencias funcionen para otros procesos dependiendo de las circunstancias específicas del mismo.

8.1.1. Control del ritmo de boleado

Teniendo en cuenta que la fase de boleado tiene la dependencia de que sus diferentes actividades trabajen al mismo ritmo, se sugiere realizar mantenimientos frecuentes a la máquina Comeck 1; con el fin de verificar que las actividades de “extrusión” y de “corte” se encuentren sincronizadas y no se produzca el estiramiento del cordón al salir de la fase de extrusión.

Dialogando con el departamento de mantenimiento se pudo conocer que la máquina Comeck 1 trabaja con un modelo de mantenimiento preventivo. En el

cual se realizan 2 o 3 chequeos anuales (dependiendo de la demanda) en los cuales se revisa:

- Temperatura de los motores
- Circuitos eléctricos
- Nivel de aceite
- Lubricación de rodillos

El objetivo es tomar ventaja de este modelo de mantenimiento previamente establecido y añadir que se revise la sincronización de las actividades de extrusión y de corte.

Una manera rápida de revisar esto visualmente es observar que el cordón que sale de la extrusión esté constantemente tensado; si el cordón no se encuentra en este estado debe estar ocurriendo algún tipo de fluctuación.

De ser necesaria una inspección más técnica se debería aprovechar los chequeos de mantenimiento dos o tres veces al año, para utilizar un tacómetro y verificar las RPMs de los motores respectivos de la banda transportadora, la máquina extrusora, y la cuchilla de corte. Estas revoluciones deberán ser monitoreadas para que sean constantes y mantengan una misma relación, de lo contrario la máquina tendrá fluctuaciones en el peso de la unidades nuevamente.

No se detalla las RPMs precisas que debe tener la maquina ya que el alcance del estudio no abarcaba el especificaciones mecánicas de la mejora. Simplemente se sugiere que estas deben ser monitorias y controladas para no recaer en una alta variación de peso de los productos.

Por último se propone que la empresa realice muestreos de pesos 2 veces al año, con la finalidad de seguir midiendo los índices Cp y Cpk del proceso y asegurando de esta manera un desempeño 6 sigma o mejor. Un modelo de mantenimiento adecuado para la maquinaria de la empresa puede ser TPM (Total Productive Maintenance). Ya que tiene como objetivo principal el

incrementar la productividad de los equipos críticos de la empresa, tales como la maquina Comeck 1.

8.1.2. Estandarización del proceso

En el caso de que la gerencia de producción decida realizar los controles previamente descritos, se debería realizar un levantamiento de proceso para cada medida de control, con el fin de documentar cómo se comportará el proceso en el futuro.

En este levantamiento también se deberá documentar los responsables del proceso y que actividades deberán realizar como parte de su trabajo diario. Dejando constancia de las tareas de control que deben ser realizadas.

8.1.3. Capacitación

Se propone brindar una capacitación general para toda el área de producción, la cual tenga un enfoque en los siguientes puntos:

- Capacitación en toma de datos.
- Estadística Básica.
- Metodologías para proyectos de mejora, tales como el DMAIC.
- Las bases de Six Sigma.

De tal manera que todos conozcan las herramientas y etapas que se pueden utilizar en los futuros proyectos de mejora que se desarrollen dentro de la empresa

9. Conclusiones y Recomendaciones

Con las cinco fases de la metodología DMAIC completas, se concluirá el proyecto de mejora revisando los siguientes puntos:

- Conclusiones
- Recomendaciones

9.1. Conclusiones

- Mejoró el proceso productivo de la empresa enfocándose en la disminución de variabilidad (peso) del proceso crítico. Se logró aumentar el índice Z desde 0.77 hasta 5.95, lo cual implica la reducción de 1349.7 PPMs a 0.04 PPMs (según tablas estadísticas).
- El tema de estudio identificado fue analizar el comportamiento de variación para el producto Chicle Bola 12, el cual pertenece a la planta de chicles. Este producto se escogió porque tiene una alta frecuencia de producción y su mejora puede significar un ahorro sustancial de \$14,056 dólares. Además al ser un producto que se vende en altas cantidades, su uniformidad crea una imagen de buena calidad en el cliente final.
- El peso del producto Chicle Bola 12 fue identificado como la variable CTS. La variación de peso es un atributo del producto muy importante tanto para el cliente como para la empresa (determinado en el análisis DFC). El peso del producto se refleja en el cliente final como un indicador de calidad, ya que su uniformidad demuestra que todas las unidades son procesadas de la misma manera. Además desde el punto de vista económico la empresa está minimizando sus costos de producción, ya que en un inicio estaba desperdiciando alrededor de 2,811 Kg anuales de materia prima (equivalentes \$14,056 dólares).

- Debido a que las fases de corte y de extrusión (maquina Comeck 1) no estaban sincronizadas, se optó por una modificación mecánica en la banda transportadora. La modificación provoca que la banda transportadora este sincronizada con el corte, para mantener a las unidades producidas con un peso uniforme.
- Luego de medir y analizar las estadística Six sigma, se asegura que la fase o proceso de boleado (extrusión, corte, y formado) tiene un desempeño estadístico mayor a 6 Sigma con respecto al peso de las unidades fabricadas. Los indicadores Cp y Cpk iniciales tenían los valores de 0.27 y 0.26 respectivamente. Después de la mejora estos indicadores aumentaron a 1.98 y 1.78 respectivamente.
- El impacto económico estimado con volumen de producción de 208,248.00 Kg anuales (igual al 2013), generará un ahorro de \$ 14,056.00 dólares. El tiempo requerido para llevar a cabo el proyecto de mejora que producirá dicho ahorro fue aproximadamente 6 meses.
- Es sumamente importante que el área de producción sea capacitada en los fundamentos y bases de Six Sigma. Ya que si la empresa decide continuar desarrollando más proyectos de mejora, todo el personal del área estará familiarizado con la metodología y podrá aportar su experiencia laboral (Know-How) a cada proyecto específico.

9.2. Recomendaciones

Se realizarán algunas recomendaciones que podrían dar mayor aporte a los futuros proyectos de mejora en la empresa:

- Se recomienda seguir desarrollando proyectos de mejora, ya que el ciclo de la mejora continua nunca debe detenerse. Esto fomentará en la empresa una constante cultura de mejora e innovación.

- La clave para poder realizar un proyecto de mejora con ayuda externa (consultorías), es tener el completo compromiso de la alta gerencia. Sin dicho apoyo no será posible realizar las actividades planeadas y consecuentemente el proyecto tiene una alta probabilidad de fallar o de no ser culminado.
- Si la empresa apunta a seguir mejorando sus procesos con la metodología DMAIC, debería desarrollar un plan de entrenamiento para certificar a su personal como Green belt o Black belt. Los cuales se encargarán específicamente de buscar posibles alternativas para proyectos de mejora y de liderar los mismos.
- Siempre que se realice un proyecto de mejora se debe medir el desempeño del proceso crítico antes, durante y después de la mejora, con el fin de poder contrastar los resultados y definir cuanto se ha mejorado.
- Posterior a la culminación del proyecto de mejora, la empresa debería realizar un estudio de mercado para verificar si efectivamente sus clientes evidencian un cambio positivo en la calidad del producto. También se podría analizar los atributos detallados en el análisis DFC y contrastarlos con un Focus Group, con el objetivo de seguir desarrollado con más detalle los aspectos del producto que son importantes para el cliente.
- Identificar otros procesos críticos y medir sus variabilidades. Para posteriormente analizar las pérdidas que dichos procesos pueden estar causando en la empresa. Una opción es empezar por la fábrica de chocolates la cual, según el diagrama de Pareto inicial, también reportaba incidencias de posibles errores respecto al peso (página 53). Otra posibilidad sería profundizar el análisis FDC con la ayuda del Focus Group como esta previamente sugerido.

- También se recomienda tratar las otras 2 causas raíz detalladas en el diagrama Ishikawa (página 66), las cuales están relacionadas con el factor humano de la operación:

- Control de Bodega: Los registros de bodega no afectan directamente a la variación del proceso respecto al peso. Sin embargo también es un aspecto que se podría mejorar en la fábrica con un control más riguroso. La sugerencia sería realizar un chequeo más meticuloso en la entrega y recepción de insumos por parte de los operarios y de los bodegueros. Al momento no existe algún tipo de documento de recepción con el cual se pueda validar que la bodega de materia prima entrega la cantidad correcta de insumos. Con este mecanismo el operario podría asegurar la recepción correcta, y únicamente en ese momento firmaría el documento de conformidad con bodega.

Un entrenamiento de 5'S también podría ayudar profundamente a este problema y se podría controlar por medio de auditorías escalonadas.

- Control de Residuos: Aunque el problema de residuos de materia prima fue establecido como uno de los que no afecta directamente a la variación de peso en la fase de boleado, también podría ser un aspecto que se puede controlar.

Razón por la cual se sugiere que el Jefe de planta tome la responsabilidad de obligar a sus operarios a registrar los restos no utilizados. Si los residuos de la orden de producción no son registrados previamente, estos no podrán ser utilizados para completar una orden futura. De lo contrario podrían ser multados en el roll de pagos por no seguir los procedimientos de la empresa.

La mejor manera de llevar a cabo este control (si es que existiera la posibilidad), es que además de registrarlos en el diario, los mismos operarios devuelvan los sobrantes a la bodega de materia prima. Lugar donde serán almacenados hasta que otra orden de producción se emita.

Un análisis ABC de inventarios ayudaría a verificar cuales son los inventarios que más se consumen, para llevar un seguimiento más riguroso de estos y verificar que sean registrados en el diario de residuos o que sean devueltos a la bodega de materia prima.

- Tener un conocimiento profundo en la práctica de Six Sigma es de suma importancia para un Ingeniero Industrial. Porque brinda al profesional oportunidades adicionales en el ámbito laboral, pues anteriormente esta filosofía era una práctica exclusiva de empresas multinacionales. En la actualidad es una práctica que muchas empresas buscan implementar dentro de sus procesos.


REFERENCIAS

- Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica. (2013). *El PIB ecuatoriano se acercará a los 100.000 millones de dólares en 2014*. Recuperado el 2 de enero de 2014 de <http://www.andes.info.ec/es/economia/pib-ecuatoriano-acercara-100000-millones-dolares-2014.html>
- Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica. (2014). *Estabilidad Política más logros económicos y sociales*. Recuperado el 2 de enero de 2014, de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/estabilidad-politica-mas-logros-economicos-sociales-circulo-virtuoso-ofrece-ecuador>
- Asociación Española Para La Calidad . (s.f.). *Diagrama SIPOC*. Recuperado el 23 de enero de 2014 de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
- Asociación Española Para La Calidad. (s.f.). *Diagrama Causa Efecto*. Recuperado el 23 de enero de 2014 de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-de-causa-efecto>
- Asociación Española Para La Calidad. (s.f.). *Diagrama de Pareto*. Recuperado el 23 de enero de 2014, de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-de-pareto>
- Asociación Española Para La Calidad. (s.f.). *Matriz de priorización*. Recuperado el 23 de enero de 2014, de <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/matriz-de-priorizacion>
- BBC Mundo. (2013). *El precio de la estabilidad en Ecuador*. Recuperado el 4 de enero de 2014 de http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2013/06/130531_america_latina_ecuador_estabilidad_politica_costo_men.shtml

- Camaras. (2014). *Directorio de Partida Arancelaria*. Recuperado el 21 de enero de 2014 de <http://www.camaras.org/comext/htdocs/listado.php?parent=170> 4
- Carroll, C. (2013). *Six Sigma for Powerfull Improvement*. Boca Raton: CRC Press.
- Correa, E. (2010). *Formacion de Especialistas LEAN SIX SIGMA GREEN BELT*. Quito, Ecuador : Moura/Quali
- ISixSigma. (s.f.). *The Histoty of Six Sigma*. Recuperado el 22 de enero de 2014, de <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/history/history-six-sigma/>
- Prochile. (2012). *Estudio de mercado Confites en Ecuador. Guayaquil, Ecuador: Oficina Comercial de Prochile en Guayaquil*
- Secretaria Nacional de Comunicación. (2014). *Ecuador transforma su matriz productiva para lograr mayor competitividad*. Recuperado el 9 de Abril del 2014 de <http://www.comunicacion.gob.ec/ecuador-transforma-su-matriz-productiva-para-lograr-mayor-competitividad-video/>
- The TOC-LEAN Institute. (s.f). What is Drum-Buffer-Rope (DBR). Recuperado el 25 de marzo de 2014 de: http://www.toc-lean.com/operations_dbr.htm
- Vara, R. y Gutierrez, H. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. (2a. ed.). Mexico D.F., Mexico: Mcgraw Hill.

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de herramientas para las etapas del DMAIC.

 Lean Six Sigma Plus DMAIC & Green Belt Tools		Prioritization Matrix	Pareto Analysis	CT Flowdown	Macro SIPOC Diagram	Value Stream Map	Detailed SIPOC Diagram	Descriptive Statistics	Cause-Effect Matrix	Isoplot	Process Capability Study	Cause-Effect Analysis	Scatter Diagram	Multivari Analysis	Potential Failure Analysis	Brainwriting/Afinity	Conflict Resolution Diagram	Tree Diagram	Contingency Tree	Lean Tools	SPC Charts
Define	Define the improvement focus	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>															
	Identify critical characteristics			<input type="checkbox"/>																	
	Formulate the improvement objective			<input type="checkbox"/>																	
Measure	Map the process				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>														
	Define, validate the measurement system					<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>												
	Determine process stability and capability							<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>										
	Confirm/refine the improvement objective																				
Analyze	Implement quick improvements					<input checked="" type="checkbox"/>														<input checked="" type="checkbox"/>	
	Identify potential causes				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>
Improve	Select root causes							<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>
	Generate potential solutions											<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>
	Select, integrate the improvement actions	<input type="checkbox"/>																<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Control	Validate the solution						<input type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>										<input checked="" type="checkbox"/>
	Standardize the solution					<input checked="" type="checkbox"/>															<input checked="" type="checkbox"/>
	Conclude the improvement project																				<input checked="" type="checkbox"/>

ANEXO 2: Análisis del departamento de gestión de calidad.

Informe del Departamento de Gestión de Calidad, Comeck 3 y su variación

ESPECIFICACIÓN			
	Min	Nom	Max
Peso Centro (g):	7,6	7,8	8,0
Peso Relleno (g):	0,6	0,7	0,9

	LADO A (gramos)		LADO B (gramos)	
	Centros	relleno ácido	Centros	relleno ácido
PROMEDIO	7,79	0,61	7,88	0,73
MAX	8,79	0,75	8,67	0,98
MIN	7,17	0,46	7,28	0,36
RANGO	1,62	0,29	1,39	0,62
DESV. EST.	0,03	0,02	0,10	0,02

"PROMEDIO ENTRE CORDONES DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES"

De acuerdo a los datos ingresados en el archivo adjunto El promedio de promedios de las muestras analizadas se encuentra dentro de las especificaciones. Tomando en cuenta el análisis de los datos entre cordones mostrados todavía existe una desviación que se encuentra fuera de las especificaciones, pero tomando en cuenta el promedio global los pesos están dentro de las especificaciones.

Si se analiza los datos evaluados en cada cordón los límites se reducen mucho más con un rango máximo de desviación del peso de cada unidad formada menor a 1gr.

Con estos resultados se puede concluir que la adecuación redujo la variación significativa entre los pesos de las barras de un mismo cordón siendo el rango de desviación máximo entre unidades medida menor a 1gr.

ANEXO 3: Tabla de equivalencias PMM vs índice Cpk.

VALOR DEL ÍNDICE (CORTO PLAZO)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (ÍNDICE C_p)		CON REFERENCIA A UNA SOLA ESPECIFICACIÓN (C_{pu} , C_{pl} , C_{pk})	
	% FUERA DE LAS DOS ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)	% FUERA DE UNA ESPECIFICACIÓN	PARTES POR MILLÓN FUERA (PPM)
1.0	0.2700%	2699.934	0.1350%	1349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001