



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

“PROPUESTA DE MEJORA PARA EL PROCESO DE EMPACADO DE TÉ EN LA COMPAÑÍA
ECUATORIANA DEL TÉ “CETCA” APLICANDO LA METODOLOGÍA SIX SIGMA”

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

Profesor Guía:
Mat. Nelson Alomoto

Autores:
David Israel Méndez Espín
Adán Marcelo Chala Sánchez

2013

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, David Israel Méndez Espín y Adán Marcelo Chala Sánchez, 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”

NELSON ALOMOTO

MATEMÁTICO

1705900262

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos 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.”

DAVID MÉNDEZ ESPÍN
1002976247

ADÁN CHALA SÁNCHEZ
1718250853

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento imperecedero a las siguientes personas, quienes hicieron posible la consecución del presente trabajo:

Ing. Jaime Flores
GERENTE DE CETCA

Ing. Francisco Guarderas
JEFE DE PRODUCCIÓN Y
CALIDAD

Mat. Nelson Alomoto
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedicamos la consecución de este proyecto a nuestros padres y hermanos por estar siempre apoyándonos y pendientes de nuestro esfuerzo y sacrificio para el cumplimiento de nuestros sueños y metas.

David

Adán

RESUMEN

En la actualidad una organización de cualquier tipo debe pensar en crear valor, las salidas en sus procesos deben tener mayor valor que las entradas utilizadas para ser producidas. Es aquí donde Seis sigma puede jugar un rol importante en las organizaciones ayudando a producir máximo valor con el uso óptimo de recursos.

Seis sigma es una iniciativa liderada por la alta dirección que busca mejoras radicales en los procesos, por medio de reducciones drásticas de la variación de parámetros clave para la satisfacción de los clientes, su objetivo es alcanzar 3,4 no conformes en un millón de oportunidades, promoviendo la gestión enfocada a los procesos.

El objetivo primordial del presente proyecto es mejorar el proceso de línea de producción de té, en CETCA, encontrando para ello parámetros claves, que afectan requerimientos del producto y del cliente, que influyen en el producto; provocando defectos y desperdicios de materias primas; por ello se ha utilizado la metodología de mejora continua Seis Sigma, conformada por 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (el presente trabajo solo desarrollará las primeras tres fases puesto que es una propuesta para CETCA, que debe primeramente ser aprobada e implementada para continuar con el resto de fases); en cada una de estas fases se emplea, en forma sistemática, diferentes herramientas estadísticas y software de gestión (Minitab, Crystall Ball, etc); que permiten de manera eficaz llegar a la solución de problemas.

Algo importante a destacar es que se han realizado una simulación virtual con el software SIMUL8, en el cual se describe la situación actual de la empresa, actividad por actividad, este también nos ha permitido, identificar cuellos de botella y mostrar datos relevantes de forma gráfica y numérica; así como simular posibles escenarios que nos permitan mejorar continuamente este procesos y otros de la organización.

Esta metodología ha logrado conclusiones y recomendaciones críticas y que se deberán tomar en cuenta para que haya mejoras visibles en su desempeño. El propósito siguiente será identificar oportunidades para replicar este proyecto en el resto de procesos, formando parte de un programa global para toda la empresa.

ABSTRACT

Today an organization of any kind should think about creating value, the outputs in their processes must have greater value than the tickets used to be produced. This is where Six Sigma can play an important role in helping organizations to produce maximum value with the optimal use of resources.

Six Sigma is an initiative led by senior management that seeks radical improvements in the processes through drastic reductions in the variation of key parameters for customer satisfaction; your goal is to reach a nonconforming 3.4 million opportunities, promoting focused management processes.

The most important goal of this project is to improve the process of tea production in CETCA, finding important parameters that affect product requirements and customer, which influence the product, causing defects and waste of raw materials for that reason we have used the methodology of continuous improvement Six Sigma, consisting of 5 phases: Define, Measure, Analyze, Improve and Control (this work will develop only the first three phases since it is a proposal to CETCA, which must first be approved and implemented for continue with other phases) in each of these phases is used in a systematic way, different statistical tools and management software (Minitab, Crystal Ball, etc.), that allow to effectively reach the solution of problems .

One important thing to note is that there have been a virtual simulation with SIMUL8 software, which describes the current situation of the company, activity by activity, this also allowed us to identify bottlenecks and display relevant data graphically and numerical simulation and scenarios that allow us to continually improve this process and others in the organization.

This methodology has made findings and recommendations have to be taken into account so that there is visible improvement in performance. The next goal will be to identify opportunities to replicate this project in other processes as part of an overall program for the entire company.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. MARCO TEÓRICO	2
1.1 Procesos	2
1.2 Estudio de Tiempos	4
1.3 Suplemento por retrasos por fatiga	7
1.3.1 Factores que afectan al trabajador en la parte física	7
1.3.2 Métodos para obtener los Suplementos de Fatiga	8
1.4 Calidad y Variabilidad	9
1.5 Variabilidad del Proceso	11
1.6 Distribuciones de Probabilidad	13
1.7 Proceso de Toma de Decisiones	17
1.8 Principales Técnicas de Muestreo	17
1.8.1 Metodología Six-Sigma	18
1.8.2 Six Sigma	18
1.8.3 Six Sigma y su Importancia	18
1.9 Fases de la Metodología Six-Sigma	21
1.9.1 Fase Definir	22
1.9.2 Fase Medir	23
1.9.3 Fase Analizar	24
1.9.4 Fase Mejorar	24
1.9.5 Fase Controlar	25
1.10 Herramientas y Técnicas del Six-Sigma	26
1.10.1 Análisis de Variancia (Anova)	26

1.10.2	Análisis de la Capacidad del Proceso	27
1.10.3	Procesos N Sigma	28
1.10.4	Índice de Capacidad Real	29
1.10.5	Medición en Defectos por Millón	30
1.10.6	Índice de Desempeño o de Largo Plazo	31
1.11	Otras Herramientas Six-Sigma	32
1.11.1	Histograma	32
1.11.2	Estratificación	32
1.11.3	Diagramas de Pareto	33
1.11.4	Diagrama de Ishikawa	33
1.11.5	Diagrama de Dispersión	33
1.11.6	Diagrama de Afinidad	34
1.11.7	Diagrama de Flujo	34
1.11.8	Diagrama Sipoc	34
1.11.9	Diagrama de Matriz	35
1.11.10	Matriz de Priorización de Criterios	37
1.11.11	Matriz Causa y Efecto (C&E)	37
1.12	Software de Simulación – Simul8	38
1.12.1	Construcción del Modelo	39
1.12.2	Los componentes básicos de medio ambiente SIMUL8	39
1.12.3	Entradas y salidas típicas	41
1.12.4	Las áreas de utilización	41

CAPÍTULO 2

2.	SISTEMA PRODUCTIVO CETCA	43
2.1	Descripción de la Organización	44
2.1.1	Misión	45
2.1.2	Visión	45
2.2	Definición de Procesos e Interrelaciones	45

2.3 Mapa de Procesos	45
2.4 Caracterización de Procesos	50
2.4.1 Caracterización del Proceso de Dirección	50
2.4.2 Caracterización de los Procesos Productivos	52
2.4.3 Caracterización de los Procesos de Apoyo	55

CAPÍTULO 3

3 Desarrollo de la Metodología DMAIC	58
3.1 Definición del Proyecto	58
3.1.1 Definición del Foco de Mejora	58
3.1.2. Identificación de las Características Críticas	62
3.1.3 Diagrama Sipoc - Nivel Macro	67
3.2 Formalización del Proyecto	67
3.3 Medición del Proceso	68
3.3.1 Diagrama SIPOC a Nivel Detallado	69
3.3.2 Medición para la toma de tiempos	70
3.3.3 Definir y Validar el Método de Medición	71
3.3.4 Determinar la Capacidad del Proceso	73
3.4 Capacidad del Proceso de Té	74
3.5 Análisis del Proceso	74
3.5.1 Determinación de los puntos críticos del Proceso CETCA	75
3.5.2 Análisis de la Varianza	79
3.5.3 Nivel Sigma Línea de Producción-Situación Actual	80
3.6 Mejora del Proceso	82
3.6.1 Programación del Funcionamiento de la Máquina	85
3.6.2 Estudio de normalidad para tiempo entre paradas	88
3.7 Cálculo de Nivel Sigma Futuro	98

3.8 Identificación de Riesgos Potenciales	99
CAPÍTULO 4	
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
4.1 CONCLUSIONES	106
4.2 RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS	110
ANEXOS	112

INTRODUCCIÓN

El presente documento detalla una propuesta de mejora en el proceso de producción de Té, aplicando la metodología Seis sigma en la Compañía Ecuatoriana de Té, ubicada en un complejo industrial en la Avenida Interoceánica km.21 ½ y pasaje Guachamín, Vía a Pifo, parada Los Hongos.

En el primer capítulo se desarrolla el marco teórico en el que se fundamenta esta estrategia de mejora, se explica sobre los procesos, la medición y estudios del trabajo, la variabilidad en la calidad de un producto, suplementos de trabajo, distribuciones estadísticas, las fases de la metodología DMAMC y se hace una revisión breve de algunas herramientas útiles en el despliegue de esta metodología.

El planteamiento del enfoque a procesos de la Compañía Ecuatoriana de Té es desarrollado en el segundo capítulo, aquí se define el mapa de procesos, sus interrelaciones y se caracterizan los procesos críticos.

El desarrollo de las fases: Definir, Medir, Analizar, (Mejorar y Controlar; no se desarrollan puesto que es una propuesta presentada a CETCA, y primero deberá ser aprobada para que se implante y se siga con estas fases) y los resultados obtenidos en cada una, con la aplicación ordenada de herramientas, se encuentra en el tercer capítulo; esta puede ser considerada como la parte clave del proyecto.

Finalmente en el capítulo cuatro se presentan las conclusiones y recomendaciones luego de finalizado el presente trabajo.

Los diagramas y mapeos de procesos, tablas de datos, layout de línea de producción, análisis estadísticos y los resultados gráficos que se presentan han sido realizados respectivamente con los siguientes software: Microsoft Visio, Microsoft Excel, Simul8, Crystall Ball y con el programa Minitab V16.

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo presenta los conceptos principales en los cuales se fundamenta el proyecto. Se describe en forma sistemática conceptos básicos sobre procesos, calidad, variabilidad de procesos, estadística descriptiva e inferencial, finalmente se aborda la metodología Six-Sigma¹ utilizada para la mejora de procesos en una organización y, finalmente se detallan las herramientas que serán usadas en la aplicación y que forman parte en cada paso de la metodología DMAMC.²

1.1 PROCESOS

Se entiende por procesos al conjunto de actividades interrelacionadas que transforman la materia prima en resultados. Las entradas pueden ser insumos, información, productos, transacciones, etc.; mientras que las salidas pueden ser bienes tangibles o servicios (Heizer, 1996).

Elementos básicos de un proceso también son los controles, que pueden ser procedimientos, normas, leyes, etc. dentro de las cuales deben enmarcarse las distintas actividades de transformación; y la materia prima que al final de un proceso se transformará en el producto final, así por ejemplo: trabajadores, máquinas, dinero, etc., (Niebel, 1995).

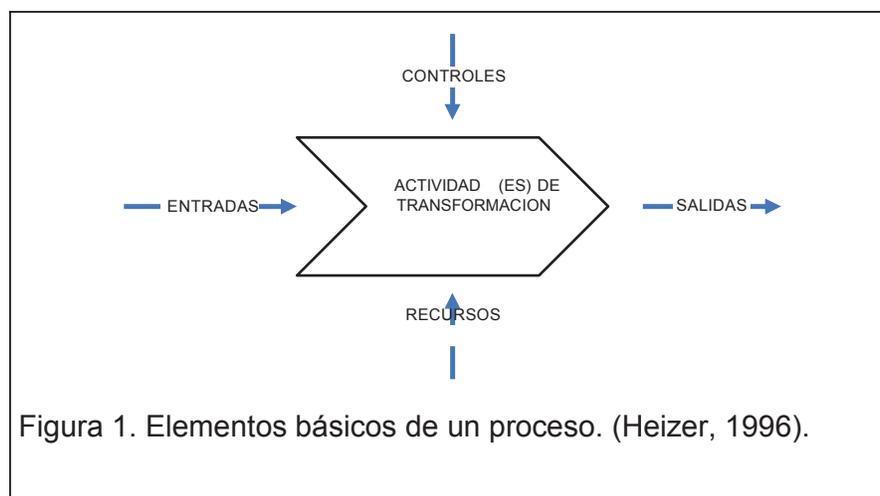


Figura 1. Elementos básicos de un proceso. (Heizer, 1996).

1.1.1 PROCESOS COMO UN SISTEMA

A continuación se describen resumidamente cómo han ido evolucionando progresivamente los procesos:

❖ Procesos tradicionales

Se refiere a la falta de comunicación entre los distintos departamentos que componen una empresa, lo cual muchas de las veces produce una duplicación en uso de recursos y esfuerzo siendo esto una de las principales causas para tener ruido en los procesos, en un proceso tradicional las actividades realizadas no siempre están dirigidas u orientadas a lograr una plena satisfacción de los requisitos del cliente final.

Los sistemas de procesos de producción normalmente reviven productos en forma de talento humano, capital económico, materia prima, servicios. Estos recursos son transformados en un subsistema de conversión en los productos y servicios deseados (Gaither & Frazier, 2000, pp.116-117).

❖ Gestión basada en procesos

La filosofía que deberá implantarse en una organización es lograr ver a la misma como un sistema interrelacionado de procesos que aportan a satisfacer al cliente final, también es responsable de gestionar integralmente cada decisión a ser tomada dentro de la organización de manera que los procesos respondan única y exclusivamente a resultados (Gaither & Frazier, 2000, pp.116-117).

❖ Administración de la cadena de suministro

Una manera a modo de ejemplo de administrar la cadena de suministro sería imaginándose en la manera como las materias primas fluyen de parte de los proveedores hacia la empresa a través de las operaciones que se realizan para posteriormente llegar al cliente final. Un punto de vista que cada vez tiene más adeptos es el considerar al flujo de los materiales desde los proveedores hacia la empresa como un sistema al cual se debe administrar, este punto de vista se lo conoce coloquialmente como administración de la cadena de suministro.

De manera mucho más general la cadena de suministro estudia la manera en la que los materiales necesarios para la producción de cada organización fluyen, comenzando por los materiales para terminar en el producto que se entregara al cliente final.

En innumerables casos las cadenas de suministros forman estructuras complejas abarcando a compañías y materiales, un solo tipo de materia prima puede ser utilizada como componente de varios productos terminados producidos por distintas organizaciones, comúnmente un producto final se fabrica con varias materias primas de diversos proveedores.

La administración de operaciones considera para una organización en particular, que se encuentra ubicada a la mitad de la cadena de suministro dicha organización no deberá preocuparse del estudio de la cadena de suministro entera, basta con emplearse en la administración de una parte de la cadena de suministro, es decir su interés deberá basarse en la porción de toda la cadena de suministro (Gaither & Frazier, 2000, pp.116-117).

1.1.2 MAPA DE PROCESOS

Mapear procesos es una representación de las actividades hechas por la empresa en forma diagramada. Un proceso corresponde a las actividades naturales que se desarrollan en una organización, aunque éstas estén fragmentadas entre varios departamentos o áreas distintas. Es por esto que generalmente las personas son responsables de departamentos, y no hay responsables para los procesos. Después de un análisis gráfico de los procesos de la empresa, pasamos a un análisis de estudios de tiempo y suplementos que más adelante nos ayudaran al desarrollo de la metodología (Heizer & Render, 2004, pp. 256-258).

1.2 ESTUDIO DE TIEMPOS

"Es analizar los tiempos promedios en que una actividad puede ser realizada, teniendo como objetivo establecer tiempos estandarizados con los cuales la misma actividad puede ser desarrollada con éxito, con el único fin de hacer que el proceso fluya continuamente".

De la anterior definición es importante centrarse en el término "Técnicas", porque tal como se puede inferir no es solo una, y el Estudio de Tiempos es una de ellas (Salazar, 2011).

1.2.1 USOS DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

Para estandarizar los tiempos se puede llevar a cabo las siguientes actividades:

- ✓ Elegir el método a utilizar en base a resultados, suponiendo similares condiciones para determinar el tiempo de ejecución más óptimo.
- ✓ Con base en un estricto proceso de diagramación establecer las actividades dentro del equipo. Con el objetivo de efectuar un balance de los procesos.
- ✓ Determinar el número de actividades capaces de ser llevadas a cabo por un mismo operador.

Cuando se establezca el tiempo estándar, se ha determinado, que pueda utilizarse para:

- ✓ Obtener la información de base para la repartición de actividades dentro del proceso.
- ✓ Establecer respaldos documentados para justificar, precios de venta al público y así como tiempos de entrega.
- ✓ Fijar normas sobre el uso de la maquinaria y la mano de obra.
- ✓ Obtener información que permita controlar los costos de la mano de obra (incluso establecer planes de incentivos) y mantener costos estándar (Salazar, 2011).

1.2.2 PROCEDIMIENTO BÁSICO SISTEMÁTICO PARA REALIZAR UNA MEDICIÓN DEL TRABAJO

Tabla 1. Etapas requeridas para Determinar mediciones del Trabajo. (Salazar, 2011).

Escoger	Delimitar la actividad a ser analizada.
Documentar	Respaldar en forma documentada el punto de partida así como el objetivo a ser cumplido.
Inspeccionar	Este punto se refiere a analizar las actividades dentro del proceso que no agregan valor para su posterior eliminación.
Mediciones	Expresar las actividades realizadas en porcentajes de tiempo o producción.
Recolectar	Se deberá considerar diferentes parámetros intrínsecos del proceso.
Delimitar	Las actividades dentro del proceso que fueron analizadas, así como señalar que dichas actividades fueron estandarizadas.

Estas etapas deberán seguirse en su totalidad cuando el objetivo de la medición sea fijar tiempos estándar (tiempos tipo) (Salazar, 2011).

1.2.3 TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

Cuando mencionábamos que el término Medición del Trabajo no era equivalente al término Estudio de Tiempos, nos referíamos a que el Estudio de Tiempos es tan solo una de las técnicas contenidas en el conjunto "Medición"; son varias las técnicas utilizadas en la medición o toma de tiempos:



1.3 SUPLEMENTO POR RETRASOS POR FATIGA

Algo que debemos tomar muy en cuenta al momento de evidenciar la variabilidad del proceso, es que muchos de estos factores que están manejados por humanos, variarán por efectos de fatiga o cansancio (psicosociales), ambientales o físicos, influyendo directamente sobre el proceso, producto o servicio (Oficina Internacional del Trabajo, 2000, pp.95-102).

Fatiga

Las actividades físicas o mentales que representan una disminución en el rendimiento de la persona (Oficina Internacional del Trabajo, 2000, pp.95-102).

1.3.1 Factores que afectan al trabajador en la parte física

- ✓ Fisiología del individuo
- ✓ Esfuerzo requerido en el trabajo
- ✓ Circunstancias en las que se desarrolla el trabajo
- ✓ Repetición
- ✓ Descanso inapropiado
- ✓ Comida poco nutritiva
- ✓ Fuerza requerida en el trabajo
- ✓ Tipo de medioambiente
- ✓ Duración del trabajo

1.3.2 Métodos para obtener los suplementos

Los suplementos por fatiga pueden ser establecidos por:

- I. Estimación objetiva con patrones de cansancio.
- II. Investigar las causas estrechamente relacionadas

Como primer paso se deberá hacer un análisis del medioambiente en el cual se desarrolla el trabajo, y después por medio de los valores dados para todas las situaciones de trabajo, se asignará un valor extra del estudiado (Oficina Internacional del Trabajo, 2000, pp.95-102).

En el método "I" para obtener el suplemento, normalmente se parte de una base, un porcentaje estimado que se crea que cause la actividad desarrollada. Otro porcentaje es que sea constante, el mismo que tendrá como base el tiempo que toma un trabajador para desarrollar una actividad específica, que desarrolle su actividad normal llevándola a cabo normalmente. Lo normal para individuos de los dos sexos es de 4,0%, otro porcentaje se adicionará cuando el trabajo se desarrolla en condiciones inadecuadas.

Para desarrollar las estimaciones adecuadas se puede establecer de la siguiente forma (Oficina Internacional del Trabajo, 2000, pp.95-102):

- ✓ Un porcentaje bajo el cual siempre se adicionará.
- ✓ Otra cantidad que dependerá de las condiciones en las que se trabaje.

El método "II" consta de los siguientes elementos:

- ✓ Cansancio físico
- ✓ Agotamiento mental
- ✓ Actividades monótonas

❖ **Agotamiento mental**, Es ocasionado por la concentración excesiva, trabajos bajo presión, programación para la distribución de tareas, etc.

- ❖ **Cansancio corporal**, se producirá por falta de ergonomía en el puesto de trabajo, mala ejecución de las tareas.
- ❖ **Actividades monótonas** se debe a la excesiva repetición de actividades, o esfuerzos innecesarios repetitivos. etc., (Oficina Internacional del Trabajo, 2000, pp.95-102).

Después de una descripción rápida sobre procesos, tiempos, movimiento y suplementos es menester conocer los fundamentos sobre calidad, variabilidad y los efectos que estos producen en cualquier proceso y son fundamentales conocer antes de introducirnos en el concepto de la Metodología Six Sigma.

1.4 CALIDAD Y VARIABILIDAD

Un proceso³ es un conjunto de actividades en las cuales se emplea el talento humano, maquinaria y procedimientos de trabajo necesarios para conseguir el resultado deseado, para su posterior liberación hacia el cliente interno y externo. Se puede decir que un producto es de calidad en el grado en el que este cumple con los requisitos establecidos por el cliente, en otras palabras, por su composición y propiedades etc., la satisfacción de cliente final se verá claramente influenciada por el grado en el que estas características intrínsecas en el producto cumplen con sus expectativas o satisfacen sus necesidades (Gutiérrez Pulido, 2005).

Existen varios requisitos necesarios para determinar la calidad de un producto dichas propiedades son analizadas y así se establece su calidad. Cuando se procede a analizar dichas características se las deberá transformar en valores en los cuales se observará ciertas fluctuaciones. Como se muestra a continuación en la Fig. 3 en donde el producto final debe tener un peso de 225 gramos, se observará una serie de valores no exactos en el peso del producto, con un sesgo cercano al valor medio, así se determina el sesgo de productos o servicios (Celvir, 2012).

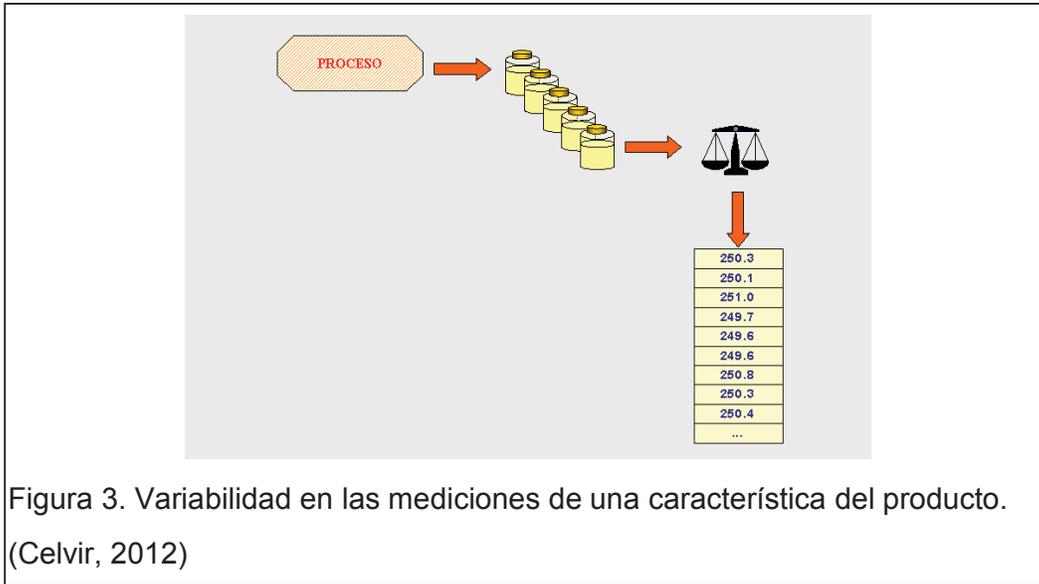


Figura 3. Variabilidad en las mediciones de una característica del producto. (Celvir, 2012)

El grado de la calidad ⁴ depende de la combinación de los elementos que componen el producto mismos que se encuentran presentes en el proceso productivo en la Fig.4 se aprecia un ejemplo en cierta producción puede ser necesario establecer qué cantidades de materia prima se va a usar, a qué velocidad va a funcionar la máquina y cuanto tiempo, la temperatura de trabajo y otros factores más. Así como éstas, se establecerán muchas otras variables aleatorias en el proceso (Gutiérrez, 2005).

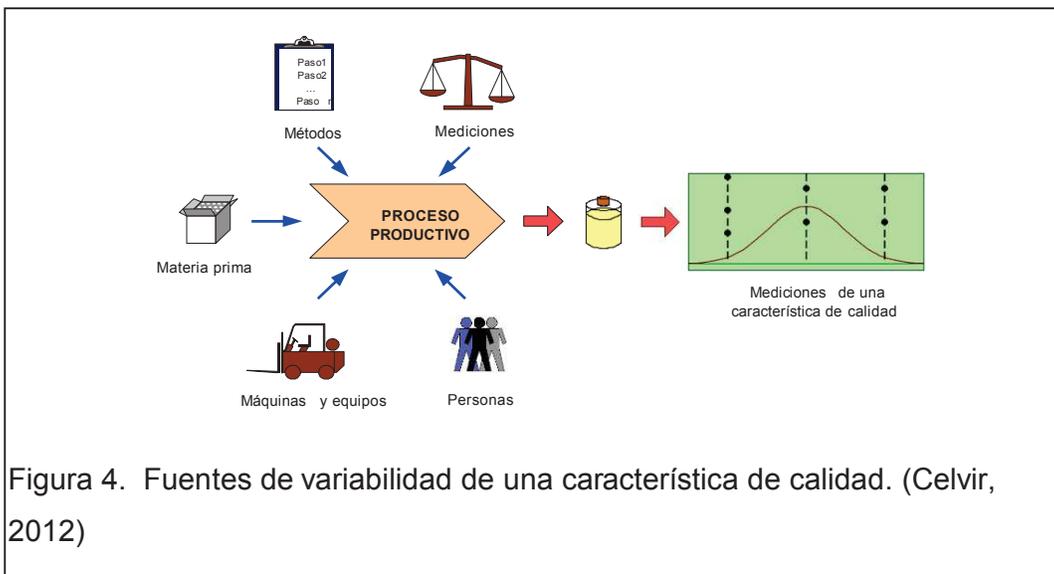


Figura 4. Fuentes de variabilidad de una característica de calidad. (Celvir, 2012)

La variabilidad ⁵ es el sesgo que existe entre una misma característica del producto. Tomando como ejemplo, cada vez que se realice un lote de un

producto se deberá tener en cuenta la composición de sus ingredientes. Es difícil tener la misma dosificación de un cierto componente. Adicional a esto la velocidad de operación de las maquinarias no será la misma, puesto que la corriente utilizada no será continua. De igual forma, por cada lote de producción variarán los componentes, el tiempo de operación de la maquinaria. La mayoría de estos factores son denominados *ruidos* mismos que pueden ser propios del proceso o ajenos a este, y son los responsables de la calidad obtenida en los productos (Moura, 2009, pp.61-115).

1.5 VARIABILIDAD DEL PROCESO

La presencia de ruido en los procesos es una constante. De la misma forma no se considerara coherente el pensar que todas las personas poseen la misma altura, o que todos los estudiantes de una escuela tengan la misma edad Así como la educación y experiencia varía entre la población de un país (Gutiérrez, 2005).

Supongamos el caso de que una maquina produce muchos productos sería absurdo pensar que estos poseerán las mismas característica. Sin desarrollar un estudio a fondo de las características, parecerán ser iguales pero de realizarse los estudios adecuados comprobaremos que no lo son. Por lo tanto, siempre habrá variabilidad presente en un proceso real. Ésta se manifiesta sobre determinadas magnitudes que pueden ser determinantes para alcanzar la calidad exigida (Moura, 2009, pp.61-115).

La variación en un proceso puede ser del tipo:

- ❖ **Controlada**, que se caracteriza por un patrón de variación estable y consistente a lo largo del tiempo, está asociada con causas comunes.
- ❖ **No controlada**, que se caracteriza por variaciones que presentan cambios a lo largo del tiempo, está asociada con causas especiales.

Por lo tanto, resulta fundamental diferenciar la naturaleza de las causas de la variación, para tomar decisiones acertadas:

- ❖ **Causas comunes**, se define como el conjunto fijo de muchas y pequeñas causas, inherentes al proceso, las cuales determinarán su variabilidad característica. Son causas muy difíciles de aislarlas. Un proceso influenciado sólo por estas causas se vuelve previsible, y se dice que está en control estadístico.
- ❖ **Causas especiales**, son causas ajenas al conjunto de causas comunes, y aparecen ocasionalmente. Comúnmente, pueden ser aisladas y eliminadas. Estas causas alteran la distribución natural del proceso, volviéndolo imprevisible y quedando fuera de control. Deben ser atacadas rápidamente y por lo general la solución no es compleja y está al alcance de las personas que controlan el proceso (Moura, 2009, pp.61-115).

1.5.1 EFECTOS DE LA VARIACIÓN EN LOS PROCESOS

Con el objetivo de entender de una mejor manera la variación en los procesos se analizará cuán importante es la variación estándar en la vida diaria: "Se analizará la compra de una tajada de pizza por parte de un individuo que esta camino a su casa, en cuyo trayecto pasa por dos pizzerías las cuales tiene la siguiente información en cuanto a tiempos de preparación (en minutos), para diez pizzas:

Pizzería I: 5,5 - 5,6 - 5,7 - 5,8 - 8,1 - 8,3 - 8,4 - 8,7 - 8,7 - 8,7

Pizzería II: 3,2 - 4,4 - 4,8 - 5,2 - 5,7 - 6,7 - 6,7 - 7,5 - 8,3 - 11,0

Utilizando herramientas estadísticas comunes, tales como la media, mediana y moda, se obtienen los siguientes resultados:

Pizzería I: Promedio = 6,45 - Mediana = 8,25 - Moda = 7,1

Pizzería II: Promedio = 6,65 - Mediana = 8,25 - Moda = 7,1

Del correcto análisis de los datos recolectados de las pizzerías es decir, el tiempo de espera de ambas es similar. Tomando como base estos datos resulta una tarea difícil establecer cualquier cambio en el proceso. Pero si se

realiza un estudio más a fondo se observan distintas varianzas. De ser todas las demás características de calidad iguales es posible que los clientes escojan la pizzería I por la poca variación de proceso (Moura, 2009, pp.61-115).

1.6 Distribuciones de probabilidad

Una distribución de una variable cualquiera de probabilidad⁶ es una función que permite determinar las probabilidades de cada uno de los eventos de un fenómeno aleatorio.

Entre las distribuciones de probabilidad de variables aleatorias que aparecen frecuentemente en el control estadístico de la calidad están: la distribución Binomial, de Poisson y la Normal (Moura, 2009, pp.61-115).

1.6.1 Distribución Binomial

Si se considera un proceso que consiste en una sucesión de n pruebas independientes, donde el resultado de cada una es un “éxito” o un “fracaso”; y si la probabilidad de un “éxito” en cualquier prueba, es p ; y, la probabilidad de un “fracaso”, es q , entonces el número de “éxitos” x en n pruebas tiene la siguiente función de probabilidad *Binomial*:

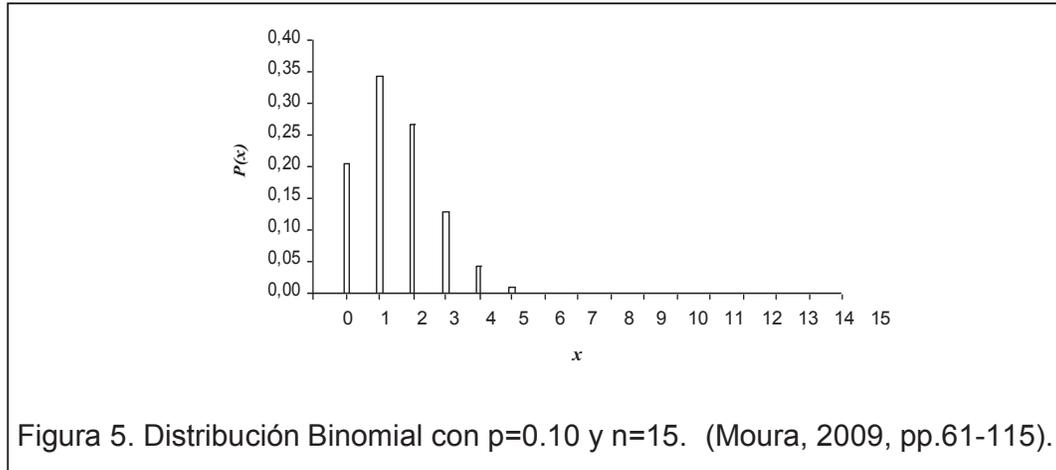
$$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x} \quad ; \text{ para } x = 0, 1, 2, \dots, n$$

La media, variancia y desviación estándar de la distribución Binomial son:

- ✓ **Media**⁷: $\mu = np$
- ✓ **Variancia**⁸: $\sigma^2 = npq$
- ✓ **Desviación estándar**⁹: $\sigma = \sqrt{npq}$

Este tipo de distribución es el modelo probabilístico apropiado para muestrear una población infinitamente grande, donde p representa la fracción o proporción de productos defectuosos en la población¹⁰. (Rubin) En estas aplicaciones, x suele representar el número de artículos no conformes encontrados en una muestra aleatoria de tamaño n . Por ejemplo, si $p=0.10$ y

$n=15$, la probabilidad de obtener x productos no conformes tendrá la siguiente distribución de probabilidad:



1.6.2 Distribución de Poisson.

Se entiende como distribución de Poisson al estudio de eventos específicos dados en un número determinado de tiempo.

Es aplicable cuando se tiene muchas oportunidades de ocurrencia, pero con baja probabilidad en cada tentativa. La función de probabilidad de Poisson es (Moura, 2009, pp.61-115):

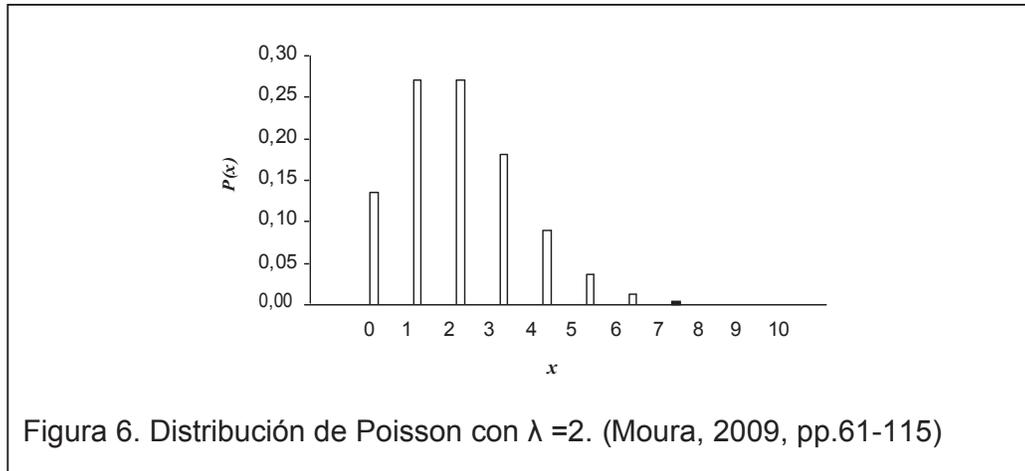
$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} ; \text{ para } x = 0, 1, 2, \dots, \infty$$

Dónde:

- ✓ **Media:** $\mu = \lambda$
- ✓ **Variancia:** $\sigma^2 = \lambda$
- ✓ **Desviación estándar:** $\sigma = \sqrt{\lambda}$

Poisson es comúnmente utilizada para explicar las ocurrencias de la probabilidad Binomial, cuando n es grande y p es pequeño, y cuando la media $\mu = np$ será menor que 7.

Un ejemplo de este tipo de distribución, se observa en el siguiente gráfico, cuando $\lambda = 2$:



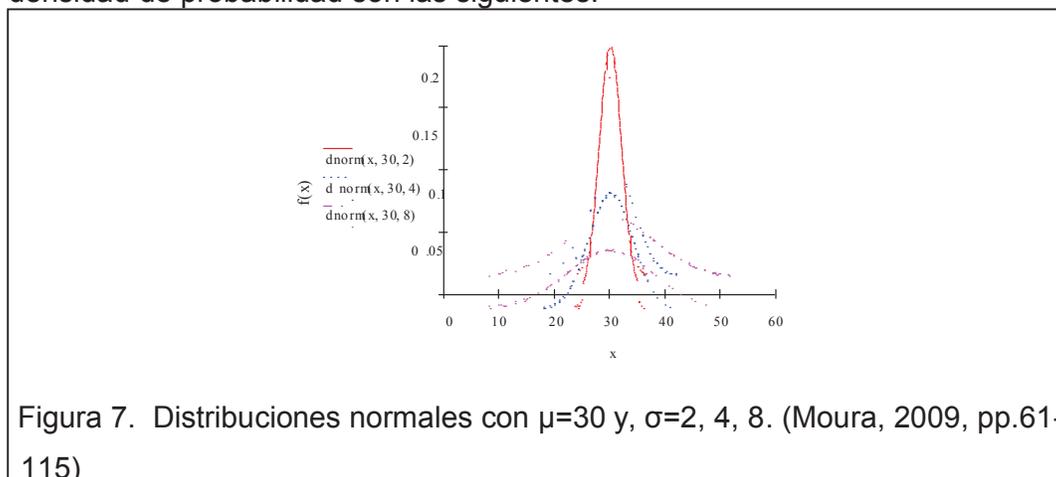
1.6.3 Distribución Normal

Muchos fenómenos naturales y procesos artificiales poseen una distribución normal, o pueden ser representados como distribuidos normalmente. Una distribución normal posee una variable aleatoria continua además de poseer dos funciones: una para representar los valores ordenados (valores y); y otra para establecer las probabilidades (Moura, 2009, pp.61-115).

La función de distribución de probabilidad normal es:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} ; \text{ para todo } x \text{ real}$$

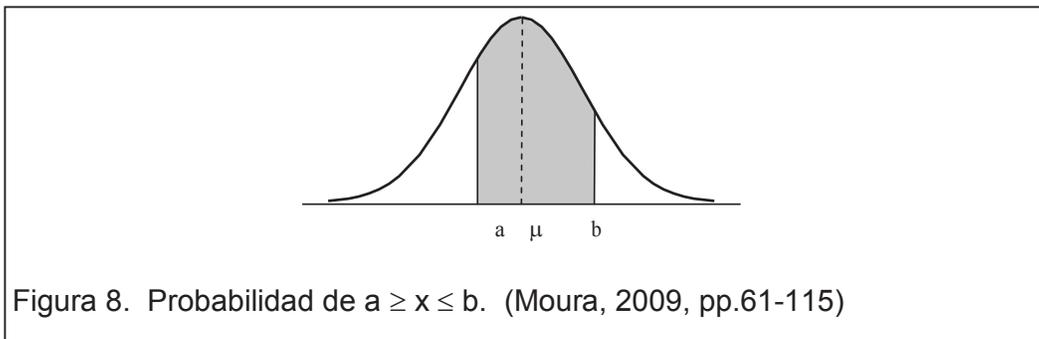
Las variaciones de μ y σ , en fenómenos naturales, definen una familia de distribuciones de probabilidad. Por ejemplo para $\mu=30$ y $\sigma=2, 4, 8$, las curvas de densidad de probabilidad son las siguientes:



La expresión que permite determinar las probabilidades asociadas con el intervalo de $x=a$ a $x=b$ es:

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b f(x) d(x)$$

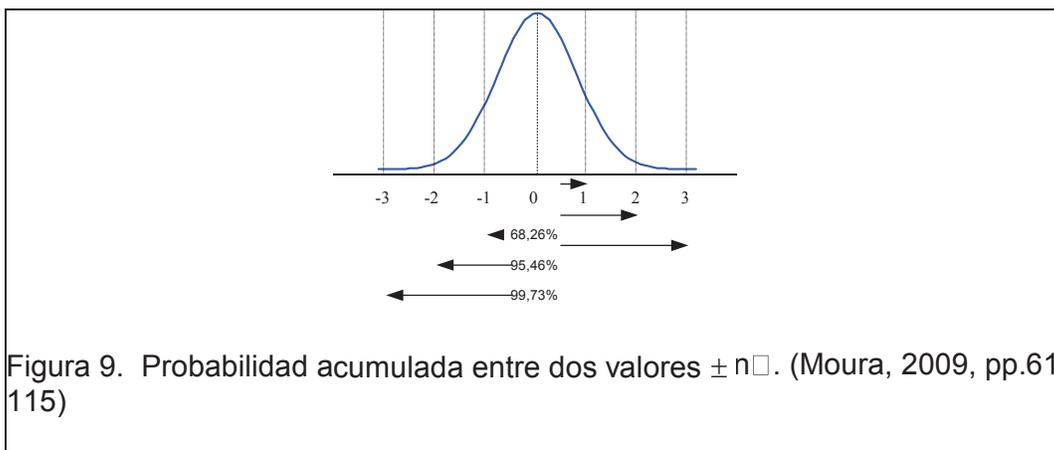
Una probabilidad de que x se encuentre en un cierto valor entre $x=a$ y $x=b$, es el área debajo de la función densidad, entre los valores a y b , lo que está representada con la zona sombreada en el siguiente gráfico:



El número de distribuciones de probabilidad normal es ilimitado, pero todas pueden ser relacionadas con la distribución normal estándar, que es la distribución normal de la variable estándar z , donde:(Moura, 2009, pp.61-115)

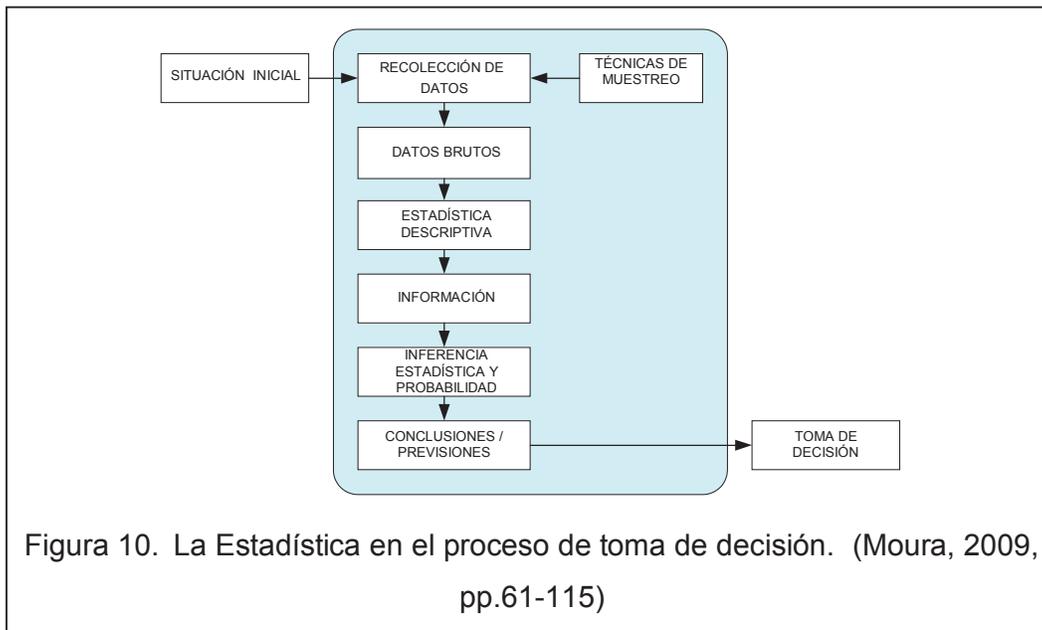
$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Esta distribución posee un promedio de cero y un sesgo igual a uno. El área dentro de la curva es igual a 1 y sus secciones pueden ser utilizadas para estimar la probabilidad acumulada de que cierto “evento” ocurra: (Galindo, 2006)



1.7 PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

Las distribuciones de probabilidad analizadas anteriormente pueden ser utilizadas para describir la salida de un proceso, suponiendo conocidos los parámetros de la distribución, lo que en la realidad no es cierto para la mayoría de los casos. Es por esto que se requiere algunas técnicas estadísticas que ayuden a deducir conclusiones o tomar decisiones con respecto a una población, con base en una muestra seleccionada de la misma población.



En este proceso, los datos numéricos recolectados pueden ser de dos tipos:

- ❖ **Datos por atributo:** son conteos o porcentajes basados en la clasificación de artículos según algún criterio (ej.: bueno o defectuoso).
- ❖ **Datos por variable:** son mediciones de características físicas (ej.: dimensiones, peso, volumen, etc.), (Moura, 2009, pp.61-115).

1.8 Principales técnicas de muestreo

Existen algunas estrategias de muestreo, dentro de las cuales las que resultan indispensables en el control de la calidad:

- ❖ **Muestreo Aleatorio:** poseen la misma probabilidad de ser seleccionados todos los elementos que conforman un mismo universo.
- ❖ **Muestreo Secuencial:** todo i -ésimo elemento es seleccionado, hasta completar la muestra.
- ❖ **Muestreo Estratificado:** la muestra es compuesta por elementos de diferentes grupos o poblaciones.

Tomando en cuenta todos los elementos con n características que pueden ser seleccionados de una población específica; todas ellas son dueñas de una distribución específica, como son el promedio, el sesgo, etc., este valor por consecuencia no será el mismo, dando como resultado una distribución llamada *distribución muestral* (Moura, 2009, pp.61-115).

Finalmente después de un estudio detallado en procesos, calidad y técnicas de muestreo, abordamos los conceptos de la Metodología Six-Sigma y todas las herramientas que se utilizarán para realizar el presente proyecto.

1.8.1 METODOLOGÍA SIX-SIGMA

“Tenemos que pasar de ser una “empresa que corrige sus productos defectuosos, a otra que corrige sus procesos defectuosos”

Jack Welch.

1.8.2 Six Sigma

Six Sigma¹¹ es una metodología que tiene como fin la liberación de un producto con un nivel mínimo de variación (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pp. 307-322).

1.8.3 Six Sigma y su Importancia

El termino sigma es una letra alfabética utilizada en la mayoría de las ocasiones para describir el grado de variabilidad. El objetivo de Six Sigma es establecer el número de “no conformidades” que existen en un proceso, esto

puede dar paso a descubrir soluciones específicas a dichos problemas hasta llegar a poseer un proceso casi perfecto con “cero defectos”.

Para considerar a un proceso Six-Sigma, este debe producir no menos de 3.4 defectos por millón de oportunidades.

Una “oportunidad” se define como una probabilidad de no conformidad o de no cumplir con las especificaciones requeridas. Lo anterior significa que casi no se debe tener errores en la ejecución de los principales procesos.

Fundamentalmente, Six-Sigma gira en torno a uno cuantos conceptos clave (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pp. 307-322):

Tabla 2. Conceptos Clave Six Sigma

<i>Crítico para la calidad</i>	Los atributos más importantes para el cliente
<i>Defecto</i>	No cumplir con lo que quiere el cliente
<i>Capacidad del Proceso</i>	Lo que ofrece el proceso
<i>Variación</i>	Lo que el cliente percibe y considera
<i>Operaciones estables</i>	Garantizar procesos congruentes y predecibles para mejorar lo que ve y considera el cliente
<i>Diseño para Six-Sigma</i>	Diseño para cumplir con las necesidades del cliente y la capacidad del proceso (Aquilano, 2009).

Las actividades diarias en una empresa están generalmente afectadas por innumerables problemas e imprevistos, una parte de los cuales resultan en problemas que exigen acción inmediata y otros que reinciden crónicamente, generando costos e insatisfacción en los clientes. Existe por lo tanto, la necesidad de transformar problemas en oportunidades, direccionando proyectos específicos de mejora sobre los casos de mayor impacto, pero con una perspectiva sistémica, que englobe a toda la organización (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pp. 307-322).

La mejora en el sistema se puede alcanzar si se consideran cuatro abordajes sistémicos¹² complementarios como son: gestión por procesos, gestión de restricciones (TOC), producción esbelta (Lean) y Six-Sigma; cada uno de ellos aplicados adecuadamente dentro de la organización.



Six-Sigma en la mayoría de los casos debe contar con el apoyo de los dirigentes de la organización, los cuales deberán manejarlos en pos de una mejora o el cumplimiento de ciertos objetivos, reduciendo la variabilidad percibida por el cliente final. Para su correcta aplicación se deberá utilizar las herramientas clásicas de calidad con el fin de reducir la variabilidad con el mínimo número posible de defectos, con costos mínimos necesarios para alcanzar en forma satisfactoria los requerimientos del cliente. Siendo esto muy distinto a inspeccionar solo en la salida del sistema y tratar de corregir los defectos, una vez producidos (Moura, 2009, pp.5).

1.9 Fases de la metodología Six-Sigma

Mientras que los métodos de Six-Sigma consta de las herramientas clásicas de calidad, aquí se aplican de manera sistemática y enfocadas en los proyectos, mediante el ciclo de **definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAMC o DMAIC)**. El ciclo DMAIC es una versión más detallada del ciclo PHVA de Deming¹³, se forma de las siguientes fases: planear, hacer, verificar y actuar, que son la base del mejoramiento continuo (kaizen), busca mejorar constantemente procesos (maquinaria, materiales, utiliza talento humano y maquinarias) a través de la aplicación de sugerencia e ideas de los equipos de una organización (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pp. 307-322).

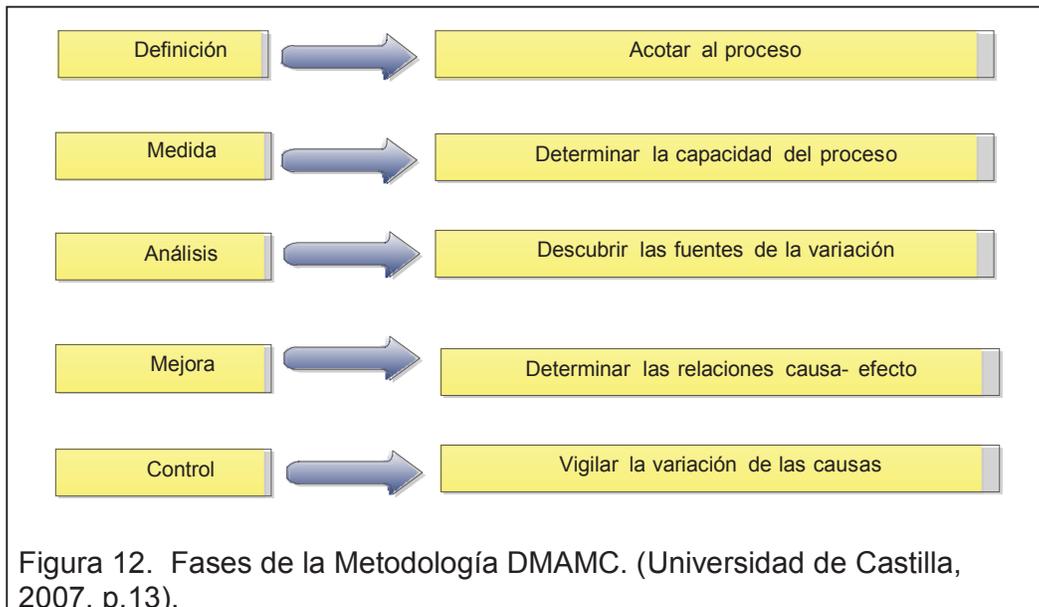
El propósito de la metodología Six-Sigma, es identificar, cuantificar y eliminar las fuentes de variación, para luego mejorar y mantener el rendimiento con planes de control bien ejecutados. Entre las metas que se persigue con la aplicación de esta metodología están: lograr avances en el rendimiento total (RTY), reducir el costo de calidad pobre (CCP), tiempo de ciclo e inventarios y, aumentar la capacidad del proceso.

Con una metodología adaptada del ciclo PDCA de Deming, cada proyecto de mejora Six-Sigma se desarrolla siguiendo cinco fases, en lo que se denomina ciclo DMAMC; aunque pueden ser incorporadas distintos pasos a seguir, como identificar la causa raíz de la problemática, estandarizar las soluciones encontradas, y por último, ponerlos en marcha en toda la organización (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pp. 307-322).

El objetivo general de esta metodología es la búsqueda incesante de la excelencia, a través de proyectos de mejora de alto impacto, desarrollados a partir del punto de vista del sistema de negocios como un todo, en su meta de satisfacer a los clientes (Moura, 2009, pp.120).

La metodología DMAMC es un abordaje estructurado que promueve el uso integrado de varios métodos y herramientas en proyectos de mejora cuyo objetivo es reducir drásticamente la variabilidad en el desempeño de atributos

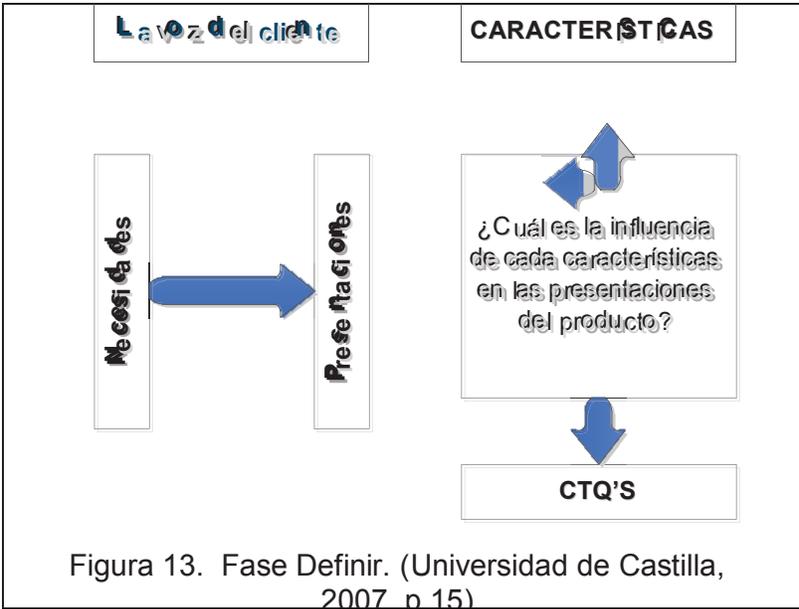
relevantes para la satisfacción de los clientes (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009, pp. 307-322). Estas fases pueden ser resumidas en la siguiente figura:



1.9.1 Fase Definir

En esta fase se identifican aquellos problemas u oportunidades de mejora más directamente vinculados a la satisfacción del cliente u obtención de ahorros económicos en el proceso; esto se logra desarrollando las siguientes actividades:

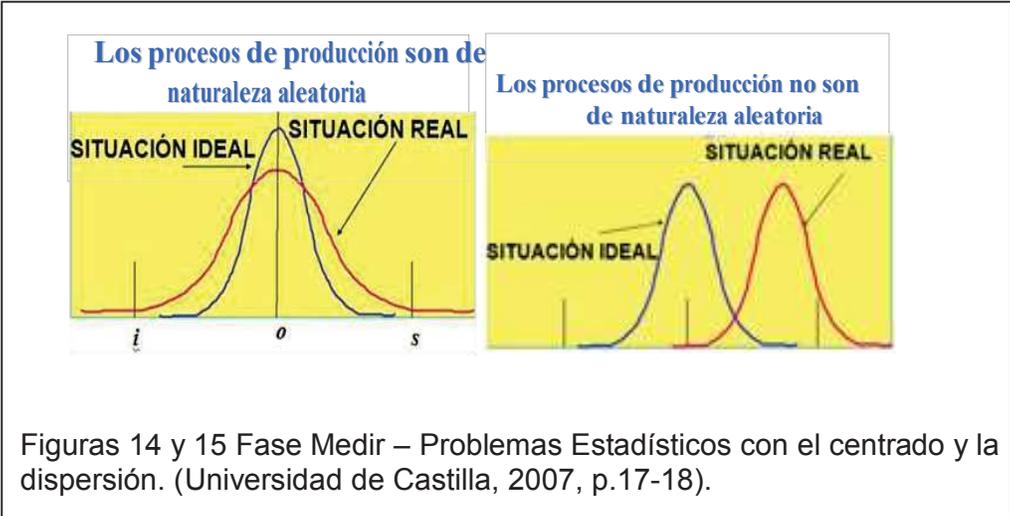
- I) Definir el foco de mejora
- II) Identificar las características críticas
- III) Definir los parámetros de desempeño
- IV) Formalizar el proyecto de mejora



1.9.2 Fase Medir

Es la fase donde se busca la comprensión del proceso, la medición de su aptitud y la confirmación del objetivo del proyecto. Sus actividades componentes son:

- I) Mapear el proceso
- II) Definir y validar la medición
- III) Determinar la estabilidad / capacidad del proceso
- IV) Confirmar el objetivo del proyecto de mejora



Figuras 14 y 15 Fase Medir – Problemas Estadísticos con el centrado y la dispersión. (Universidad de Castilla, 2007, p.17-18).

1.9.3 Fase Analizar

En esta parte del proceso se analizan los datos obtenidos en el paso anterior, utilizando herramientas estadísticas para comprobar hipótesis sobre las posibles causas de variabilidad de las características críticas, esto se cumple con:

- I) Identificar causas potenciales y,
- II) Seleccionar las causas primarias

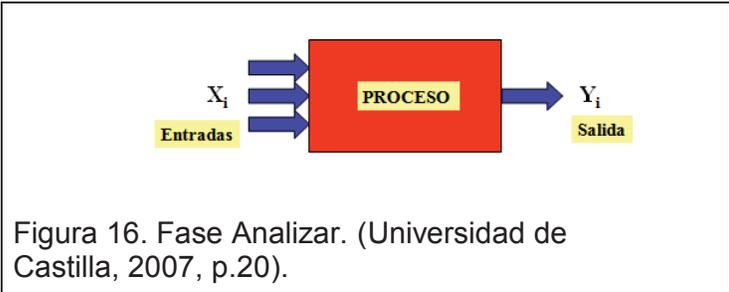
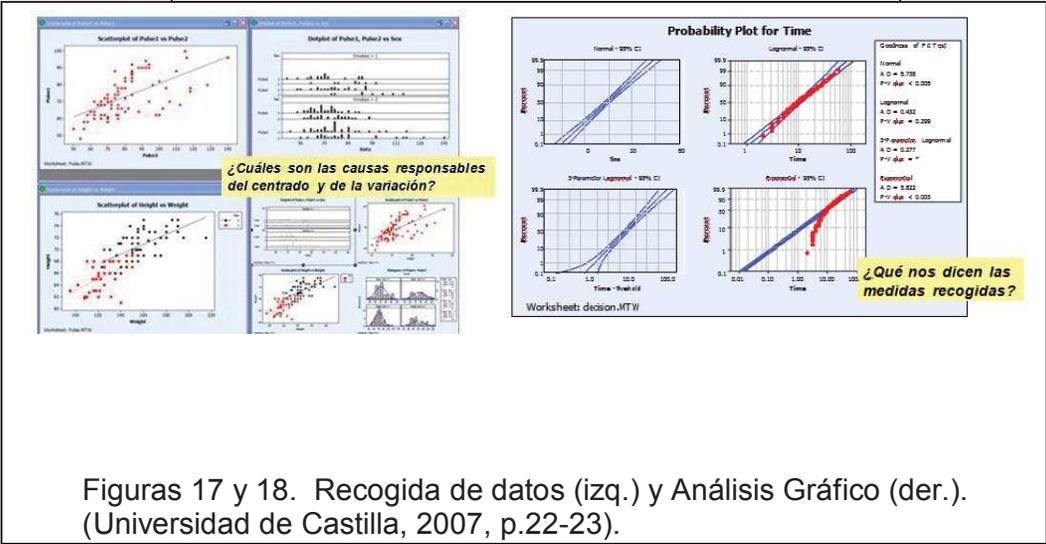


Figura 16. Fase Analizar. (Universidad de Castilla, 2007, p.20).

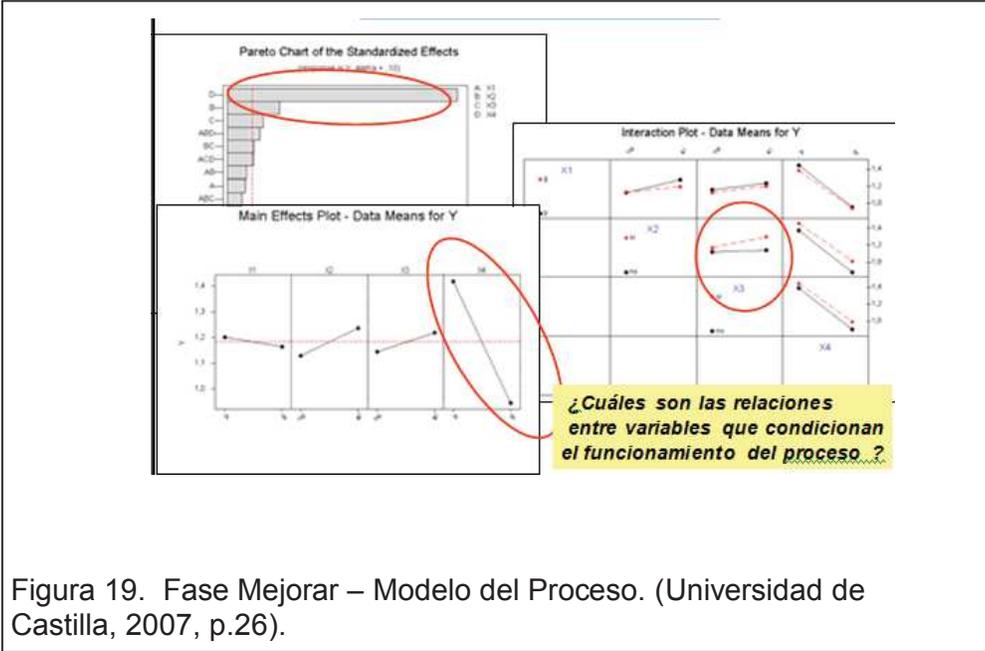


1.9.4 Fase Mejorar

Es la fase donde se busca encontrar la mejor solución al problema a través de los datos aportados por el análisis estadístico, y de datos resultantes del diseño de experimentos. También se debe comprobar la eficacia práctica de la solución. Esto se cumple a través de:

- I) Generar / seleccionar soluciones

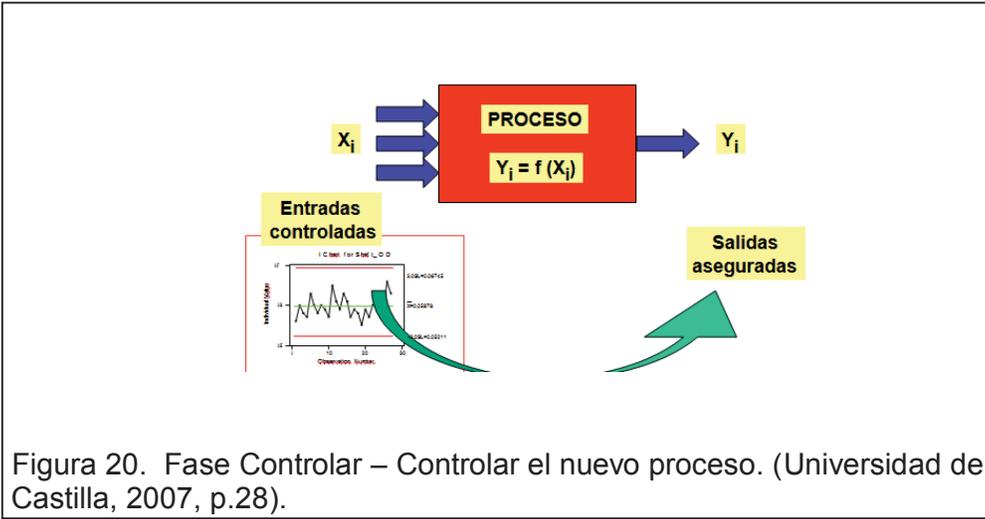
II) Validar la solución



1.9.5 Fase Controlar

Finalmente se diseña, documenta e implanta los controles para que los logros conseguidos en el proyecto se mantengan a lo largo del tiempo, es decir, se debe:

- I) Estandarizar las mejoras y,
- II) Finalizar el proyecto de mejora.



1.10 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DEL SIX-SIGMA

El análisis de los datos luego de las mediciones dando lugar a la retroalimentación en base al producto del proceso y tomar decisiones sobre el producto no conforme.

Considerando que las mediciones de las características de calidad comúnmente están representadas por valores numéricos que presentan una fluctuación aleatoria, es necesario para analizar estos datos, recurrir a herramientas y técnicas que dejen ver y cuantificar el sesgo a la hora de tomar acciones que buscan mejorar la situación.

Entre las principales herramientas y técnicas estadísticas utilizadas en las distintas fases de un proyecto Six-Sigma están:

1.10.1 Análisis de Variancia (ANOVA)

El análisis de variancia, conocido como ANOVA (*Análisis of variance*), es el procedimiento para comparar más de dos medias poblacionales, suponiendo que las observaciones dentro de cada población están distribuidas normalmente con una variancia común σ^2 .

En este análisis se observa que para los grupos que se están comparando las medias, la suma de los cuadrados de las desviaciones de todos los valores x respecto a su media general \bar{x} , es llamada suma de cuadrados total (*SC Total*):

$$SC \text{ Total} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

y se puede dividir en dos componentes: el primero se denomina suma cuadrática de tratamientos (*SCT*) y sirve para calcular una medida de la variación entre las medias muestrales; y, el segundo, llamado suma de cuadrados del error (*SCE*), que se usa para medir la variación dentro de las muestras:

$$SC \text{ Total} = SCT + SCE$$

es decir, el SC Total está formado por dos componentes que miden las fuentes de variación. Para el cálculo de estos valores resultan muy útiles los programas estadísticos computarizados, los mismos que entregan reportes completos del análisis de variancia de los datos ingresados.

Una típica tabla ANOVA para un análisis de variancia para k muestras aleatorias independientes, es la siguiente:

Tabla 3. Tabla ANOVA para k muestras aleatorias independientes. (Gutiérrez, 2008).

Fuente	g.l.	SC	CM	F
Tratamientos	$k - 1$	SCT	$CMT = SCT / (k - 1)$	CMT / CME
Error	$n - k$	SCE	$MCE = SCE / (n - k)$	
Total	$n - 1$	SC Total		

Estos valores posibilitan realizar una prueba F para comparar k medias poblacionales, considerando lo siguiente:

- I) Hipótesis nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$.
- II) Hipótesis alternativa $H_a: \text{uno o más pares de medias difieren}$.
- III) Estadística de prueba $F = CMT / CME$, en donde F se basa en $v_1 = k - 1$ y $v_2 = n - k$.
- IV) Región de rechazo: *Rechace si $F > F_\alpha$* .

1.10.2 ANALISIS DE CAPACIDAD DE UN PROCESO

El nivel de reacción de un proceso en base a requisitos establecidos en control para producir productos dentro de los límites de las especificaciones de calidad, es decir, responde a la determinación del porcentaje o unidades de producto cuya medición de la característica de calidad a exigir queda entre los límites inferior y superior especificados por el cliente (LIE y LSE), comúnmente en el marco de una distribución normal de sus valores. (Moura, 2009, pp.116-157).

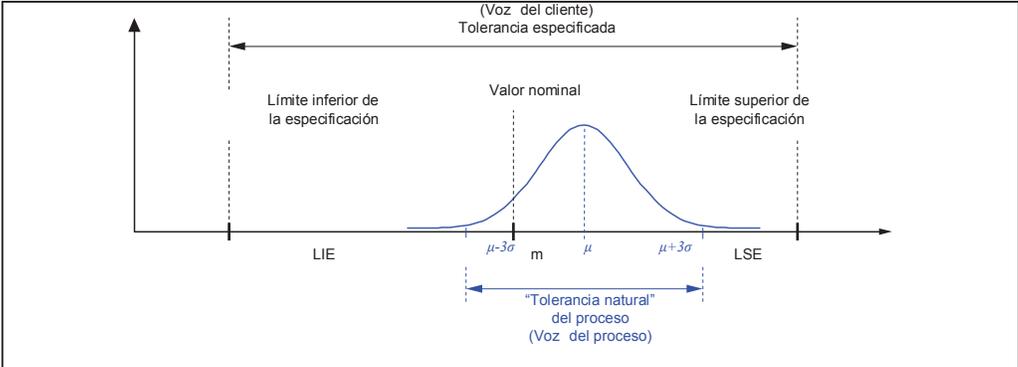


Figura 21. Capacidad de un proceso. (Moura, 2009).

El índice de capacidad potencial o de corto plazo C_p se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{\text{Tolerancia especificada}}{\text{Tolerancia natural}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

1.10.3 Procesos n sigma

Tomando como referencia la distancia en sigmas entre la media (supuesta centrada) y el límite de especificación, un proceso puede ser definido como 1σ , 2σ , etc. El índice de capacidad C_p de la mayoría de los procesos productivos está en el rango de 1 a 1,33; es decir, son procesos 3σ y como máximo 4σ : (Moura, 2009)

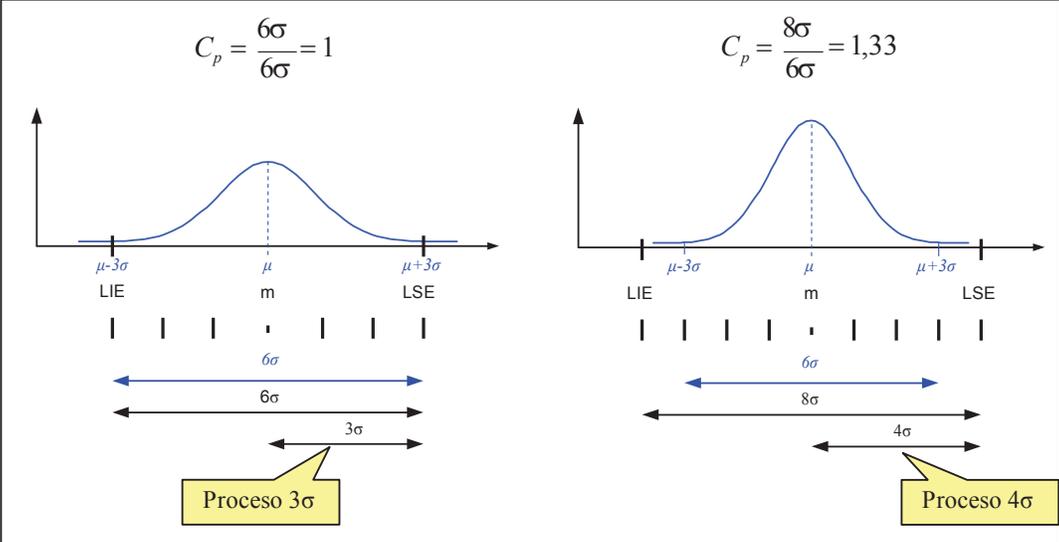


Figura 22. Niveles típicos de C_p . (Moura, 2009, pp.116-157).

En esta métrica, un proceso Six-Sigma (6σ) tiene el valor C_p igual a 2:

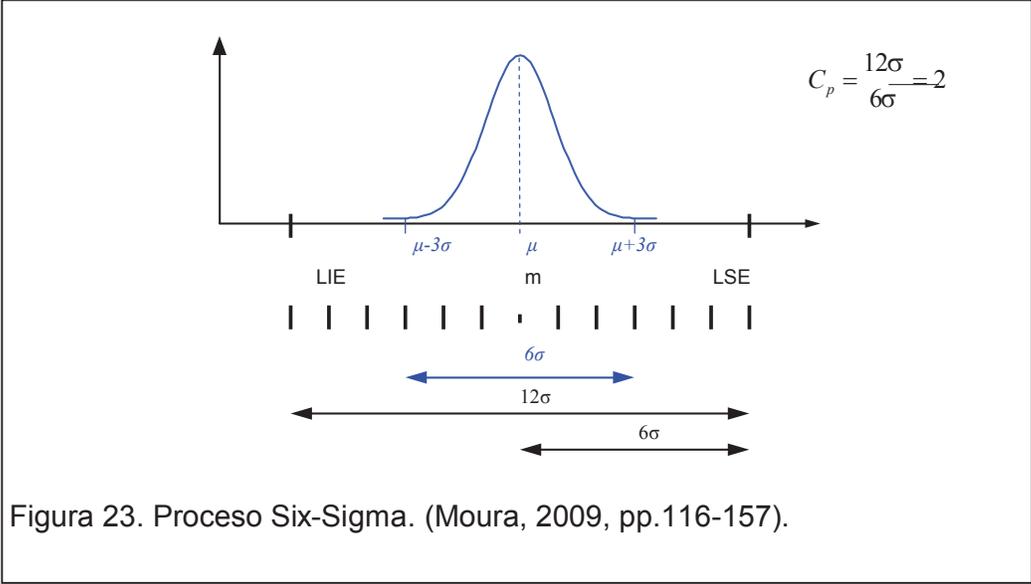


Figura 23. Proceso Six-Sigma. (Moura, 2009, pp.116-157).

1.10.4 Índice de Capacidad real

En el caso de que la distribución normal no sea centrada, como generalmente es en la realidad, se utiliza el índice de capacidad real C_{pk} . Este índice evalúa el desplazamiento de la media en relación a los límites de especificación (Moura, 2009):

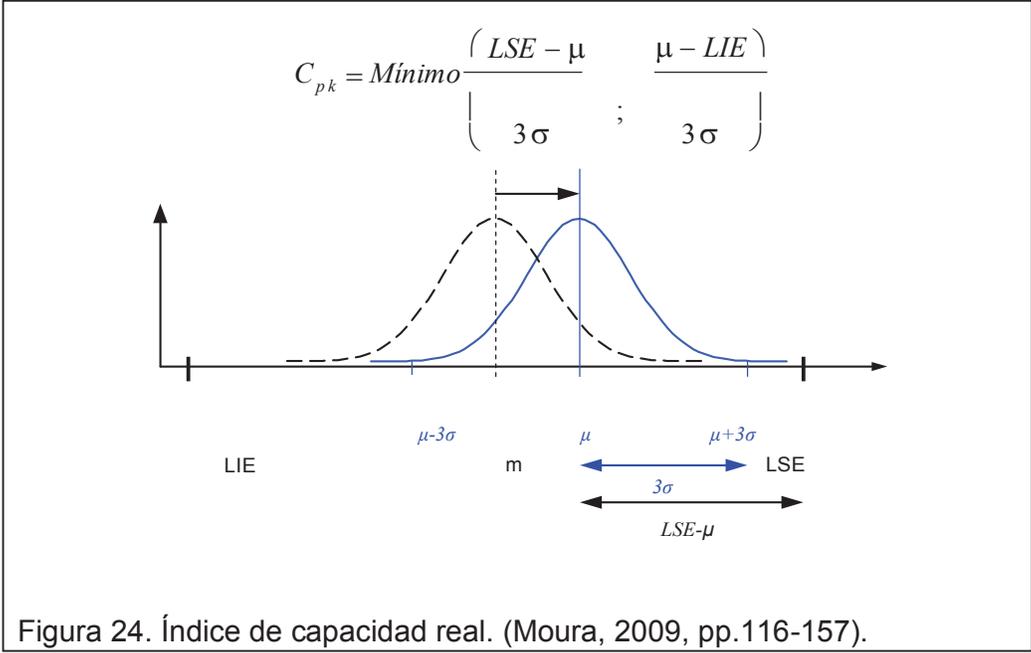
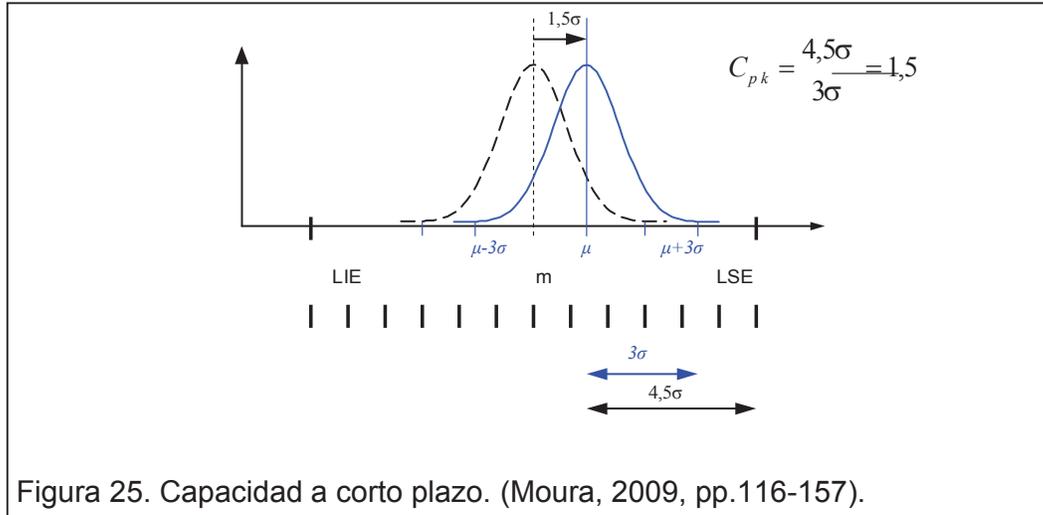


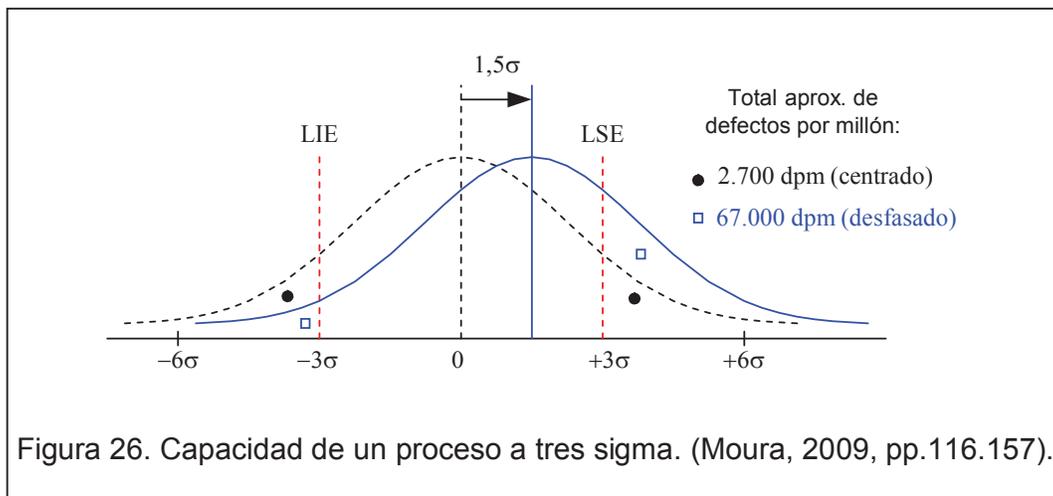
Figura 24. Índice de capacidad real. (Moura, 2009, pp.116-157).

De estudios realizados en procesos reales, se estima que con el tiempo existe un desplazamiento de la media de hasta $1,5\sigma$, por lo que un proceso Six-Sigma tiene como C_p un valor igual a 2 y como C_{pk} un valor igual a 1,5:



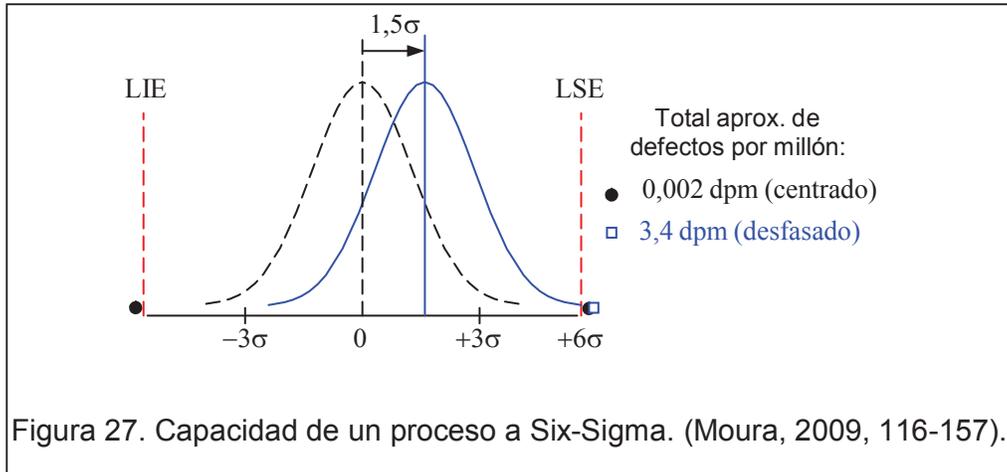
1.10.5 Medición en defectos por millón

En su mayoría el comportamiento de los procesos oscila entre $(\mu \pm 3\sigma)$, y se acepta un desplazamiento de la media en 1,5 sigma; el número de oportunidades por millón que queda fuera de los límites de especificación es de casi 67.000 (*dpm*), lo que significa un nivel de calidad de 93,32% (Moura, 2009, pp.116-157).



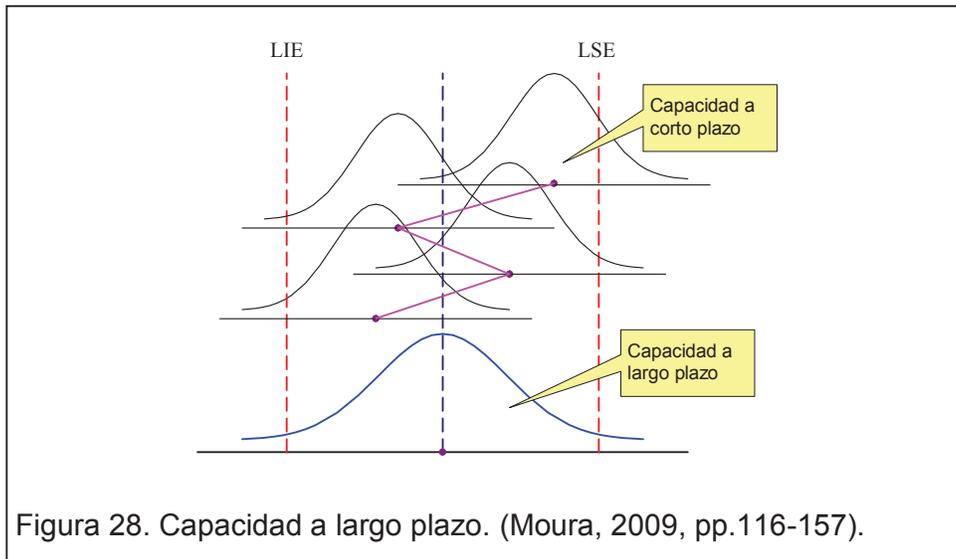
Un proceso con un comportamiento bajo control para Six-Sigma ($\mu \pm 6\sigma$), está en la debida capacidad de producir 3,4 defectos por millón de oportunidades

(dpm), por lo que se podría decir que la calidad del proceso es del 99,9997%. (Moura, 2009, pp.116-157).



1.10.6 Índice de Desempeño o de largo plazo

La capacidad, medida con los índices C_p y C_{pk} , indica la aptitud del proceso a corto plazo. El desempeño a largo plazo del proceso se estima con los índices P_p y P_{pk} . Estos valores representan la variación total incluyendo cambios o tendencias en un tiempo largo y pueden ser hallados con la ayuda de un software apropiado (ejemplo Minitab).



El índice P_{pk} puede acercarse a C_p cuando:

- ✓ Las especificaciones del cliente realmente reflejan las necesidades del mismo.
- ✓ El proceso se representa bajo los parámetros de control estadísticos.
- ✓ Los datos se aproximan a la distribución normal (Moura, 2009).

1.11 OTRAS HERRAMIENTAS SIX-SIGMA

Existen algunas otras técnicas y herramientas estadísticas y no estadísticas que resultan muy útiles en la implementación de esta estrategia de mejora. Entre estas se puede señalar a las siguientes (Moura, 2009, pp.116-157):

1.11.1 Histograma

Es un gráfico con eventos acumulados en forma de barras con que se observan los datos, es decir, el número de veces que ocurre un evento, además identifica el centro y la variabilidad de los datos.

Es utilizado cuando se requiere mostrar el patrón de variación de una cantidad grande de datos. Permite comunicar visualmente la información sobre el comportamiento del proceso y apoya la toma de decisiones sobre dónde enfocar los esfuerzos de mejoramiento (Moura, 2009, pp.116-157).

1.11.2 Estratificación

Es una forma de estudiar datos que cuentan con una cierta característica y extraerlos de un mismo universo. Las muestras para ser estudiadas dependerán de los requisitos de estudio, los cuales pueden ser explicados por: talento humano, materia prima, maquinaria, áreas de gestión, tiempo, ubicación, etc.

Delimita las causas específicas para que un problema suceda, estableciendo la relación que tendrá cada característica para obtener resultados específicos. Estratificar puede ser considerado como el punto de partida para otros estudios, aunque el histograma forma parte del sinnúmero de maneras de representarlos (Moura, 2009, pp.116-157).

1.11.3 Diagrama de dispersión

Los diagramas de dispersión son representaciones gráficas que permiten analizar la relación entre dos variables. Al examinar la relación puede ocurrir que al incrementar la relación de una variable, se altera otra variable que no es independiente, a esto se le conoce comúnmente como correlación positiva al mismo suceso en forma contraria se le conoce como correlación negativa en el caso de determinar que una variable no tiene relación con otra variable se podrá decir que no existe correlación.

Esta herramienta es útil para confirmar las sospechas de si ciertas variables poseen relación alguna; y para determinar el tipo y la fuerza de relación (Moura, 2009, pp.116-157).

1.11.4 Diagrama de flujo

Se caracteriza por ser un diagrama con representaciones gráficas estandarizadas para representar la forma de fluir y las etapas de un proceso. Esta herramienta es útil cuando se quiere mejorar un proceso, ayuda a comprender cómo éstos funcionan.

Forma parte de las herramientas que se deberán tener como base para lograr mejoras en el proceso. Encuentra las partes del proceso que podrán ser mejoradas y, da evidencia de las relaciones proveedor - cliente, sean éstos internos o externos (Moura, 2009, pp.116-157).

1.11.5 Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer), es una herramienta básica para documentar un proceso. En este tipo de diagrama las actividades del proceso son definidas a nivel macro o a nivel detallado, en cualquiera de los casos, se debe determinar las entradas y salidas clave del proceso, así como también deben estar identificados los proveedores de las entradas; y, los clientes, sean estos internos o externos, a los cuales entrega el proceso sus salidas (Moura, 2009, pp.116-157).

1.11.6 Diagrama de matriz

Es una herramienta útil para determinar el grado de influencia, nivel de relación o de impacto, existente entre los elementos de los conjuntos que se comparan. Estos conjuntos pueden ser de problemas, causas, métodos, objetivos, responsabilidades, tareas, funciones, etc. En el tipo de matriz más común los elementos de un conjunto se disponen en forma horizontal mientras que los elementos del otro conjunto se ubican en forma vertical. Esto se deberá llevar a cabo utilizando caracteres capaces de describirlos, según la intensidad de relación existente entre ellos (Moura, 2009, pp.116-157).

1.11.7 Matriz de priorización de criterios

Una matriz de priorización está diseñada para establecer la prioridad de criterios acordados. Es una tabla con tantas líneas y columnas como criterios se hayan escogido. El juzgamiento de la importancia relativa de un criterio en relación con cada uno de los demás, se establece usando una escala adecuada de calificación.

Es útil usar esta herramienta cuando existe acuerdo sobre los criterios para llegar a una solución pero no sobre su importancia relativa (Moura, 2009, pp.164-183).

1.11.8 Matriz causa y efecto (C&E)

Es una matriz que enfatiza la comprensión de los requerimientos del cliente. Relaciona las variables de entrada con las variables de salida de un proceso, utiliza el mapa del proceso o el diagrama de árbol como la principal fuente de información.

Las variables claves de salida del proceso son evaluadas en base a la importancia que tienen para el cliente, mientras que las variables de entrada del proceso son evaluadas de acuerdo a la relación existente con las variables claves de salida (Moura, 2009, pp.326-351).

A continuación se detallan las etapas para la elaboración de un árbol causa efecto.

- I. Identificar el problema central II.
Examinar efectos del problema
- III. Definir medios para la solución
- IV. Formular acciones para solucionar el problema
- V. Configurar alternativas viables y pertinentes

1.11.9 Análisis de modos de fallo y efectos

El estudio de modos de fallo y efectos (AMFE) es una herramienta utilizada para calificar, ciertos procesos, servicios con base en la forma de ocurrencia de los mismos. Para cada factor a estudiar se realiza un análisis de cómo este en forma individual afecta al sistema en general. Adicionalmente se realiza el estudio de cada una de ellas para analizar su repercusión.

El análisis puede ser cuantitativo o cualitativo los factores que darán el índice que servirá de base para establecer mejorar y encontrar fallas son: severidad, ocurrencia y detectabilidad (Moura, 2009, pp.377-395).

Una vez establecido el campo de aplicación del AMFE, previo al desarrollo de la metodología se define algunos términos claves como:

- ❖ **Modo potencial de falla:** son las causas por las cuales un proceso no podrá cumplir en forma adecuada con los requerimientos.
- ❖ **Efecto(s) de la falla potencial:** se puede considerar fallas potenciales a todos esos sucesos que están latentes en el proceso y que posteriormente serán las causas principales de fallas.
- ❖ **Severidad (S):** son el grado en el que la falla repercute en los resultados del proceso, o de una actividad.
- ❖ **Control o artículos críticos:** describe las características inminentes de fallas del sistema o proceso, mismas que requieren tomar acciones correctivas.
- ❖ **Causas /mecanismo de la falla potencial (mecanismo de falla):** identificar lo que el evaluador considere como puntos débiles en el proceso.

- ❖ **Ocurrencia (O):** es el intervalo de ocurrencia entre falla y falla este periodo de tiempo por lo general es corto dependiendo del proceso y el criterio del evaluador.
- ❖ **Detección (D):** es la capacidad de identificar las causas que impiden que el proceso se lleve en forma continua estas causas deberán ser identificadas antes de la liberación el producto (Reyes, 2007).

Basándose en los anteriores conceptos, a continuación se detallan los tipos de AMFE:

❖ **AMFE DE DISEÑO**

Se entiende como la acción de identificar las fallas antes de su ocurrencia. La ejecución del AMFE deberá ser antes de proceso por la simple razón de la se deberá identificar la posible falla antes de su ocurrencia (DAGO, 2011).

❖ **AMFE DE PROCESO**

Es el estudio de las potenciales fallas de un proceso de fabricación, para poder brindar la garantía de que el proceso es totalmente confiable y capaz.

En el AMFE se analiza el las causas por las cuales falla un proceso en la fabricación de un producto final de calidad (DAGO, 2011).

Para desarrollar la metodología AMFE se necesita cumplir en forma ordenada y sistemática lo siguiente:

- I. Para cada Entrada del proceso determinar las formas en que ésta puede fallar (Modos de Fallo).
- II. Para cada Modo de Falla asociado con las entradas, identificar la repercusión de las fallas en el cliente (sean externos o internos).
- III. Identificar Causas potenciales de cada Modo de Falla.
- IV. Enlistar los Controles Actuales para cada Causa o Modo de Falla.
- V. A cada Causa asignar Severidad, Ocurrencia y Detección de acuerdo a la escala escogida.
- VI. Calcular el Número de Prioridad de Riesgo (R) para cada Causa.
- VII. **$NPR = Severidad \times Ocurrencia$**
- VIII. Determinar las Acciones Recomendadas para reducir los altos NPR's. (Moura, Excelencia Empresarial - Certificación Six Sigma - Green Belt, 2009).

1.11.10 Diagrama de árbol

Un diagrama de árbol se diseña en forma sistemática para ir detallando con mayor precisión los niveles que son necesarios superar, para lograr alcanzar objetivos finales o resolver un problema.

Se representa mediante una estructura en la que empieza con una meta común que gráficamente es el “tronco” y se continúa con la identificación de niveles de acción más precisos, representadas por las “ramas”. Las ramas del primer nivel constituyen medios para alcanzar la meta, pero a su vez, estos medios también son metas u objetivos intermedios, que se alcanzarán gracias a los medios de las ramas del nivel siguiente. Así sucesivamente hasta llegar a un grado de concreción suficiente sobre los medios a emplear (Moura, 2009, pp.490-497).

Un resumen de la utilización de estas herramientas en las diferentes fases de la metodología DMAMC se presenta en la tabla 2 (Moura, 2009):

1.11.11 Árbol de Contingencias

Una forma de garantizar que las soluciones seleccionadas puedan alcanzar el objetivo de mejoría planteado, es identificando los riesgos potenciales y definiendo contramedidas que puedan ser agregadas a las soluciones. Una herramienta útil para desarrollar esta fase es el árbol de contingencias.

El concepto básico del árbol de contingencias es identificar para cada actividad a realizar, el problema potencial y definir las acciones preventivas o alternativas para contrarrestar dicho problema. Esto se resume en el siguiente esquema:

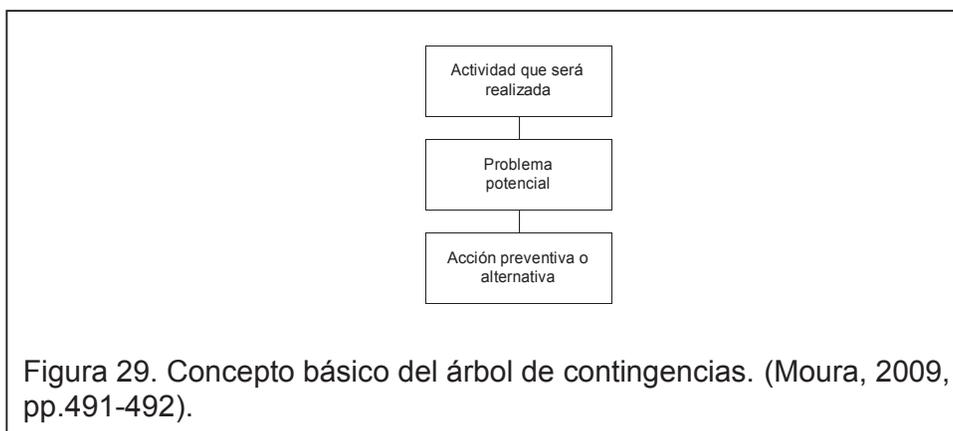


Figura 29. Concepto básico del árbol de contingencias. (Moura, 2009, pp.491-492).

Tabla 4. Metodología DMAMC y herramientas de apoyo. (Moura, 2009, pp.121).

METODOLOGÍA DMAMC		Matriz de priorización	Análisis de Pareto	CT Flowdown (tree/matrix)	Diagrama SIPOC macro	Projet Charter / Report	Diagrama SIPOC detallado	Estadística descriptiva	Matriz causa efecto	Isoplot	Estudio de capacidad	Análisis de causa y efecto	Diagrama de dispersión	Análisis Mult-Vari	P-FMEA Plus	Brainwriting / Afinidad	Diagrama resolución de conflictos	Diagrama de Árbol	Árbol de contingencias	Técnicas de estandarización	CEP	
		● APLICACIÓN PRIMARIA	○ APLICACIÓN SECUNDARIA																			
DEFINIR	Definir foco de mejora	●	●																			
	Identificar características críticas		●																			
	Definir parámetros de desempeño			○	○		○		●						○							
	Formalizar el proyecto de mejora				○	●																
MEDIR	Mapear el proceso				○	●																
	Definir y validar la medición					○			●	●												
	Determinar estab/capac. Proceso						○				●											
	Confirmar objetivo proyecto de mejora					●																
ANALIZAR	Identificar causas potenciales						○		○		○	●			○							
	Seleccionar causas primarias		○				○						○	●								
MEJORAR	Generar / seleccionar soluciones															●	●					
	Validar solución						○			●								●	●			
CONTROLAR	Estandarizar las mejoras					●													●	●		●
	Finalizar el proyecto de mejora					●													●	●		●

A continuación se detalla el uso de un software de simulación, que fue utilizado para describir en forma artificial la situación actual (antes de la propuesta de mejora), y el cuál también sirvió para realizar la propuesta de mejora en base a los resultados obtenidos en el capítulo 3, pilar fundamental de este proyecto.

1.12 SOFTWARE DE SIMULACIÓN – SIMUL8

SIMUL8 software de simulación; que fue utilizado en el presente proyecto; es un producto de la Corporación SIMUL8 utilizado para la simulación de sistemas que involucran el procesamiento de entidades discretas en tiempos virtuales. Este programa es una herramienta para la planificación, diseño, optimización y reingeniería de la producción, fabricación, logística, sistemas de suministro o servicio. SIMUL8 permite a sus usuarios crear un modelo computacional, que tiene en cuenta las limitaciones de la vida real, las capacidades, las tasas de fracaso, los patrones de cambio y otros factores que afectan el rendimiento total y la eficiencia de la producción. A través de este modelo es posible probar los escenarios reales en un entorno virtual, por ejemplo, simular la función de planificar y cargar el sistema, modificar los parámetros que afectan el rendimiento del sistema, realizar pruebas de carga extrema, verificar mediante

experimentos las soluciones propuestas y seleccionar una solución óptima. Una característica común de los problemas resueltos en SIMUL8 es que se toman en cuenta costo, tiempo y el inventario.

SIMUL8 utiliza dinámica de simulación discreta, lo que hace posible ofrecer resultados claros y concretos y pruebas - Información sobre cómo el sistema de producción diseñado u optimizado realmente funciona. Los resultados de la simulación SIMUL8 son "datos duros", los valores y las estadísticas de los parámetros de rendimiento y métricas del sistema de producción. (SIMUL8, 2011).

1.12.1 Construcción del modelo

La construcción de modelos, generalmente no se basa en la programación o los datos estadísticos, sino más bien en la elaboración de esquemas de organización en la pantalla. Sin embargo, SIMUL8 implementa una doble vía de interfaz con Visual Basic, lo que deja espacio para la creación de modelos de características avanzadas, que no se pueden modelar utilizando únicamente la interfaz gráfica. SIMUL8 también cuenta con su propio lenguaje de simulación basado en Visual Basic llamado Visual Logic, que permite al usuario poner en práctica de forma detallada la lógica de la simulación. El diseño de SIMUL8 también facilita la comunicación con otros paquetes de software tales como Microsoft Access, Excel y Visio. El apoyo de XML y la automatización OLE permite trabajar con fuentes externas de datos y exportar datos a otros sistemas internos. SIMUL8 también es compatible con la comunicación con bases de datos con SQL (SIMUL8, 2011).

1.12.2 Los componentes básicos de medio ambiente SIMUL8

Una simulación SIMUL8 gira en torno a procesar **los elementos de trabajo**. Entran en el sistema a través de **los puntos de entrada de trabajo**, pasan a través de **los centros de trabajo**, de manera temporal puede residir en **áreas de almacenamiento** y salir a través de **los puntos de salida de trabajo**. Además de este mecanismo, los centros de trabajo pueden necesitar **recursos**

específicos para procesar **los elementos de trabajo**. Una simulación consta de un número de estos objetos y de las rutas entre ellos, modelados como un gráfico dirigido.

Tabla 5. Descripción de Componentes de Simul8

Componente	Descripción
Elementos de trabajo (Elemento, entidad)	Modelos físicos o lógicos, objetos en movimiento a través del sistema. Entidades entran en el sistema, inducen a los diferentes tipos de actividades, utilizan diferentes tipos de recursos y al final salen del sistema. Un cliente, producto o documento puede ser una entidad modelo de SIMUL8.
Trabajo punto de entrada (entrada)	Objetos que representan la entrada de las entidades en el sistema por ejemplo una llegada (arribo) de cliente o la formación de un producto
Centro de trabajo (Actividad, acción)	Actividades que realizan los objetos (elementos de entrada como materias primas) en la simulación. Los recursos se utilizan normalmente durante la ejecución de una actividad
Depósito de almacenamiento (Cola, pila)	Objetos que el modelo acumula de las entidades. La cola suele preceder a las actividades para las que las entidades esperan apilados por falta de recursos
Punto de salida (Salida)	Un lugar a través del cual las entidades abandonan el sistema modelado (realización de un fin, dejando de un cliente)
Recurso (Fuente)	Objetos que se utilizan para modelar las restricciones de capacidad de los trabajadores, materiales o medios de producción utilizados en las actividades

Ruta	Objetos que se conectan con todos los demás objetos de la simulación. Ellos representan las secuencias de actividades y por lo tanto, el movimiento de las entidades del sistema (SIMUL8, 2011).
-------------	--

1.12.3 Entradas y salidas típicas

Estos son los parámetros más comunes de un modelo en SIMUL8, que son fijados por el usuario y que influyen en las condiciones del entorno simulado:

- ✓ Tiempos de ciclo
- ✓ Tasa de producción
- ✓ Capacidad del equipo de producción
- ✓ Arribos/orden de entrada
- ✓ Tasas de producción de equipos de producción
- ✓ Estadísticas de fallas en los equipos de producción

Las salidas de la simulación proporcionan información sobre:

- ✓ Utilización de equipos de producción
- ✓ Identificación de los cuellos de botella
- ✓ Rendimiento del sistema de producción
- ✓ Niveles de inventario

1.12.4 Las áreas de utilización

SIMUL8 se puede utilizar para modelar cualquier proceso en el que hay un flujo de trabajo, sin embargo las principales áreas de uso en la fabricación, cuidado de la salud, centros de contacto y la cadena de suministro.

SIMUL8 puede ser utilizado para simular diferentes tipos de sistemas:

- ❖ Sistemas de fabricación, tales como la línea de ensamblaje de modelos o modelos de flujo de material durante la producción
- ❖ Sistemas lógicos como el modelo de la manipulación de material entre el almacenamiento, la fabricación y expedición, los modelos de sistemas de almacenamiento de expedicionarios o modelos de servicios logísticos para los centros de distribución
- ❖ Flujos de trabajo administrativos como el modelo recepción de pedidos
- ❖ Sistemas de servicio al cliente o la prestación de servicios como modelo de atención al cliente en los bancos, los modelos de centro de llamadas de asistencia al cliente o modelos de asistencia al cliente en los mostradores de caja de hipermercados y muchos otros más (SIMUL8, 2011).

2. SISTEMA PRODUCTIVO CETCA

En este capítulo se dará a conocer en forma breve, la historia de compañía, ubicación, misión, visión y como está estructurada mediante un organigrama. Se describirá en forma macro los procesos, junto con sus procesos gerenciales, fundamentales y de apoyo; la caracterización de procesos que forman parte del sistema de producción de CETCA (Compañía Ecuatoriana del Té); éstos se realizarán de tal manera que se pueda identificar las oportunidades de mejora donde tenga un mayor impacto la implementación de la metodología Seis sigma.



Figura 30. Marcas Productos CETCA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

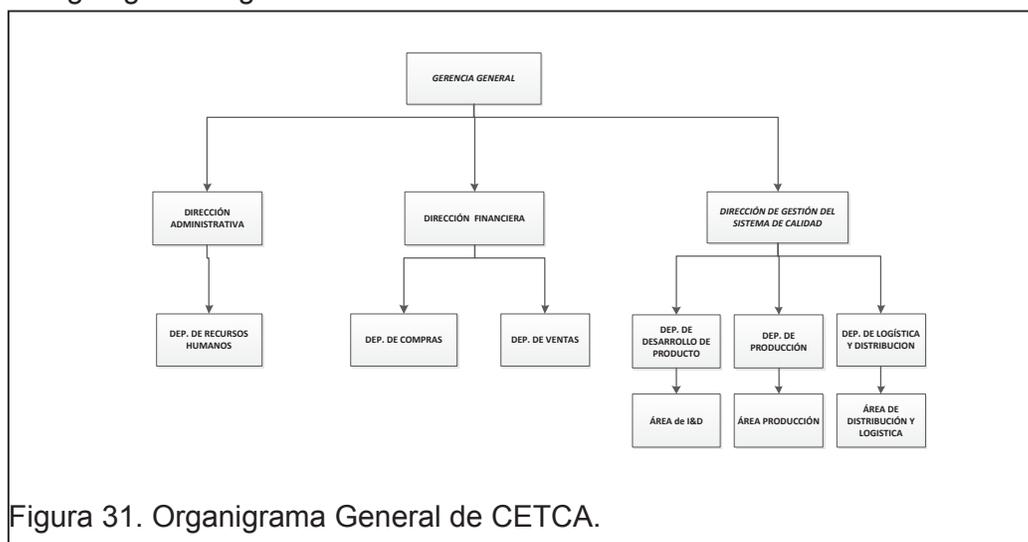
La compañía se encuentra ubicada en un complejo industrial en la Avenida Interoceánica km.21 ½ y pasaje Guachamín, Vía a Pifo, parada Los Hongos.

Nace en 1964, cuando la hacienda Sangay realizó su primera plantación de arbusto de té en la Provincia de Morona Santiago, Ecuador. 46 años más tarde, la compañía continúa la exportación de té a muchos países en América y Europa, incluyendo Inglaterra, los EEUU, El Caribe, Costa Rica, Colombia, Uruguay y Chile. Sus clientes incluyen corporaciones multinacionales como Kraft y Unilever Bestfoods.

Adicionalmente a las 400 hectáreas originales de té, dispone de 100 hectáreas nuevas, en plena producción. De las 500 hectáreas de arbustos bien cuidados, cosecha y procesa sobre 5000 toneladas de la hoja fresca anualmente. La mayor parte de la producción es exportada a granel. Sin embargo una parte significativa es empacada como Te Negro, Te Verde, Te con Sabores e Infusiones Aromáticas para el mercado local y exportación.

Así mismo la empresa ofrece Infusiones Medicinales a la Asociación de Pequeños Productores de la Provincia de Chimborazo, Jambi Kiwa y la Horchata Lojana.

La gestión de la empresa se desarrolla bajo un modelo organizacional funcional, por departamentos y sujeto a responsabilidades por funciones, según el organigrama siguiente:



En cuanto a la dirección de Gestión de la calidad, la empresa cuenta con departamentos que poseen áreas indispensables para el correcto como: I&D, área de producción y logística y distribución.

2.1.1 MISIÓN

La Compañía Ecuatoriana del Te C.A, CETCA; Compañía pionera en producir té y hierbas aromáticas para el mercado ecuatoriano se estableció para contribuir al desarrollo agrícola de nuestro país con un producto no tradicional, con tecnología, eficiencia productiva y responsabilidad, brindando salud, confianza y seguridad a través de su continua calidad e innovación permanente.

2.1.2 VISIÓN

CETCA será una compañía líder, reposicionándose en el mercado ecuatoriano y manteniendo su prestigio a través de la calidad e inocuidad en toda la gama de productos que comercializa dentro y fuera del país, satisfaciendo así las necesidades del consumidor.

CETCA, productora de té y hierbas, continuará con su apoyo y colaboración a las asociaciones comunitarias productoras de plantas aromáticas y medicinales,

impartiendo conocimiento tecnológico, comercial y administrativo, para una producción limpia que sea sustentable y sostenible.

2.2 DEFINICIÓN DE PROCESOS E INTERRELACIONES

Uno de los primeros pasos que se realizó en la aplicación de la metodología seis sigma , fue identificar y definir sus procesos claves. Considerando estas características, en la Compañía Ecuatoriana del Té, CETCA se pasó a identificar los procesos que aportan valor a los clientes y demás partes interesadas, llegando así a definir el mapa de procesos de la organización.

2.3 MAPA DE PROCESOS

Se realizó el mapeo de procesos de CETCA, con la colaboración del Departamento de Gestión de Calidad, definiéndose los procesos gerenciales, los fundamentales y los de apoyo, diagramados a continuación:

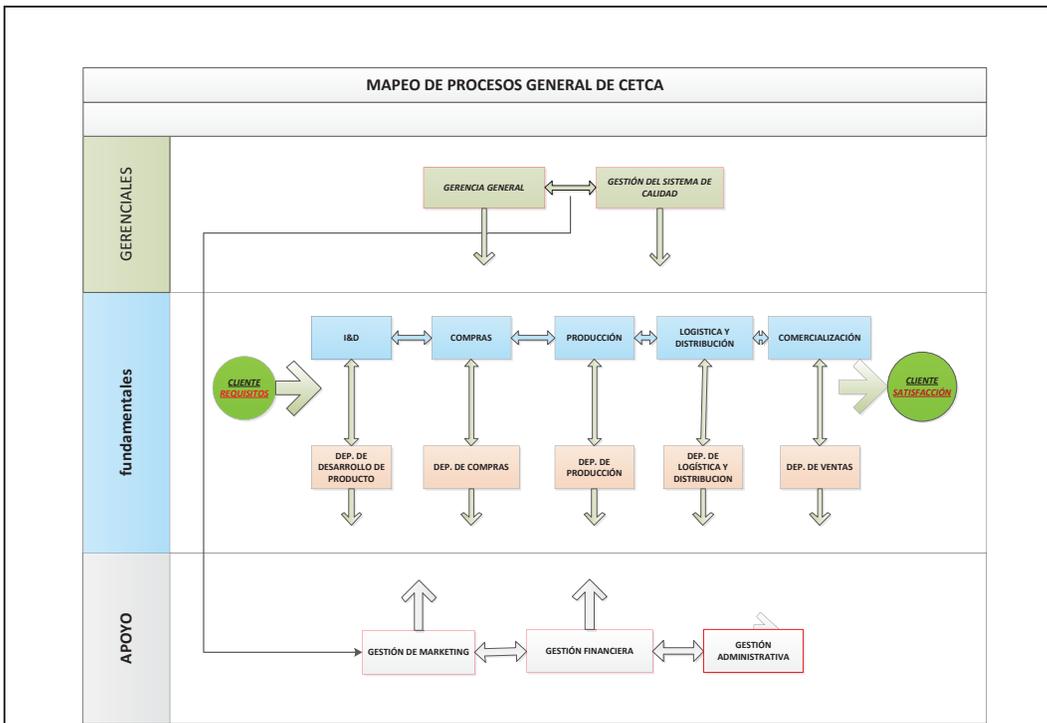


Figura 32. Mapa de Procesos General CETCA – Microsoft Visio.

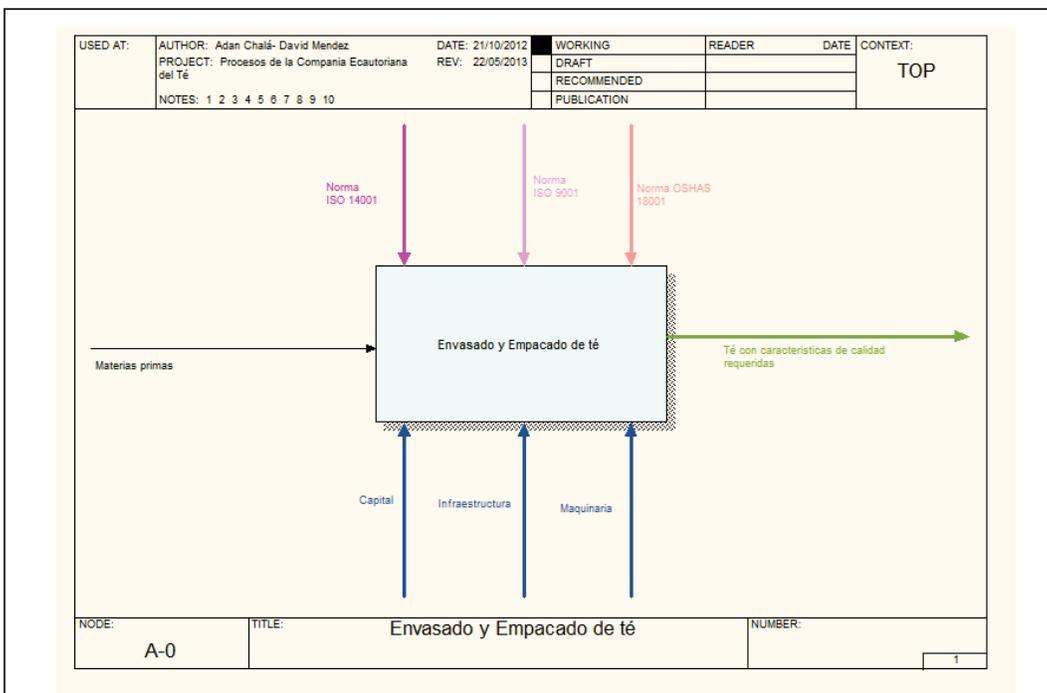


Figura 33. Mapa de Procesos General Desglosado – BPWIN.

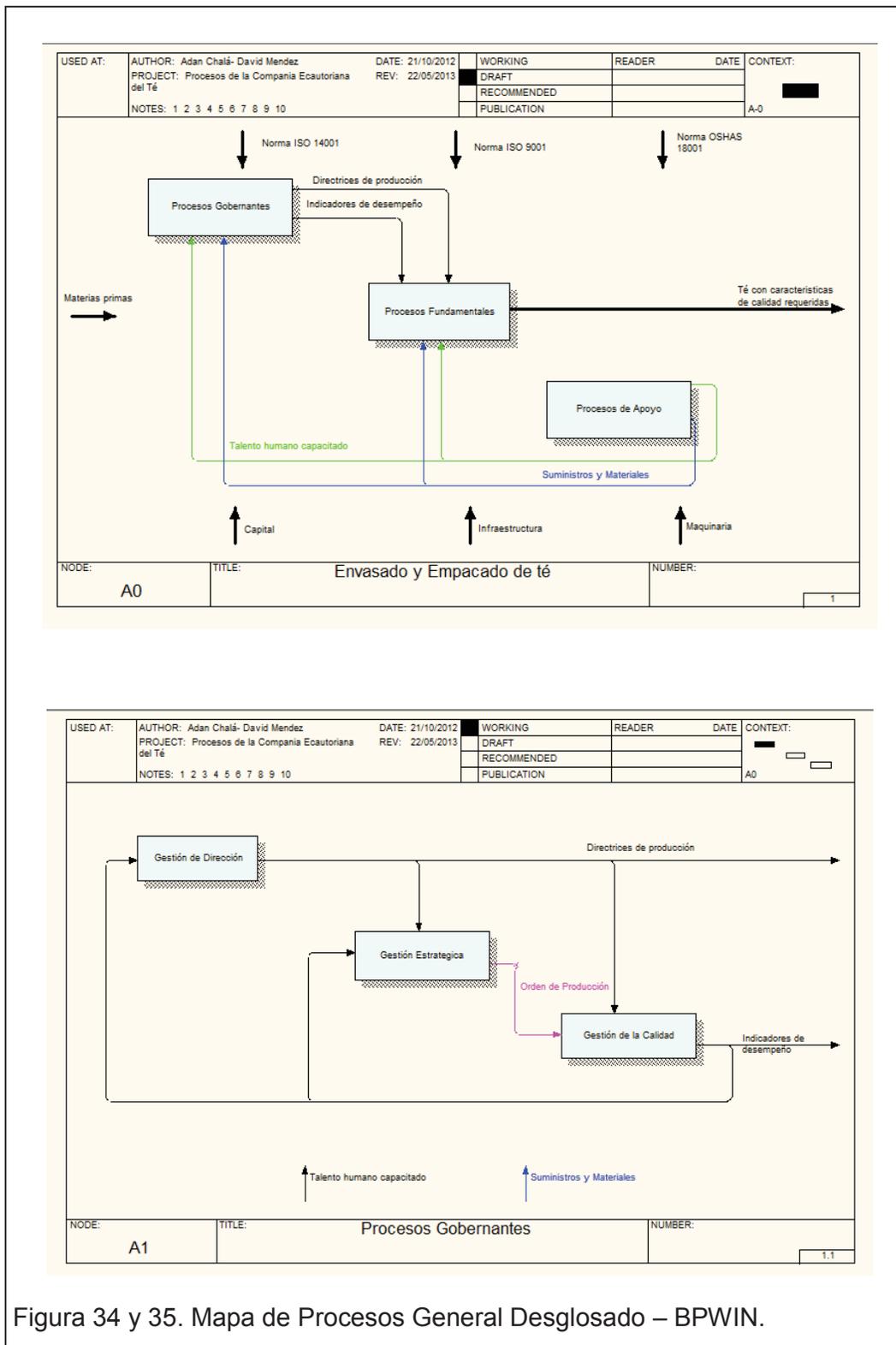


Figura 34 y 35. Mapa de Procesos General Desglosado – BPWIN.

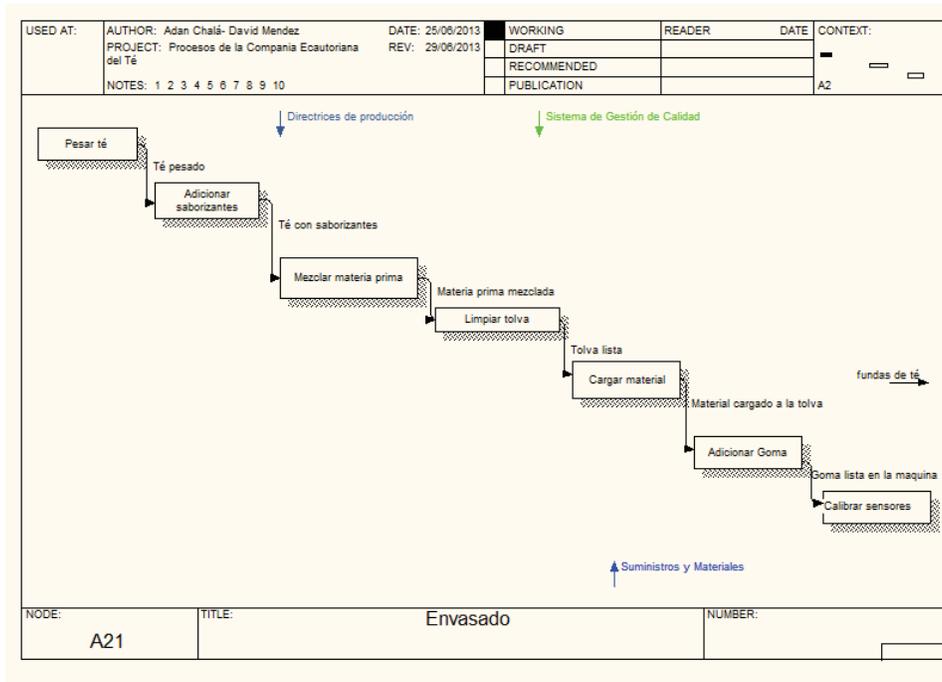
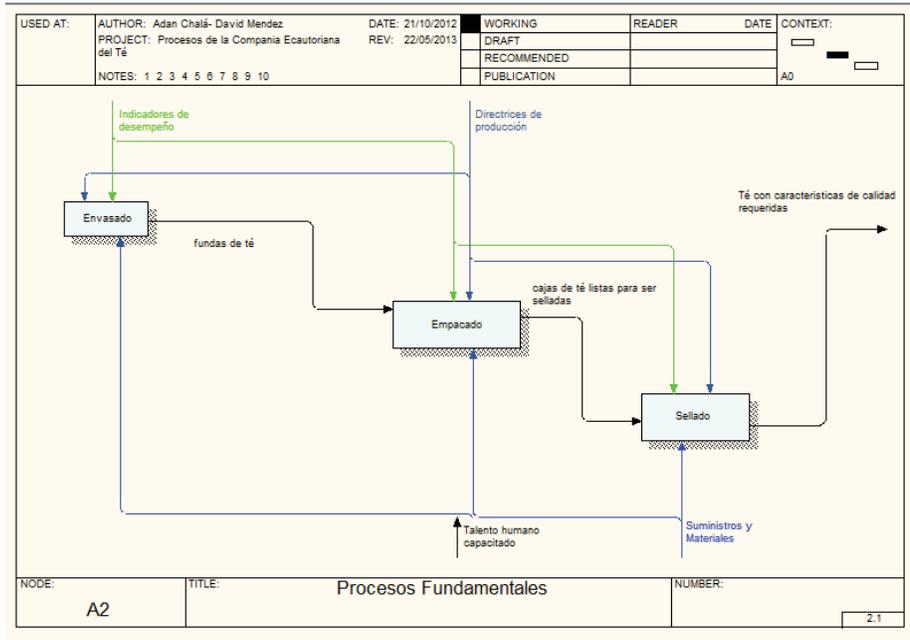


Figura 36 y 37. Mapa de Procesos General Desglosado – BPWIN.

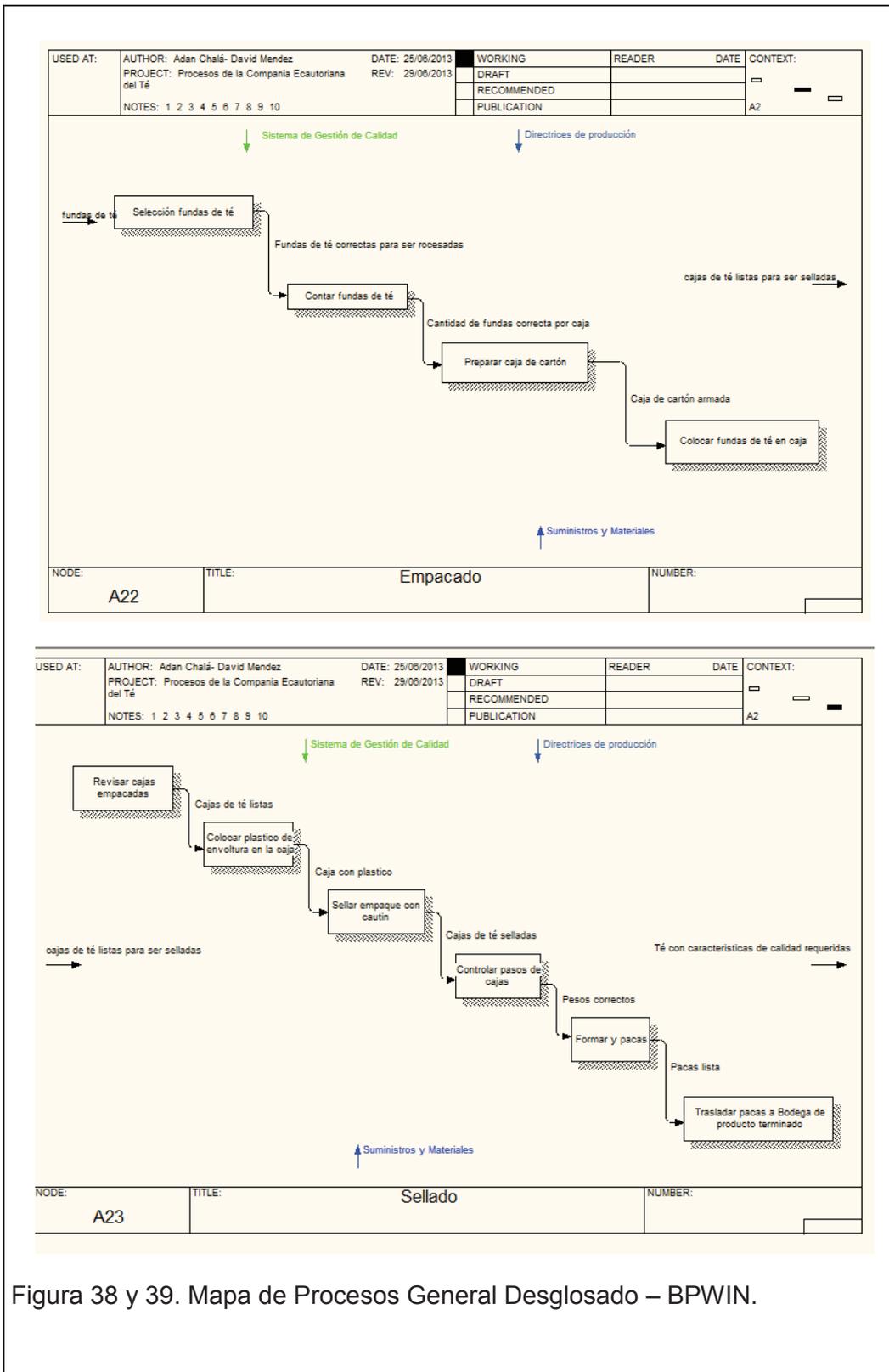


Figura 38 y 39. Mapa de Procesos General Desglosado – BPWIN.

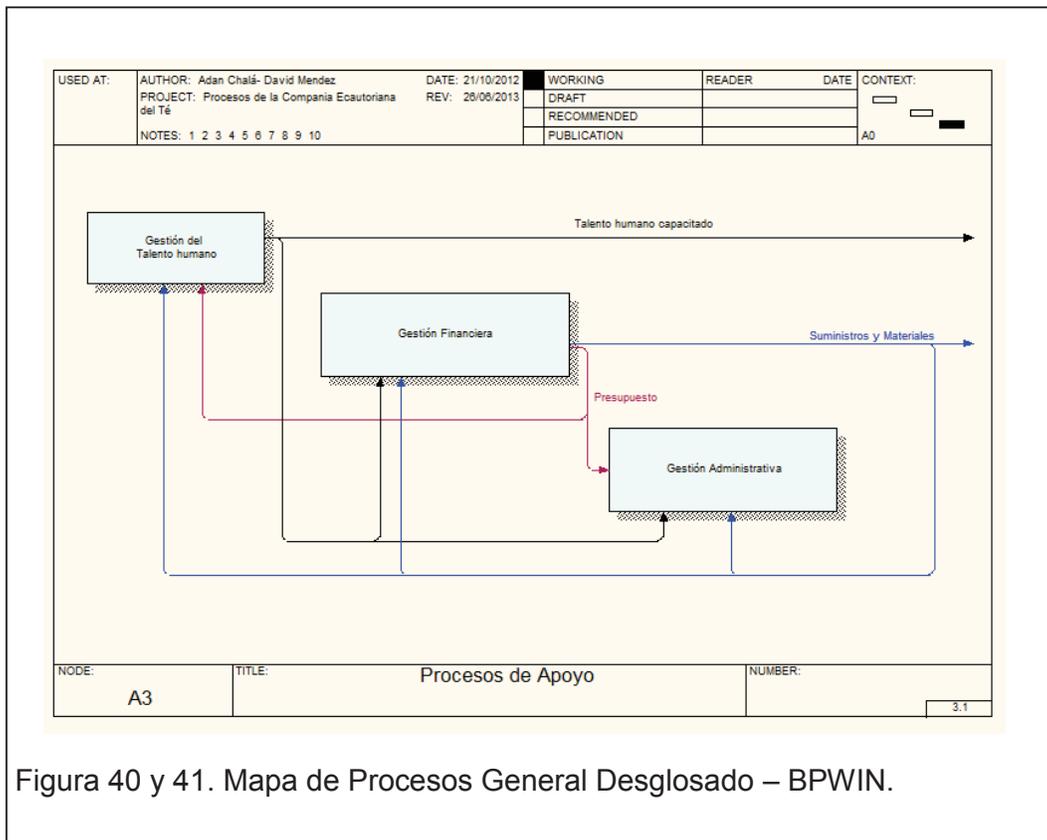


Figura 40 y 41. Mapa de Procesos General Desglosado – BPWIN.

Como se observa en el mapa de procesos general de la Fig. 32, la gestión de calidad es una parte fundamental del sistema, y también se evidencia su gestión en los mapas de procesos Fig. 33 a 41, lo que favorece la implantación de proyectos de mejora continua como es seis sigma .

A continuación, se realizó una caracterización de los procesos.

2.4 CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS

Para tener una mejor visión de los procesos y sus interrelaciones con el fin de realizar un mejor desarrollo del proyecto se realizó una caracterización de los mismos, con lo cual se logró tener un conocimiento más profundo del giro de negocio de CETCA.

2.4.1 Caracterización del proceso de Dirección

El proceso de Dirección: Gestión del sistema de calidad, fue analizado y caracterizado de la siguiente forma:

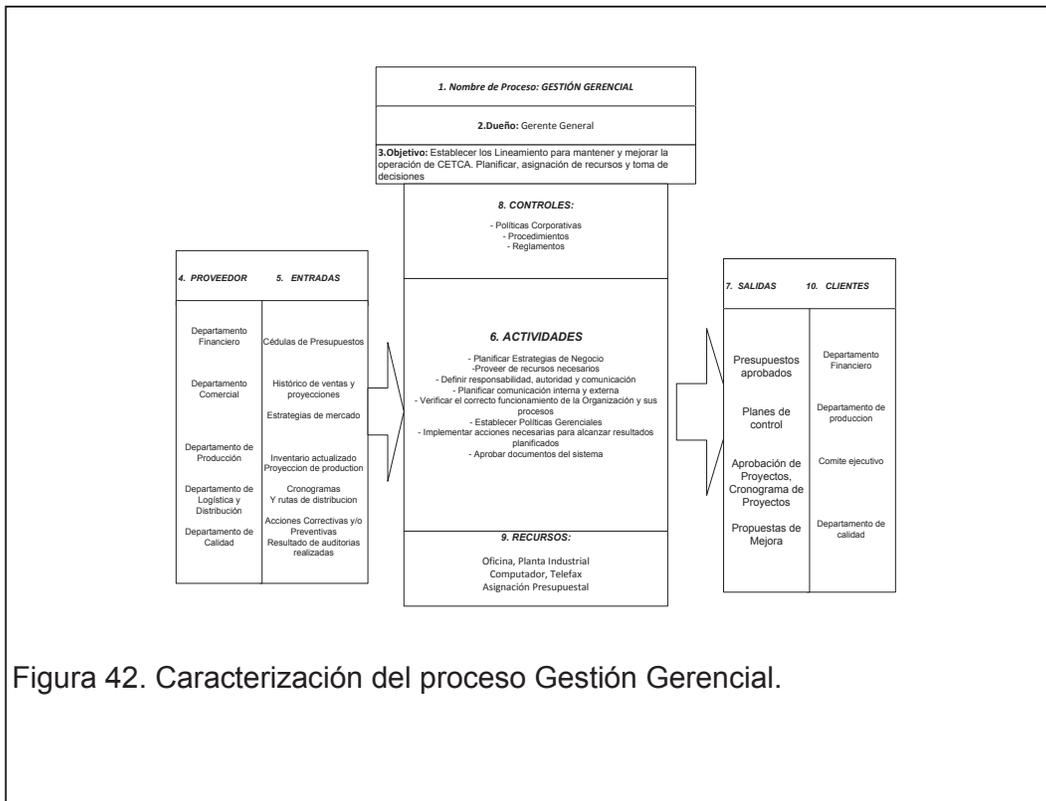


Figura 42. Caracterización del proceso Gestión Gerencial.

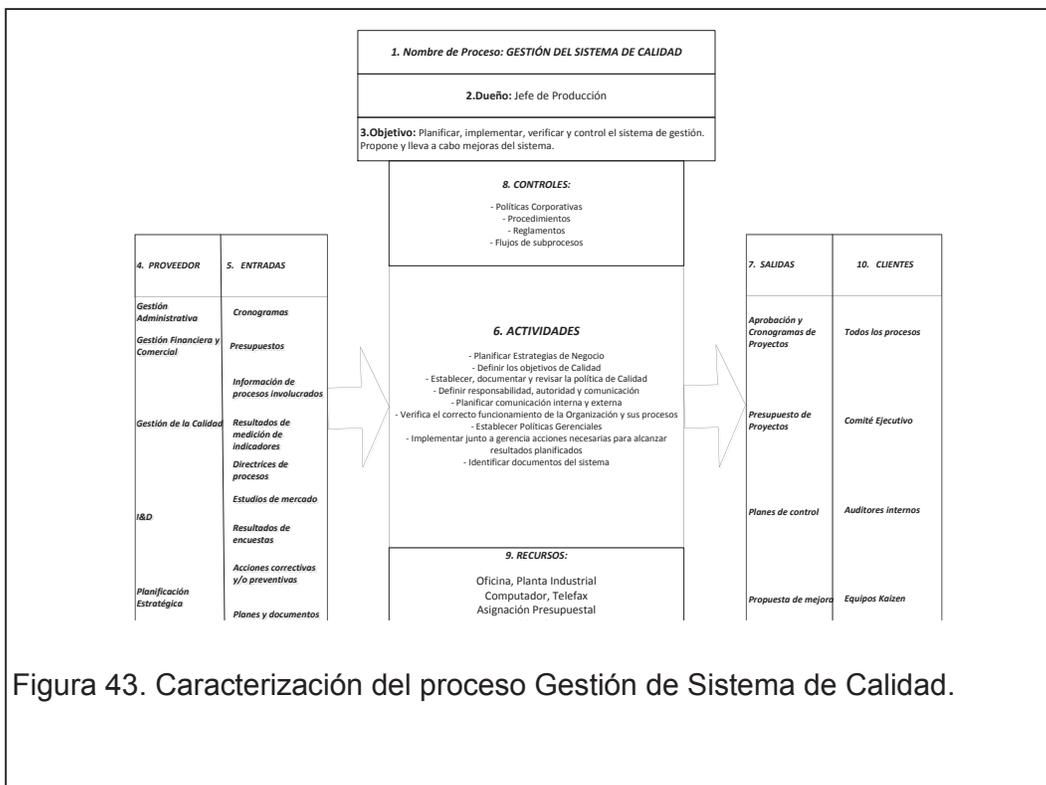


Figura 43. Caracterización del proceso Gestión de Sistema de Calidad.

2.4.2 Caracterización de los Procesos Productivos

Los cinco procesos Productivos: Investigación y Desarrollo; Compras; Línea Industrial, Logística, Distribución y Comercialización, quedaron caracterizados de la siguiente manera:

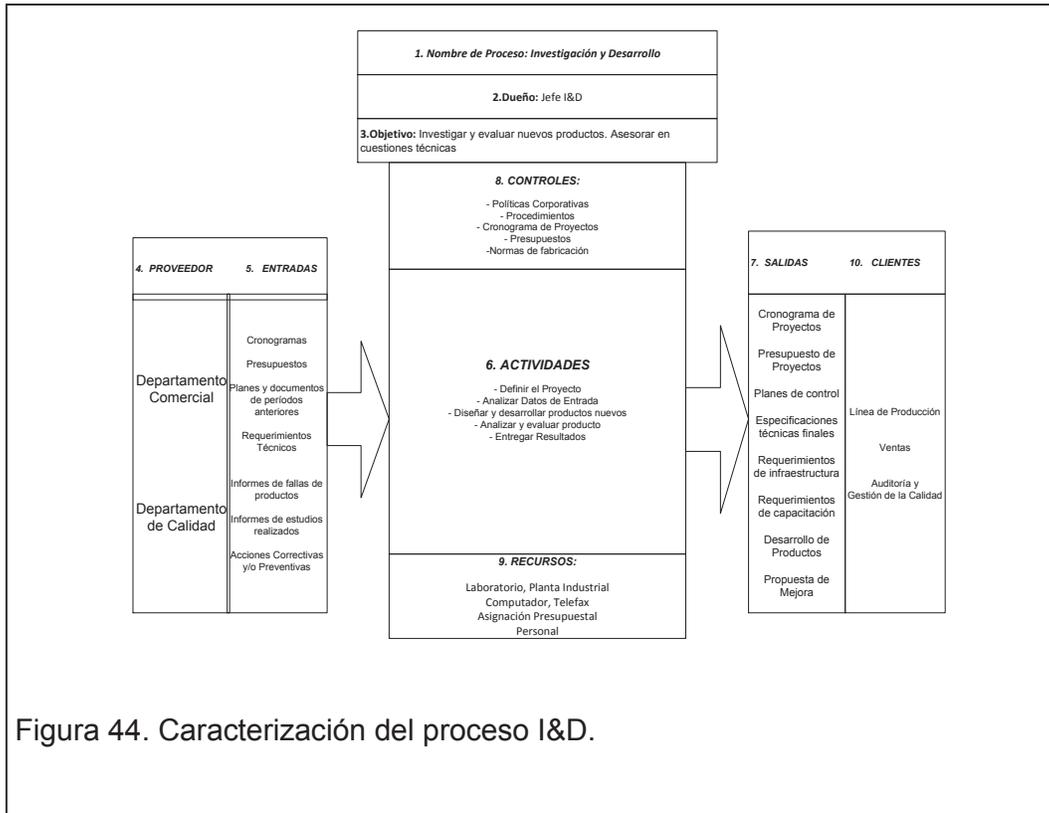


Figura 44. Caracterización del proceso I&D.

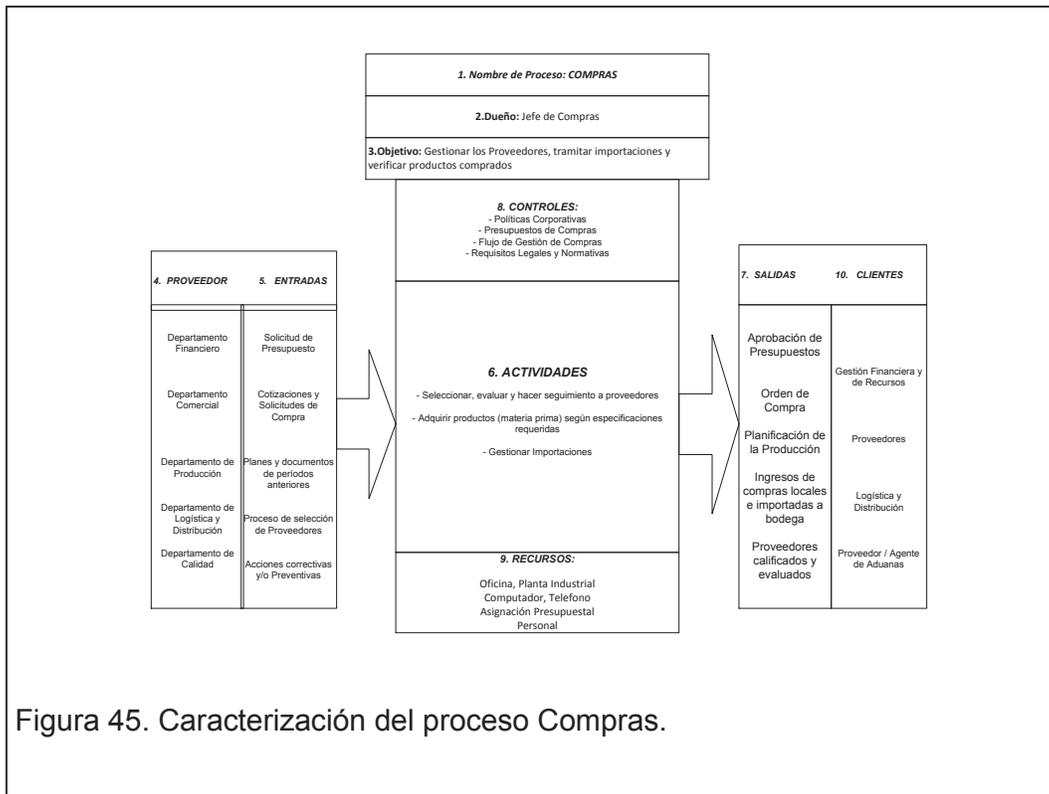


Figura 45. Caracterización del proceso Compras.

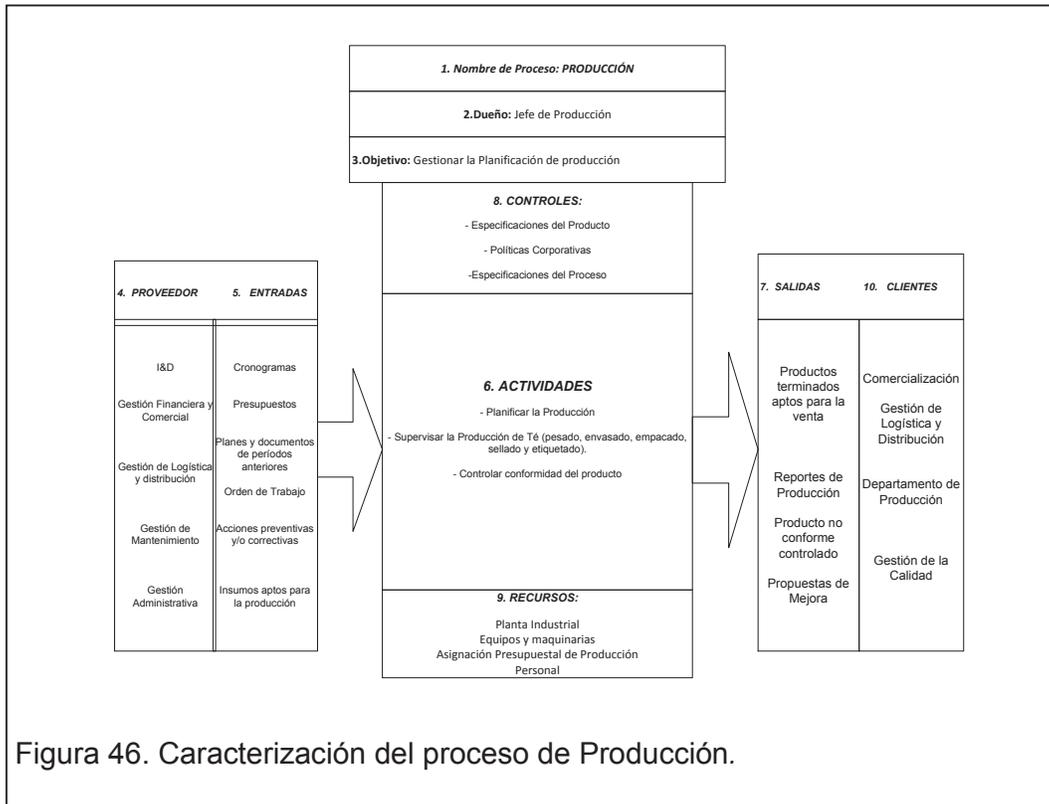


Figura 46. Caracterización del proceso de Producción.

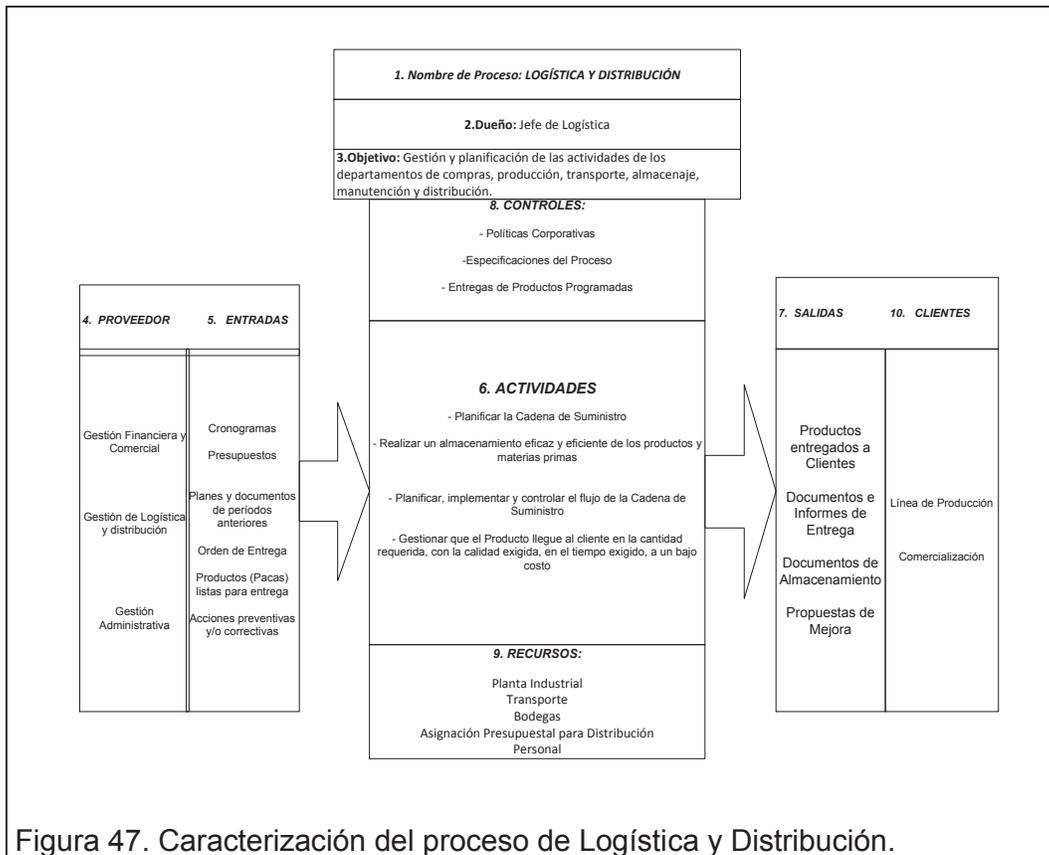


Figura 47. Caracterización del proceso de Logística y Distribución.

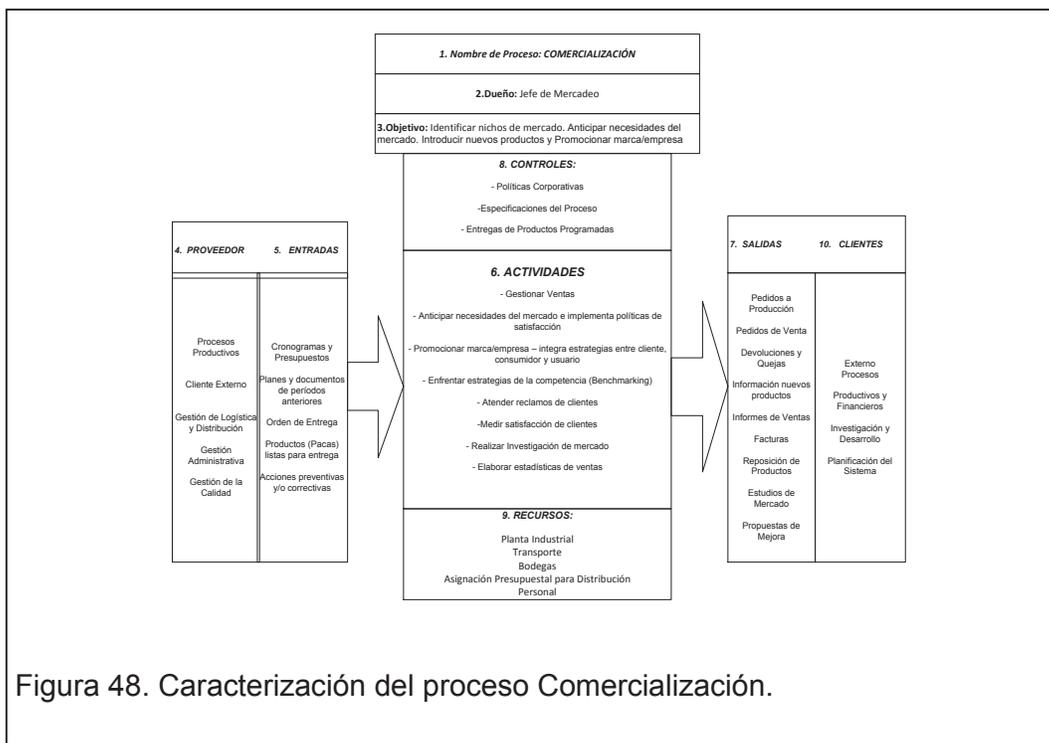


Figura 48. Caracterización del proceso Comercialización.

2.4.3 Procesos de Apoyo

Los cuatro procesos de Apoyo: Gestión de recursos; Gestión financiera; Gestión de seguridad; y, Medición, análisis y mejora, fueron caracterizados de la siguiente manera:

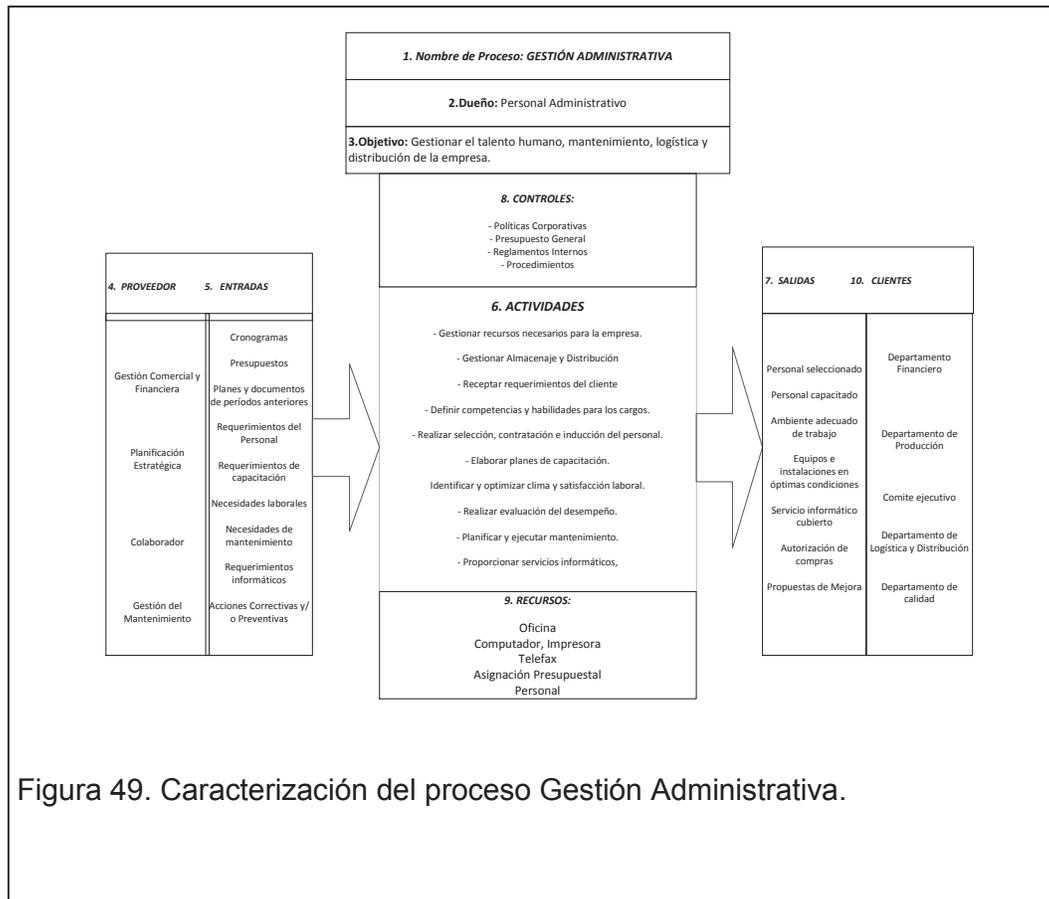


Figura 49. Caracterización del proceso Gestión Administrativa.

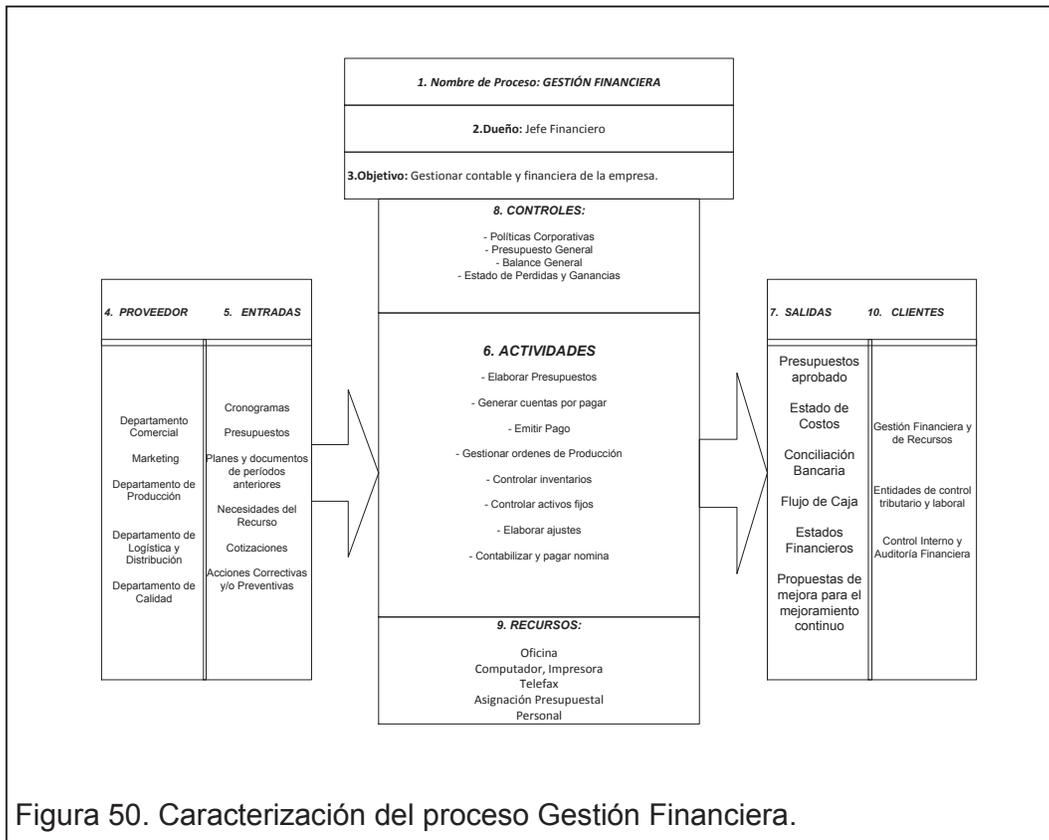


Figura 50. Caracterización del proceso Gestión Financiera.



Figura 51. Caracterización del proceso Gestión de Marketing.

Luego de haber identificado y caracterizado los procesos clave en esta organización, se tiene algunas opciones donde implementar la metodología DMAMC de la estrategia seis sigma. La definición del proceso prototipo y el desarrollo de las distintas fases se detallan en el desarrollo de la metodología DMAIC.

3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DMAIC

El presente capítulo tiene como objetivo el desarrollo de la metodología DMAIC en el proceso de empacado de cajas té en la Compañía Ecuatoriana del Té para eliminar sistemáticamente las no conformidades en los productos y mejorar el rendimiento y la calidad para el cliente final, en el presente proyecto se hará uso de esta metodología dejándose a un lado el desarrollo de la metodología DMADV (Este método bastante similar a DMAIC se compone de las siguientes fases: Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar); debido a que el presente proyecto tiene como fin mejorar un proceso ya existente mas no crear un nuevo proceso mejorado.

3.1 Definición del proyecto

Se propone mejorar la calidad del proceso de elaboración de té en CETCA para cumplir las exigencias de sus clientes, y mejorar la productividad de la empresa.

3.1.1 Definición del foco de mejora

Determinar los procesos productivos críticos que tengan un mayor impacto en mejorar la productividad, teniendo en cuenta los requisitos del cliente que permitan una mejora esencial en el desempeño de los procesos, teniendo como marco de referencia su política así como los recursos con los que cuenta CETCA destinados para la aplicación de proyectos de mejora. Para la identificación de los procesos críticos se contó con la participación y aprobación de los Jefes de departamentos y el Gerente de la organización, determinando por asentimiento el proceso que tenga una mayor repercusión para su desarrollo.

A continuación se delimita el proceso, para lo cual se utilizó como herramienta la matriz de priorización, se consideraron los siguientes criterios:

- A Reducir los costos unitarios
- B Disminuir los desperdicios
- C Establecer condiciones ambientales adecuadas
- D Reducir el tiempo de producción

Se cotejó los criterios seleccionados con el fin de determinar prioridades entre los mismos. La escala de puntuación escogida fue la siguiente:

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

El resultado de anteponer los criterios se muestran en la tabla 6:

Tabla 6. Matriz de priorización de criterios.

	A	B	C	D	Porcentaje
A Reducir de costos unitarios		3	3	3	15%
B Reducir el tiempo de producción	7		7	7	35%
C Establecer condiciones Ambientales adecuadas	7	3		7	28%
D Disminuir los desperdicios	7	3	3		22%

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de las alternativas:

Tabla 7. Matriz de priorización para el criterio de reducción de costos unitarios

Reducción de costos unitarios		I	II	III	IV	V	Porcentaje
I	Resepción y almacenamiento de mp		5	3	5	3	16%
II	Mantenimiento maquinaria	5		3	3	3	14%
III	Proceso de envasado y empacado	7	7		7	7	28%
IV	Proceso de sellado	5	7	3		7	22%
V	Logística y distribución	7	7	3	3		20%

Tabla 8. Matriz de priorización para el criterio disminución de los desperdicios

Disminuir los desperdicios		I	II	III	IV	V	Porcentaje
I	Resepción y almacenamiento de mp		1	1	1	5	8%
II	Mantenimiento maquinaria	9		5	5	9	28%
III	Proceso de envasado y empacado	9	5		7	9	30%
IV	Proceso de sellado	9	5	3		9	26%
V	Logística y distribución	5	1	1	1		8%

Tabla 9. Matriz de priorización para el criterio condiciones ambientales adecuadas

Establecer condiciones Ambientales adecuadas para proceso		I	II	III	IV	V	Porcentaje
I	Resepción y almacenamiento de mp		5	5	7	7	24%
II	Mantenimiento maquinaria	5		3	3	5	16%
III	Proceso de envasado y empacado	5	7		7	9	28%
IV	Proceso de sellado	3	7	3		9	22%
V	Logística y distribución	3	5	1	1		10%

Tabla 10. Matriz de priorización para el criterio de reducción del tiempo de producción

Reducir el tiempo de producción		I	II	III	IV	V	Porcentaje
I	Resepción y almacenamiento de mp		3	3	3	5	14%
II	Mantenimiento maquinaria	7		5	7	9	28%
III	Proceso de envasado y empacado	7	5		7	9	28%
IV	Proceso de sellado	7	3	3		3	16%
V	Logística y distribución	5	1	1	7		14%

Con la calificación asignada a las alternativas en los distintos criterios seleccionados se construyó la siguiente matriz síntesis:

Tabla 11. Matriz síntesis de criterios vs. Alternativa

Matriz Síntesis

	Reducir de costos unitarios	Disminuir los desperdicios	Establecer condiciones Ambientales adecuadas para proceso	Reducir el tiempo de producción	
	15%	35%	28%	22%	Procentaje
Resepción y almacenamiento de mp	16%	8%	24%	14%	15%
Mantenimiento maquinaria	14%	28%	16%	28%	23%
Proceso de envasado y empackado	28%	30%	28%	28%	29%
Proceso de sellado	22%	26%	22%	16%	22%
Logística y distribución	20%	8%	10%	14%	12%

Al realizar la ponderación de criterios vs. alternativas se obtuvo que el proyecto se realizará en el proceso de sellado y empackado puesto que éste obtuvo el más alto puntaje en la calificación de las matrices.

3.1.2 Identificación de las características críticas

Parámetros críticos de satisfacción

En la siguiente etapa se tiene como meta priorizar e identificar las características que más afectan a la satisfacción del cliente, a las cuales se les conoce como “CTS” (*Critical to satisfaction*).

Para determinar los CTS en el proceso de empacado de té se contó con la colaboración del área de calidad, y se utilizó como herramienta el diagrama de árbol, en el cual se estableció los requisitos necesarios a cumplir para lograr la satisfacción del cliente final. A continuación se presenta la construcción y resultado del diagrama:



Figura 52. Características críticas de satisfacción.

Es necesario priorizar y analizar estas características teniendo en cuenta el índice de importancia del cliente (IIC) y el grado de no conformidad (GNC). El producto de estos valores corresponde al índice de prioridad.

La escala de valoración adoptada fue la siguiente:

Tabla 12. Escala de valoración IIC y GNC

IIC		GNC	
Muy importante	= 9	Muy alto	= 9
Importante	= 7	Alto	= 7
Medianamente importante	= 5	Medio	= 5
Poco importante	= 3	Bajo	= 3
Muy poco importante	= 1	Muy bajo	= 1

Tabla 13. Matriz de caracterización

CTS			
Atributos	IIC	GNC	Prioridad
Concentración adecuada de té	7	5	35
Propiedades nutricionales	5	5	25
Té fresco	3	7	21
Sabor correcto	5	7	35
Aroma agradable	7	5	35
Buena presentación de funda	5	9	45
Correcta concentración	3	7	21
Tiempo de entrega	7	9	63
Información de producto clara y visible	5	5	25
Precio adecuado	7	5	35
Disponibilidad del producto	3	3	9
Producto libre de impureza	9	5	45

Atributos claves CTS

Tabla 14 Atributos claves CTS

Atributos claves CTS	
Tiempo de entrega	63
Buena presentación de funda	45
Producto libre de impureza	45

Parámetros críticos del Producto

Una vez establecidos los CTS más importantes, se debe ampliarlos en parámetros de desempeño del producto, en relación al grado en el que cumplen los requisitos del cliente, precio y entrega de llamados críticos para el producto (CTY).

Como herramienta para establecer los CTY en el proceso de empaque y sellado se utilizó el diagrama de árbol, dando como resultado:

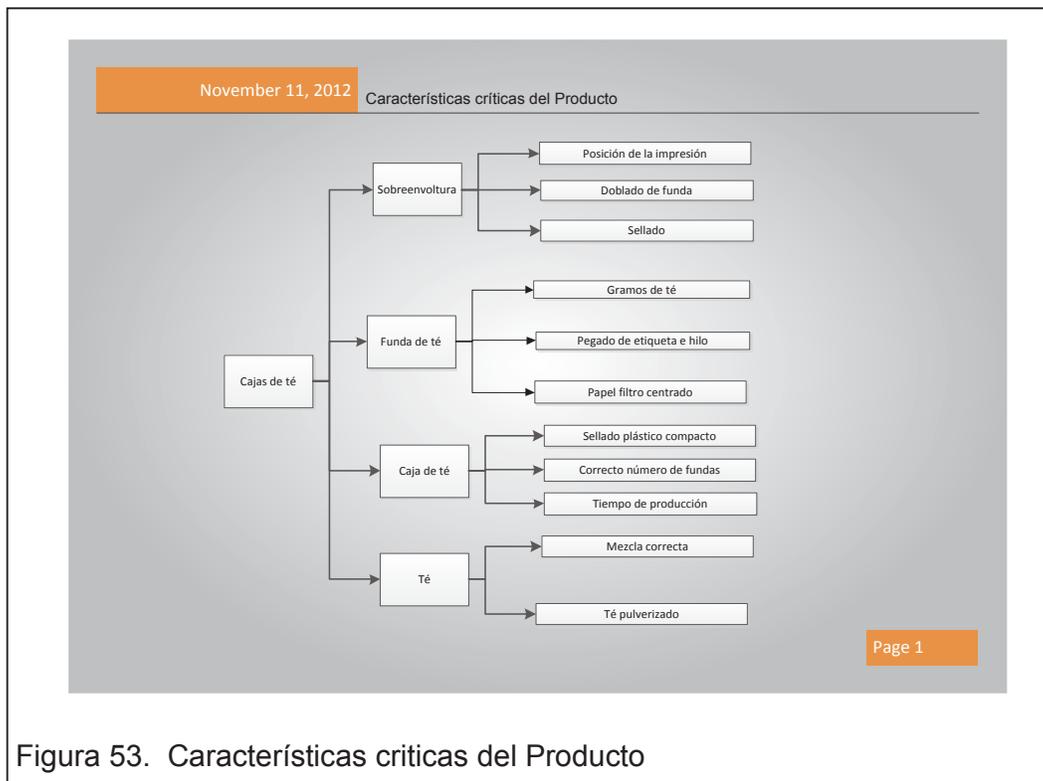


Figura 53. Características críticas del Producto

Estos parámetros fueron analizados en la matriz CTY, considerando la relación con los atributos CTS priorizados, obteniendo el siguiente resultado en la tabla 15 y 16:

Tabla15. Matriz de caracterización CTY

	producto libre de impurezas	Buena presentación de funda	Tiempo de entrega	Priorización CTY
	0,457	0,326	0,217	
Posición de impresión en sobreenvolruta		4		1,30
Doblado de la funda		5		1,63
Gramos de té		2		0,65
Pegado de etiqueta e hilo		4		1,30
Centrado de papel filtro		4		1,30
Sellado compacto		4		1,30
Numero correcto de fundas de té		2		0,65
Mezcla correcta	2	2		1,57
Pulverizado de té	3			1,37
Tiempo de produccion			9	1,95

Atributos claves del CTY

Tabla 16. Matriz atributos CTY

Tiempo de produccion	1,95
Doblado de la funda	1,63
Mezcla correcta	1,57

Parámetros críticos para el proceso

A continuación se analiza los parámetros críticos para el proceso (CTX) con el uso de un diagrama de árbol - figura 64:

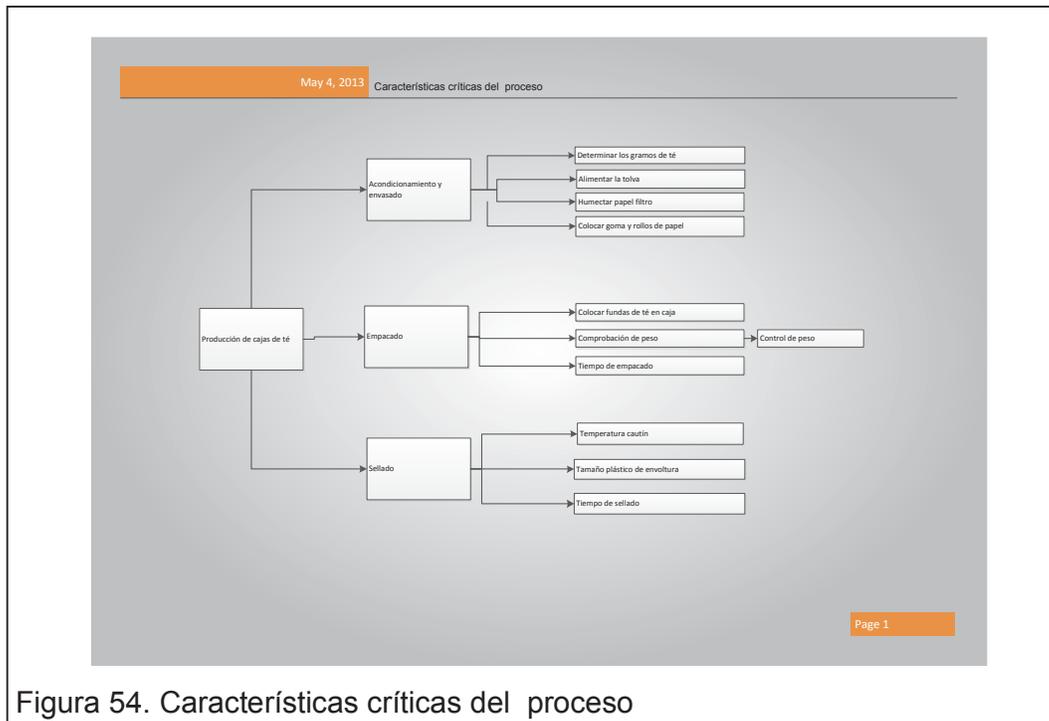


Figura 54. Características críticas del proceso

Tabla 17. Matriz atributos CTX

CTX				
	Mezcla correcta	Tiempo de producción	de doblado de la funda	Priorización CTY
	0,276442	0,272	0,139	
Alimentar la tolva		4		1,09
Colocar goma y rollos de papel			3	0,42
Colocar las fundas de té en caja		3		0,82
Comprobación de peso		3		0,82
Tiempo de empacado y sellado		7		1,90
Tamaño plástico de envoltura			5	0,70
Tiempo de envasado		5		1,36

Tabla 18. Matriz atributos CTX

Atributos claves CTX	
Tiempo de empaçado y sellado	1,90
Tiempo de envasado	1,36
Alimentar tolva	1,09

3.1.3 DIAGRAMA SIPOC - NIVEL MACRO

El diagrama SIPOC para el proceso de producción de té a nivel macro y desglosado, se describen en el literal 3.3.1.

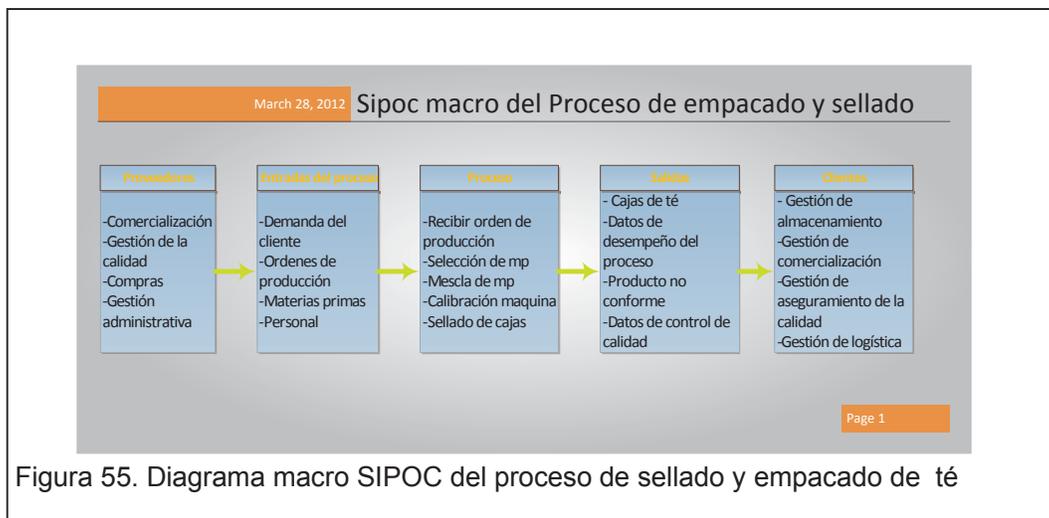


Figura 55. Diagrama macro SIPOC del proceso de sellado y empaçado de té

3.2 FORMALIZACIÓN DEL PROYECTO

En el presente documento se pretende delimitar los objetivos a ser alcanzados por el equipo mismos que deberán ser afines a los objetivos primarios de CETCA.

SIX SIGMA PROJECT CHATER			
Champion: Juan Francisco Guarderas		Green belt: Adan Chalá-David Mendez Espin	
Dirección: Interoceánica km 1/2		Proceso analizado: Envasado y empackado de té	
Elemento	Descripción	Plan del equipo	
1. Proceso	Proceso a mejorar	Envasado y empackado de té	
2. Descripción	Alcance y objetivos primarios	Determinar los procesos productivos críticos que tengan un mayor impacto en mejorar la productividad, teniendo en cuenta los requisitos del cliente que permitan una mejora esencial en el desempeño de los procesos, teniendo como marco de referencia su política así como los recursos con los que cuenta CETCA.	
3. Declaración del problema	Aspectos específicos que el equipo desea mejorar	Reducción los costos unitarios	
		Disminuir los desperdicios	
		Establecer Condiciones ambientales adecuadas	
		Reducir el tiempo de producción	
4. Objetivo	Se plantea reducir el tiempo de empackado y sellado, así como los desperdicios		
5. Ventajas financieras	Cuál es el costo promedio de ahorro a alcanzar con la realización del proyecto	Costo diurno	18153
		Costo nocturno	9096
		Costo proyectado	2477
		inversión estimada	6000
6. Miembros del Equipo	Conformación del equipo	Carmen Vásquez Supervisora	
		Juan Francisco Guarderas- Jefe de planta	
7. Alcance del proyecto	¿Qué parte del proceso se analizarán?	El presente proyecto consiste en la investigación y análisis del proceso de empackado y empackado de té.	
8. Beneficios para los clientes	Especificar los clientes internos y externos	El presente proyecto consiste en la investigación y análisis del proceso de empackado y empackado de té.	
9. Cronograma	Inicio	Inicio de Proyecto	01/10/2011
	D- Definir	Finalización de "D"	16/12/2011
	M- Medir	Finalización de "M"	25/01/2012
	A- Analizar	Finalización de "A"	18/04/2012
	I- Implementar	Finalización de "I"	18/04/2012
	C- Control	Finalización de "C"	20/06/2012
10. Apoyo requerido	Los recursos que el equipo necesita para desarrollar el presente proyecto	Cronometro	30 \$
		Termómetros	60 \$
		Hielo	0.15\$
		Útiles de oficina	22 \$

Figura 56. Project Chater seis sigma en el proceso de producción de té

3.3 Medición del Proceso

En esta etapa se detalla el proceso de sellado y empackado de té, identificando con detalle las salidas críticas a tomar en cuenta; así como la selección del sistema de medida y, se toman datos reales para determinar el comportamiento actual del proceso, obteniéndose como resultado el diagrama que detalla las actividades del proceso.

3.3.1 Diagrama SIPOC a nivel detallado

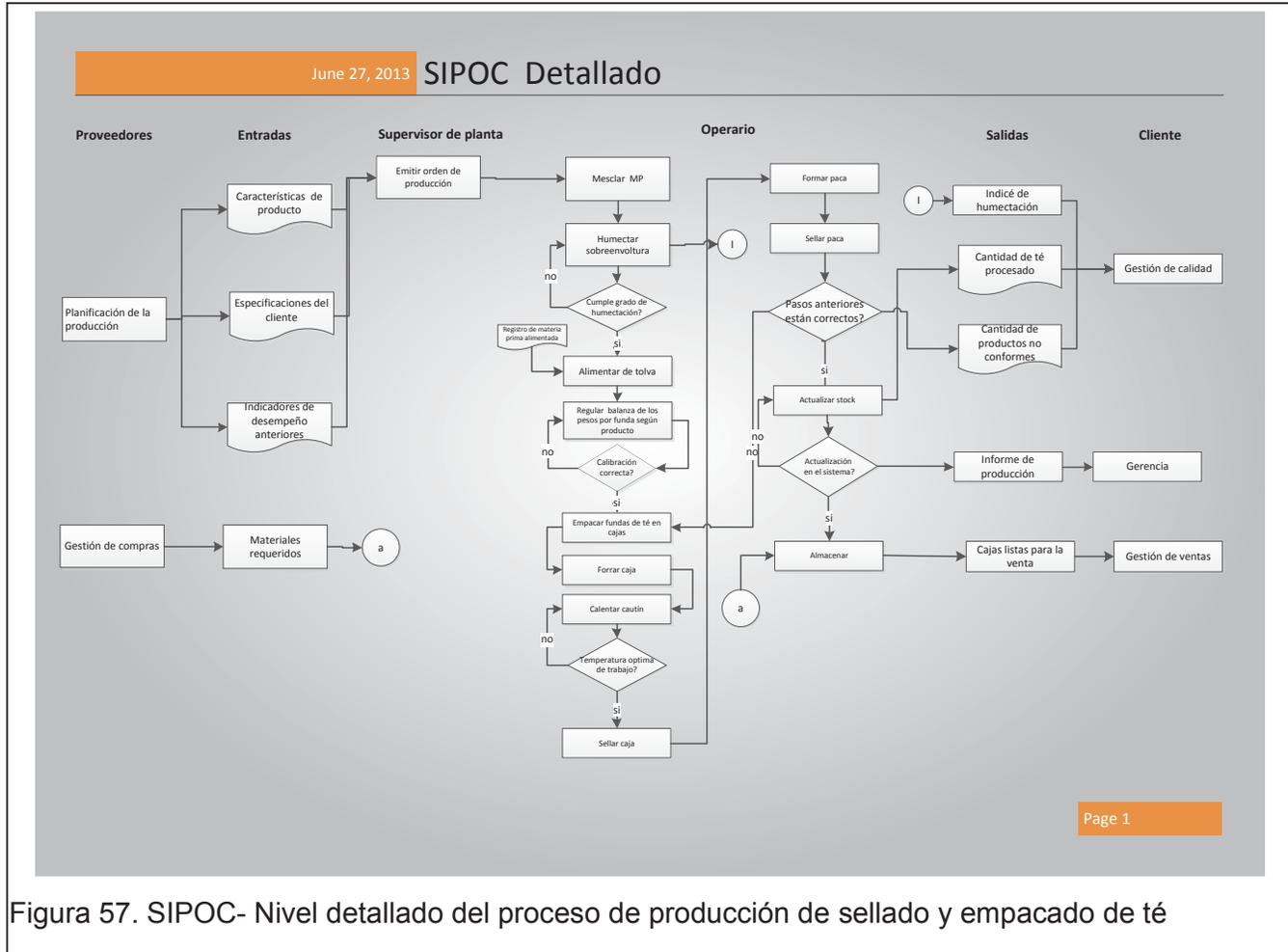


Figura 57. SIPOC- Nivel detallado del proceso de producción de sellado y empaçado de té

3.3.2 Medición para la toma de tiempos

Los tiempos mostrados en el Anexo N° 2 de producción del proceso de sellado y empaçado se consideró los suplementos intrínsecos en el desempeño de los operarios, es decir se adiciono un porcentaje más de tiempo a los datos recolectados con el fin de ajustarlos lo más cerca posible a la realidad del proceso de empaçado y sellado dichos criterios fueron seleccionados con la ayuda y en base a los criterios del jefe de planta y supervisora por ser las personas que más relacionadas están con el proceso y la forma en la que este se lleva a cabo, la tabla de suplementos y los factores de calificación por dificultad de trabajo se encuentra en el Anexo N° 1 junto a los criterios que se utilizó para seleccionarlos, para posteriormente validar el método de medición y determinar la capacidad del proceso.

Para saber cuántos datos deben ser considerados como una muestra se aplicó la siguiente formula: (Lara, 2010)

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot P(1-P)}{e^2}$$

Dónde

N = El tamaño del universo

n = El tamaño de la muestra con respecto al universo

e = El grado de error

P = El porcentaje de probabilidad de que un objeto sea tomado en cuenta como parte de la muestra

Z = Nivel de confianza

Datos

$Z^2_{\alpha/2(95\%)} =$	2,706025
N =	1443200
P =	0,05
$e^2 =$	0,0009

Reemplazando en la formula

$$n = \frac{2,70^2 \cdot 1443200 \cdot 0,05(1-0,05)}{(1443200-1) \cdot 0,0009^2 + 2,706025^2 \cdot 0,05(1-0,05)}$$

$$n = 142,8$$

De esta manera se concluye que para que las muestras de los tiempos de los procesos de empaçado y sellado puedan inferir apropiadamente sobre el comportamiento futuro del proceso deben ser mayores o iguales a 143 datos. Ver anexo 2.

3.3.3 Definir y validar el método de medición

Se analizó la validación de los métodos de medición:

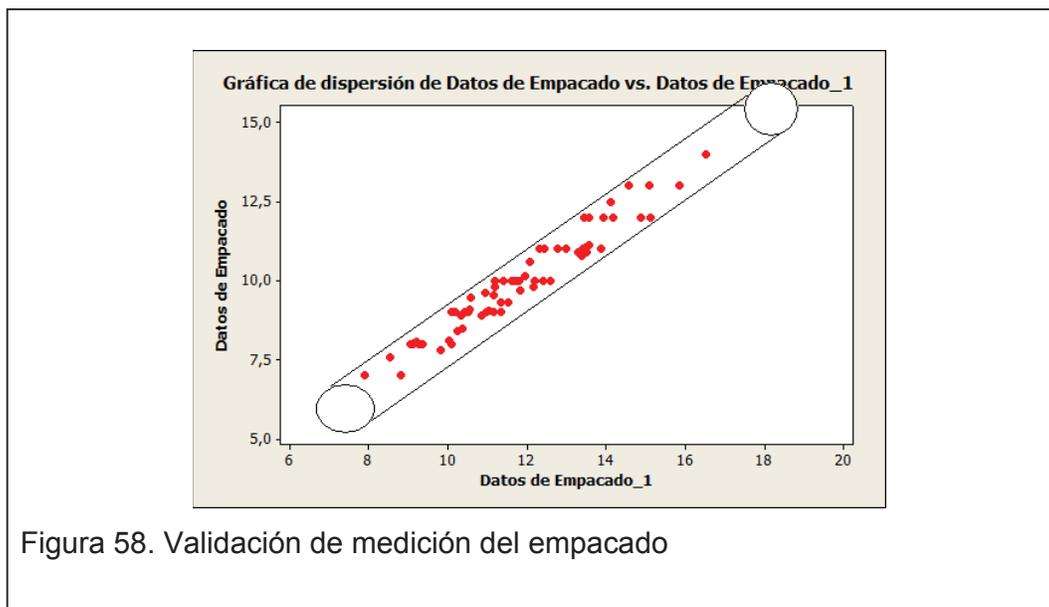


Figura 58. Validación de medición del empaçado

Cálculo

$$\frac{8,1}{0,6} \approx 13 \rightarrow 8,5$$

Con los tiempos medidos en el Anexo 2 se validó los datos de producción, dichos tiempos se los tomó con la misma operadora utilizando un cronometro con apreciación de décimas de segundo y se observa que las muestras

satisfacen el criterio de aceptación de 8,5 lo que quiere decir que el error es pequeño con relación a la variabilidad del parámetro medido para el proceso de empacado.

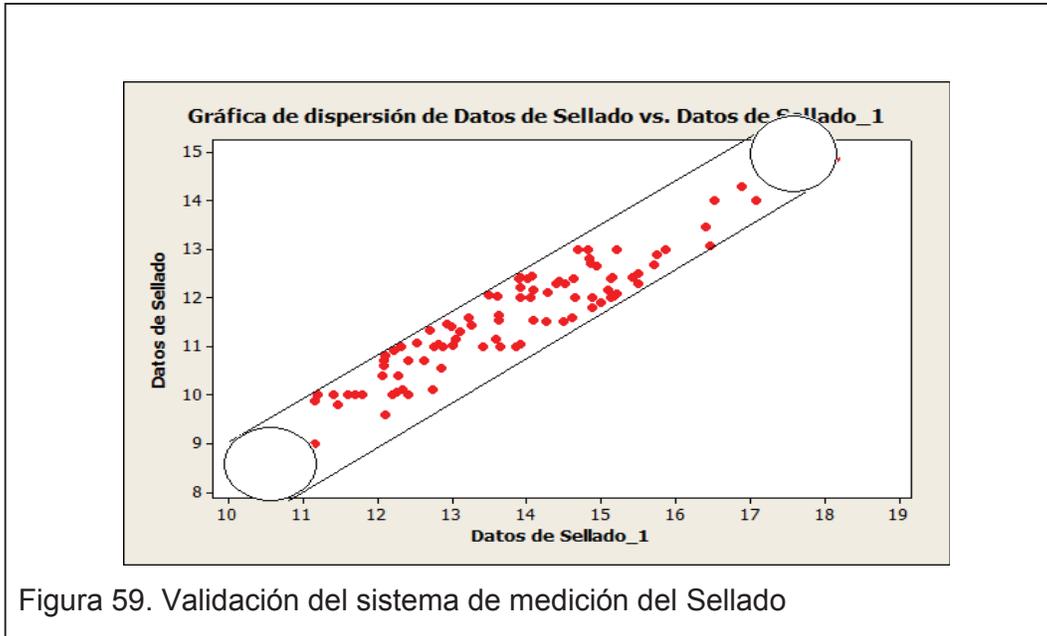


Figura 59. Validación del sistema de medición del Sellado

Cálculo:

$$\frac{8,1}{0,9} \equiv 9 > 8,5$$

Con los tiempos medidos en el Anexo 2 se observa que no existe una distancia significativa entre los puntos más alejados de la muestra con relación a la media del proceso de sellado, por lo que se concluye que los datos tomados son confiables debido a que se satisface el criterio de aceptación de 8,5.

En la figura 60 se puede ver que existen valores especiales, los cuales se originaron porque el operador colocó más fundas de té en la caja de las requeridas, esto para el empacado, mientras que para el sellado el problema fue la dificultad existente al coger el plástico de envoltura debido a que viene pegado uno con otro en algunos casos, dicha dificultad fue tomada en cuenta el momento de escoger los criterios de nivelación debido a que es propia del proceso. (Ver Anexo 1).

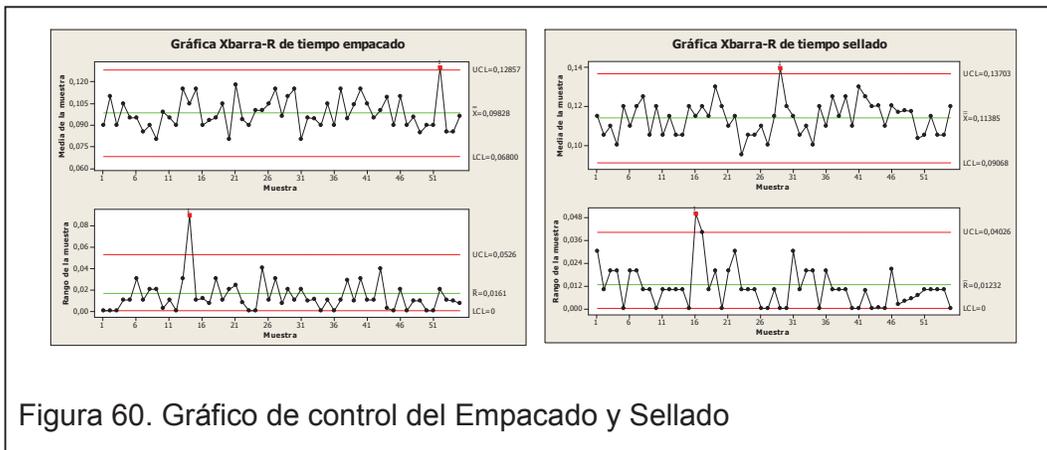


Figura 60. Gráfico de control del Empacado y Sellado

Una vez que los datos atípicos han sido eliminados de las muestras es preciso analizarlos para averiguar cuál es el comportamiento del proceso.

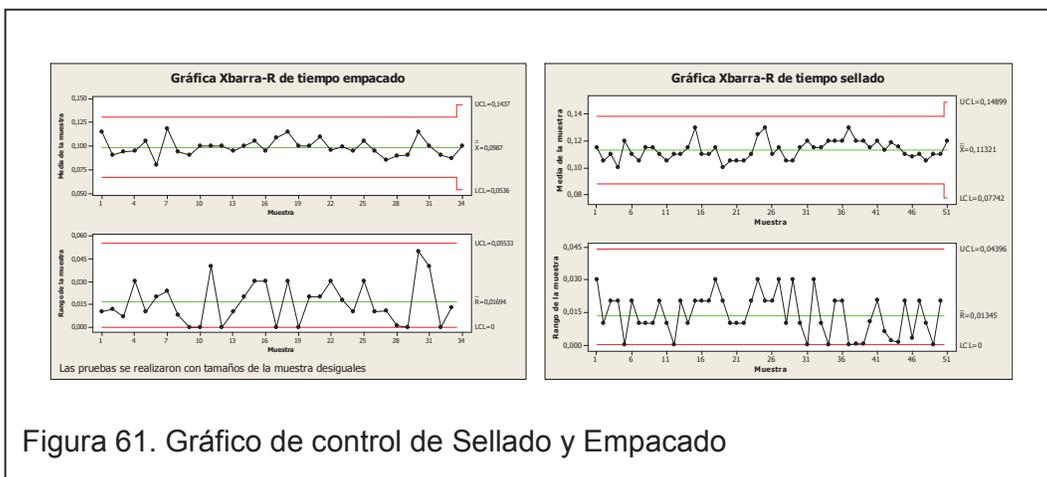


Figura 61. Gráfico de control de Sellado y Empacado

3.3.4 Determinar la Capacidad del Proceso

En esta fase se mide el comportamiento natural presentado por el proceso, cuando todas las causas especiales de variación hayan sido eliminadas.

Basándose en que para el valor mínimo de C_p , para considerar a un proceso capaz respecto a cierta variable clave es 1,33 y 0,83 para el C_{pk} . Un proceso "seis sigma" debe tener un C_p de 2; mientras que C_{pk} debe ser de 1,5

3.4 Capacidad del proceso de té

Tomando como base los tiempos de producción presentados en el Anexo 2, se procedió a determinar la capacidad del proceso obteniéndose como resultado los siguientes gráficos:

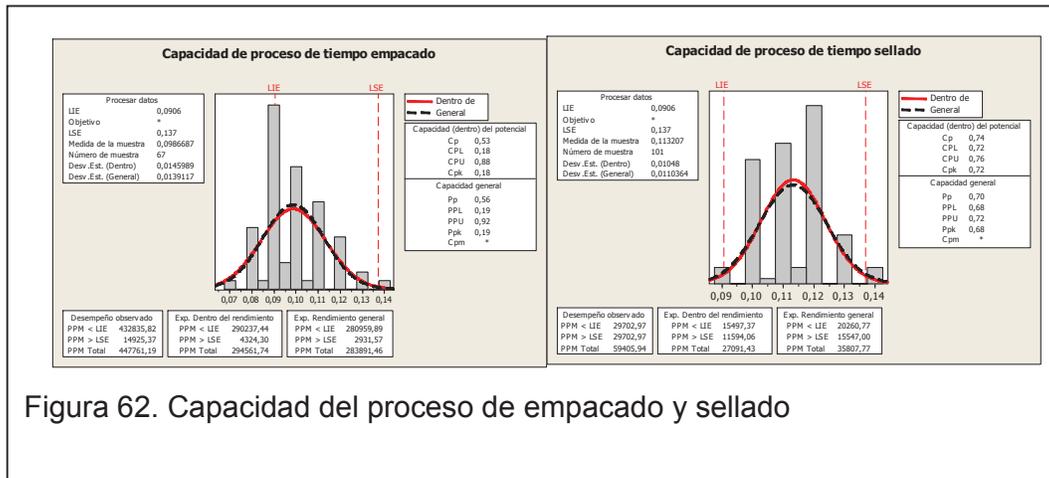


Figura 62. Capacidad del proceso de empaquetado y sellado

Con un índice de capacidad $C_p = 0,53$ para el Empacado y $0,74$ para el sellado se considera que la probabilidad de que las características referentes a la calidad de las cajas de té medidas estén fuera de los límites permitidos es alta lo que indica que habrán muchos productos defectuosos durante el proceso de producción, lo que dificulta la capacidad inherente del proceso de empaquetado y sellado para la producción de cajas de té con el mismo tiempo de producción en un periodo largo de tiempo bajo un conjunto de condiciones físicas y ambientales.

Con el fin de analizar el proceso teniendo en cuenta el centrado de las muestras, se analizó también el índice C_{pk} del Empacado $C_{pk} = 0,18$ y $0,72$ para el Sellado lo que indica que la media del proceso se encuentra alejada del centro de las especificaciones por esta razón se concluye que el proceso es un proceso no capaz.

3.5 Análisis del proceso

Esta fase tiene como objetivo contrastar situaciones a analizar respecto a niveles habituales, normales o estándar. Requiere de una referencia externa para su detección.

3.5.1 Determinación de los puntos críticos del proceso

Una vez seleccionado el proceso, se describirán las características y se identificarán las variables que lo constituyen. Identificándose los problemas y los factores causales de los mismos, para lo cual se sistematizó el uso de la técnica denominada árbol de causa efecto. Después del desarrollo de la metodología por parte del equipo de mejora en el proceso de sellado y empaçado se estableció las siguientes relaciones causa efecto, Fig. 63.

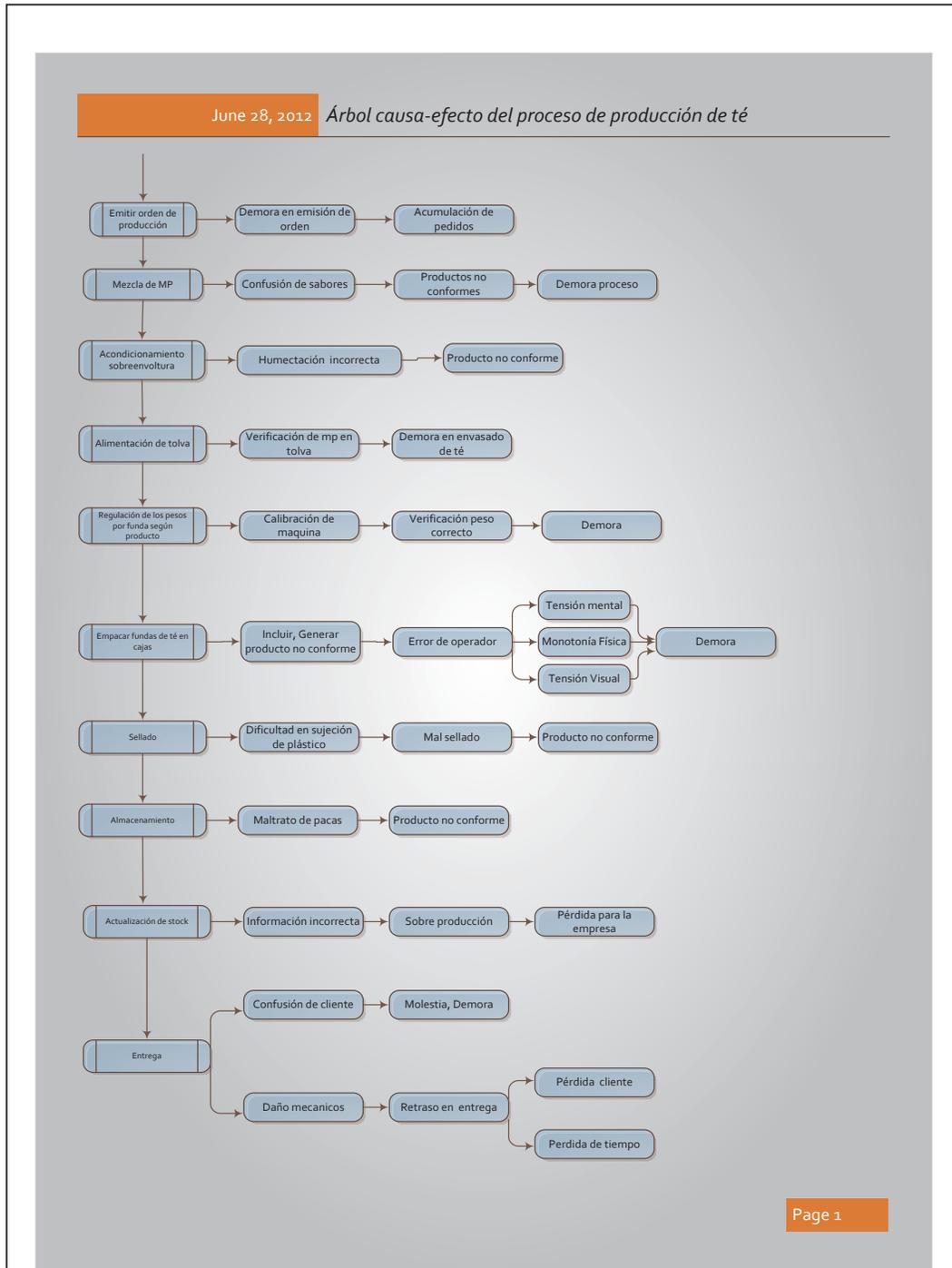


Figura 63. Árbol causa-efecto del proceso de sellado y empaçado

A continuación se desarrollara el análisis crítico del proceso utilizando la herramienta AMFE, para lo cual como se observa en la figura 64 se contó con la participación de las personas directamente involucradas en el proceso



Figura 64. Reuniones para la Elaboración del Análisi de Modos de Falla y Efectos

Tabla 19. Análisis de modos de Falla y Efectos de producción de té

Análisis de modos de Falla y Efectos de Producción de Té

Proceso: Envasado y empaquetado de té _____ Responsable: David Mendez _____
 Fecha: 28/03/2012 _____ : Adán Chalá _____

Entradas proceso	Modo de falla Potencial	Efecto de falla Potencial	S	Causas Potenciales	O	Control Actual	D	Acciones Recomendadas	Responsable	NPR
Emisión de orden de producción	Demora en la emisión de orden	Retraso en producción	5	Mala comunicación entre Gestión financiera y Planta de producción	6	Ninguno	3	Establecer medios de comunicación adecuados	Dirección	90
Saborizantes	Confusión en las mezclas	Sabor diferente a la especificación de la presentación	7	Identificación de materia prima poco visibles	3	Ninguno	5	Identificar la mp con etiquetas grandes y claras.	Supervisor de planta	105
Acondicionamiento de sobreenvoltura	Dificulta el funcionamiento de la máquina	Desperdicio de materia prima	6	Deficiente humectación del rollo	7	Ninguno	7	Disminuir la temperatura en la cámara de refrigeración	Supervisor de planta	294
Alimentación de la tolva	No hay disponibilidad de te preparado y listo para procesar	Fundas de té se envasan vacías	5	Monitoreo de tolva poco frecuente	6	Ninguno	4	Colocar sensor electrónico en la tolva	Jefe de planta	120
Control de peso en fundas de té	No cumplir con los límites mínimos o máximos de pesos admisibles	Pérdida a la empresa por producto no conforme	6	Procedimiento incorrecto para medir el peso	6	Balanza	1	Capacitar a operarios en el procedimiento de pesaje	Jefe de planta	36
Fundas de té	Numero de fundas de té incorrecto en cajas	Demora en el proceso por revisión	7	Monotonía Física, Visual y/o mental de operarios	8	Control visual	3	Control más riguroso e incentivos en base a indicadores efectivos	Jefe de planta	168
Sellado	Incorrecto sellado	Producto no conforme, Permite la filtración de purezas en cajas	6	Deficiente temperatura en el caudín de sellado	4	Ninguno	3	Controlar temperatura de caudín	Jefe de planta	72

El análisis de modos de falla y efectos de producción de té permite concluir que el mal acondicionamiento de la sobreenvoltura dificulta el funcionamiento de la máquina causando desperdicios de materia prima lo cual tiene una severidad bastante alta en el proceso, se cree que una de las posibles causas es la deficiente humectación de la sobreenvoltura sin embargo no se cuenta con ningún tipo de control para prevenir este error en el proceso.

3.5.2 Análisis de la varianza

Con el fin de averiguar si la humectación de la sobreenvoltura influye el tiempo de producción del té como se concluyó en el análisis AMFE, se analizó los datos referentes al porcentaje de desperdicios en las distintas humedades relativas medidas en los turnos de trabajo ver Anexo 3, dichas muestras fueron tomadas con un termómetro digital cada vez que se cambió de un tipo de producto a otro de acuerdo a las órdenes de producción (aprox. cada 4 horas), posteriormente se realizó un análisis de la varianza para determinar si la humedad en la sobreenvoltura influye en el tiempo de producción del té.

Hipótesis para día

Ho= La humedad ambiente relativa produce efecto en la variable respuesta

Ha= La humedad ambiente relativa no produce efecto en la variable respuesta

Teniendo en cuenta que si el valor p es menor o igual que el nivel predeterminado de significancia (nivel $\alpha=0,05$), se rechaza la hipótesis nula y se acredita la hipótesis alternativa.

ANOVA % de No Conformidades Diurnas vs. HR

Fuente	GL	SC	MC	F	P
HR	14	0,004899	0,000350	2,65	0,016
Error	25	0,003301	0,000132		
Total	39	0,008199			

Hipótesis noche

Ho = La humedad ambiente relativa produce efecto en la variable respuesta

Ha = La humedad ambiente relativa no produce efecto en la variable respuesta

ANOVA : % de No Conformidades Nocturno vs. HR noche

Fuente	GL	SC	MC	F	P
HR noche	19	0,0010691	0,0000563	1,49	0,193
Error	20	0,0007563	0,0000378		
Total	39	0,001825			

En el análisis de la varianza realizado se observó que el valor-p para la ANOVA no conformidades diurnas vs. HR es mayor que 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula concluyendo así que la humedad ambiente relativa si produce efecto en la variable respuesta para el turno de trabajo diurno, mientras que en la ANOVA no conformidades nocturnas vs. HR noche el valor-p es menor a 0,05 lo que permite rechazar la hipótesis nula para el turno de trabajo nocturno lo que quiere decir que la humedad relativa no produce efectos negativos en la producción de la noche. Una vez identificado el efecto se analizó el comportamiento de la sobreenvoltura dentro del proceso y se pudo determinar que hay una chumacera en la maquina cuya función es ayudar al avance de la sobreenvoltura para tener un flujo continuo.

3.5.3 Nivel Sigma para la Línea de Producción de Té - CETCA – SITUACIÓN ACTUAL

Variables a utilizar para cálculo Nivel 6sigma del proceso de producción de té:

- D** = número de Defectos observados en la muestra
- U** = número de Unidades en la muestra
- O** = Oportunidades por Unidad

Partiendo del concepto de que el número de los defectos por millón de oportunidades (DPMO) no es más que los defectos encontrados en un millón de oportunidades se procede al cálculo de los DPMO del sellado y empaçado de té para lo cual:

Oportunidades por unidad: (6)

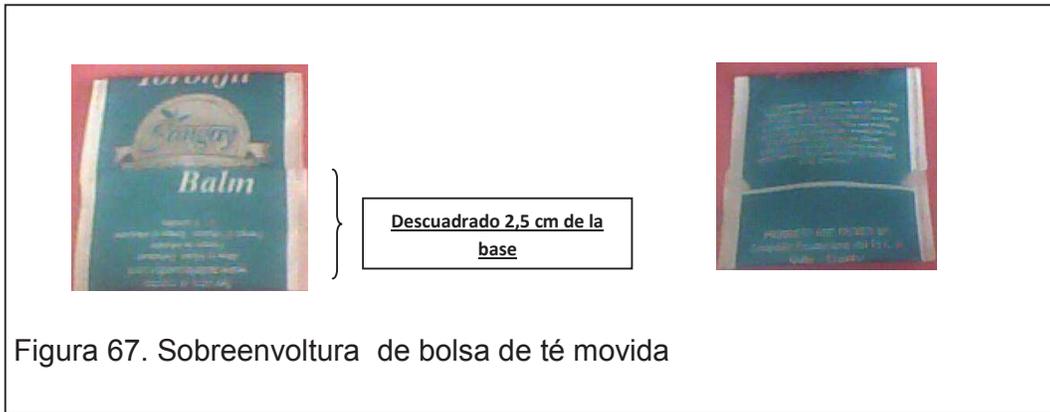
- a) Sobreenvoltura
- b) Papel filtro
- c) Hilo
- d) Etiqueta
- e) Humectación
- f) Peso adecuado

<i>Cálculo del Nivel Sigma tomando como base datos mensuales</i>		
Fundas fabricadas de té x día	U=	1443200
Desperdicios diarios de fundas	D=	15488
Oportunidades por unidad	O=	6
DPMO	1789	
CALCULADORA SIX SIGMA		
Oportunidades por defectos	8659200	
Defectos	15488	
Resultados		
Failure Rate	0.0018	
Accuracy Rate	0.9982	
Nivel Sigma	-2.9132	
Long Term Sigma Level	4.4132	
NIVEL SIGMA OBTENIDO = 4,41		

Figura 65. Cálculo del Nivel Sigma Línea de Producción de Té
Situación Actual - CETCA



Los efectos en las fundas de té cuando la máquina se traba a causa de la sobreenvolvura se muestran en la figura 67.



3.6 Mejora del proceso

La siguiente fase tiene como objetivo determinar como el planteamiento realizado en la anterior etapa contribuye para la mejora del proceso productivo, y en consecuencia establecer soluciones con respecto al proceso de sellado y empaclado en el marco de los recursos actuales de la organización con la utilización de herramientas estadísticas y de calidad.

Debido a los estudios realizados anteriormente es conveniente proponer un medio por el cual se pueda controlar la humedad relativa de la sobreenvoltura razón por la cual se seleccionó una nueva cámara de humectación. (figura 68).



Figura 68. Cámara de humectación propuesta

De acuerdo a las investigaciones realizadas la mayoría de los problemas encontrados son debido a que la sobreenvoltura no cuenta con la humedad recomendada, razón por la cual se recomienda adquirir una nueva cámara de humectación con características especiales, dicha cámara de humectación proporcionará a la sobreenvoltura las condiciones óptimas de trabajo que ayudarán a mejorar el desempeño del proceso para conocer dichas características ver anexo 5.

Tabla 20. Costo del Proyecto.

COSTOS DE MATERIA PRIMA

Materia prima	Peso c/u	Peso kg	Costo kg	Costo unidad
Sobreenvoltura	0,07	70	5	0,005
Papel fintro	0,01	10	18,33	0,01833
Tè	0,9	900	9	0,009
Etiqueta	0,06	60	2,55	0,00255
Hilo	0,03	30	7,3	0,0073
Goma	0,01	10	2,3	0,0023
Precio x funda				0,04448
Reproceso	-	-	-	0,065
Electricidad	-	-	-	0,00025
Precio x funda de tè con reproceso	-	-	-	\$0,15

Costo diurno mensual por reproceso												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
21	20	23	21	22	22	21	20	22	20	22	17	
\$1,518,81	\$1,446,49	\$1,663,46	\$1,518,81	\$1,591,14	\$1,591,14	\$1,518,81	\$1,446,49	\$1,591,14	\$1,446,49	\$1,591,14	\$1,229,52	
Costo anual											\$18,153,45	
Costo nocturno mensual por reproceso												
\$761,03	\$724,79	\$833,51	\$761,03	\$797,27	\$797,27	\$761,03	\$724,79	\$797,27	\$724,79	\$797,27	\$616,07	
Costo anual											\$9,096,08	
Productos no conformes proyectados en cada jornada de trabajo												
\$207,26	\$197,39	\$227,00	\$207,26	\$217,13	\$217,13	\$207,26	\$197,39	\$217,13	\$197,39	\$217,13	\$167,78	
Costo Inversion	6000										Costo anual	\$2,477,23
Pago Inversion												
\$414,52	\$394,78	\$453,99	\$414,52	\$434,26	\$434,26	\$414,52	\$394,78	\$434,26	\$394,78	\$434,26	\$335,56	
\$414,52	\$394,78	\$453,99										
\$6,217,75												

3.6.1 Programación del funcionamiento de la máquina

Como se dijo anteriormente en la propuesta de mejora se simuló el proceso con el fin de estimar los resultados posibles a alcanzar de incorporarse al proceso una nueva cámara de refrigeración para la sobreenvoltura, con lo cual se pretende conseguir una disminución sustancial en el tiempo de producción debido a que existirían menos paros por trabas en el funcionamiento de la maquinaria causados por el mal desempeño de la sobreenvoltura, por lo cual a continuación con un fin netamente metodológico se simuló el funcionamiento del proceso.

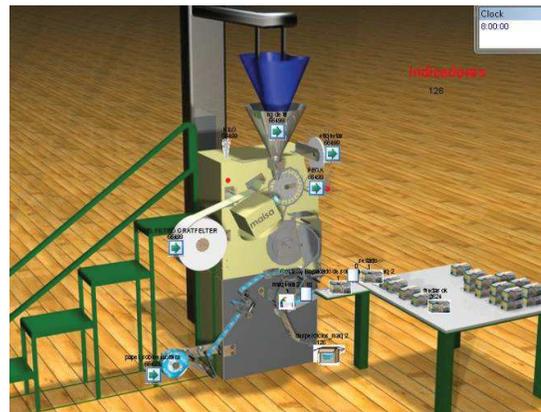


Figura 69. Programación del Funcionamiento de la Máquina

El arribo para la simulación del proceso será ilimitado con una capacidad de producción de 0,00664 segundos por funda de té en la máquina.

Tabla 21. Arribo de materias primas

Papel filtro
Sobreenvoltura
Hilo
Té
Pega
Etiquetas

Se recolectó datos de los tiempos promedios de reparación de la maquina independientemente del daño, para lo cual se cronometro el tiempo en el cual un daño era solucionado por el personal de mantenimiento, con el fin de obtener unas muestras que permitan estimar de mejor manera el comportamiento del proceso se adiciono porcentajes de tiempos debido a la dificultad intrínseca en el desarrollo del trabajo y a los suplementos.

Para calcular el número de muestras que se deben recolectar se tomó como base los registros del departamento de mantenimiento con lo cual se estimó el número de muestras. (Lara, 2010)

Formula

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot P(1-P)}{e^2}$$

Donde:

N = El tamaño del universo

n = El tamaño de la muestra con respecto al universo

e = El grado de error

P = El porcentaje de probabilidad de que un objeto sea tomado en cuenta como parte de la muestra

Z = Nivel de confianza

Datos:

$$Z_{\alpha/2(95\%)}^2 = 2,706025$$

$$N = 110$$

$$P = 0,05$$

$$e^2 = 0,0009$$

$$n = \frac{2,70^2 \cdot 110 \cdot 0,05(1 - 0,05)}{(110 - 1) \cdot 0,0009^2 + 2,706025^2 \cdot 0,05(1 - 0,05)}$$

Reemplazando se obtiene:

$$n = 62,4$$

Al obtener un resultado de 62,4 \approx 63 significa que al tomar una muestra de 63 datos se está asegurando una buena lectura del comportamiento del proceso con respecto al tiempo de reparación cuando los daños suceden en las máquinas.

Tabla 22. Tiempo de reparación (minutos)

Datos sin suplementos y sin considerar la dificultad del trabajo						Datos con suplementos y con considerar la dificultad del trabajo									
1	9,68	16	12,32	31	9,68	46	2,2	1	22	16	28	31	22	46	5
2	3,08	17	10,56	32	8,8	47	6,6	2	7	17	24	32	20	47	15
3	6,16	18	7,48	33	5,28	48	14,52	3	14	18	17	33	12	48	33
4	6,6	19	4,84	34	4,84	49	15,4	4	15	19	11	34	11	49	35
5	3,96	20	15,4	35	10,12	50	18,04	5	9	20	35	35	23	50	41
6	8,36	21	12,76	36	9,24	51	7,04	6	19	21	29	36	21	51	16
7	6,16	22	7,04	37	14,96	52	6,6	7	14	22	16	37	34	52	15
8	6,16	23	10,56	38	11,44	53	6,16	8	14	23	24	38	26	53	14
9	5,72	24	15,84	39	10,56	54	10,12	9	13	24	36	39	24	54	23
10	10,12	25	7,48	40	11,88			10	23	25	17	40	27		
11	9,24	26	14,96	41	8,36			11	21	26	34	41	19		
12	16,72	27	6,16	42	14,08			12	38	27	14	42	32		
13	15,4	28	12,32	43	7,04			13	35	28	28	43	16		
14	21,12	29	16,72	44	16,72			14	48	29	38	44	38		
15	16,28	30	7,04	45	7,92			15	37	30	16	45	18		

Suplementos para el proceso	%	Justificación
Suplemento por necesidades personales	5	Debido a que la persona que realiza el mantenimiento es de genero masculino
Suplemento por fatiga	4	
Suplemento por trabajar de pie	2	Todos los trabajos se realizan de pie
Incómoda (inclinada)	2	Se considero una posición incómoda por el poco espacio disponible para
(levantar, tirar, empujar) Peso levantado (kg)	1	Se considero este suplemento para el proceso de mantenimiento es porque el operario si tiene que levantar piezas pesadas
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	Dentro de las maquinas no se cuenta con la debida iluminación
Trabajos precisos o fatigosos	2	Para realizar el trabajo se necesite una concentración intensa
Intermitente y fuerte	2	El ruido es intermitente y fuerte debido a que las maquinas encuetran abiertas al momento de arreglarlas .
Proceso bastante complejo	1	El arreglo se lo hace bajo presión de los trabajadores por lo que si existe tensión mental
Total	19%	

Factores de calificación por dificultad del trabajo	
Elevarse sobre piso con las piernas	10
Las manos se utilizan simultaneamente haciendo el mismo trabajo en piezas iguales	18
Cuidadosa, bastante cercana	7
Debe manejarse cuidadosamente	2
Total	37%

Tabla 23. Porcentajes para distribución

Routing out	
from:	
Diurno	11,44%
Nocturno	5,53%
Proyectado	1,5%

3.6.2 Estudio de normalidad para el tiempo entre paradas

En base a los datos mostrados en el anexo 4 referentes al tiempo en minutos entre paradas por daños en la máquina, se estimará límites para lo cual es necesario antes investigar si los datos siguen una distribución normal mediante la prueba de normalidad de Anderson - Darling.

❖ Tiempo entre paradas para el turno diurno

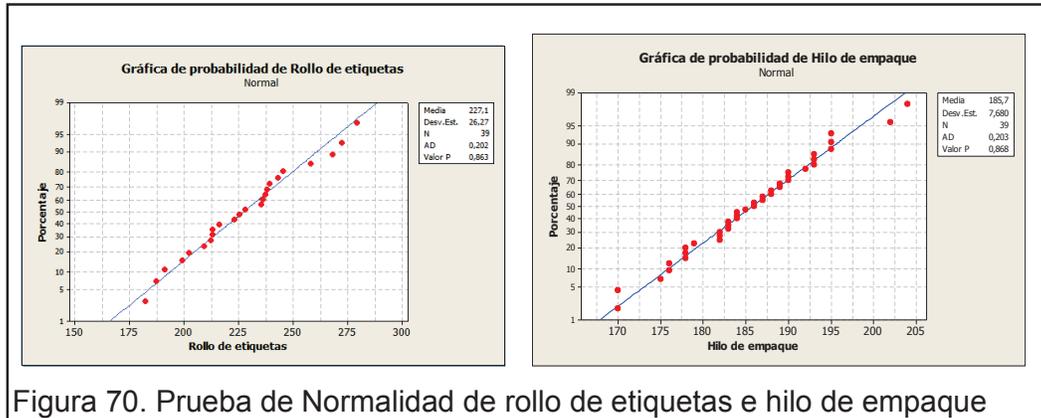


Figura 70. Prueba de Normalidad de rollo de etiquetas e hilo de empaque

Se muestra que los datos del rollo de etiquetas e hilo de empaque siguen una distribución normal siendo el valor-p 0,863 y 0,868 respectivamente.

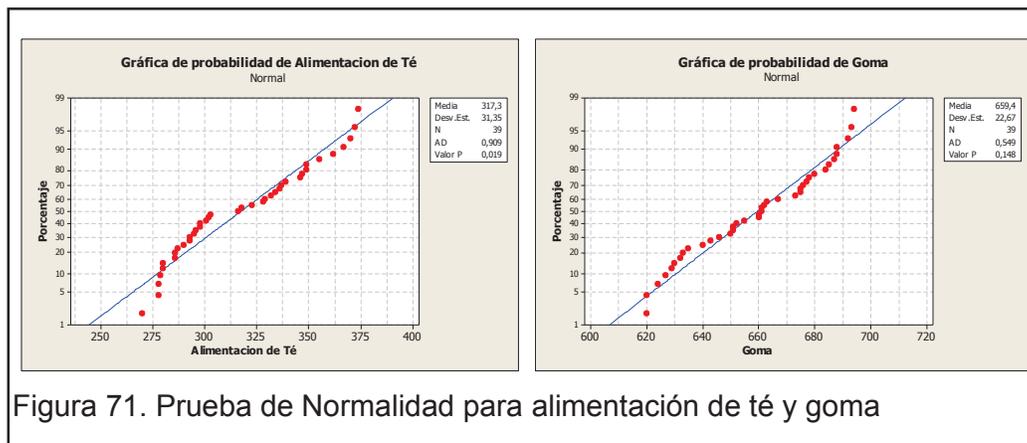


Figura 71. Prueba de Normalidad para alimentación de té y goma

Se observa que los datos de alimentación de té no están distribuidos normalmente con un valor-p de 0,019, al igual que los datos referentes a la adición de goma en el proceso los cuales tienen un valor-p de 0,148, mas con un fin totalmente metodológico se supondrá normalidad.

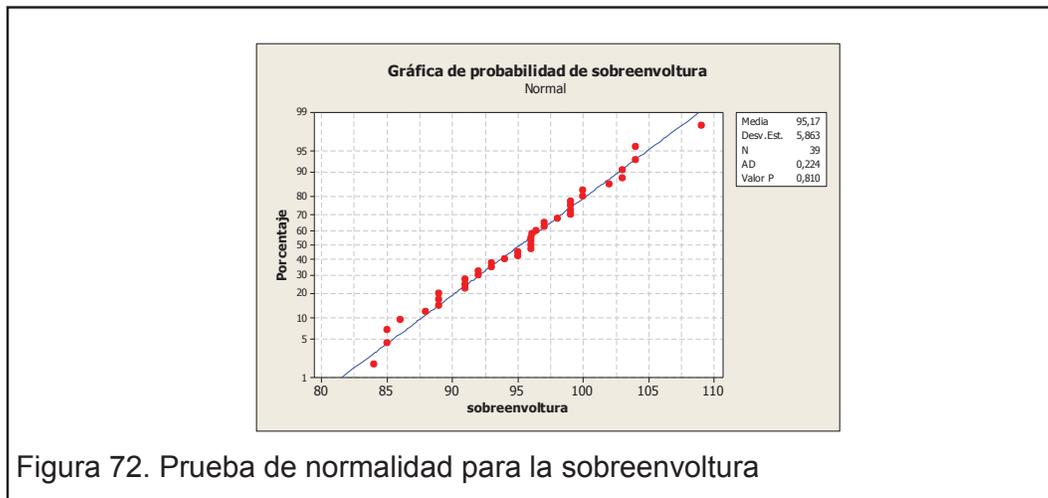


Figura 72. Prueba de normalidad para la sobreenvoltura

Se observa que los datos referentes a las paras por causa del mal desempeño de la sobreenvoltura están distribuidos normalmente con un valor-p de 0,81.

❖ Tiempo entre paradas para el turno Nocturno

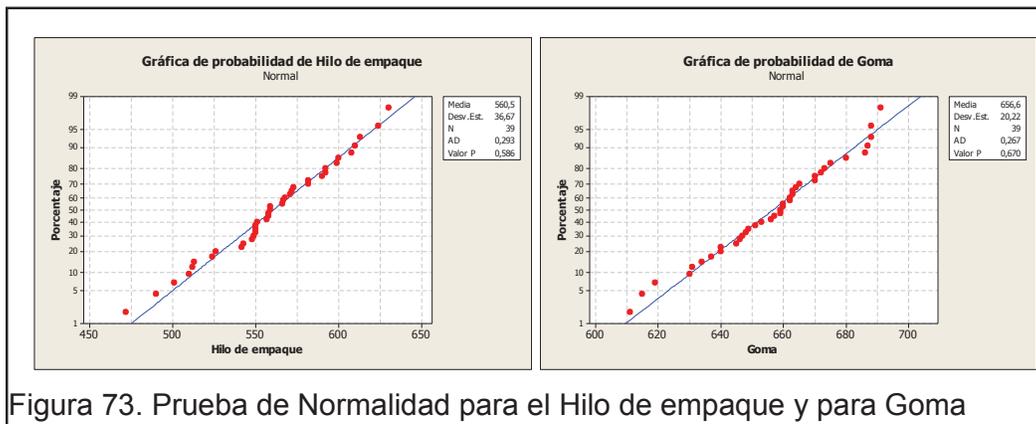
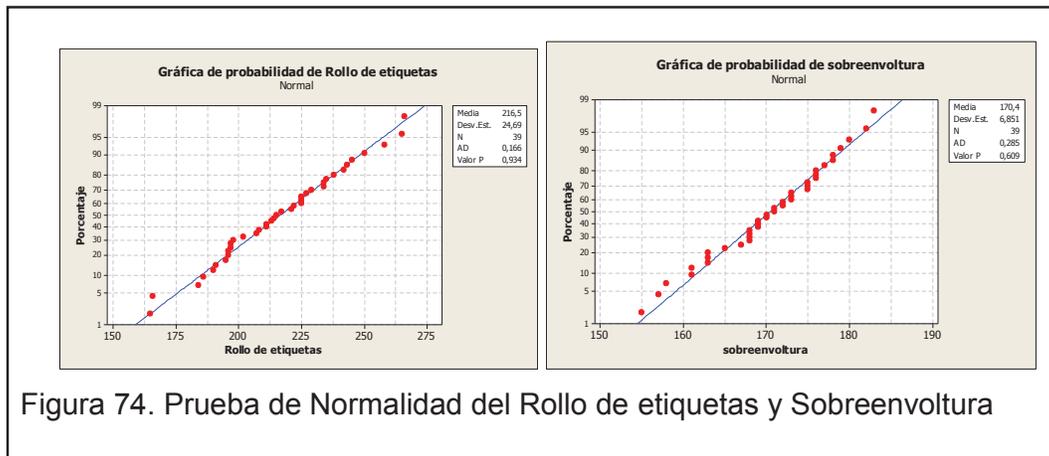
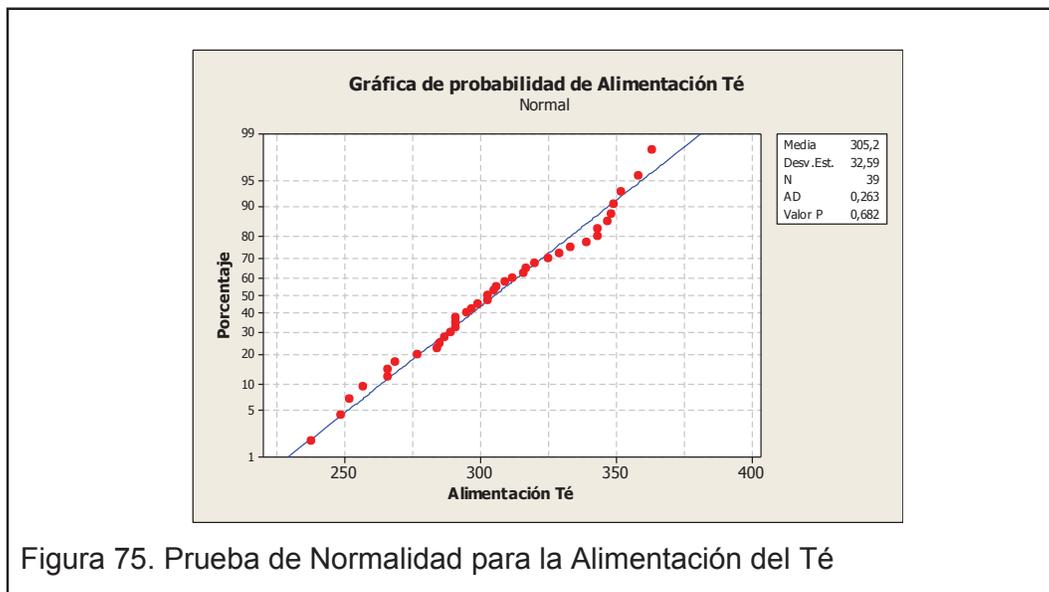


Figura 73. Prueba de Normalidad para el Hilo de empaque y para Goma

El gráfico nos permite concluir que para los datos del hilo de empaque como para los datos de Goma se asumirá normalidad con un valor-p de 0,586 y 0,670 respectivamente.



Una vez realizada la prueba de normalidad Anderson Darling para los datos del rollo de etiquetas y para la sobreenvoltura se concluye que siguen una distribución normal con 0,934 y 0,609 respectivamente.



Al igual que la mayoría de los datos analizados anteriormente se concluye que la alimentación de té a la máquina sigue una distribución normal con un valor-p de 0,682.

❖ Tiempo entre paradas proyectado

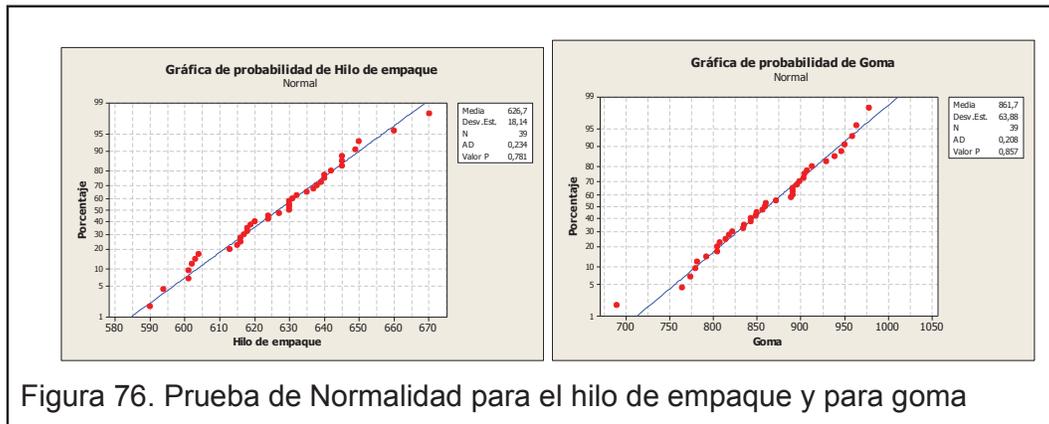


Figura 76. Prueba de Normalidad para el hilo de empaque y para goma

Con un valor-p de 0,781 para el hilo de empaque y 0,857 para la goma utilizada en el proceso se concluye existe normalidad en los datos estudiados.

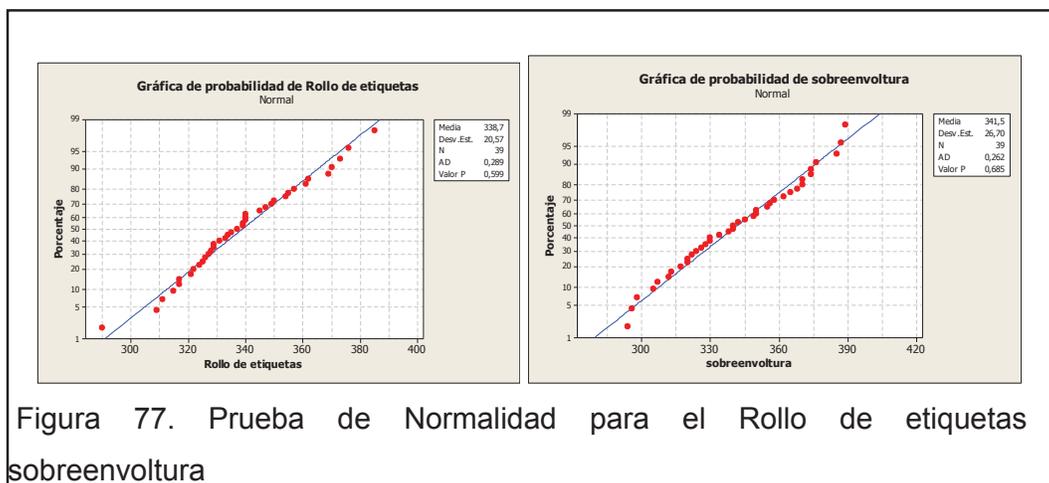


Figura 77. Prueba de Normalidad para el Rollo de etiquetas y sobreenvoltura

Se observa normalidad en los datos puesto que el valor-p es de 0,599 y 0,685 como corresponde.

Una vez que se ha comprobado la normalidad de los datos del Anexo 5 se calculará los límites con el fin de incluirlos en la simulación del proceso.

Tabla 24. Cálculo de intervalos

	Desviación Estándar	Tα/2	Σ	√n	LCI	LCS
Hilo de empaque	17,2	2,021	182,2	6,2	176,6	187,7
Goma	26,3	2,021	658,8	6,2	650,3	667,3
Rollo de etiquetas	31,7	2,021	219,2	6,2	209,0	229,5
sobreenvoltura	7,0	2,021	94,3	6,2	92,0	96,5
Té	29,2	2,021	322,4	6,2	312,9	331,8
Hilo de empaque	77,8	2,021	550,7	6,2	525,5	575,8
Goma	24,4	2,021	662,8	6,2	654,9	670,8
Rollo de etiquetas	30,8	2,021	222,8	6,2	212,8	232,7
sobreenvoltura	14,7	2,021	172,5	6,2	167,7	177,2
Té	32,6	2,021	305,2	6,2	294,7	315,8
Hilo de empaque	41,1	2,021	616,6	6,2	603,3	629,9
Goma	65,7	2,021	856,3	6,2	835,1	877,6
Rollo de etiquetas	21,0	2,021	341,6	6,2	334,8	348,4
sobreenvoltura	32,1	2,021	326,1	6,2	315,7	336,5
Té	33,7	2,021	317,6	6,2	306,7	328,5

Para comprobar la efectividad de las soluciones propuestas se realizó un experimento el mismo que consistió en mantener la sobreenvoltura en la cámara de humectación por 48 horas con el fin de obtener una humedad mayor a la que se tiene actualmente. (Ver Anexo 6).

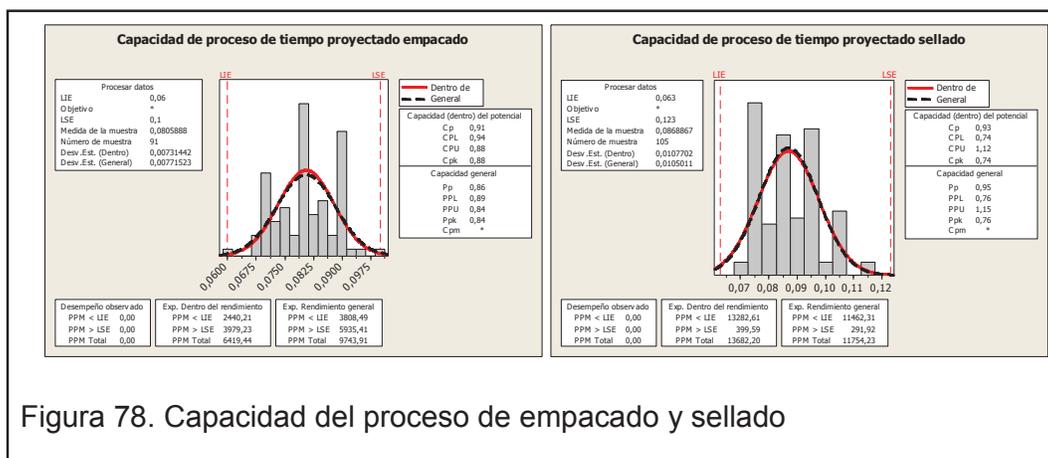
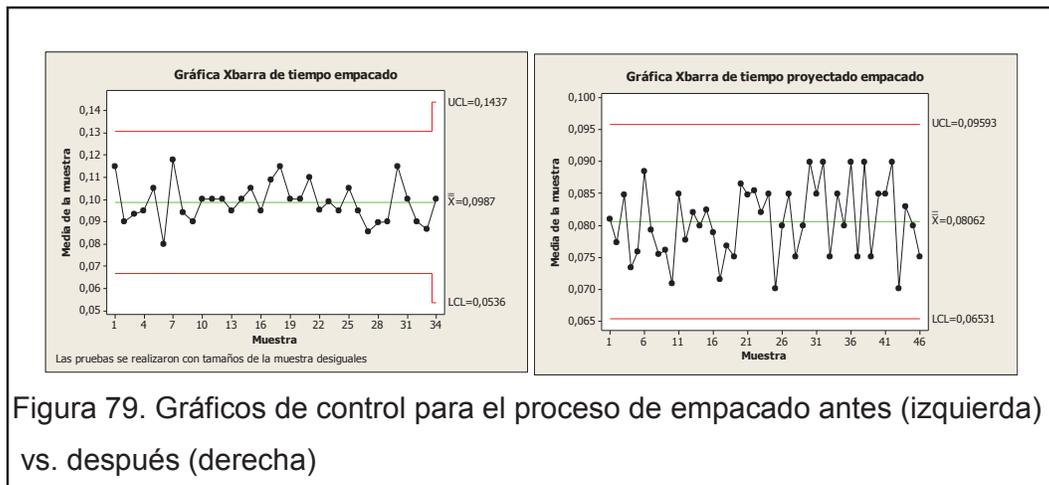


Figura 78. Capacidad del proceso de empacado y sellado

Como resultado del experimento se obtuvo un índice de capacidad $C_p = 0,91$ para el empackado y $0,93$ para el sellado teniendo en cuenta que los índices anteriores para los mismo procesos fueron de ($C_p = 0,53$ para el empackado y $0,74$ para el sellado) queda demostrado que de poder obtener una mejor humectación de la sobreenvoltura se puede lograr una importante disminución de los tiempos de producción, además que la probabilidad para que las características referentes a la calidad de las cajas de té medidas estén dentro de los límites permitidos aumenta, lo que quiere decir que no habrá muchos productos no conforme, además de que los C_{pk} $0,88- 0,74$ para cada proceso respectivamente demuestran que los datos están centrados sin embargo no se logra obtener aun un proceso capaz.



Se observa que la media disminuye de $0,0987$ a $0,08062$ y por consecuencia los tiempos de producción se han reducido lo cual quiere decir que las recomendaciones hechas si pueden afectar positivamente al proceso

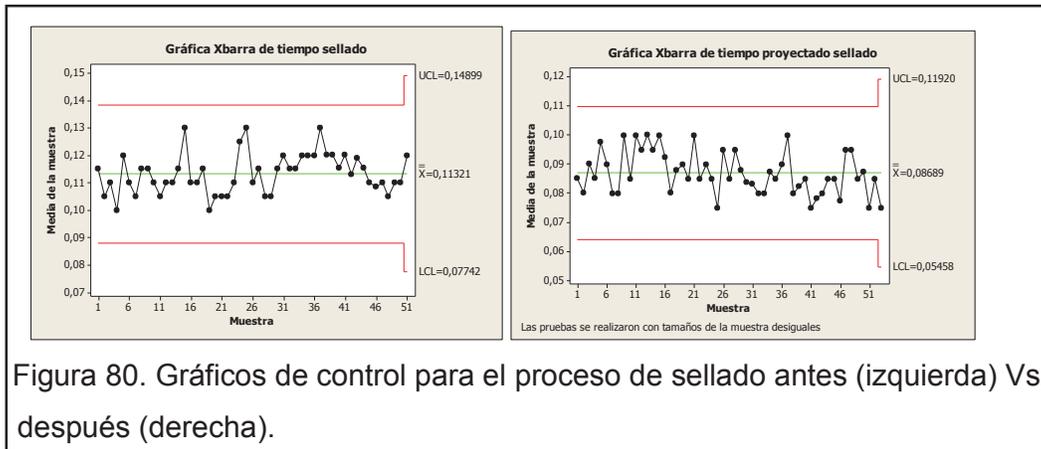


Figura 80. Gráficos de control para el proceso de sellado antes (izquierda) Vs. después (derecha).

Se observa que la media disminuye de 0,11321 a 0,08689 y por consecuencia los límites de control también han reducido lo cual quiere decir que las recomendaciones hechas si van a causar mejoras en el proceso.

Se realizó por medio del programa Simul8 una programación del proceso de producción de té, tomando en cuenta el mapeo de procesos del capítulo 2.

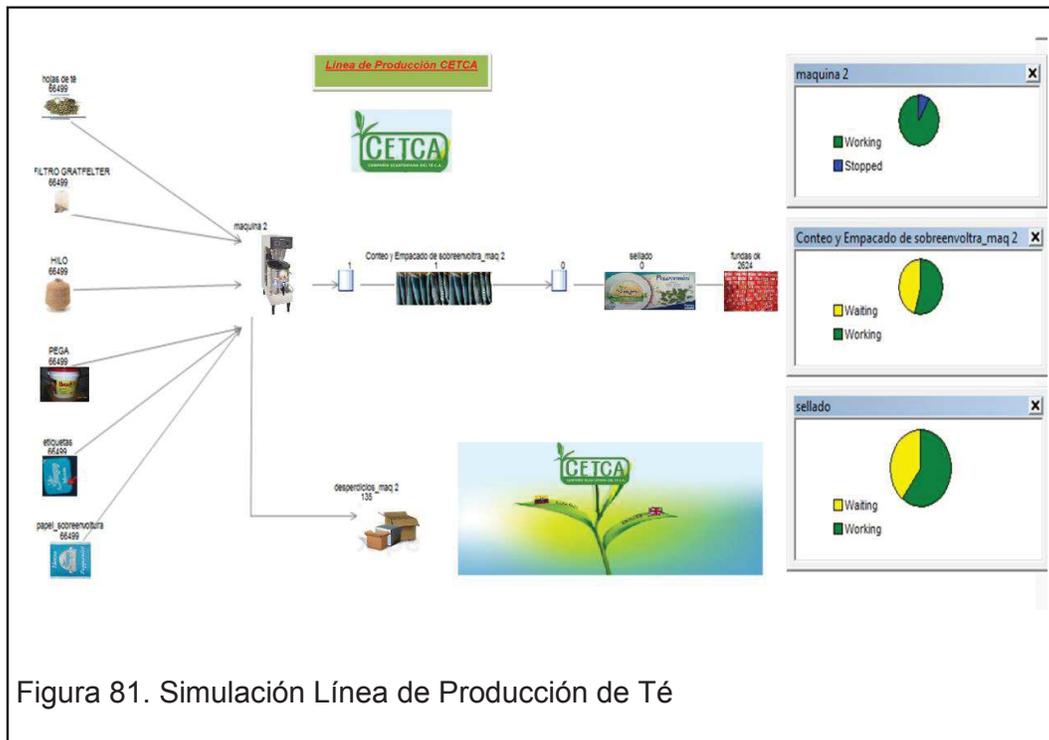


Figura 81. Simulación Línea de Producción de Té



Fig. 1 Entrada de materia prima

La entrada de la materia prima es ilimitada e ininterrumpida con lo que se asegura que el proceso no sea interrumpido por falta de materia prima.

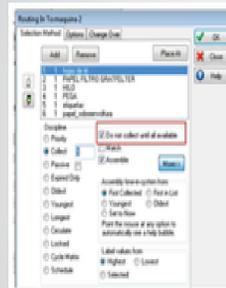


Fig. 2 Requerimiento de materia prima

Collect: Establece el requerimiento de materia prima por parte de la maquina el mismo que solicitara una unidad de cada materia prima necesaria para realizar el empaclado del té.

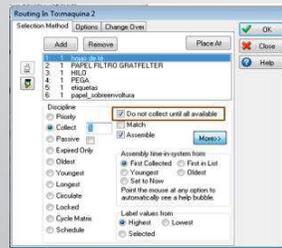


Fig. 3 Cantidad de materia prima a recolectar

Don't collect until available: Al activar la siguiente herramienta se logra que la maquina no arrastre 1 materia prima antes de que se tenga todas las materias primas listas es decir todas se recolectan al mismo tiempo

Figura 82. Simulación Línea de Producción de Té. Parte 1.

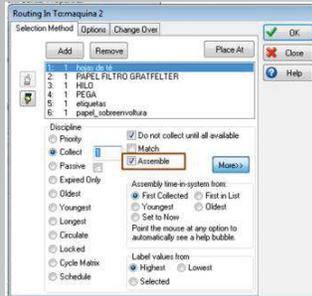


Fig.4 Recolección de materiales

Assemble: El comando habilita al work center para que cada materia prima de todos los centros de abastecimiento sean utilizadas para producir un sobre de té empacado

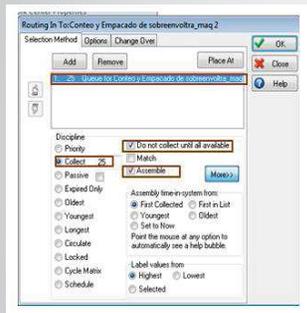


Fig. 5 Recolección por lotes de producto

En la etapa de sellado se dota al proceso de un work center "sellado", para lo cual por medio del análisis de los tiempos medidos se selecciona la distribución que se acople a los datos.

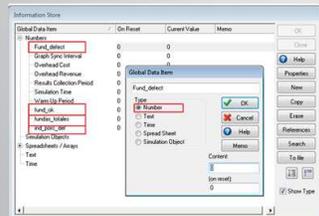
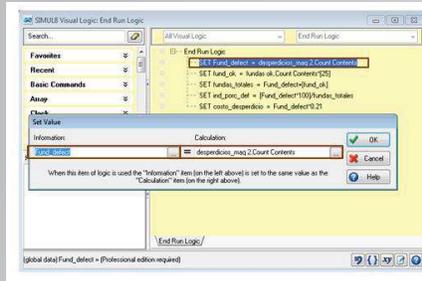


Fig. 6 Tipo de variable

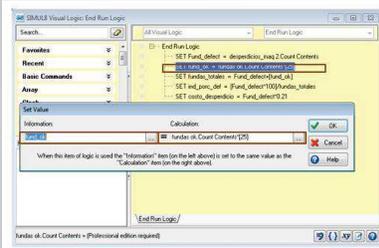
Todos los indicadores aquí programados son datos numéricos.

May 26, 2013 Indicadores de simulación



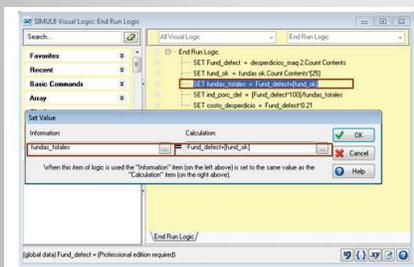
Para el indicador de Fund_defect= Fundas defectuosas la programación se estableció que para fund_defect son iguales a los desperdicios de la maquina

Fig. 7 Indicador de fundas defectuosas



Fund_ok= Fundas procesadas correctamente” Se estableció para que cada work item sea multiplicado por 25 unidades que son las unidades que componen una caja de té.

Fig. 8 Indicador de fundas conformes



Fundas_totales= Fundas totales producidas” este indicador es el resultado de la suma de fundas defectuosas y fundas_ok

Fig. 9 Indicador de producto total producido

Figura 84. Simulación Línea de Producción de Té. Parte 3.

3.7 Cálculo del nivel sigma futuro

VARIABLES A UTILIZAR PARA CÁLCULO NIVEL 6SIGMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TÉ:

D = número de Defectos observados en la muestra

U = número de Unidades en la muestra

O = Oportunidades por Unidad

Partiendo del concepto de que el número de los defectos por millón de oportunidades (DPMO) no es más que los defectos encontrados en un millón de oportunidades se procede al cálculo de los DPMO del sellado y empacado de té para lo cual

Oportunidades por unidad: (6)

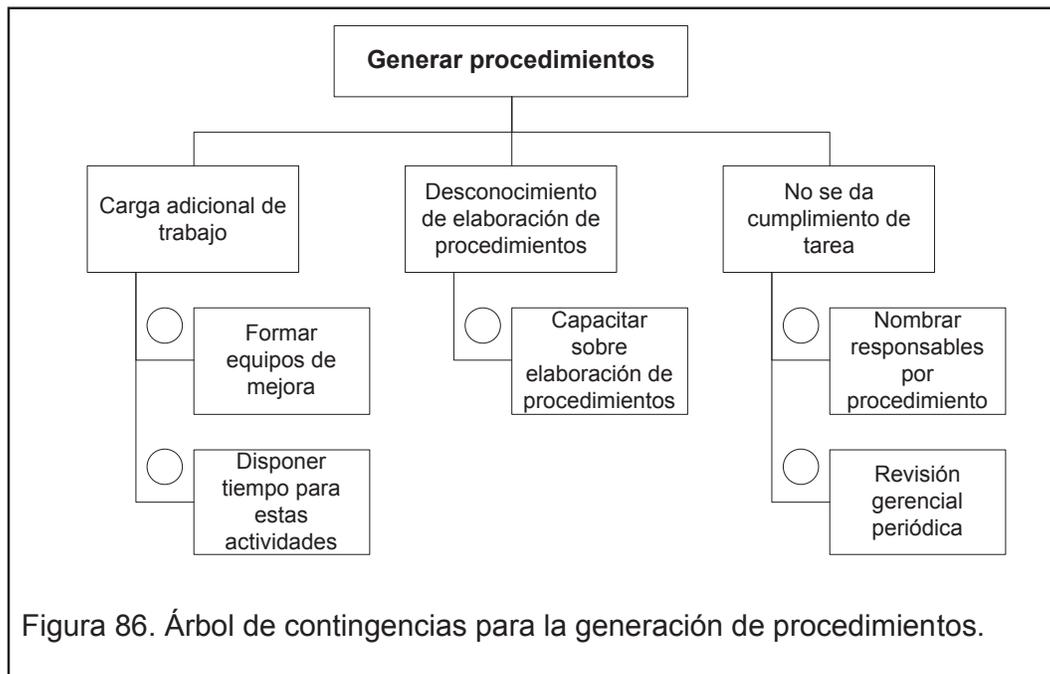
- a) Sobreenvoltura
- b) Papel filtro
- c) Hilo
- d) Etiqueta
- e) Humectación
- f) Peso adecuado

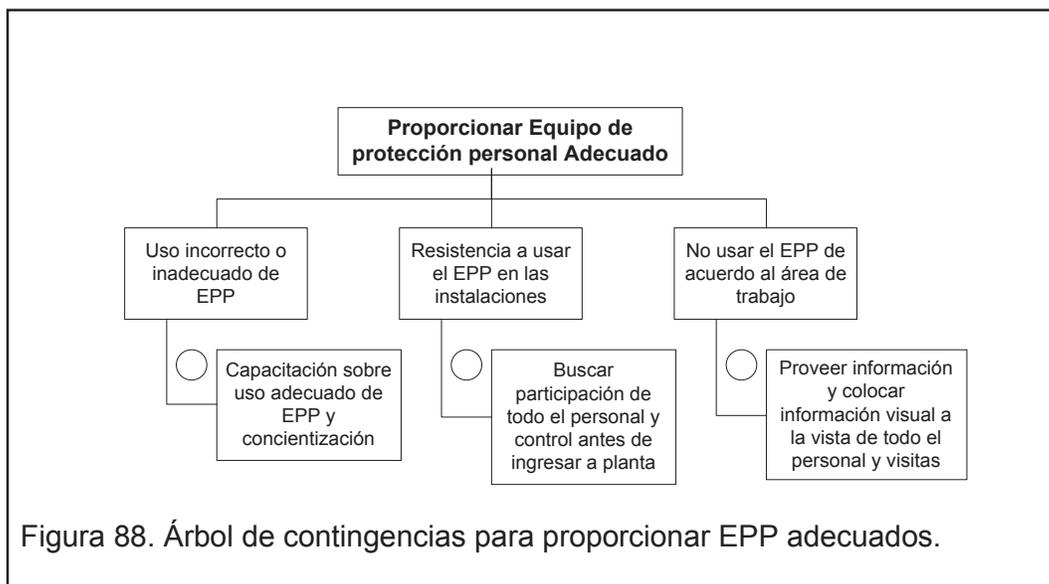
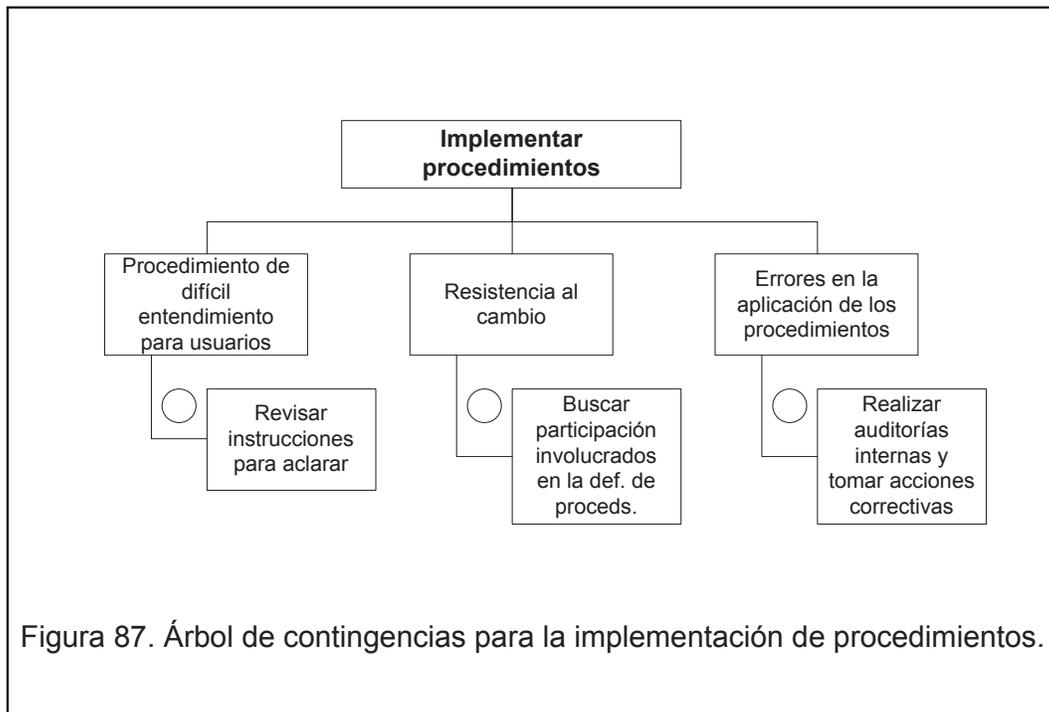
<i>Cálculo del Nivel Sigma tomando como base datos mensuales</i>		
Fundas fabricadas de té x día	U=	1443200
Desperdicios diarios de fundas	D=	1408
Oportunidades por unidad	O=	6
DPMO	163	
CALCULADORA SIX SIGMA		
Oportunidades por defectos	8659200	
Defectos	1408	
Resultados		
Failure Rate	0.0002	
Accuracy Rate	0.9998	
Nivel Sigma	-3.5943	
Long Term Sigma Level	5.0943	
NIVEL SIGMA OBTENIDO = 5,1		

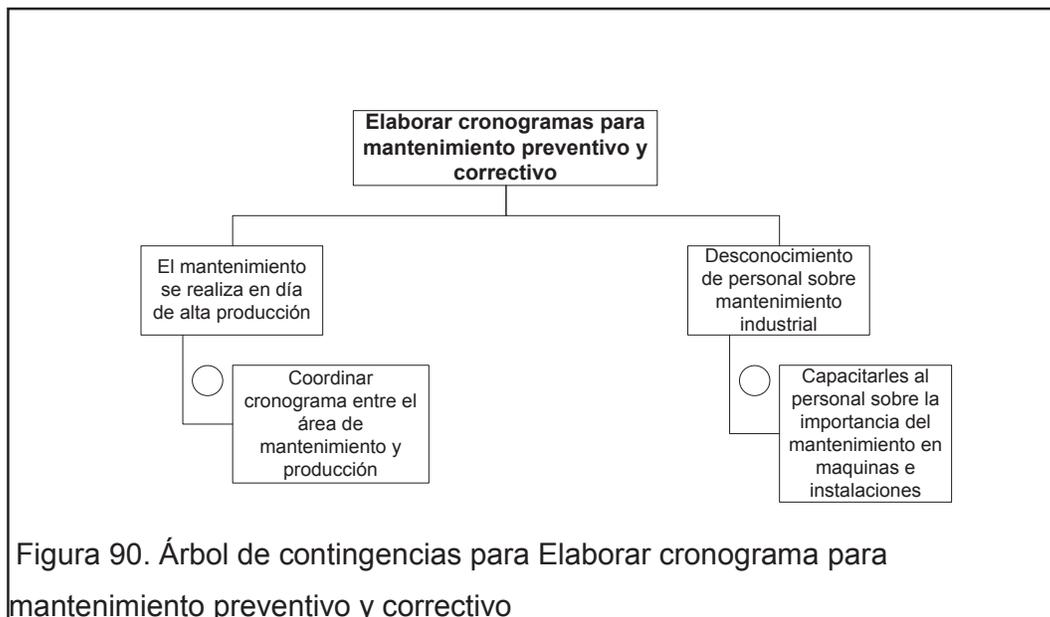
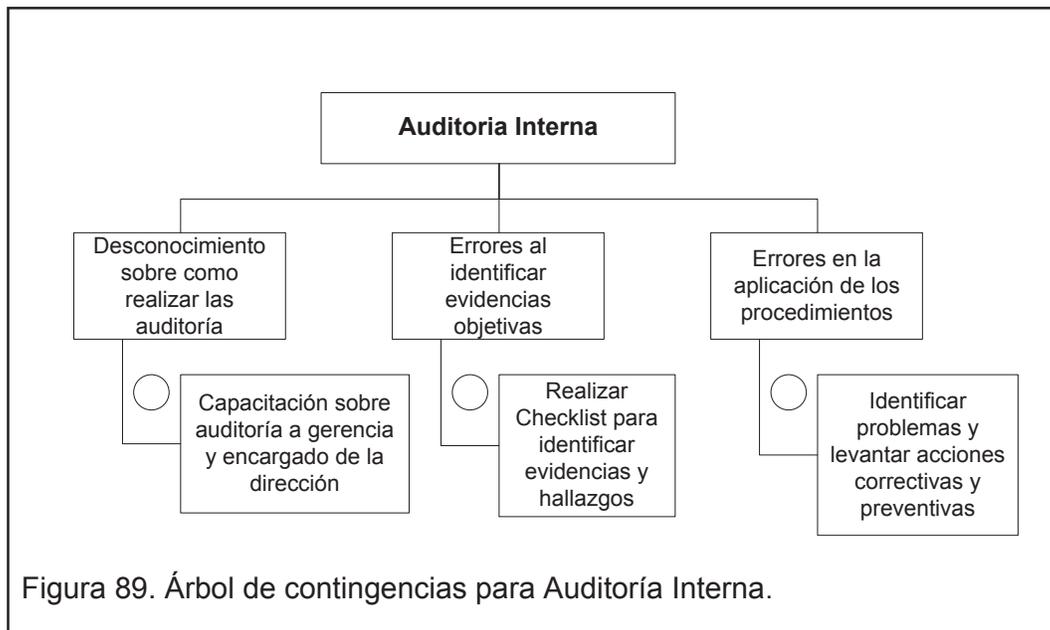
Figura 85. Cálculo del Nivel Sigma Línea de Producción de Té – Situación Futuro – CETCA

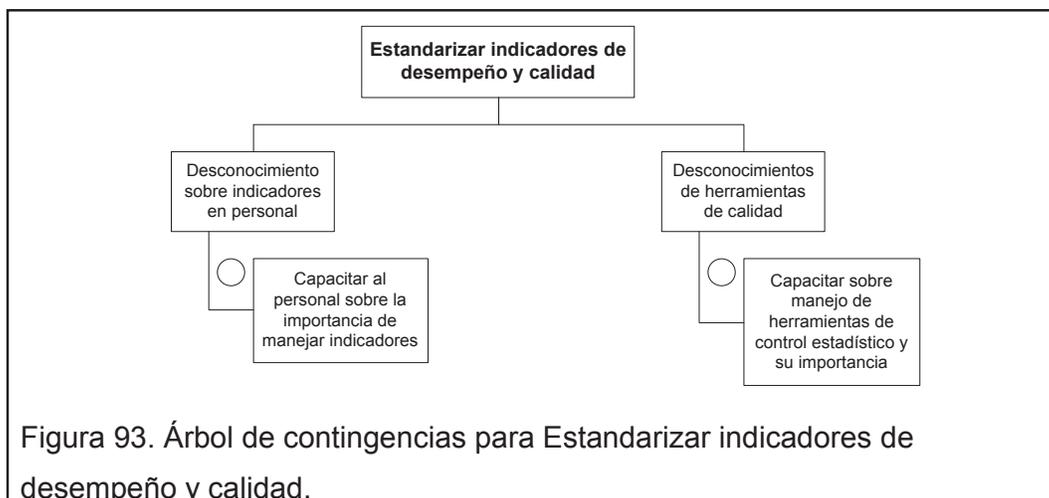
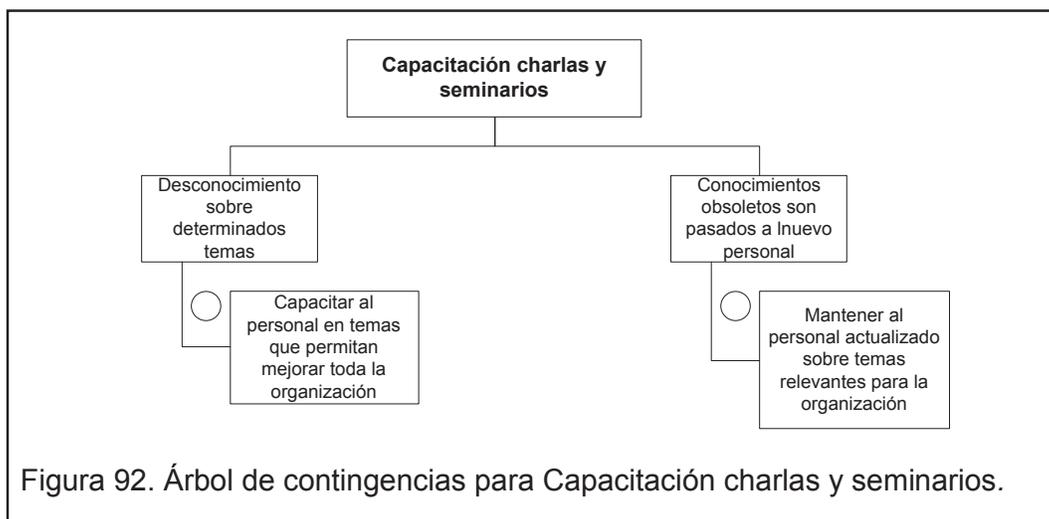
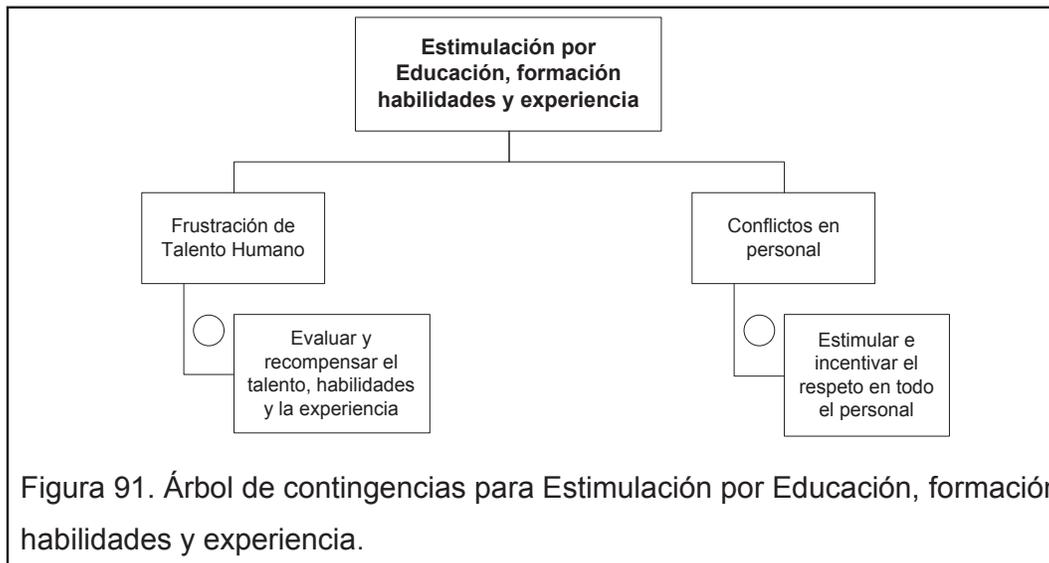
3.8 Identificación de riesgos potenciales

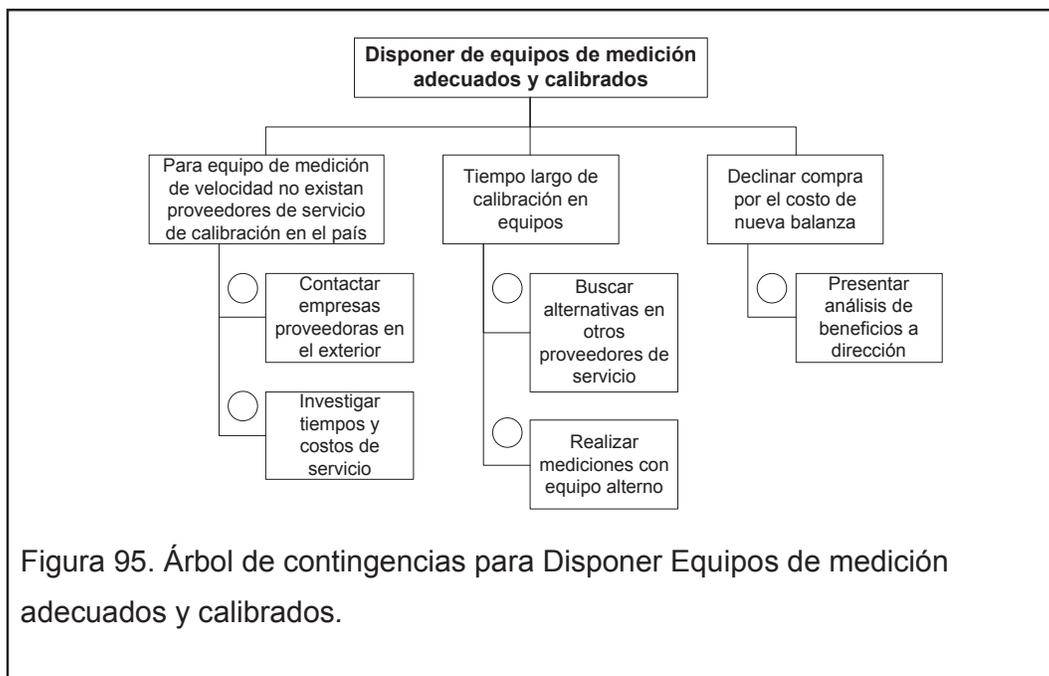
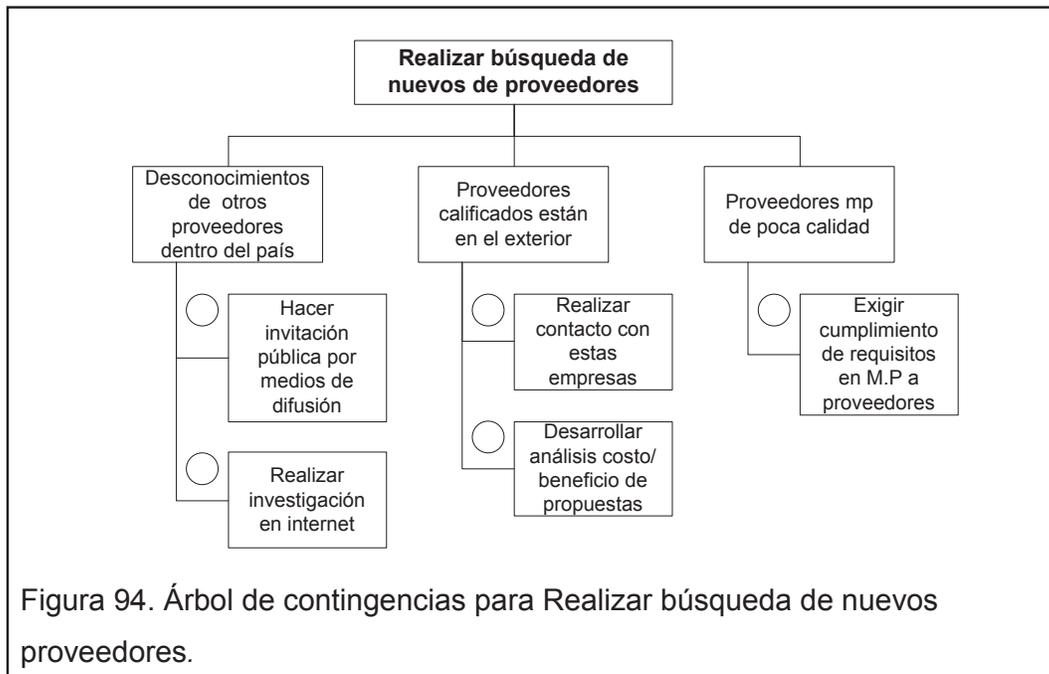
Una vez realizado el análisis de los datos mediante herramientas de estadística descriptiva e inferencial, correspondió realizar la identificación de los riesgos potenciales “problemas”, para luego definir contramedidas “acciones preventivas o alternativas”, para contrarrestar estos problemas; obteniéndose los siguientes resultados (Ver Fig. 86 a 98).

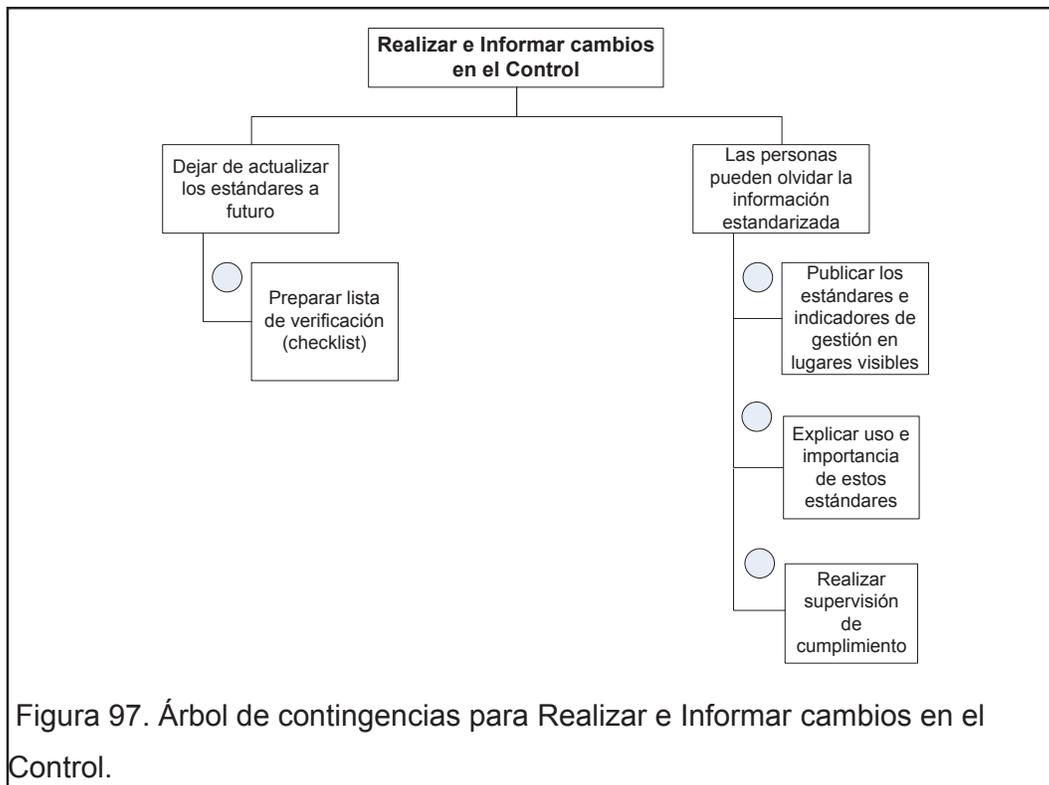
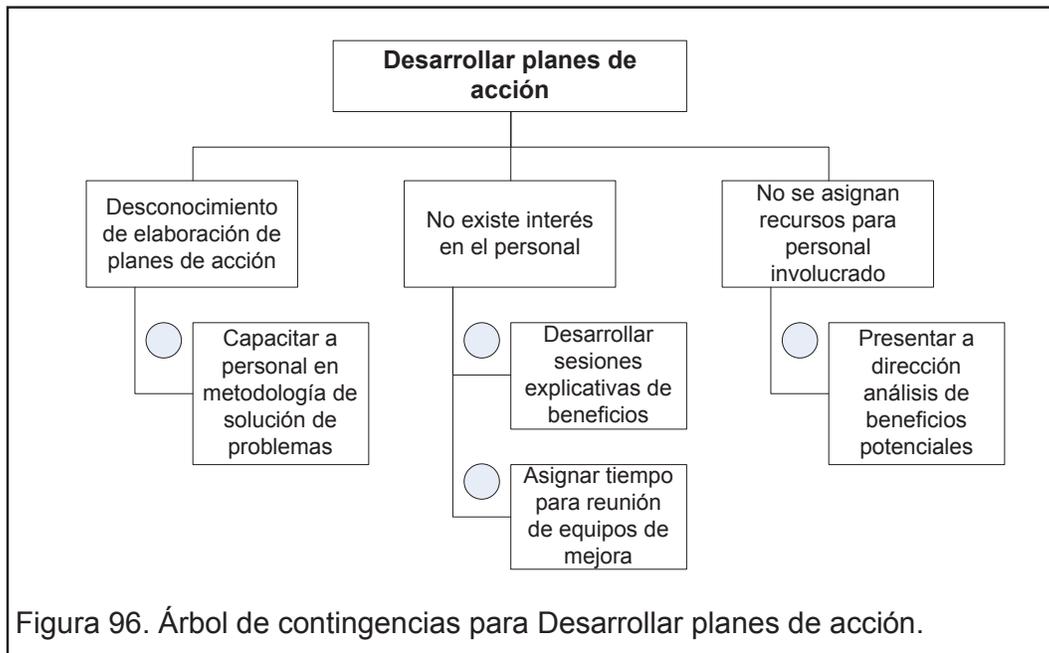


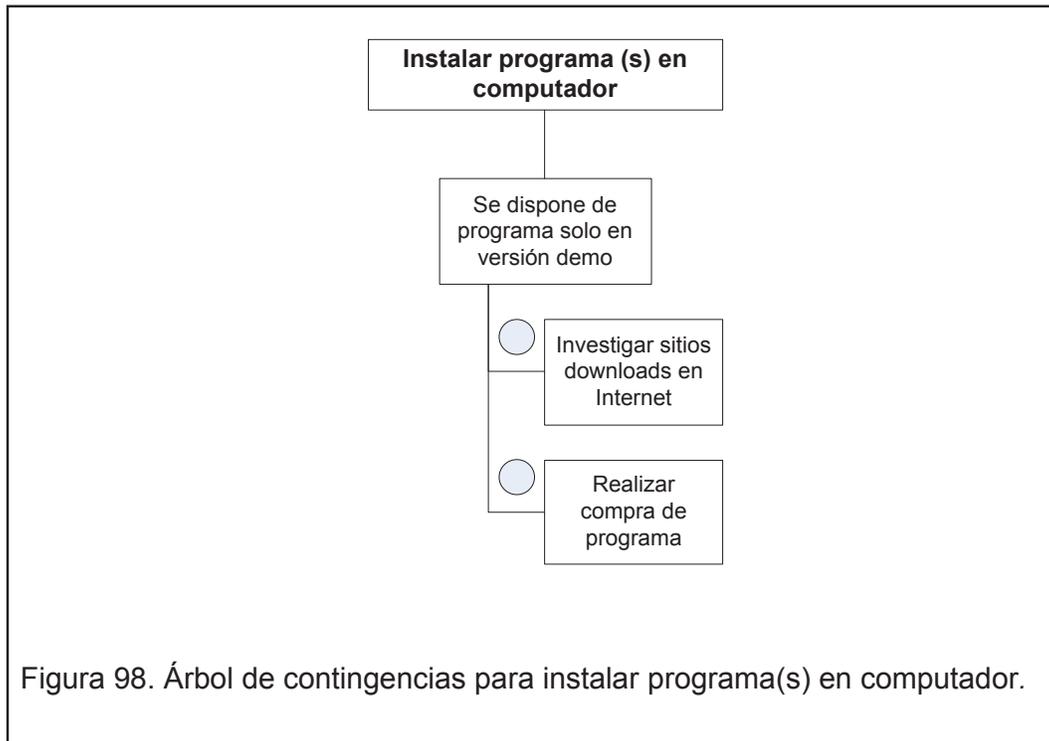












4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo de este capítulo es presentar las conclusiones obtenidas luego de finalizado el presente trabajo, así como también señalar algunas recomendaciones a considerar en la implementación de esta metodología.

4.1 CONCLUSIONES

- ❖ Mediante el análisis estadístico se pudo encontrar una relación positiva entre la humedad relativa de la sobreenvoltura y el desempeño del proceso; por lo que si se quiere mejorar los tiempos de los procesos así como los productos no conformes, se deberán tomar en cuenta las recomendaciones planteadas más adelante.
- ❖ La aplicación del software SIMUL8, ayudó a visualizar todos los procesos de producción en planta (Anexo 10- Fig. 119-121), y de esta manera identificar desperdicios y oportunidades de mejora.
- ❖ Una herramienta útil para la estandarización de los procesos es la caracterización de procesos por medio de diagramas SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) donde se identifican proveedores, entradas, actividades del proceso, salidas y clientes, y que están bien fundamentadas en el capítulo 2.
- ❖ En este proyecto se aplicó, varios métodos y herramientas, principalmente estadísticas, con el objetivo de encontrar las causas potenciales que provocaban la variabilidad en el desempeño de atributos relevantes para los requerimientos del producto.
- ❖ También se concluyó que en el proceso de empaçado, la materia prima debe ser pre-acondicionada adecuadamente; para que la sobreenvoltura sea de buena calidad deberá estar humectada entre el 70% y 80%; papel filtro bien alineado, pegamento, plástico de sellado e hilo de buena calidad, té acondicionado con la concentración

adecuada.

- ❖ El diseño de experimentos es una herramienta estadística que ayudó en este proyecto a confirmar la influencia de las variables temperatura ambiente y humedad de la sobreenvoltura, y que afectaban directamente sobre el producto, funda de té. Sin embargo hay que tener en cuenta que debido a que la muestra de producción no fue estadísticamente significativa se dificultó la posibilidad de inferir este resultado en la muestra para la población.
- ❖ En la figura 65, se tiene que el nivel sigma de la situación actual es de 4.41, concluyéndose que para un millón de fundas de se te obtendrá al menos 15.488 defectos.
- ❖ Tanto en la Figura 78 (Capacidad del proceso de empaçado y sellado) como en la Figura 79 (Gráficos de control para el proceso de empaçado) evidencian que si las sobreenvolturas son humectadas correctamente el desempeño del proceso mejorara sustancialmente lo cual también tiene un gran impacto en la reducción de los productos no conformes.

4.2 RECOMENDACIONES

Algunas de las recomendaciones que pueden ser útiles al implementar este proyecto son las siguientes:

- ❖ La Dirección de la empresa deberá comprender que Seis sigma promueve la mejora continua de todo el sistema, por lo que su gestión deberá estar encaminada a desarrollar este tipo de proyecto en los procesos que mayor impacto tengan en la organización, optimizando de esta manera los recursos.
- ❖ Se recomienda adquirir una nueva cámara de humectación de forma urgente ya que esto influye directamente en el desempeño del proceso.
- ❖ Informar al recurso humano en forma detallada acerca de nuevos proyectos de mejora, para disminuir los temores y rechazos que puedan aparecer en el desarrollo de los proyectos; de igual manera promover la importancia de utilizar EPP (equipos de protección personal), mantenimiento correctivo, preventivo en equipos y

maquinas; y sobre todo su total colaboración aportando información y propuestas que permitan mejorar continuamente a la organización.

- ❖ Coordinar las acciones que se realizan tanto en el desarrollo del Sistema de gestión de calidad ISO 9001:2008 como en proyectos de mejora en los procesos, tratando de evitar duplicación de esfuerzos.
- ❖ Documentar los nuevos procedimientos obtenidos, y mantener al personal informado sobre cualquier cambio, en algún proceso, esto hará que el personal se vaya acostumbrando a las nuevas formas de hacer las cosas.
- ❖ Es recomendable utilizar programas informáticos tales como; Minitab, Simul8, Crystall ball, tanto para la gestión de este tipo de proyectos; como para realizar análisis estadísticos de los datos. Esto ayudará a tomar decisiones oportunas a partir de los resultados obtenidos, sean estos numéricos o gráficos.
- ❖ Basándonos en el sigma actual = 4.41, y después de que se implemente la metodología seis sigma como vemos en la figura 85; al aplicar estas mejoras el sigma aumenta dándonos un sigma = 5.1; equivalente a 163 defectos por millón de oportunidades, demostrándose la efectividad de la metodología.
- ❖ Se recomienda realizar evaluaciones permanentes del sistema de control de acuerdo al plan final, el cual deberá ser revisado y aprobado por la dirección. La información debe ser ingresada y analizada, con ayuda del software, en tiempo real; es decir, en el mismo momento que se realizan las mediciones.
- ❖ La dirección de la empresa deberá considerar vital la propuesta de mejora, lo que permitirá que la calidad del té pueda ser controlada desde la Línea de Producción, y disminuyan los defectos y desperdicios.

- ❖ Se recomienda implementar los procedimientos estandarizados en el presente documento, mantenerlos vigentes y actualizados a todo el personal, lo ideal sería manejar un BSC (Balance Score Card – Cuadro de Mando Integral); en el cual se vea el desempeño actual y futuro deseado para la organización.

REFERENCIAS

Aquilano, N., Jacobs, R. y Chase, R. (2009). Administración de operaciones y Cadena de Suministros. (12a. ed.). México D.F, México: Mc Graw Hill.

Celvir, C. (2012). Las Siete Herramientas de la Calidad. Recuperado el 17 de febrero de 2012 de:

<http://www.monografias.com/trabajos11/contrest/contrest.shtml>

DAGO, (2010). (s.f.). Calidad y seis sigma . Recuperado el 20 de febrero de 2012 de: <http://www.seis-sigma.com/>

Gaither & Frazier, Administración de la Producción y Operaciones, Octava Edición, México, 2000.

Galindo, E. (2006). Estadística Metodos y Aplicaciones. Quito, Ecuador: Prociencia Editores.

Gutiérrez, H. (2008). Análisis y Diseño de experimentos. México D.F, México: Mc Graw-Hill.

Montgomery, D. (1991). Control estadístico de la Calidad. México D.F., Mexico: Grupo Editorial Iberoamérica.

MOURA, E. (2004) Abordajes Sistémicos para la Excelencia Empresarial, Quito, Ecuador: Qualiplus.

Oficina Internacional del Trabajo. (2007). Introducción al Estudio del Trabajo, Cuarta Edición, Ginebra, Suiza: OIT.

Moura, E. (2010). Excelencia Empresarial, Certificación seis sigma Green Belt, Quito Ecuador: Qualiplus.

Prieto, M. (2006). 6 Sigma Qué es y cómo aplicarlo a la empresa española.

Recuperado el 12 de abril de 2012 de:

http://areaestadistica.uclm.es/events/MarianoPC_SeisSigma.pdf

Render, B., Heizer, J. (1996). Principios de Administración de Operaciones. México: Pearson Education.

Salazar, B. (2012). Estudio de Tiempos. Recuperado el 12 de abril de 2013 de <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

Minitab16, (2012). Meet Minitab. Recuperado el 15 de febrero de 2012 de: <http://www.minitab.com>

Crystall Ball, (2012). Manual y Software gratuito. Recuperado el 10 de marzo de 2012 de <http://www.oracle.com/us/products/applications/crystalball/index.html>

Simul8, (2012). Simul 8 Manual y Software gratuito. Recuperado el 10 de abril de 2012 de: www.simul8.com

ANEXO

Anexo N° 1

Tabla 25. Suplementos. (Oficina Internacional del Trabajo, 4ª edición, 2000.)

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS BASICOS				
1	SUPLEMENTOS CONSTANTES	Hombres	Mujeres	Justificación
A	Suplemento por necesidades personales	5	7	Debido a que las personas que trabajan en la empresa son mujeres
B	Suplemento por fatiga	4	4	
2	SUPLEMENTOS VARIABLES			
A	Suplemento por trabajar de pie	2	4	No se lo considero debido a que el trabajo no se lo realiza de pie
B	Suplemento por postura anormal			
	Ligeramente incómoda	0	1	Se considero una posición ligeramente incomoda porque las trabajadoras se encuentran sentadas comodamente
	Incómoda (inclinada)	2	3	
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	
C	Uso de fuerza/energía muscular			
	(levantar, tirar, empujar) Peso levantado (kg)			
	2,5	0	1	Las razones por las que no se considero este suplemento para el proceso es porque las operadoras no realizan ningun tipo de fuerza fisica
	5	1	2	
	10	3	4	
	25	9	20	
	35,5	22	max	
D	Mala iluminación			
	Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Las instalaciones cuentan con buena iluminación por la seguridad industrial que la empresa aplica no se considera ningun porcentaje
	Bastante por debajo	2	2	
	Absolutamente insuficiente	5	5	
E	Concentración intensa			
	Trabajos de cierta precisión	0	0	No se considera que para realizar el trabajo se necesite una concentración intensa
	Trabajos precisos o fatigosos	2	2	
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5	
F	Ruido			
	Continuo	0	0	El ruido es continuo por lo que se considera un suplemento de 0
	Intermitente y fuerte	2	2	
	Intermitente y muy fuerte	5	5	
	Estridente y fuerte			
G	Tensión mental			
	Proceso bastante complejo	1	1	El empaclado y sellado del té no se considera complejo de realizar
	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4	
	Muy complejo	8	8	
H	Monotonía			
	Trabajo algo monótono	0	0	Se cataloga al proceso como un proceso muy monótono
	Trabajo bastante monótono	1	1	
	Trabajo muy monótono	4	4	
I	Tedio			
	Trabajo algo aburrido	0	0	Se considera un trabajo muy aburrido
	Trabajo bastante aburrido	2	1	
	Trabajo muy aburrido	5	2	

Tabla 26. Factores de calificación por dificultad del trabajo

Factores de calificación por dificultad del trabajo				
Categoría	Descripción	Notación	Condiciones	%
1	Parte del cuerpo usada	A	Escaso uso de los dedos	0
		B	Muñecas y dedos	1
		C	Codo, muñecas y dedos	2
		D	Brazos, ect	5
		E	Tronco ect.	8
		E2	Elevarse sobre piso con las piernas	10
2	Pedales	F	Sin pedales o un pedal con fulcro bajo pie	0
		G	Pedal o pedales con punto de apoyo fuera del pie	5
3	Uso de ambas manos	H	Las manos se ayudan entre si, o trabajan alternadamente	0
		H2	Las manos se utilizan simultáneamente haciendo el mismo trabajo en piezas iguales	18
4	Coordinación de ojo mano	I	Trabajo burdo principalmente al tacto	0
		J	Visión moderada	5
		K	Constante pero no muy cercana	4
		L	Cuidadosa, bastante cercana	7
		M	Dentro de 0,4 mm	10
5	Requerimientos de manipulación	N	Puede manipularse burdamente	0
		O	Solamente un control burdo	1
		P	Debe controlarse	2
		Q	Debe manejarse cuidadosamente	2
		R	Frágil	5
			Porcentaje Total	11%

Anexo N° 2 Línea de producción

Factores de calificación por dificultad del trabajo			Suplementos para el proceso	
Notación	Condiciones	%		
D	Brazos, ect	5	Suplemento por fatiga	4
H	Las manos se ayudan entre si, o trabajan alternadamente	0	Ligeramente incómoda	1
K	Constante pero no muy cercana	4	Trabajo muy monótono	4
P	Debe controlarse	2	Trabajo muy aburrido	2
Porcentaje total			Suplemento por necesidades personales	7
			Porcentaje total	18%

MUESTRA 1 SIN SUPLEMENTOS NI VALORACIONES												MUESTRA 1 CONSUMENTOS Y VALORACIONES											
6,39	6,39	7,10	8,52	5,68	6,32	6,39	6,39	6,39	7,10	6,45	9,00	9,00	10,00	12,00	8,00	8,90	9,00	9,00	10,00	9,08			
5,68	5,68	6,39	9,94	5,73	6,60	7,10	8,52	5,68	6,39	6,39	8,00	8,00	9,00	14,00	8,07	9,30	10,00	12,00	8,00	9,00			
6,39	7,10	8,52	8,52	6,43	6,32	7,10	7,81	4,97	6,39	7,10	9,00	10,00	12,00	12,00	9,05	8,90	10,00	11,00	7,00	9,00			
6,39	6,71	7,19	7,81	7,90	6,04	8,52	8,88	5,54	6,32	5,68	9,00	9,45	10,13	11,00	11,13	8,50	12,00	12,50	7,80	8,90			
6,39	7,81	7,81	7,10	6,39	7,81	6,39	6,39	7,81	7,10	6,60	9,00	11,00	11,00	10,00	9,00	11,00	9,00	9,00	11,00	9,30			
6,39	6,39	7,10	6,96	6,39	7,10	5,75	5,37	6,39	7,10	7,74	9,00	9,00	10,00	9,80	9,00	10,00	8,10	7,56	9,00	10,90			
7,10	9,23	7,10	6,82	5,96	6,89	10,65	4,26	8,52	7,81	7,67	10,00	13,00	10,00	9,60	8,40	9,70	15,00	6,00	12,00	11,00			
6,39	7,81	7,81	7,53	6,39	6,96	7,10	4,97	6,39	9,23	6,39	9,00	11,00	11,00	10,60	9,00	9,80	10,00	7,00	9,00	13,00			
6,39	7,10	7,10	7,10	9,23	6,60	8,52	5,68	7,10	7,81	7,10	9,00	10,00	10,00	10,00	13,00	9,30	12,00	8,00	10,00	11,00			
7,10	7,10	7,81	5,68	7,74	7,74	6,39	6,39	8,52	7,81	7,10	10,00	10,00	11,00	8,00	10,90	10,90	9,00	9,00	12,00	11,00			
6,77	7,10	7,10	5,69	7,85	7,67	7,81	6,39	7,10	8,52	8,52	9,54	10,00	10,00	8,02	11,05	10,80	11,00	9,00	10,00	12,00			
MUESTRA 2 SIN SUPLEMENTOS NI VALORACIONES												MUESTRA 2 CONSUMENTOS Y VALORACIONES											
7,48	7,48	7,95	10,05	10,05	6,48	7,71	7,92	7,22	8,05	8,95	10,53	10,53	11,2	14,16	14,16	9,12	10,86	11,16	10,17	11,34			
6,65	6,65	7,16	11,73	11,73	6,53	8,06	8,80	9,63	7,16	8,05	9,36	9,36	10,08	16,52	16,52	9,2	11,35	12,4	13,56	10,08			
7,48	7,95	9,54	10,05	10,05	7,84	7,71	8,80	8,83	6,26	7,41	10,53	11,2	13,44	14,16	14,16	11,04	10,86	12,4	12,43	8,82			
7,48	7,51	8,49	9,22	9,22	9,64	7,36	10,56	10,03	6,98	7,33	10,53	10,58	11,95	12,98	12,98	13,58	10,37	14,88	14,13	9,828			
7,48	8,75	9,22	8,38	8,38	7,80	9,53	7,92	7,22	9,84	8,24	10,53	12,32	12,98	11,8	11,8	10,98	13,42	11,16	10,17	13,86			
7,48	7,16	8,38	7,93	7,93	7,80	8,66	7,13	6,07	8,05	8,24	10,53	10,08	11,8	11,17	11,17	10,98	12,2	10,04	8,543	11,34			
8,31	10,34	8,38	7,77	7,77	7,28	8,40	13,21	4,81	10,74	9,06	11,7	14,56	11,8	10,94	10,94	10,25	11,83	18,6	6,78	15,12			
7,48	8,75	9,22	8,58	8,58	7,80	8,63	8,80	5,62	8,05	10,71	10,53	12,32	12,98	12,08	12,08	10,98	12,15	12,4	7,91	11,34			
7,48	7,95	8,38	8,09	8,09	11,26	8,19	10,56	6,42	8,95	9,06	10,53	11,2	11,8	11,4	11,4	15,86	11,53	14,88	9,04	12,6			
8,31	7,95	9,22	6,48	6,48	9,44	9,60	7,22	8,05	10,74	9,06	11,7	11,2	12,98	9,12	9,12	13,3	13,52	10,17	11,34	15,12			
7,92	7,95	8,38	6,49	6,49	9,57	9,51	8,83	8,05	8,95	9,88	11,16	11,2	11,8	9,143	9,143	13,48	13,39	12,43	11,34	12,6			

Figura 99. Mediciones del proceso de empaqueo de la línea de producción (seg.)

MUESTR 3 SIN SUPLEMENTOS NI VALORACIONES												MUESTRA 3 CONSUPLEMENTOS Y VALORACIONES											
6,96	7,10	7,81	8,98	8,24	10,56	6,39	8,55	8,54	8,17	8,52	9,80	10,00	11,00	12,65	11,60	14,87	9,00	12,04	12,03	11,50	12,00		
9,23	8,52	7,74	10,15	7,53	9,94	7,81	9,23	8,57	7,81	7,18	13,00	12,00	10,90	14,30	10,60	14,00	11,00	13,00	12,07	11,00	10,11		
7,10	7,81	8,83	8,80	8,09	8,81	9,00	8,13	8,45	8,02	7,60	10,00	11,00	12,43	12,40	11,40	12,41	12,67	11,45	11,90	11,30	10,70		
8,27	8,80	8,80	8,59	7,48	9,16	8,64	7,87	7,84	7,38	8,63	11,65	12,40	12,40	12,10	10,54	12,90	12,17	11,08	11,04	10,40	12,15		
7,10	7,67	7,60	8,19	8,80	9,55	7,10	7,01	6,82	9,09	7,85	10,00	10,80	10,70	11,54	12,40	13,45	10,00	9,87	9,60	12,80	11,05		
9,02	8,04	6,39	7,38	8,19	7,18	8,52	9,23	9,27	8,52	7,10	12,70	11,33	9,00	10,40	11,54	10,11	12,00	13,00	13,06	12,00	10,00		
6,39	7,67	9,94	8,66	7,91	9,23	7,10	9,23	7,81	8,17	8,52	9,00	10,80	14,00	12,20	11,14	13,00	10,00	13,00	11,00	11,50	12,00		
7,81	8,56	9,94	7,10	7,10	6,04	8,88	7,60	8,24	8,52	7,81	11,00	12,05	14,00	10,00	10,00	8,50	12,50	10,70	11,60	12,00	11,00		
8,73	7,81	7,10	9,23	7,14	7,81	8,52	8,55	8,38	7,18	7,60	12,30	11,00	10,00	13,00	10,05	11,00	12,00	12,04	11,80	10,11	10,70		
8,76	7,10	8,73	7,10	8,52	7,10	8,17	8,80	8,73	7,60	8,52	12,34	10,00	12,30	10,00	12,00	10,00	11,50	12,40	12,30	10,70	12,00		
7,92	7,81	7,82	6,39	7,81	8,83	8,84	8,52	8,24	8,63	8,12	11,15	11,00	11,02	9,00	11,00	12,43	12,45	12,00	11,60	12,15	11,43		

MUESTR 4 SIN SUPLEMENTOS NI VALORACIONES												MUESTRA 4 CONSUPLEMENTOS Y VALORACIONES											
10,01	8,59	10,43	8,80	11,65	10,74	8,71	8,96	9,86	9,86	8,14	14,09	12,1	14,69	12,4	16,41	15,13	12,27	12,63	13,89	13,89	11,47		
9,10	11,68	10,43	10,56	8,76	10,00	9,87	7,54	8,59	8,31	10,80	12,82	16,46	14,69	14,88	12,33	14,08	13,91	10,62	12,1	11,7	15,21		
8,24	9,84	8,58	8,80	11,26	9,65	8,09	11,73	9,01	10,55	8,31	11,6	13,86	12,09	12,4	15,86	13,59	11,4	16,52	12,69	14,86	11,7		
9,88	10,38	9,66	11,01	7,36	8,66	10,52	11,73	8,59	7,48	9,68	13,92	14,62	13,61	15,5	10,37	12,2	14,82	16,52	12,1	10,53	13,63		
9,06	10,56	9,95	10,56	9,68	8,71	8,09	8,38	9,58	9,14	7,10	12,76	14,87	14,01	14,88	13,64	12,26	11,4	11,8	13,5	12,87	10		
8,81	11,00	10,74	10,12	8,80	10,39	7,28	10,30	8,75	10,22	7,14	12,41	15,5	15,12	14,26	12,4	14,64	10,26	14,51	12,32	14,39	10,05		
9,06	10,38	10,76	9,99	10,94	9,53	9,39	9,23	7,95	10,25	8,52	12,76	14,62	15,16	14,07	15,41	13,42	13,22	13	11,2	14,44	12		
9,31	10,29	10,80	9,66	7,92	12,88	8,58	10,60	8,75	9,26	7,81	13,11	14,49	15,21	13,61	11,16	18,14	12,08	14,93	12,32	13,05	11		
8,57	10,74	10,65	10,43	9,68	12,13	9,23	11,98	8,75	8,31	10,56	12,06	15,12	14,99	14,69	13,64	17,08	13	16,87	12,32	11,7	14,87		
10,54	9,04	9,88	9,19	11,15	10,75	9,13	10,39	8,67	9,97	9,94	14,85	12,74	13,91	12,94	15,71	15,14	12,86	14,63	12,21	14,04	14		
9,88	8,81	7,92	8,89	10,71	11,17	9,67	10,14	9,88	9,14	8,81	13,92	12,41	11,15	12,52	15,09	15,74	13,62	14,28	13,92	12,87	12,41		

Figura 100. Mediciones del proceso de sellado de la Línea de Producción de té (seg).

Distribution	A-D	A-D P-Value	K-S	K-S P-Value	Chi-Square	Chi-Square P-Value	Parameters
Lognormal	2,0463	0,000	0,1299	0,000	146,2000	0,000	Mean=12,08316, Std. Dev.=1,80511, Location=1,31622
Gamma	2,0945	0,000	0,1315	0,000	146,2000	0,000	Location=3,95883, Scale=0,39606, Shape=20,51102
Max Extreme	2,2159	0,000	0,1563	0,000	115,4000	0,000	Likeliest=11,23113, Scale=1,61889
Logistic	2,4112	0,000	0,1393	0,000	134,6000	0,000	Mean=11,9535, Scale=1,00882
Student's t	2,6800	---	0,1578	---	138,0000	0,000	Midpoint=12,0825, Scale=1,6461, Deg. Freedom=10,9846
Normal	2,7261	0,000	0,1608	0,000	138,8000	0,000	Mean=12,0825, Std. Dev.=1,82011
Beta	2,7321	---	0,1608	---	138,8000	0,000	Minimum=-13,61434, Maximum=37,77933, Alpha=100, Beta=100
Weibull	3,3177	0,000	0,1765	0,000	138,6000	0,000	Location=4,96449, Scale=7,80694, Shape=4,43082
Min Extreme	6,0951	0,000	0,2031	0,000	133,0000	0,000	Likeliest=13,04242, Scale=2,11315
Triangular	6,6703	---	0,1835	---	114,4000	0,000	Minimum=6,79859, Likeliest=11,07, Maximum=19,27224
BetaPERT	6,9283	---	0,2524	---	119,2000	0,000	Minimum=6,79859, Likeliest=11,07, Maximum=19,27224
Uniform	17,0584	0,000	0,3065	0,000	164,0000	0,000	Minimum=7,28851, Maximum=18,54149
Pareto	27,8273	---	0,4096	---	197,6000	0,000	Location=7,35017, Shape=2,05719
Exponential	40,9178	0,000	0,5154	0,000	481,6000	0,000	Rate=0,08276

Figura 101. Cuadro de Cálculo de Distribuciones para Envasado. (CrystalBall).

**Crystal Ball Report - Assumptions
Assumptions**

Worksheet: [Datos Tesis Linea de Producción.xls]Batch Fit Output

Assumption: Datos para analizar de Empacado: Best Fit Cell: B2

Lognormal distribution with parameters:

Location 1,32
Mean 12,08
Std. Dev. 1,81



Statistics:	Assumption values	Distribution
Trials		---
Mean		12,08
Median		11,93
Mode		11,64
Standard Deviation		1,81
Variance		3,26
Skewness		0,5077
Kurtosis		3,46
Coeff. of Variability		0,1494
Minimum		1,32
Maximum		Infinito
Range Width		---
Mean Std. Error		---

Percentiles:	Assumption values	Distribution
0%		1,32
10%		9,89
20%		10,55
30%		11,05
40%		11,5
50%		11,93
60%		12,39
70%		12,9
80%		13,53
90%		14,46
100%		Infinito

End of Assumptions

Figura 102. Cuadro de Distribución (Batch Fit) para Envasado. (CrystalBall).

Ranked By: Anderson-Darling

Data Series

Datos para	Distribución	A-D	A-D P-Value	K-S	K-S P-Value	Chi-Square	Chi-Square P-Value	Parameters
analizar de	Weibull	0,7565	0,021	0,0967	0,000	26,8000	0,001	Location=9,37666, Scale=5,2892, Shape=3,52623
	Normal	0,7859	0,039	0,1035	0,000	24,6000	0,003	Mean=14,13526, Std. Dev.=1,49652
	Beta	0,7869	---	0,1023	---	25,0000	0,001	Minimum=5,17015, Maximum=23,64938, Alpha=18,14717, Beta=19,25848
	Lognormal	0,7947	0,012	0,1045	0,000	24,6000	0,002	Mean=14,13531, Std. Dev.=1,49652, Location=202,43543
	Gamma	0,8221	0,010	0,1072	0,000	24,6000	0,002	Location=32,99693, Scale=0,04718, Shape=999
	Logistic	0,9325	0,000	0,1124	0,000	31,4000	0,000	Mean=14,14607, Scale=0,86312
	Min Extreme	1,8091	0,000	0,0956	0,000	32,8000	0,000	Likeliest=14,88102, Scale=1,49079
	Max Extreme	2,1120	0,000	0,1198	0,000	45,8000	0,000	Likeliest=13,39015, Scale=1,44872
	Triangular	2,5315	---	0,1344	---	48,0000	0,000	Minimum=9,96498, Likeliest=14,145, Maximum=18,80946
	Student's t	4,7859	---	0,1974	---	89,6000	0,000	Midpoint=14,13526, Scale=0,60264, Deg. Freedom=1
	Uniform	9,6367	0,000	0,2386	0,000	75,0000	0,000	Minimum=10,39025, Maximum=18,35485
	BetaPERT	15,4741	---	0,2577	---	109,6000	0,000	Minimum=5,17015, Likeliest=13,99801, Maximum=23,64938
	Pareto	22,2257	---	0,3581	---	170,8000	0,000	Location=10,42903, Shape=3,35076
	Exponential	44,3383	0,000	0,5347	0,000	600,2000	0,000	Rate=0,07075

Figura 103. Cuadro de Cálculo de Distribuciones para Empacado.

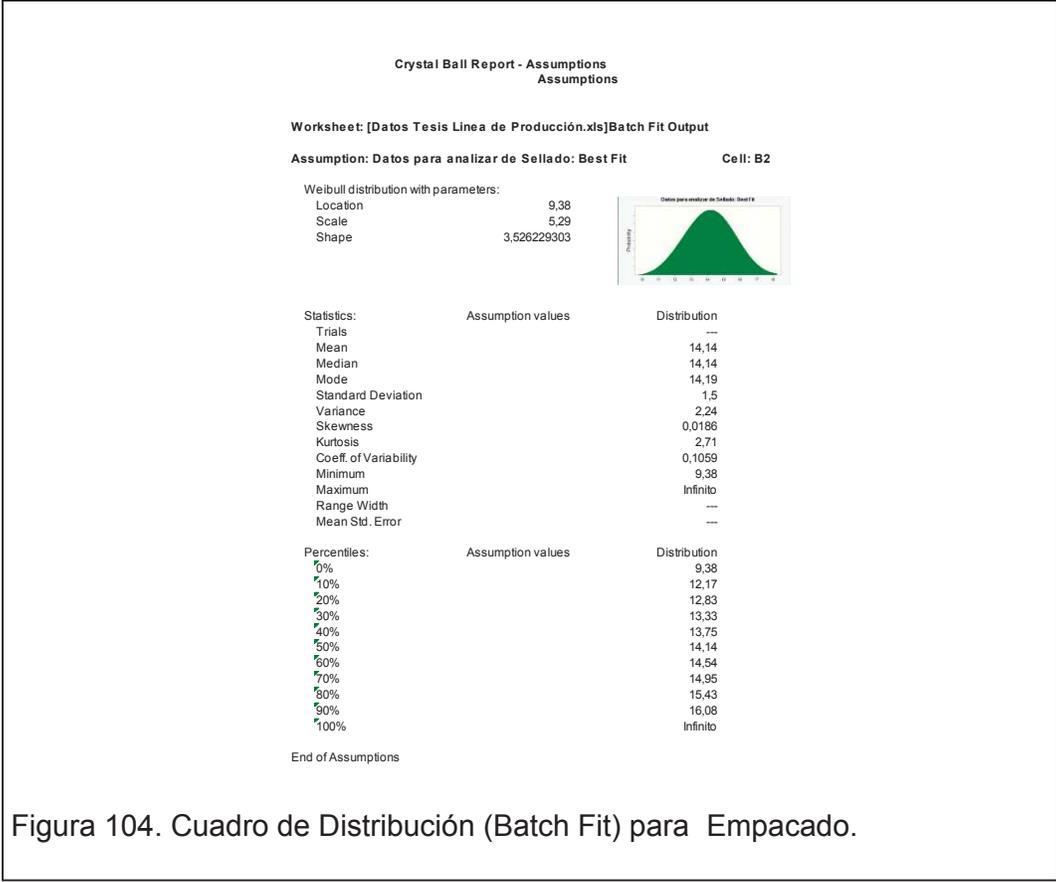


Figura 104. Cuadro de Distribución (Batch Fit) para Empacado.

Anderson-Darling

Data Series	Distribution	A-D	A-D P-Value	K-S	K-S P-Value	Chi-Square	Chi-Square P-Value	Parameters
Takt Time	Lognormal	0,7377	0,024	0,0805	0,020	18,8000	0,016	Mean=38,71852, Std. Dev.=2,27323, Location=13,27868
	Gamma	0,7530	0,016	0,0796	0,029	18,8000	0,016	Location=20,30524, Scale=0,27806, Shape=66,21888
	Logistic	0,8983	0,000	0,0721	0,056	28,2000	0,001	Mean=38,60673, Scale=1,27986
	Student's t	1,0102	---	0,0864	---	30,4000	0,000	Midpoint=38,71776, Scale=2,18374, Deg. Freedom=24,93616
	Normal	1,0456	0,000	0,0843	0,039	21,2000	0,012	Mean=38,71776, Std. Dev.=2,27696
	Beta	1,0490	---	0,0843	---	23,0000	0,002	Minimum=6,57113, Maximum=70,86439, Alpha=100, Beta=100
	Max Extreme	1,3856	0,000	0,1171	0,000	24,4000	0,004	Likeliest=37,61901, Scale=2,18741
	Min Extreme	3,7383	0,000	0,1168	0,000	45,4000	0,000	Likeliest=39,88924, Scale=2,41641
	Triangular	3,8218	---	0,1640	---	34,2000	0,000	Minimum=31,37165, Likeliest=38,33, Maximum=45,81206
	Uniform	#####	0,000	0,2336	0,000	90,8000	0,000	Minimum=32,07428, Maximum=45,07772
	Weibull	#####	0,000	0,2765	0,000	55,8000	0,000	Location=32,12209, Scale=6,1455, Shape=2,57127
	Pareto	#####	---	0,3905	---	184,2000	0,000	Location=32,13048, Shape=5,41153
	BetaPERT	#####	---	0,3735	---	415,0000	0,000	Minimum=6,57113, Likeliest=38,71776, Maximum=70,86439
	Exponential	#####	0,000	0,5729	0,000	1096,8000	0,000	Rate=0,02583

Figura 105. Cuadro de Cálculo de Distribuciones para Envasado.

Crystal Ball Report - Assumptions
Assumptions

Worksheet: [Datos Tesis Linea de Producción.xls]Batch Fit Output

Assumption: Takt Time : Best Fit

Cell: B2

Lognormal distribution with parameters:

Location	13,28
Mean	38,72
Std. Dev.	2,27



Statistics:	Assumption values	Distribution
Trials		---
Mean		38,72
Median		38,62
Mode		38,42
Standard Deviation		2,27
Variance		5,17
Skewness		0,2688
Kurtosis		3,13
Coeff. of Variability		0,0587
Minimum		13,28
Maximum		Infinito
Range Width		---
Mean Std. Error		---

Percentiles:	Assumption values	Distribution
0%		13,28
10%		35,88
20%		36,79
30%		37,46
40%		38,05
50%		38,62
60%		39,2
70%		39,83
80%		40,59
90%		41,69
100%		Infinito

Figura 106. Cuadro de Distribución (Batch Fit) para Empacado.

Estadística descriptiva:

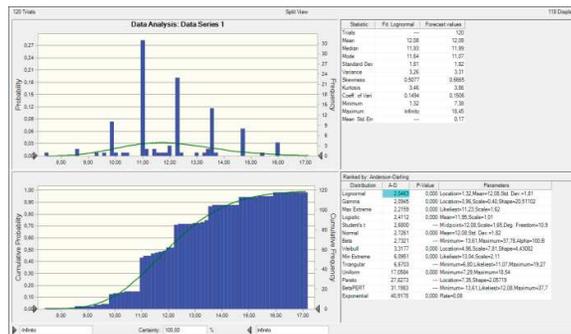


Figura 107. Estadística descriptiva para Envasado. (CrystalBall).

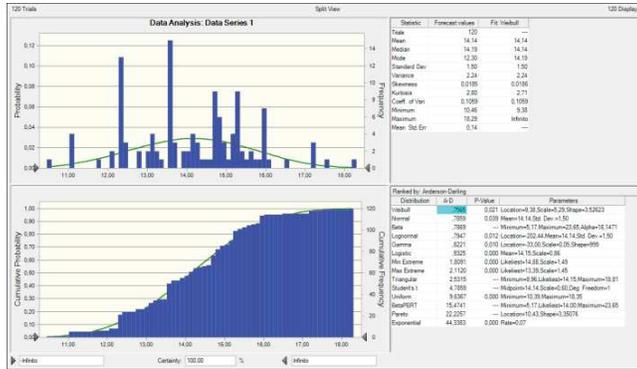


Figura 108. Estadística descriptiva para Empacado. (CrystalBall).

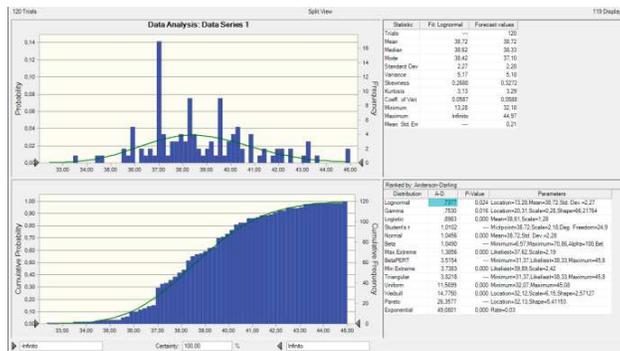


Figura 109. Estadística descriptiva para Sellado. (CrystalBall)

Anexo 3. Porcentajes de No Conformidades

Tabla 26. Porcentaje de No Conformidades Diurno y Nocturno.

Nº	% de No Conformidades Diurnas	HR	% de No Conformidades Nocturnos	HR noche	Nº	% de No Conformidades Diurnas	HR	% de No Conformidades Nocturnos	HR noche
1	9,7%	45%	6,3%	55%	21	9,8%	36%	5,6%	48%
2	10,9%	40%	6,1%	53%	22	10,3%	41%	4,9%	60%
3	13,1%	33%	5,7%	49%	23	9,2%	40%	6,4%	59%
4	10,5%	43%	5,7%	52%	24	13,6%	33%	6,0%	60%
5	9,6%	38%	4,7%	64%	25	13,5%	33%	6,4%	55%
6	11,2%	46%	5,6%	54%	26	13,7%	35%	6,7%	61%
7	12,2%	36%	4,2%	65%	27	9,3%	41%	5,4%	53%
8	12,6%	39%	5,4%	57%	28	10,1%	36%	5,6%	51%
9	9,3%	43%	5,4%	62%	29	11,3%	37%	5,4%	58%
10	12,2%	35%	5,6%	59%	30	12,2%	41%	5,9%	54%
11	12,0%	37%	6,5%	57%	31	13,0%	33%	4,9%	58%
12	9,7%	37%	6,1%	51%	32	13,0%	35%	5,0%	62%
13	12,2%	39%	4,6%	62%	33	12,0%	37%	4,9%	65%
14	11,7%	34%	5,7%	55%	34	10,1%	41%	5,6%	47%
15	9,9%	42%	6,4%	57%	35	11,9%	39%	4,3%	59%
16	9,1%	39%	6,0%	55%	36	10,9%	44%	6,3%	56%
17	10,2%	44%	5,2%	63%	37	12,2%	43%	6,6%	69%
18	13,1%	35%	5,0%	60%	38	13,6%	31%	4,9%	61%
19	10,8%	43%	4,5%	63%	39	13,7%	34%	4,2%	62%
20	12,5%	38%	5,6%	48%	40	11,7%	36%	5,9%	60%

Anexo 4. Tabla 27 de Tiempos entre paradas por cada turno

Time between breaks																																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Hilo de empaque	195	206	195	155	162	178	168	192	176	176	160	160	200	165	204	208	161	182	207	185	158	184	202	193	168	158	160	170	182	183	209	193	157	178	199	189	201	191	195
Goma	640	696	655	693	627	630	677	661	635	652	675	688	675	632	678	663	620	618	685	661	697	646	620	660	692	629	624	651	614	698	662	688	680	651	694	667	684	643	633
Rollo de etiquetas	209	177	265	239	236	216	213	235	270	212	258	182	191	182	223	178	268	186	213	272	199	202	238	237	239	245	228	279	243	268	217	199	182	178	172	208	179	187	225
sobreenvoltura	100	95	86	104	95	95	95	95	84	85	99	88	104	95	91	95	85	99	99	91	103	85	103	84	89	89	96	109	102	91	104	100	84	96	97	89	99	81	95
Té	278	355	278	293	339	349	349	327	330	296	328	374	323	266	302	337	279	286	329	298	316	372	370	331	325	286	346	334	318	293	367	319	347	362	332	336	298	303	301
Time between breaks																																							
Hilo de empaque	512	526	548	635	549	667	474	659	654	487	443	608	453	433	679	475	568	490	600	672	472	542	481	657	461	474	442	566	558	567	513	643	462	482	648	599	592	543	642
Goma	651	664	697	688	611	656	646	637	645	657	673	691	701	648	663	688	630	619	685	670	692	634	659	653	683	647	687	615	686	663	696	672	662	695	659	649	688	660	631
Rollo de etiquetas	256	217	242	197	197	261	243	214	265	211	227	225	264	191	208	198	259	195	211	184	258	196	270	215	221	266	165	250	196	234	202	225	269	186	166	190	235	207	272
sobreenvoltura	163	184	154	185	177	158	179	187	193	183	152	176	182	168	159	183	188	159	151	196	173	175	186	168	195	176	196	145	158	158	150	161	179	155	180	171	173	194	157
Té	287	358	349	291	297	299	320	303	352	291	266	277	316	303	306	269	317	249	348	289	284	339	325	329	312	309	257	343	252	363	238	347	343	305	285	295	266	291	333
Time between breaks																																							
Hilo de empaque	577	577	659	647	570	587	581	605	671	576	589	613	616	650	603	690	562	561	577	601	562	601	688	676	668	642	652	581	678	669	590	601	578	603	676	624	664	594	587
Goma	843	959	939	780	805	891	835	814	818	889	899	872	859	757	946	978	891	792	808	849	782	760	766	765	822	774	964	765	903	913	834	929	907	843	805	896	904	950	891
Rollo de etiquetas	349	324	369	331	311	317	309	326	357	327	315	329	333	322	378	309	340	328	337	370	325	345	347	369	361	335	329	321	355	362	339	377	339	350	354	366	373	317	376
sobreenvoltura	320	362	313	322	358	377	374	328	338	288	366	365	289	362	284	294	326	364	300	294	324	279	298	374	317	282	362	296	307	368	342	312	305	339	283	283	370	320	334
Té	271	318	295	367	276	298	306	288	342	292	297	364	368	342	275	327	334	280	355	347	333	320	351	302	370	365	292	276	360	299	357	338	320	271	312	264	353	283	278

Formula

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot P(1-P)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot P(1-P)}$$

Donde:

- N = El tamaño del universo
- n = El tamaño de la muestra con respecto al universo
- e = El grado de error
- P = El porcentaje de probabilidad de que un objeto sea tomado en cuenta como parte de la muestra
- Z = Nivel de confianza

n=

$$\frac{2,70^2 \cdot 30 \cdot 0,05(1-0,05)}{(30-1) \cdot 0,0009^2 + 2,706025^2 \cdot 0,05(1-0,05)}$$

n = 24, 9 ≈ 25

Para realizar en cálculo del número de datos que componen una muestra para el tiempo entre paradas se tomó como referencia los registros diarios del personal de mantenimiento, lo que da como resultado que la muestra deberá ser igual o mayor a 25 datos.

Anexo 5.

Cámara de Conservación

Precio UDS 6000



Características principales de la cámara de conservación

Dimensiones

Frente 3.55m, Largo 1.50m y Alto 2m

- Paneles modulares importados METECNO, tipo FRIGOWALL
- Unidad condensadora HERMETICA TECUMSEH, modelo UAKM26EST
- Evaporador CLIMATE CONTROL, con sistema de aire forzado con deshielo natural.
- Puertas y marcos importados STYLELINE de 26" ancho x 63" alto, temperatura normal
- Acabado plateado brillante liso.
- Incluye luces 60" T-8 lámparas con tubos plásticos
- Postes de metal galvanizado tamaño 83-3/4".
- 40 parrillas S2WW, 26" ancho x 24" fondo, parrilla de metal cubierta de epoxi blanco shelf.

Anexo 6. Muestras para proyección de resultados

Tabla 28 y 29. Tiempos proyectados de Empacado y Sellado.

Tiempo Proyectado Empacado(segundos)						
0,07	0,07	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08
0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09
0,10	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,09
0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08
0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08
0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
0,09	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08
0,08	0,09	0,07	0,09	0,08	0,08	0,08
0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09
0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,09
0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08
0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07

Tiempo Proyectado Sellado (segundos)							
0,09	0,07	0,09	0,10	0,08	0,08	0,07	0,09
0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,07	0,09	0,07
0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,07	0,09	0,07
0,08	0,08	0,10	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09
0,09	0,11	0,11	0,10	0,08	0,07	0,08	0,10
0,09	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08
0,08	0,09	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
0,10	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08
0,10	0,09	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,08
0,10	0,08	0,08	0,07	0,09	0,07	0,07	0,07
0,09	0,10	0,07	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09
0,08	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,09	0,07
0,08	0,11	0,07	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08

Anexo 7.

IMÁGENES EXPLICATIVAS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TÉ





Figura 112. Descripción de Sellado de Cajas de té. Foto en planta.



Figura 113. Diseccionado de caja de té. Foto en planta.

ANEXO 8. LÍNEA DE PRODUCTOS CETCA – MARCAS

LÍNEA HORNIMANS

*** En todos los casos de este anexo no están considerados todos los productos.**



The image displays three boxes of Hornimans tea products. The top box is red and labeled 'TEA NEGRO' (Black Tea), featuring a dragon logo and '25 Bolsitas' (25 sachets). The middle box is yellow and labeled 'TEA CON NARANJA' (Tea with Orange), also featuring the dragon logo and '25 Bolsitas'. The bottom box is green and labeled 'Te Verde' (Green Tea), with a circular logo and '25 Bolsitas'. To the right of the boxes is the Hornimans logo, which consists of a yellow shield with a red dragon and the word 'TEA' below it. Further to the right is a text box titled 'BENEFICIOS DEL TÉ' (Benefits of Tea) containing a list of health benefits.

BENEFICIOS DEL TÉ

- Sus antioxidantes evitan el envejecimiento celular.
- Una taza de té al día, puede ayudar a eliminar los radicales "pre-cancerígenos", y así evitar el cáncer.
- Elimina la fatiga, ayuda a la memoria y estimula la producción de enzimas beneficiosas.
- Como digestivo, ayuda a la oxidación del colesterol "bueno" y elimina la

Figura 114. Línea de productos CETCA

USOS PRINCIPALES

Su efecto antioxidante, retrasa el envejecimiento celular, incrementa la actividad neuronal, reduce los niveles de triglicéridos y evita la formación de tumores si se toma regularmente.

USOS PRINCIPALES

ideal para problemas digestivos, gastritis y úlceras; al tomarlo caliente es un excelente relajante muscular y desinflamante.

Figura 115. Productos Sangay

LÍNEA SANGAY

¡Comercio Justo!

Figura 116. Línea de productos Sangay CETCA

Anexo 9. RESUMEN PRODUCTOS CETCA – LÍNEA COSMÉTICA, FARMACÉUTICA Y ALIMENTICIA.

☒ Productos:

☉ Productos Terminados de la Industria Cosmética, Farmacéutica y Alimenticia

☉ Industria Alimenticia: Infusiones Aromáticas



- MENTA (*Mentha Piperita*)
- MANZANILLA (*Matricaria Chamomilla*)
- HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*)
- CEDRON (*Aloysia trvphilla*)
- MANZANILLA/MIEL (*Matricaria Chamomilla*)
- MATICO/LLANTEN (*Plantago major/Avisteguetia glutinosa*)
- TORONJIL (*Melissa officinalis*)
- HORCHATA LOJANA (varios)

Herivo

Herivo

Figura 117. Productos Sangay – Línea Aromáticas Fuente: Web CETCA.

⊙ **Industria Alimenticia: Otros alimentos terminados**



- TE NEGRO HORNIMANS (*Camelia sinensis*)
- TE VERDE (*Camelia sinensis*)
- TE CON MORA (*Camelia sinensis*)
- TE CON DURAZNO (*Camelia sinensis*)
- TE CON FRESA/CEREZA (*Camelia sinensis*)
- TE CON FRUTAS TROPICALES (*Camelia sinensis*)
- TE CON LIMON (*Camelia sinensis*)
- TE CON NARANJA (*Camelia sinensis*)

⊙ **Industria Farmaceutica: Infusiones Medicinales**



- ADELGAZANTE (*varios*)

Figura 118. Productos Sangay – Línea de Té Fuente: Página Web CETCA.

Anexo 10. SIMULACIONES REALIZADAS EN SOFTWARE SIMUL8

SITUACIÓN ACTUAL – MAÑANA

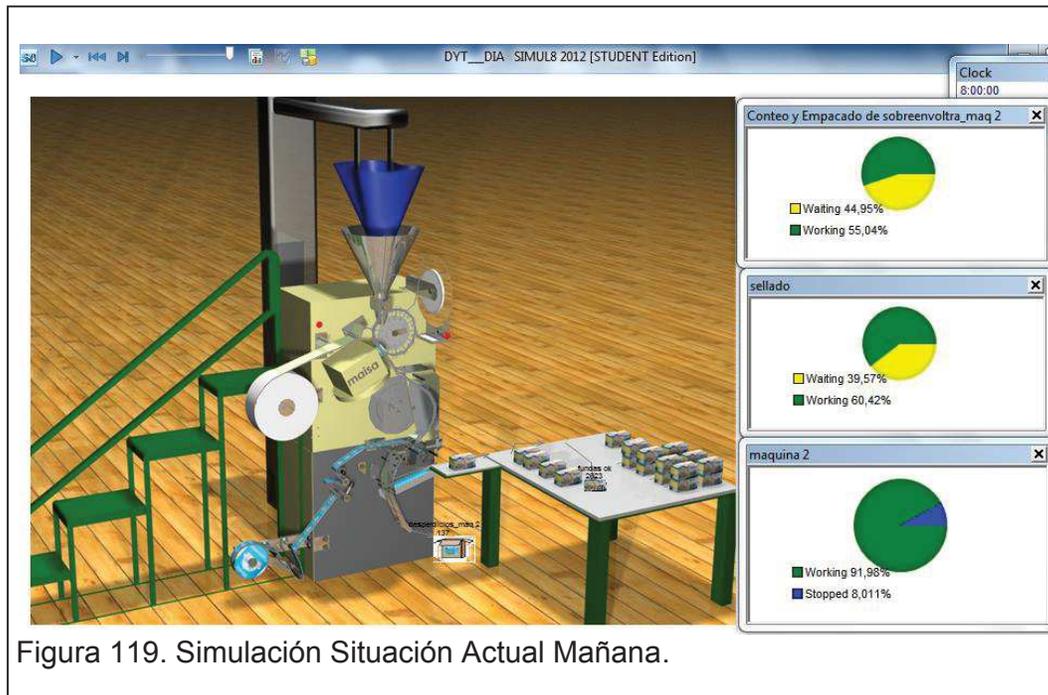


Figura 119. Simulación Situación Actual Mañana.

SITUACIÓN ACTUAL – NOCHE

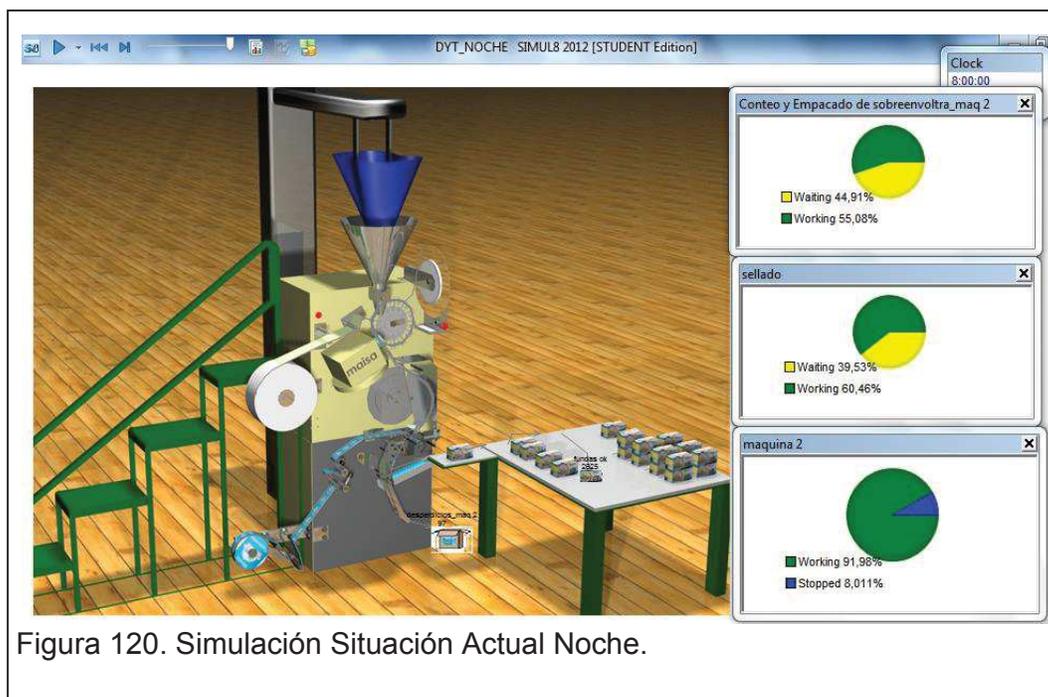
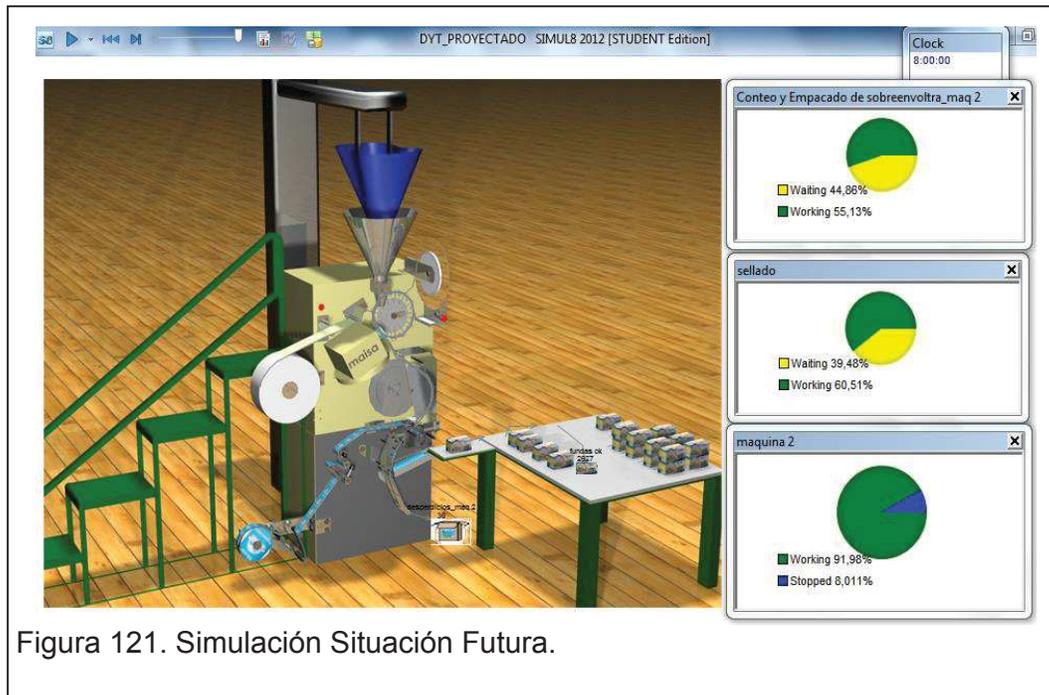


Figura 120. Simulación Situación Actual Noche.

SITUACIÓN PROYECTADA FUTURA (NOCHE Y DÍA)



GLOSARIO DE TÉRMINOS

El siguiente apartado describe algunos términos utilizados en el presente trabajo, específicamente el capítulo 1, los mismos que están numerados en forma sucesiva.

- 1) **Seis Sigma**, es una herramienta de calidad que se ocupa de la reducción de la variabilidad de los productos o procesos.
- 2) **DMAMC**, equivale a las siglas en español Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, en inglés equivale a DMAIC, Define, Measure, Analyze, Improve y Control. Son los pasos para la metodología Six-Sigma.
- 3) **Proceso**, según la ISO 9000:2005, conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
- 4) **Calidad**, según la ISO 9000:2005, grado en el que un conjunto de características (rasgo diferenciador) inherentes cumple con los requisitos (necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria).
- 5) **Variabilidad**, es la fluctuación de los valores de medición de las características de calidad de un producto.
- 6) **Probabilidad**, mide la frecuencia con la que se obtiene un resultado (o conjunto de resultados) al llevar a cabo un experimento aleatorio, del que se conocen todos los resultados posibles, bajo condiciones suficientemente estables.
- 7) **Media**, medida de tendencia central

- 8) **Varianza**, es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.
- 9) **Desviación estándar**, es la raíz cuadrada de la varianza, es una medida de dispersión alternativa expresada en las mismas unidades de los datos de la variable objeto de estudio. La varianza tiene como valor mínimo 0.
- 10) **Población**, llamada universo o colectivo, es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones.
- 11) **Six-Sigma**, fue iniciado en Motorola en el año 1987 por el ingeniero Bill Smith, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad, pero posteriormente mejorado y popularizado por General Electric. Seis sigma es una evolución de las teorías sobre calidad de más éxito desarrolladas: TQM = Total Quality Management y SPC = Statistical Process Control.
- 12) **Sistémico o sistema**, según la ISO 9000:2005, conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan.
- 13) **Ciclo PHVA de Deming-William Edwards Deming**, Estadístico estadounidense, profesor universitario, autor de textos, consultor y difusor del concepto de calidad total, creador de la Ruta de la Calidad, o Ciclo Deming PHVA.