



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCION DE FERTILIZANTES DE
BRENNTAG, APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para optar el
título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía:

Ing. Víctor Pumisacho Álvaro, MSc.

Autor:

Francisco Xavier Burneo Borja

Año

2010

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

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

Ing. Víctor Pumisacho, M.Sc.
Magister en Ingeniería Industrial
CI: 1707155535

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

Francisco Xavier Burneo Borja

CI: 171086639-1

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más sincero a las siguientes personas que hicieron posible llevar a cabo este trabajo brindando toda la información y facilidades para el completo desarrollo de éste:

Ec. Jaime Castellón
GERENTE GENERAL DIVISIÓN AGRO

Ing. Mario Santacruz
JEFE DE OPERACIONES

Ing. Víctor Vega
JEFE DE PRODUCCIÓN

Patricia Cabezas
ASISTENTE DE GERENCIA

Y a todo el personal de planta que estuvo involucrado en el proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis familiares que siempre me brindaron su apoyo para lograr mis metas especialmente mis padres y hermanos.

Y a todas las personas que estuvieron conmigo durante la universidad, especialmente a mis compañeros por los buenos momentos compartidos y el apoyo brindado durante toda la carrera.

Francisco Xavier Burneo

Borja

RESUMEN

Este trabajo fue desarrollado con el objetivo de reducir el alto nivel de tiempos muertos estimados y demoras en la entrega de producto terminado; además de disminuir las actividades que no llegan a entregar valor al producto final en el sistema productivo de Brenntag Ecuador encargada de la producción de fertilizantes.

Con este propósito se decidió aplicar la metodología DMAIC planteada por la filosofía Seis Sigma en el mejoramiento de procesos.

En un principio se pasó a definir el foco de la mejora siempre utilizando las herramientas que plantea dicha metodología.

Con el foco de mejora definido se paso a tomar las muestras de tiempos en el proceso de mezclado y ensacado para tener una visión más clara de la situación del proceso.

Con los datos tomados se realizó un análisis donde se busca la causa a los problemas encontrados y para plantear una solución que logre una mejora en dichos problemas.

Con la mejora planteada se pasa a implementarla y llevar un control tomando muestras periódicas del proceso para ver los resultados que han producido la mejora.

ABSTRACT

This project has been developed to reduce the high levels of wasted times and delays in giving the ended products. On the other hand this project will be also useful to minimize the insignificant activities, which do not give any value added to the ended product during the production processes of Brenntag Ecuador, company in charge of making fertilizer.

For this purpose, it has been decided to apply the DMAIC methodology which comes from the Six Sigma philosophy for the processes improvement.

At the beginning the improvement topic was always defined by the use of tools of the mentioned methodology.

With the improvement topic it was decided to take samples of the periods of time during the mixing and bagging processes to have a better vision of the process situation.

With the data acquired, an analysis was made with the purpose of looking for the causes of the problems experienced and finds a solution to achieve improvement in those problems.

With the improvement made we will apply It and it will be followed by a constant control taking periodic samples of the process.

ÍNDICE

<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
1 CAPÍTULO I.....	2
1.1 BRENNTAG ECUADOR S.A.	2
1.2 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO	2
1.3 MISIÓN	2
1.4 VISIÓN.....	3
1.5 DIVISIÓN AGRO.....	4
1.5.1 <i>Mapa de procesos</i>	4
1.5.2 <i>Organigrama</i>	5
1.5.3 <i>Productos</i>	6
1.5.4 <i>Distribución de planta</i>	8
1.6 SITUACIÓN ACTUAL.....	10
1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO	10
2 CAPÍTULO II.....	11
2.1 FILOSOFÍA SEIS SIGMA	11
2.2 VARIABILIDAD	11
2.2.1 <i>Causas comunes</i>	12
2.2.2 <i>Causas especiales</i>	12
2.3 MÉTRICA SEIS SIGMA	13
2.3.1 <i>Capacidad del Proceso C_p</i>	13
2.3.2 <i>Índice de Capacidad Real C_{pk}</i>	14
2.3.3 <i>Defectos por millón Ppm</i>	14
2.3.4 <i>Límites de Control</i>	15
2.4 PROBABILIDAD.....	16
2.4.1 <i>Variable Aleatoria</i>	16

2.4.2	<i>Distribuciones de probabilidad</i>	16
2.4.3	<i>Distribución de Poisson</i>	17
2.4.4	<i>Distribución Normal estandar</i>	17
2.5	ETAPAS DEL SEIS SIGMA	17
2.5.1	<i>Definir</i>	18
2.5.2	<i>Medir</i>	18
2.5.3	<i>Analizar</i>	18
2.5.4	<i>Mejorar</i>	19
2.5.5	<i>Control</i>	19
2.6	HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL SEIS SIGMA	19
2.6.1	<i>Matriz de priorización</i>	19
2.6.2	<i>Análisis de Pareto</i>	20
2.6.3	<i>DIAGRAMA DE ÁRBOL</i>	21
2.6.4	<i>Diagrama SIPOC Detallado</i>	21
2.6.5	<i>Matriz Causa Efecto</i>	22
2.6.6	<i>Estudio de Capacidad del Proceso</i>	22
2.6.7	<i>Diagrama de Causa y Efecto</i>	23
2.6.8	<i>Análisis de fallas potenciales</i>	24
2.6.9	<i>Gráficos de Control</i>	24
3	CAPITULO III	26
3.1	FASE DEFINIR	26
3.1.1	<i>Definición del foco de mejora</i>	26
3.1.2	<i>Identificación de las características críticas</i>	31
3.1.3	<i>Definición de parámetros de desempeño</i>	39
3.1.4	<i>Diagrama SIPOC Macro</i>	39
3.1.5	<i>Formalizar el proyecto de mejora</i>	40
3.2	FASE MEDIR	41
3.2.1	<i>Diagrama SIPOC detallado</i>	41
3.2.2	<i>Definir y validar el sistema de medición</i>	43
3.2.3	<i>Análisis de la capacidad del proceso</i>	45

3.2.3.1	Análisis de la capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets.	45
3.2.3.2	Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora	47
3.3	FASE ANALIZAR.....	49
3.3.1	<i>Determinación de entradas CRÍTICAS potenciales</i>	50
3.3.2	<i>Análisis de fallas potenciales</i>	53
3.3.3	<i>Verificación de causas CRÍTICAS potenciales</i>	56
3.4	FASE MEJORA.....	57
3.4.1	<i>Plan e implementación de mejoras</i>	57
3.4.1.1	Definición de objetivos y medios	58
3.4.2	<i>Plan de mejora</i>	59
3.4.2.1	Propuesta de reubicación del producto terminado	60
3.4.2.2	Tabla Resumen del plan de mejora.....	63
3.5	FASE CONTROL.....	64
3.5.1	<i>Plan de control final</i>	64
3.5.2	<i>Análisis de estabilidad y capacidad del proceso</i>	65
3.5.2.1	Análisis de la nueva capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets	65
3.5.2.2	Análisis de la nueva capacidad del proceso de sacos producidos por hora.....	67
4	CAPÍTULO IV.....	70
4.1	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DE TIEMPO QUE TOMA HACER UN DESPACHO DE PRODUCTO ALMACENADO EN PALETS DESPUÉS DE SER IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS	70
4.2	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DE SACOS PRODUCIDOS POR HORA DESPUÉS DE SER IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS.....	73
5	CAPÍTULO V.....	78

5.1	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1.1	<i>Conclusiones</i>	78
5.1.2	<i>Recomendaciones</i>	79
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
7	ANEXOS	82
7.1	ANEXO 1: TABLA DEL TIEMPO QUE TOMA HACER UN DESPACHO DE PRODUCTO ALMACENADO EN PALETS	82
7.2	ANEXO: 2 TABLA DEL TIEMPO DE SACOS PRODUCIDOS POR HORA..	84
7.3	ANEXO 3: TABLA DEL TIEMPO QUE TOMA HACER UN DESPACHO DE PRODUCTO ALMACENADO EN PALETS DESPUES DE REALIZAR LA MEJORA	93
7.4	ANEXO 4: TABLA DEL TIEMPO DE SACOS PRODUCIDOS POR HORA DESPUES DE REALIZAR LA MEJORA	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1, Mapa de Procesos	5
Figura 1-2, Organigrama	6
Figura 1-3, Distribución de Planta	9
Figura 2-1, Diagrama de Pareto	20
Figura 2-2, Diagrama de Árbol	21
Figura 2-3, Diagrama Causa Efecto	24
Figura 2-4, Grafico de Control	25
Figura 3-1, Diagrama de árbol para CTS.	32
Figura 3-2, Diagrama de árbol para CTYs.	35
Figura 3-3, Diagrama de árbol para CTXs.	37
Figura 3-4, Diagrama SIPOC Macro del proceso de ensacado y mezclado	39
Figura 3-5, Diagrama SIPOC Detallado	42
Figura 3-6, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable despachos por hora.....	46
3-7, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable despachos por hora.	47
3-8, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable sacos producidos por hora.	48
3-9, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable sacos producidos por hora.	49
3-10, Diagrama causa-efecto para demora en los tiempos de entrega del producto.	52
Figura 3-11, Diagrama causa Pareto	57
Figura 3-12, Diagrama de árbol de objetivos.....	58
Figura 3-13 Distribución de Planta Original.....	61
Figura 3-14 Propuesta de Distribución de Planta.....	62
Figura 3-15, Análisis de la nueva capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets.	66
Figura 3-16, Análisis de la nueva capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets.	67

Figura 3-17, Análisis de la nueva capacidad del proceso de sacos producidos por hora.....	68
Figura 3-18, Análisis de la nueva capacidad del proceso de sacos producidos por hora.....	69
Figura 4-1, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora antes de implementar las mejoras.	71
Figura 4-2, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora después de implementar las mejoras.....	71
Figura 4-3, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora antes de implementar las mejoras.	72
Figura 4-4, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora después de implementar las mejoras.....	73
Figura 4-5, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora antes de implementar las mejoras.....	74
Figura 4-6, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora después de implementar las mejoras.....	75
Figura 4-7, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora antes de implementar las mejoras.....	76
Figura 4-8, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora después de implementar las mejoras.....	76

INTRODUCCIÓN

El proyecto de titulación se realiza en una planta procesadora de fertilizantes agrícolas, esta es una división de Brenntag Ecuador S.A que trabaja bajo el nombre de División Agro, en el Ecuador lleva trabajando desde hace 12 años con la intención de satisfacer al mercado con alternativas en productos fertilizantes listos para usar en el campo.

La empresa cuenta con distribución en todo el país, sin embargo la bodega principal donde se realizan todas las formulaciones, el procesamiento y el abastecimiento para el resto del país se encuentra en la ciudad de Guayaquil y también será el lugar donde se realice el estudio del proyecto.

La planta procesadora cuenta con alrededor de 30 empleados los cuales trabajan en un solo turno de 8 horas diarias 5 días a la semana. En temporada de lluvias la demanda por fertilizante es incrementada por lo que es necesario trabajar horas extras hasta que esta sea satisfecha.

Al ser Brenntag Ecuador SA una filial de Brenntag LA se tiene que regir a las estrictas normas y regulaciones que le exige la casa matriz, por lo que la organización tiene implementado y lo sigue rigurosamente el Sistema de Gestión Integrada que abarca las normas: ISO 9001:2000, ISO 14001:1996 y OHSAS 18001:2000. Al estar involucrado en éstos sistemas es una necesidad continuar con un mejoramiento continuo.

Los proyectos de mejoramiento continuo en una empresa están en constante búsqueda de aumentar la satisfacción de sus clientes y con esto indirectamente aumentar sus ganancias y así seguir desarrollándose como organización. Para realizar un proyecto de mejoramiento existen innumerables herramientas, en este caso se ha elegido Seis Sigma.

Seis Sigma se enfoca directamente en la satisfacción del cliente asegurando el control en los procesos para que los errores cometidos no se los vuelva a repetir y de esta forma el mejoramiento sea constante. Esta metodología esta compuesta por varias herramientas que ayudan a determinar las causas del problema y a su vez las alternativas para ser mejoradas.

1 CAPÍTULO I

1.1 BRENNTAG ECUADOR S.A.

Brenntag LA es uno de los mayores distribuidores de químicos en el mundo, esta organización cuenta con más de 50 oficinas distribuidas en 16 países. Una de estas filiales se encuentra Ecuador bajo el nombre de Brenntag Ecuador S.A.

Brenntag Ecuador S.A. fue fundada en 1967 bajo el nombre de Holanda Ecuador C.A. y subsidiaria del grupo Holland Chemical Intenational N.V., hace ocho años fue adquirida por el grupo Alemán Sinnes Logistics AG. propietaria de Brenntag y dos años después cambiaria su razón social al nombre con el que actualmente se le conoce.

1.2 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO

Brenntag S.A. cuenta con un sistema de gestión integrada llamado “sistema de gestión CASA”, este sistema ha sido estructurado para cumplir los requisitos de las normas ISO 9001:2000, ISO 14001:1996 y OHSAS 18001:2000; para asegurar que sus procesos sean aplicables en toda la Organización, ya sean: mezcla, venta y distribución de materias primas para uso agrícola, industrial y petróleos, y se disponga de los elementos y recursos necesarios para el control, seguimiento, medición y análisis de cada una de sus operaciones con el fin de estar en constante mejoramiento.

1.3 MISIÓN

La razón de ser de Brenntag esta expresada mediante la siguiente misión:

“Brindar calidad en el servicio de distribución y suministro de materias primas para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, cuidando la seguridad de

las personas, respetando el medio ambiente y manteniendo nuestro compromiso de conducta responsable para lograr la mejora continua.”¹

1.4 VISIÓN

Brenntag a mediano y largo plazo tiene planteado ser considerado:

“Como líder en la distribución de químicos y basado en los siguientes principios Brenntag se conducirá de forma responsable en todos los asuntos de seguridad regulaciones y medio ambiente:

- **Seguridad:**

La salud y seguridad de los trabajadores y comunidades con los que opera Brenntag son nuestra preocupación principal. Si algo no puede hacerse con seguridad, Brenntag no lo emprenderá.

- **Responsabilidad:**

Brenntag opera con el máximo de preocupación y respeto hacia el medio ambiente, esto es a través de la optimización del uso de recursos, minimizando el impacto ambiental negativo y promoviendo la correcta administración de los productos.

- **Liderazgo:**

Brenntag esta comprometido a se un distribuidor líder de químicos en asuntos de salud, seguridad y medio ambiente. Todas nuestras acciones y decisiones son tomadas en base a estas declaraciones.

- **Calidad:**

Brenntag brindará satisfacción a los accionistas entregando servicios de buena calidad a través de la cadena de valor.

Estos principios se logran a través de los estándares establecidos en el sistema CASA que son conocidos por la industria, verificados por auditores y orientados a un mejoramiento continuo. Con nuestro compromiso a estas declaraciones Brenntag asegura el desarrollo sostenible y crecimiento del negocio”.²

¹ Brenntag, Manual Sistema Casa, 2005.

² Brenntag, Manual Sistema Casa, 2005.

1.5 DIVISIÓN AGRO

Alrededor de 250 materias primas entre nacionales e importadas, son empleadas por la organización para satisfacer las necesidades de la industria Ecuatoriana relacionada con la minería, petrolera y gas, pintura, textiles, papel, cartón, procesos químicos, fertilizantes poliuretanos, plásticos, cuidado personal, alimentos, farmacéuticos y otros.

Brenntag Ecuador S.A., cuenta con una cobertura a nivel nacional con oficinas en Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato y con puntos de venta en las ciudades de Machala, Manta, Babahoyo, Quevedo, Ibarra y Santo Domingo.

La principal actividad económica de la organización consiste en la importación, venta, distribución y comercialización de materias primas químicas para el uso industrial bajo tres unidades: División Industrial, División Agrícola, División Oil & Gas.

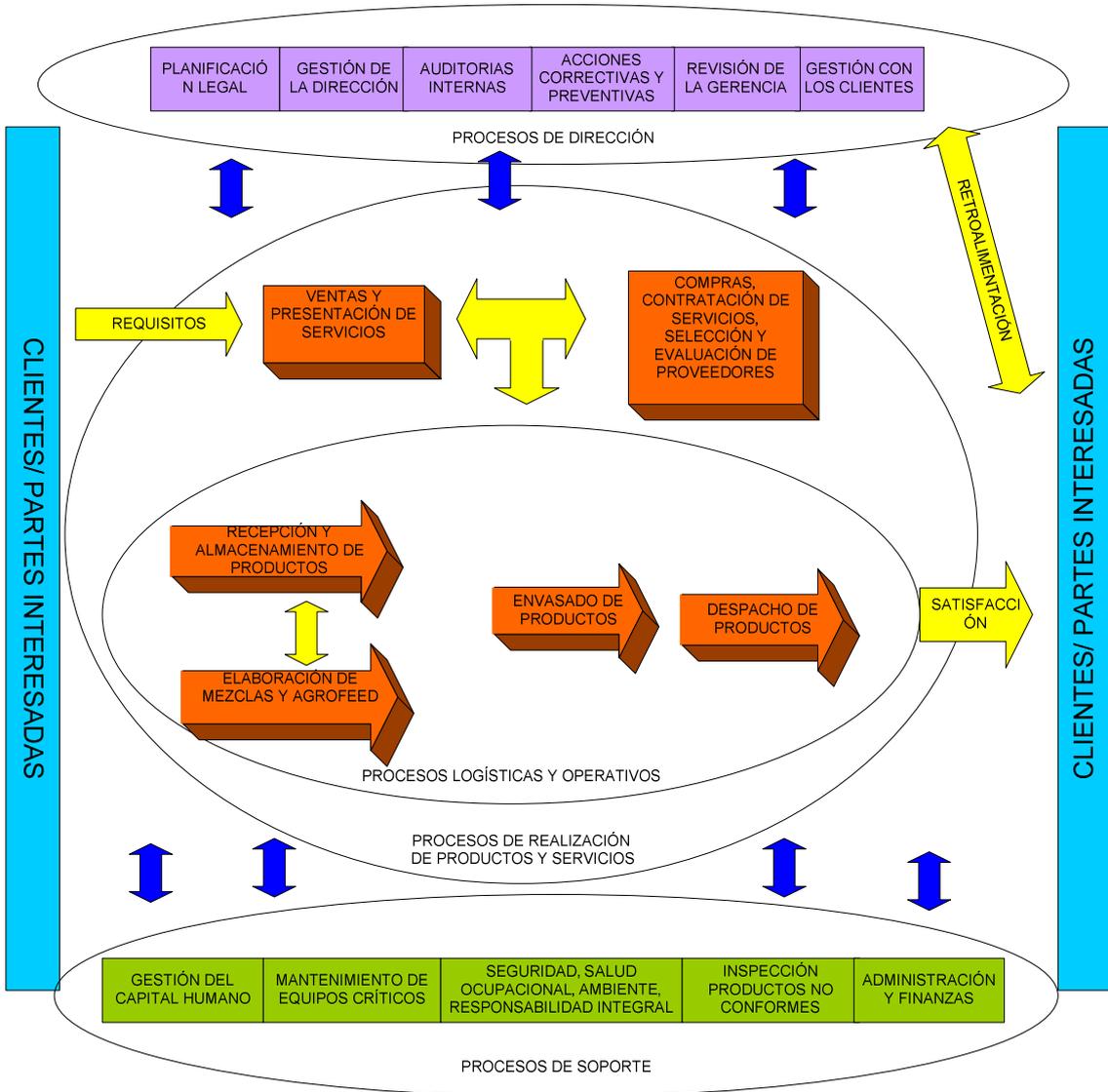
División AGRO es una de las tres unidades de trabajo a las que esta centrada la actividad económica de Brenntag Ecuador S.A. La idea de crear esta división nace hace 12 años con la intención de satisfacer al mercado con alternativas en productos fertilizantes listos para usar en el campo.

Esta División tiene distribución en todo el país pero la bodega principal se encuentra en la ciudad de Guayaquil donde se realizan todas las formulaciones y el abastecimiento del resto del país y también será el lugar donde se realicen los estudios para lograr el mejoramiento de los procesos.

1.5.1 MAPA DE PROCESOS

El siguiente mapa de procesos elaborado responde a las actividades realizadas por Brenntag División Agro para la venta, producción y comercialización de sus productos.

Figura 1-1, Mapa de Procesos

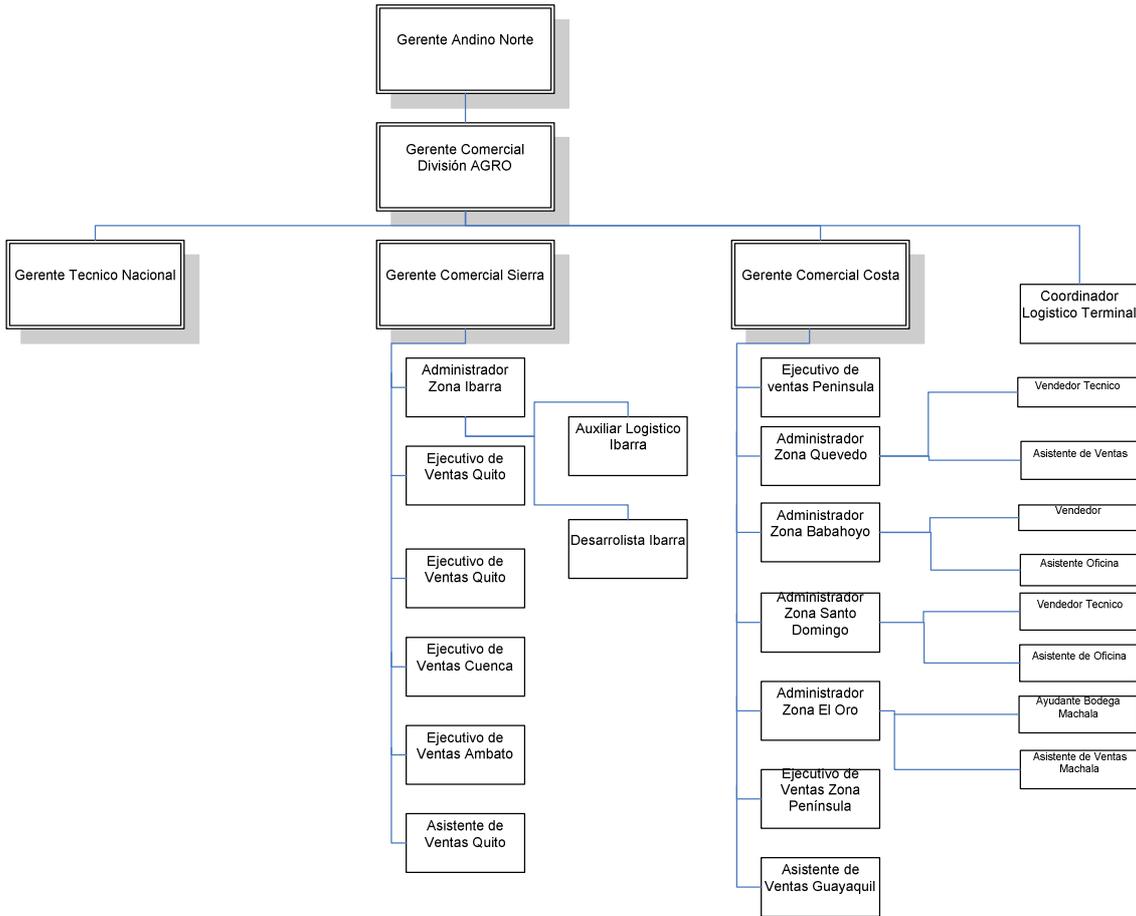


Fuente: Manual CASA Brenntag 2005

1.5.2 ORGANIGRAMA

A pesar que se identificaron los procesos macro Brenntag sigue trabajando en su división agro en forma jerárquica y clasificada por áreas de la siguiente manera.

Figura 1-2, Organigrama



Fuente: Brenntag 2008

1.5.3 PRODUCTOS

Los siguientes productos fertilizantes son los más importantes que tiene División Agro para satisfacer las necesidades de sus clientes, son productos que se distribuyen a nivel nacional y están listos para el uso en el campo. Los productos están clasificados de la siguiente manera:

Tabla 1-1, Productos

a. Simples líquidos e hidrosolubles	b. Granulares solubles e hidrosolubles
Acido Bórico	Agrofeed mezclas completas

Acido Cítrico (cristal agrícola)	
Acido Fosforico 85%	agrofeed 15-30-15 sembrador
Aceite agrícola	agrofeed 18-6-18
Acido Nítrico 68%	agrofeed 20-4-28 rendidor
Acido Sulfúrico	agrofeed 10-30-10
Agrocab	agrofeed 15-15-15
Agrofosk	agrofeed 14-14-14 max libre de cloro
Bórax 10 moles	agrofeed 8-20-20
Azufre molido	agrofeed alfalfa
Carbonato calcio agrícola	agrofeed arrozero
Caldolomita	agrofeed arrozero max
Florissima 125	agrofeed caña de azúcar
Florissima 825	agrofeed maíz
Fijafrut 24 kel	agrofeed palma
Formol	agrofeed palma aceitera
Fosfato monoamónico	agrofeed palmito
Fosfato monopotásico	agrofeed papas inicial
hidróxido de calcio	agrofeed papas final
htm 65%	agrofeed tomate de árbol desarrollo
hipoclorito de sodio	agrofeed tomate de árbol finalizador
kelato de calcio	agrofeed potreros
kelato de cobre	agrofeed potreros máx.
kelato de hierro	agrofeed potreros nano
kelato de magnesio	
kelato de manganeso	Agro mezclas físicas
kutal 9-9-9-1	
kutal 5-515-1	agromezcla inicio-siembra
magnum p-44 / urfos p-44	agromezcla desarrollo-crecimiento
molibdato de amonio	agromezcla producción-engrose
nitrate de cálcio 15,5%n 27%cao	agromezcla potreros sierra
nitrate de potasio kemapco (Kemira)	agromezcla np40 fosfato 15-40-00
nitrate de potasio s.q.m	agromezcla n32
nitrate de amonio	agromezcla maíz inicio
nitrate de magnesio cristal	agromezcla maíz desarrollo
oxido de magnesio	
sulfato de aluminio a	Agrofeed excel formulas químicas completas
sulfato de amonio	
sulfato de calcio (yeso agric)	Agrofeed BlueExcel 13-13-217 + em azul
sulfato de cobre	bonificación blueexcel por compras mayores a 100

	sacos
sulfato de ferroso	bonificación blueexcel por compras mayores a 200 sacos
sulfato manganeso técnico	Agrofeed violeteexcel 14-2-21-7+ em violeta
sulfato de magnesio agrícola	bonificación violeteexcel por compras mayores a 100 sacos
sulfato de magnesio técnico hepta.	bonificación violeteexcel por compras mayores a 200 sacos
sulfato de potasio cristal	excelmix
sulfato de potasio granular	excelmix sembrador azul 14-29-9 + em
sulfato de zinc	execelmix finalizador azul 9-13-36 + em
talco chino	
c. Cristales hridosolubles completos	
Agrofeed HS. Inicio 15-30-15 +EM	
Agrofeed HS. Desarrollo 18-20-20+EM 1kg	
Agrofeed HS. Finalizador 14-4-40-em 1kg	
Agrofeed HS. Inicio 15-30-15 +EM 25kg	
Agrofeed HS. Desarrollo 18-20-20+EM 25kg	
Agrofeed HS. Finalizador 14-4-40-em 25kg	
Agrofeed HS. potreros completos hs	
Agrofeed p25 HS.	
Agrofeed k26 HS.	

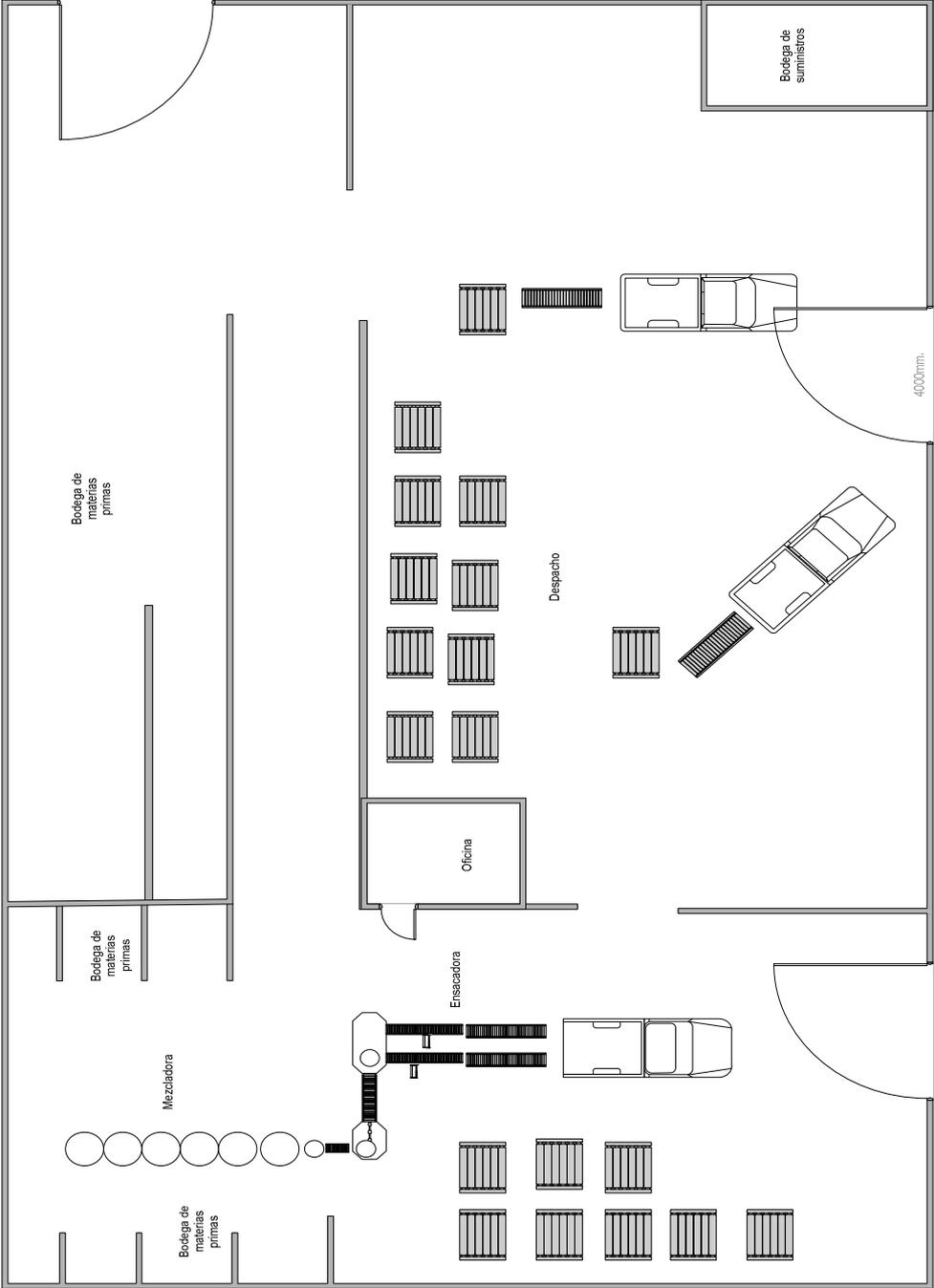
Fuente: Brenntag 2008

Además de todos los productos enlistados Brenntag también se dedica a personalizar fórmulas especiales dependiendo los pedidos de los clientes y el volumen requerido.

1.5.4 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La planta de producción de fertilizantes está distribuida de la siguiente manera:

Figura 1-3, Distribución de Planta



Fuente: Brenntag 2008

1.6 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad Brenntag en su proceso de producción de fertilizantes cuenta con un nivel alto en tiempos muertos estimados, demoras en la entrega de producto terminado y se encuentran realizando actividades que no llegan a entregar valor al producto final.

De continuar esta situación se verían afectados los niveles de eficiencia y efectividad los cuales serían traducidos directamente en la satisfacción del cliente y esto no permitiría a la organización mejorar la competitividad en el mercado.

Ante esta problemática la organización se ve en la obligación de emprender un proyecto de mejoramiento el mismo que permitirá disminuir dichos niveles de insatisfacción permitiendo a la empresa aumentar la eficiencia, eficacia y la competitividad.

1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal del proyecto es mejorar el proceso de producción de fertilizantes de Brenntag, aplicando la metodología del Seis Sigma, con el fin de aumentar la satisfacción del cliente interno y de esta forma al consumidor final.

Para que este objetivo principal se llegue a dar se deben cumplir varios objetivos específicos que son:

- Levantar los procesos que faciliten la toma de decisiones para la mejora
- Obtener datos y mediciones necesarias para tomar decisiones para la mejora.
- Determinar alternativas factibles de mejora para los procesos productivos.
- Ejecutar el plan de mejoramiento para los procesos productivos.
- Describir los resultados obtenidos.

2 CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Seis Sigma es una estrategia liderada por la alta dirección cuyo objetivo es la mejora radical del desempeño de los procesos que busca encontrar y eliminar las causas, errores, defectos y retrasos en dichos procesos siempre enfocándose en reducir la variación de parámetros claves para la satisfacción del cliente³. Fue introducida por primera vez en 1987 en Motorola con el propósito de reducir los defectos en los productos eléctricos, desde entonces ha sido adoptada por un gran número de compañías logrando buenos resultados.⁴

2.1 FILOSOFÍA SEIS SIGMA

Seis Sigma es una metodología adoptada por las empresas que busca la reducción radical de la variación en sus procesos o productos ya sea bienes o servicios; esta rigurosa metodología se apoya en hechos y análisis estadísticos con el fin de aumentar la satisfacción del cliente.

Tener una calidad Seis Sigma quiere decir que se debe llegar a tener procesos y productos que logren que la variación de sus características de calidad sea tan pequeña hasta que se tenga completo control sobre dichos procesos o productos.

2.2 VARIABILIDAD

Dentro de un proceso productivo interviene varios factores, ellos pueden ser mano de obra, materiales o materia prima, maquinaria, medio ambiente y mediciones, cada uno de estos factores aporta con su propia variación. La

3 MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

4 GUTIERREZ Humberto y Román De La Vara, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Mc Graw Hill, México DF, 2005.

sumatoria de todas estas variaciones da como resultado una variación total en el proceso y esto se refleja en los resultados de este.

A la variación también se la puede definir como la fluctuación, en el proceso de producción y es cuantificada por la desviación estándar, una medida de la media de dispersión de los datos en torno a la media.⁵

Existen dos tipos de variación: la variación controlada que también es conocida como causas comunes y la variación no controlada que se la asocia con las causas especiales.

2.2.1 CAUSAS COMUNES

Las causas comunes son un conjunto de causas propias del proceso las cuales determinan la variabilidad característica del mismo. Estas causas siempre están presentes en el proceso y por tanto son difíciles de aislarlas sin la ayuda de experimentos especiales.

Un proceso con causas comunes se vuelve previsible ya que los datos varían siempre dentro del mismo rango por lo que se puede decir que está en control estadístico.⁶

2.2.2 CAUSAS ESPECIALES

Estas causas no son producidas por el procesos es decir son ajenas a éste y se aparecen ocasionalmente. Las causas especiales usualmente pueden ser aisladas y eliminadas. La aparición ocasional de estas causas son las que alteran la distribución normal del proceso haciendo que este sea impredecible y este fuera de control, por esto deben ser atacadas lo más pronto posible.⁷

Según Deming el 94% de los problemas y oportunidades de mejora se dan por las causas comunes y solo el 6% restante a las causas especiales. Por tanto el

⁵ <http://www.isixsigma.com/dictionary/Variation-358.htm>

⁶ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

⁷ Ídem 4

mejoramiento debe ser enfocado en las causas comunes donde se tiene mayor oportunidad de mejora ⁸

2.3 MÉTRICA SEIS SIGMA

Proceso con calidad Seis Sigma es un concepto que plantea una aspiración o meta común en calidad para todos los procesos en una organización. Tener calidad Seis Sigma significa diseñar productos y procesos que logren la variación de las cualidades sea muy pequeña. Para medir este se han diseñado algunos indicadores como la capacidad del proceso, el índice de capacidad real y los defectos por millón.⁹

2.3.1 CAPACIDAD DEL PROCESO C_p

La capacidad del proceso se refiere a la habilidad de un proceso a producir un producto o servicio con cero defectos dentro de un ambiente controlado, es decir, que las características de calidad del producto estén dentro de los límites de especificación. Este indicador nos dice cuantas unidades de producto están dentro de los límites de especificación indicados por el cliente.¹⁰

Los límites de especificación determinan cuantas unidades del producto, cuyas características de calidad están dentro de los límites dados por el cliente que es el beneficiario de este proceso.

El valor del índice para tener un nivel Seis Sigma es:

$$C_p = 2$$

⁸ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

⁹ GUTIERREZ Humberto y Román De La Vara, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Mc Graw Hill, México DF, 2005

¹⁰ http://www.isixsigma.com/dictionary/Process_Capability-299.htm

Es determinado por la siguiente ecuación:

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

Donde:

LSE = Limite superior de especificación

LIE = Limite inferior de especificación

Mientras más alto es el índice C_p , es menor la necesidad de mediciones y mantenimiento frecuente.

2.3.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD REAL C_{PK}

Este índice evalúa el desplazamiento de la media en relación a la tolerancia, es decir el desplazamiento de la media con relación a la diferencia entre el límite superior y el límite inferior.

El índice para tener un nivel Seis Sigma es:

$$C_{pk} = 1,5$$

Es determinado por el mínimo valor obtenido, el cual determina la dirección del desplazamiento de la media y es determinado por la siguiente fórmula:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{LSE - \mu}{3\sigma} ; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right\}$$

2.3.3 DEFECTOS POR MILLÓN PPM

Defectos por millón es un índice que expresa cuantos elementos defectuosos o elementos que estén fuera de los límites de especificación dentro de una muestra

El índice para tener un nivel Seis Sigma es:

$$\text{Ppm} = 3,4 \text{ partes por millón}$$

Esto quiere decir que por cada millón de unidades producidas solo es permitido tener 3,4 unidades fuera de los límites de especificación o en otras palabras unidades con defecto.

Tabla 2-1, Niveles de desempeño Sigma¹¹

NIVELES DE DESEMPEÑO SIGMA	
Nivel Sigma	Partes por millón
6	3.4
5	233
4	6,210
3	66,807
2	308,537
1	690,000

2.3.4 LÍMITES DE CONTROL

Los límites de control indican la amplitud real de la variación de la salida del proceso. Para establecer los límites de control del proceso que se utilizó las siguientes fórmulas:

$$LSC = \mu + Z\sigma$$

$$LIC = \mu - Z\sigma$$

Donde:

LSC = Límite Superior de Control

LIC = Límite Inferior de Control

μ = Media

Z = Desviación estándar

¹¹ PANDE Pete y Larry Holpp, What is Six Sigma, McGraw Hill, Nueva York 2002

2.4 PROBABILIDAD

Probabilidad se refiere a la posibilidad de que ocurra un evento determinado, o la fracción de los sucesos en un gran número de ensayos. La probabilidad puede variar desde 0 (ninguna posibilidad) a 1 (una certidumbre total).¹²

2.4.1 VARIABLE ALEATORIA

Se llama variable aleatoria a cualquier función definida, que da un valor numérico único a cada uno de los posibles resultados, en un espacio muestral con un recorrido en un subconjunto finito o infinito.¹³

Las variables aleatorias se clasifican en:

- Variable aleatoria discreta: son aquellas variables que pueden tomar cualquier valor de un intervalo continuo o dentro de un campo de variación establecido.
- Variable aleatoria continua: son aquellas que tienen un conjunto definido de valores posibles con infinidad de probabilidades respectivas. Es decir que sólo puede tomar ciertos valores dentro de un campo de variación dado.

2.4.2 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Dentro de un evento en una situación cualquiera hay varias formas para determinar la probabilidad de dicho evento. Para esto se deben elaborar distribuciones de probabilidad, para el desarrollo de este trabajo se hará referencia a algunas de las como la distribución de Poisson y la distribución Normal estándar.

¹² <http://www.isixsigma.com/dictionary/Probability-297.htm>

¹³ GALINDO Edwin, Estadística para La Administración y La Ingeniería, Graficas Mediavilla Hnos., Quito 1999

2.4.3 DISTRIBUCIÓN DE POISSON

La distribución de Poisson es una distribución discreta que es utilizada como modelo para determinar el número de eventos en un periodo de tiempo específico o espacio muestral determinado. Esta distribución puede tomar valores $X= 0, 1, 2, 3, \dots, n$.

2.4.4 DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDAR

Es una distribución continua cuya densidad tiene forma de campana. Es la distribución límite de varias distribuciones, siendo muy utilizada en la inferencia estadística y en el control estadístico de procesos. También es utilizada en el estudio de varios fenómenos naturales, en las cuales las variaciones son causadas por el efecto aditivo de muchas y pequeñas causas¹⁴. La particularidad de la distribución normal estándar es que tiene por media valor igual a 0 y la desviación estándar es igual a 1.

2.5 ETAPAS DEL SEIS SIGMA

La base del desarrollo del Seis Sigma está compuesto por el proceso DMAIC que es una metodología estructurada que integra el uso de herramientas y métodos en proyectos de mejoramiento y cuyo objetivo es reducir la variación en los procesos que son sensibles para el cliente. El Seis Sigma está basado íntegramente en el desarrollo del DMAIC.

El DMAIC cuenta con cinco etapas las cuales son:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Control

¹⁴ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

2.5.1 DEFINIR

En la etapa definir se busca tener una visión y definición clara de la importancia del problema, entendiendo la necesidades del cliente y que éste sea relevante para el mismo y obteniendo una definición clara del objetivo de mejora.

En esta etapa se busca tener el tema definido, el tema debe ser suficientemente específico y este debe ser aprobado por la alta dirección. El tema u objetivo de mejora es la decisión más importante del proyecto ya que el éxito depende del mismo.¹⁵

2.5.2 MEDIR

Medir es una etapa clave en el camino de Seis Sigma y ayuda al equipo a refinar el problema y a buscar la causa raíz.¹⁶ Esta etapa da una visión más clara del proceso y por consecuencia de la situación actual que está relacionada con el objetivo del proyecto de mejoramiento. Aquí se definen las variables las cuales van a ser medidas, la forma de recolección de datos, el método de medición. Con todos los datos recolectados se debe evaluar si el proceso tiene un desempeño estable, es decir si sigue una determinada curva, en ese caso se debe determinar la variabilidad del proceso y compararla con la tolerancia si es aplicable.

Con toda la información obtenida se debe confirmar y revisar el objetivo del proyecto de mejora.¹⁷

2.5.3 ANALIZAR

El objetivo de la etapa analizar es encontrar la causa o fuentes de variación del problema y priorizarlas, entender como se generan estas causas y validarlas con datos. En este punto ya se tienen las oportunidades de mejoramiento

¹⁵ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

¹⁶ PANDE, Peter, Robert Neuman y Roland Cavanagh, Las Claves Practicas Del Seis Sigma, Mc Graw Hill, Madrid 2004

¹⁷ Idem 16

identificadas.¹⁸ En esta etapa se analiza los datos y los procesos para tener un diagnóstico del proceso.

2.5.4 MEJORAR

En este cuarto paso ya se tiene una solución eficaz confirmada para alcanzar el objetivo del problema se la obtiene identificando las variables de mayor impacto sobre la variabilidad y ajustándolas al punto óptimo, para validar la solución es recomendable realizar pruebas piloto y evaluar la nueva capacidad del proceso.¹⁹

2.5.5 CONTROL

La etapa de controlar se encarga después que las mejoras han sido implementadas y los resultados documentados, se debe seguir midiendo el rendimiento del proceso de forma continua ajustando su funcionamiento cuando los datos lo indiquen que es necesario o cuando cambien los requisitos del cliente.²⁰

2.6 HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DEL SEIS SIGMA

2.6.1 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

La matriz de priorización ayuda a establecer las prioridades en las alternativas que se plantea el equipo, para que la elección de la misma sea más fácil y se llegue a un consenso. Esta matriz normalmente es usada cuando no se tiene datos numéricos del proceso.²¹

¹⁸ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

¹⁹ Ídem 19

²⁰ PANDE, Peter, Robert Neuman y Roland Cavanagh, Las Claves Prácticas Del Seis Sigma, Mc Graw Hill, Madrid 2004

²¹ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

2.6.2 ANÁLISIS DE PARETO

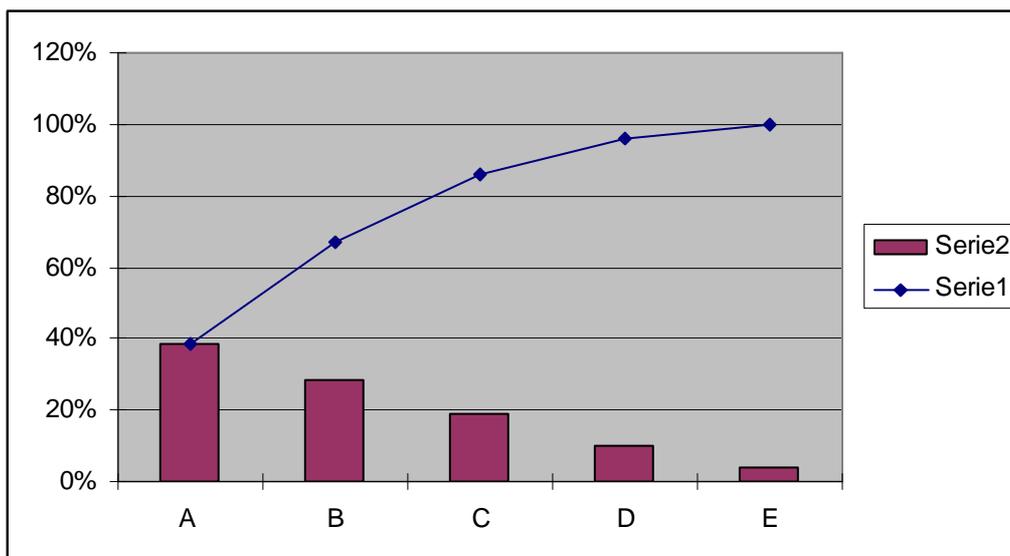
El análisis de Pareto se basa en el principio que dice “pocos vitales y muchos triviales” el cual reconoce que muchos elementos generan la mayor parte del efecto y le resto de los elementos generan muy poco efecto en total.

Esta herramienta es usada para comparar el impacto de los diferentes problemas relevantes en un proceso. También es utilizado en varias etapas de un mejoramiento de calidad con la finalidad de determinar cual será el siguiente paso a tomar. Es muy para la ayuda en al toma de decisiones.²² Ejemplo:

Tabla 2-2, Diagrama de Pareto

Causa	Frecuencia	%	% Acumulado
A	47	39%	39%
B	35	29%	67%
C	23	19%	86%
D	12	10%	96%
E	5	4%	100%
Total	122	100%	

Figura 2-1, Diagrama de Pareto



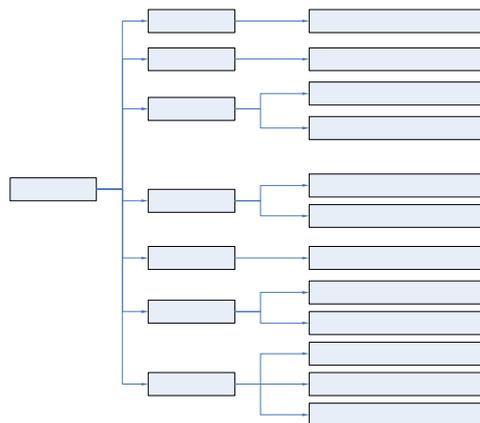
²² PYZDEK Th. The Six Sigma Handbook. Mc Graw Hill. USA 2003

2.6.3 DIAGRAMA DE ÁRBOL

También conocido como CT flodown es una herramienta que es usada para identificar las características críticas y así poder identificar los proyectos de mejoramiento enfocándose en la definición de un determinado producto o servicio como tema de mejoramiento.

Su metodología consiste en un despliegue de de varias características críticas para la satisfacción del cliente asociándolas con un parámetro clave de un determinado producto y sus respectivos procesos.²³ Ejemplo:

Figura 2-2, Diagrama de Árbol



2.6.4 DIAGRAMA SIPOC DETALLADO

El objetivo del SIPOC detallado es dar una visión más clara y a su vez documentar el proceso bajo análisis, esto ayuda a asegurar el entendimiento completo de todo el equipo. Otro objetivo de este diagrama es proporcionar una perspectiva de alto nivel de las principales etapas del proceso.²⁴

²³ Idem 23

²⁴ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

Se lo realiza en forma de flujograma separando proveedores, entradas, salidas, cliente y proceso, con el fin de tener una idea más clara del proceso y sus componentes.

Es muy útil para identificar los límites del proceso o de los esfuerzos de mejora, comprender el alcance del proceso o de los esfuerzos de mejora, determinar los clientes principales, e identificar las relaciones entre proveedores, las entradas y el proceso.²⁵

2.6.5 MATRIZ CAUSA EFECTO

Esta matriz es usada para validar y definir las mediciones, la finalidad de la matriz causa efecto es identificar con una mayor exactitud cuáles son los operaciones claves en el proceso y que pueden ser mejoradas.

Como resultado de esta matriz se tienen identificadas las CTP's o características críticas del proceso, con este resultado se puede proceder a la toma de datos teniendo claro que procesos se van a medir.

La construcción de esta matriz es muy similar a la matriz de priorización, la única diferencia es el detalle que se ve en las filas.²⁶

2.6.6 ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL PROCESO

Cuando ya se tiene identificado el proceso crítico y definido y evaluado lo que va a ser medido se debe hacer un estudio de capacidad de proceso con el objetivo de identificar causas especiales de variación actuando sobre el proceso, o si esta bajo el efecto de causas naturales, también se lo hace para ver si el proceso cumple la tolerancia especificada.

Con el estudio de capacidad del proceso ayuda a confirmar o revisar el objetivo de mejoramiento y también a señalar las posibles causas del problema.

²⁵ PANDE, Peter, Robert Neuman y Roland Cavanagh, Las Claves Practicas Del Seis Sigma, Mc Graw Hill, Madrid 2004

²⁶ Idem 26

El estudio de capacidad cuenta con tres etapas que constan en: recolección de datos del proceso, colocar los datos en gráficos apropiados y la interpretación de los patrones de variación.²⁷

2.6.7 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

Partiendo del principio que detrás de efecto existe una causa, el objetivo principal para esta herramienta es encontrar o identificar las causas primarias del problema aplicando la experiencia y el conocimiento del grupo de personas a través de una tormenta de ideas estructurada

Esta herramienta sirve para determinar: causas principales, potenciales causas raíz, posibles soluciones y planificar e implementar un cambio en el proceso o una solución.

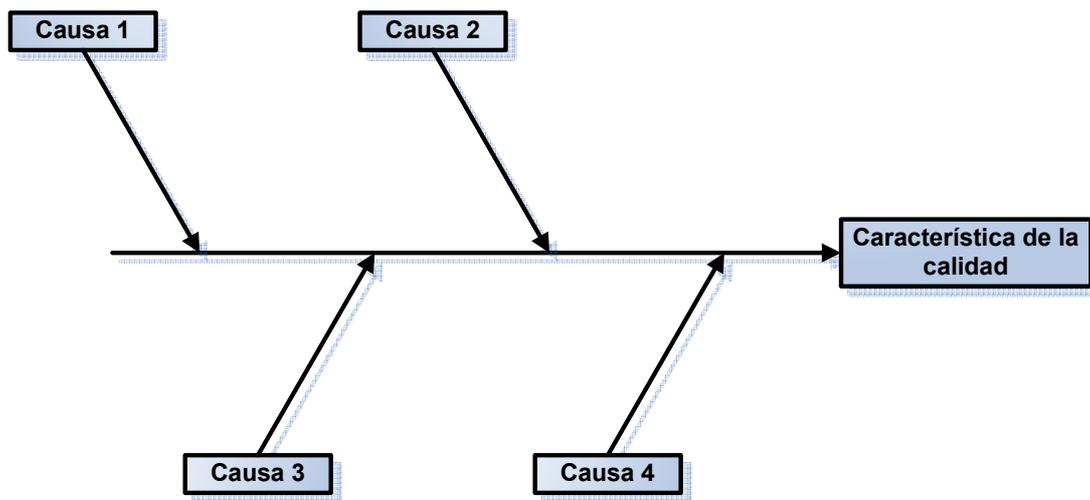
Se lo construye a partir de una frase en forma resumida del problema o efecto que va a ser analizado. A partir del problema planteado se describen las categorías más apropiadas para agrupar las causas y con estas causas se realiza una tormenta de ideas sobre las potenciales causas de cada categoría.

Cuando se tenga las categorías con sus respectivas causas arme la espina de pescado. Con esto se podrá llegar a un consenso con el equipo para analizar cuales son las causas más importantes, o las más probables para llegar a una investigación profunda.²⁸ Ejemplo:

²⁷ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

²⁸ PANDE, Peter, Robert Neuman y Roland Cavanagh, Las Claves Practicas Del Seis Sigma, Mc Graw Hill, Madrid 2004

Figura 2-3, Diagrama Causa Efecto



2.6.8 ANÁLISIS DE FALLAS POTENCIALES

El análisis de fallas potenciales es una herramienta cuyo objetivo es identificar de manera sistemática los errores o fallas de un proceso, también es usada para evaluar riesgos potenciales en la solución propuesta antes de que esta sea implementada definitivamente y más aun si la propuesta que se propone trae cambios importantes al proceso.

Para realizar el análisis se necesita la matriz SIPOC detallado del proceso, con esto se podrá realizar el análisis en cada una de las etapas de la matriz del proceso.²⁹

2.6.9 GRÁFICOS DE CONTROL

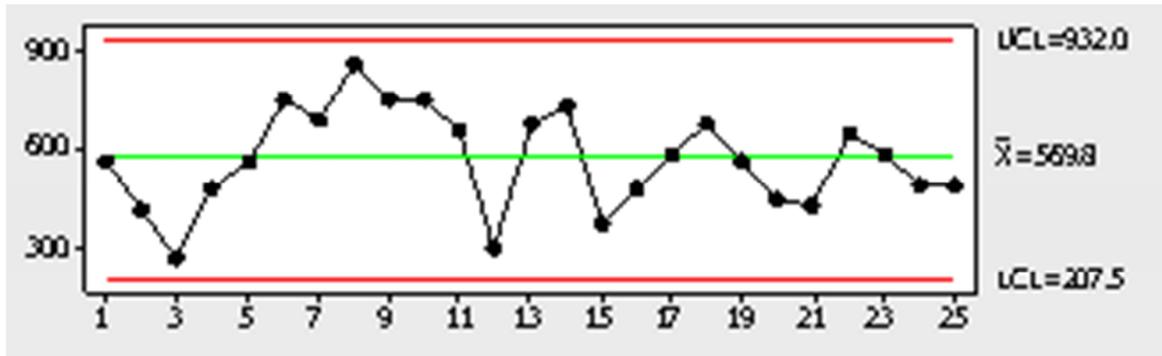
El objetivo de los gráficos de control es de monitorizar el proceso permanentemente y detectar rápidamente cualquier tipo de variación que no este dentro de lo normal.

Esta herramienta es usada en la etapa de control del DMAIC para mantener un método continuado de monitorización del rendimiento del proceso.³⁰ Ejemplo:

²⁹ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

³⁰ PANDE, Peter, Robert Neuman y Roland Cavanagh, Las Claves Practicas Del Seis Sigma, Mc Graw Hill, Madrid 2004

Figura 2-4, Grafico de Control



3 CAPITULO III

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

El objetivo del proyecto es implementar la metodología Seis Sigma en una planta productora de fertilizantes con el fin de reducir la variación que se presenta en su proceso productivo.

El objetivo de este capítulo es la aplicación de la metodología Seis Sigma que está basada íntegramente en la metodología DMAIC. El DMAIC cuenta con varias herramientas descritas en el capítulo anterior. A continuación se presenta el desarrollo de dicho método con la meta de reducir la variación en los procesos.

3.1 FASE DEFINIR

En esta fase se busca tener una visión y definición más clara del foco o la oportunidad de mejora siempre encaminándose a la satisfacción del cliente. A partir de esta definición se obtiene un tema de mejora suficientemente específico, el cual se tomara para hacer la declaración formal del proyecto de mejora.

3.1.1 DEFINICIÓN DEL FOCO DE MEJORA

Mediante el uso de la matriz de priorización se busca tener en claro el proceso productivo donde se tendrá más impacto el proyecto de mejora Seis Sigma y el cual o los cuales serán tomados como focos de mejora.

Para el desarrollo de esta matriz se paso a determinar los criterios que podrían tener alto impacto en la satisfacción del cliente.

Criterios:

- A. Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado.
- B. Tener una menor variación en el peso de cada saco de producto terminado.

- C. Tener un menor tiempo en la preparación de la mezcladora .
- D. Tener una menor cantidad tiempos muertos estimados durante el proceso de producción.
- E. Tener menor desperdicio en semielaborados.

Una vez determinados los criterios se pasó a ser comparados entres si, ésta comparación se la realizo en forma de matriz asignado valores respecto a su importancia con relación al otro criterio. Los valores asignados corresponden a las siguientes valoraciones:

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

A continuación se presenta la matriz obtenida con los criterios y sus valoraciones:

Tabla 3-1, Matriz de priorización de criterios

	A	B	C	D	F	Total	Porcentaje
A. Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado.		7	7	3	9	26	26%
B. Tener una menor variación en el peso de cada saco de producto terminado.	3		5	1	7	16	16%
C. Tener un menor tiempo en la preparación de la mezcladora .	3	5		3	9	20	20%
D. Tener una menor cantidad tiempos muertos estimados durante el proceso de producción.	7	9	7		9	32	32%
E. Tener menor desperdicio en semielaborados.	1	3	1	1		6	6%
						100	100%

Una vez valorados los criterios se paso a analizar las alternativas presentadas por el equipo. Las alternativas son analizadas en base a cada uno de los criterios, es decir, cuanto esta alternativa cumple con este criterio con relación al resto de alternativas.

Las alternativas planteadas fueron las siguientes:

1. Planeación y distribución de la producción.
2. Gestión de la materia prima.
3. Gestión de mantenimiento.
4. Proceso de mezclado y ensacado.
5. Gestión del Capital humano.

La valoración utilizada fue la siguiente:

Cumple mucho más	=	9
Cumple menos	=	7
Cumple igualmente	=	5
Cumple menos	=	3
Cumple mucho menos	=	1

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Criterio A: Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado

Tabla 3-2, Matriz de priorización para el criterio: Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado

		1	2	3	4	5	Total	Porcentaje
1	Planeación y distribución de la producción	9	7	5	9	30	30%	
2	Gestión de la materia prima	1	3	9	14	14%		
3	Gestión de mantenimiento	3	9	3	9	24	24%	
4	Proceso de mezclado y ensacado	5	7	7	9	28	28%	
5	Gestión del Capital humano	1	1	1	1	4	4%	
						100	100%	

Criterio B: Tener una menor variación en el peso de cada saco de producto terminado.

Tabla 3-3, Matriz de priorización para el criterio: Tener una menor variación en el peso de cada saco de producto terminado.

		1	2	3	4	5	Total	Porcentaje
1	Planeación y distribución de la producción	■	3	5	3	3	14	14%
2	Gestión de la materia prima	7	■	9	5	3	24	24%
3	Gestión de mantenimiento	5	1	■	1	5	12	12%
4	Proceso de mezclado y ensacado	7	5	9	■	7	28	28%
5	Gestión del Capital humano	7	7	5	3	■	22	22%
							100	100%

Criterio C: Tener un menor tiempo en la preparación de la mezcladora.

Tabla 3-4, Matriz de priorización para el criterio: Tener un menor tiempo en la preparación de la mezcladora

		1	2	3	4	5	Total	Porcentaje
1	Planeación y distribución de la producción	■	7	3	5	5	20	20%
2	Gestión de la materia prima	3	■	1	7	5	16	16%
3	Gestión de mantenimiento	7	9	■	5	7	28	28%
4	Proceso de mezclado y ensacado	5	3	5	■	7	20	20%
5	Gestión del Capital humano	5	5	3	3	■	16	16%
							100	100%

Criterio D: Tener una menor cantidad tiempos muertos estimados durante el proceso de producción.

Tabla 3-5, Matriz de priorización para el criterio: Tener una menor cantidad tiempos muertos estimados durante el proceso de producción.

		1	2	3	4	5	Total	Porcentaje
1	Planeación y distribución de la producción	■	9	5	1	9	24	24%
2	Gestión de la materia prima	1	■	3	1	5	10	10%
3	Gestión de mantenimiento	5	7	■	3	9	24	24%
4	Proceso de mezclado y ensacado	9	9	7	■	9	34	34%
5	Gestión del Capital humano	1	5	1	1	■	8	8%
							100	100%

Criterio E: Tener menor desperdicio en semielaborados.

Tabla 3-6, Matriz de priorización para el criterio: Tener menor desperdicio en semielaborados.

		1	2	3	4	5	Total	Porcentaje
1	Planeación y distribución de la producción	3	3	5	7	3	18	18%
2	Gestión de la materia prima	7	5	5	3	1	16	16%
3	Gestión de mantenimiento	5	5	5	5	1	16	16%
4	Proceso de mezclado y ensacado	3	7	5	5	3	18	18%
5	Gestión del Capital humano	7	9	9	7	5	32	32%
							100	100%

Una vez obtenidos todos estos resultados se paso a construir la matriz de resumen la cual indicará cual es la alternativa con la cual se trabaja como foco de mejora.

Tabla 3-7, Matriz resumen para la elección de proceso clave.

	Tener una mayor puntualidad en el despacho de producto terminado	Tener una menor variación en el peso de cada saco de producto terminado	Tener un menor tiempo en la preparación de la mezcladora	Tener una menor cantidad tiempos muertos durante el proceso de producción	Tener menor desperdicio en semielaborados.	
Importancia	26%	16%	20%	32%	6%	Porcentaje
Planeación y distribución de la producción	30%	14%	20%	24%	18%	23%
Gestión de la materia prima	14%	24%	16%	10%	16%	15%
Gestión de mantenimiento	24%	12%	28%	24%	16%	22%
Proceso de mezclado y ensacado	28%	28%	20%	34%	18%	28%
Gestión del Capital humano	4%	22%	16%	8%	32%	12%
						100%

Con la matriz de resumen terminada se puede determinar que la mejor alternativa para desarrollar el proyecto de mejora Seis Sigma es el proceso de mezclado y ensacado.

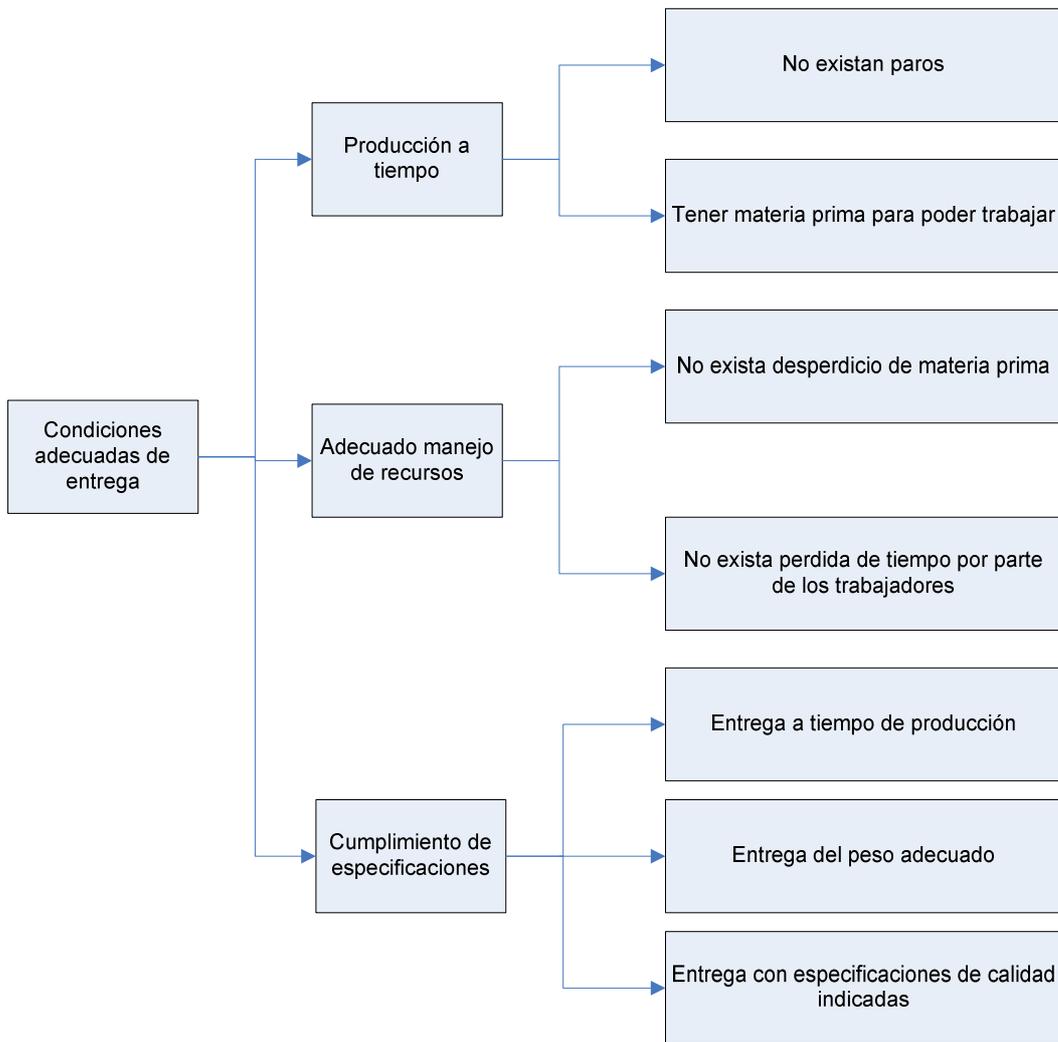
Una vez determinado el proceso al que será aplicado la metodología se tiene que pasar a identificar las características críticas.

3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS

En esta etapa se busca identificar las características que el cliente considera que son críticas, éstas características son conocidas como “CTS” (*Critical to satisfaction*).

Con el equipo de trabajo se determinó que las características que el cliente considera las más importantes para él fueron las que se mencionan en la tabla 3.7. Para el análisis se utilizó la herramienta de diagrama de árbol.

Figura 3-1, Diagrama de árbol para CTS.



Una vez identificadas estas características tienen que ser analizadas y priorizadas tomando en cuenta el índice de importancia para el cliente (IIC) y el grado de no conformidad (GNC) que dan como resultado la prioridad.

La escala de valoración de acuerdo a la metodología es la siguiente:

Índice de importancia:

Muy importante	=	9
Importante	=	7
Medianamente importante	=	5
Poco importante	=	3
Muy poco importante	=	1

Grado de no conformidad:

Muy alto	=	9
Alto	=	7
Medio	=	5
Bajo	=	3
Muy bajo	=	1

El resultado del análisis del diagrama de árbol fue el siguiente:

Tabla 3-8, Matriz de atributos priorizados de CTS.

		IIC	GNC	Prioridad
1	No existan paros	9	9	81
2	Tener materia prima para poder trabajar	7	5	35
3	No exista desperdicio de materia prima	3	7	21
4	No exista pérdida de tiempo por parte de los trabajadores	7	7	49
5	Entrega a tiempo de producción	9	9	81
6	Entrega del peso adecuado	3	4	12
7	Entrega con especificaciones de calidad indicadas	5	5	25

Partiendo del análisis realizado, se determinó que las CTS claves son las siguientes:

- No existan paros
- Entrega a tiempo de producción

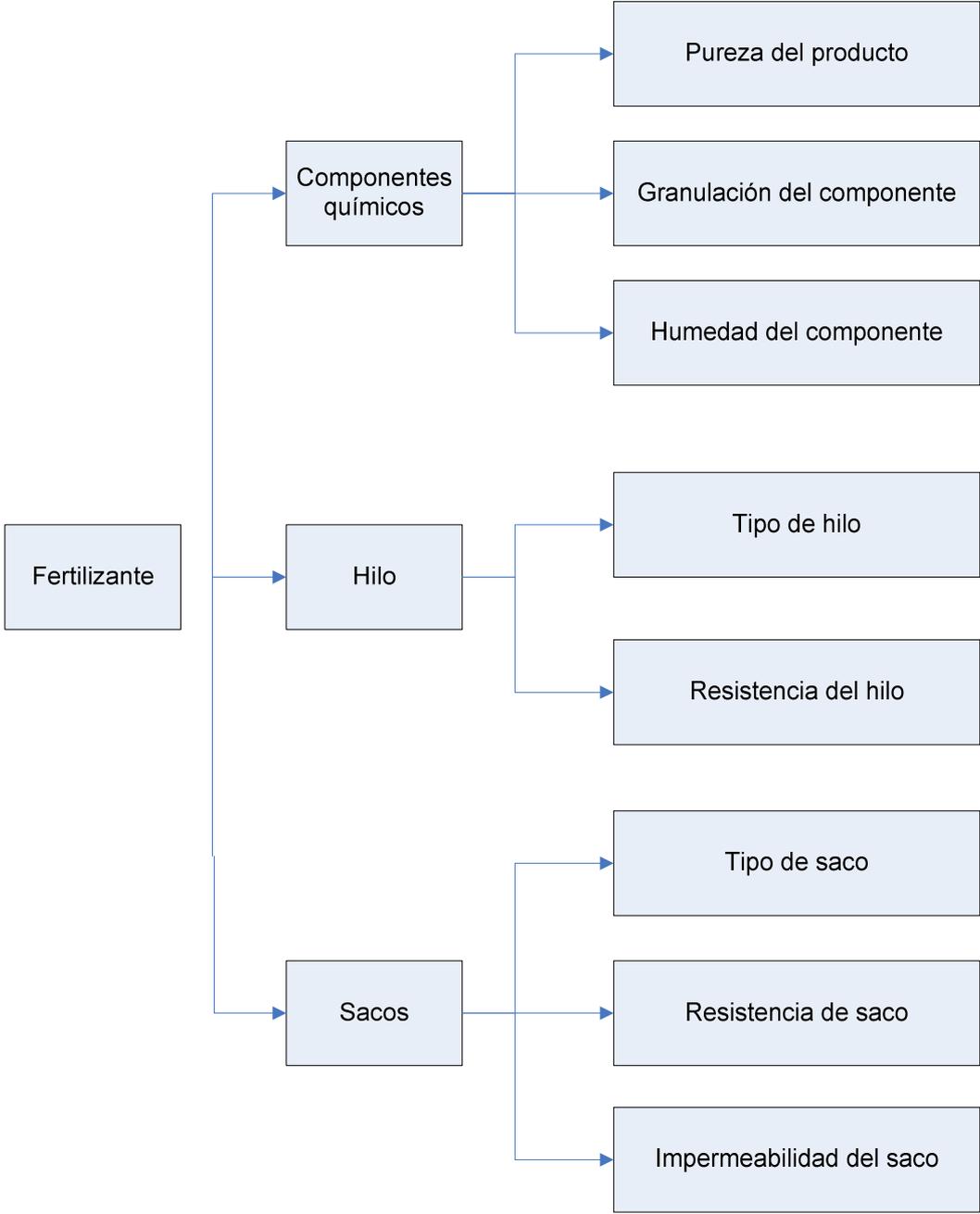
Con estas CTS claves se paso a realizar una matriz de priorización la cual se demuestra en la tabla 3.9. Los valores obtenidos serán utilizados en para la comparación de CTS con CTYs posteriormente. Para esta matriz se utilizó los mismos criterios que para la matriz de priorización de criterios.

Tabla 3-9, Matriz de Priorización CTS claves.

		1	2	Total	Porcentaje
1	No existan paros		5	5	50%
2	Entrega a tiempo de producción	5		5	50%

Una vez determinados CTS claves se pasara a definir las características críticas del producto también conocidos como CTYs, éstas serán descritas mediante un diagrama de árbol que se detalla en la figura 3.2.

Figura 3-2, Diagrama de árbol para CTYs.



Con las CTYs determinadas se paso a analizar mediante la matriz CTY considerando la relación que tienen con los CTS priorizados anteriormente. Para realizar la matriz se tomó las siguientes valoraciones:

- Fuerte = 9
- Media = 3

Débil = 1

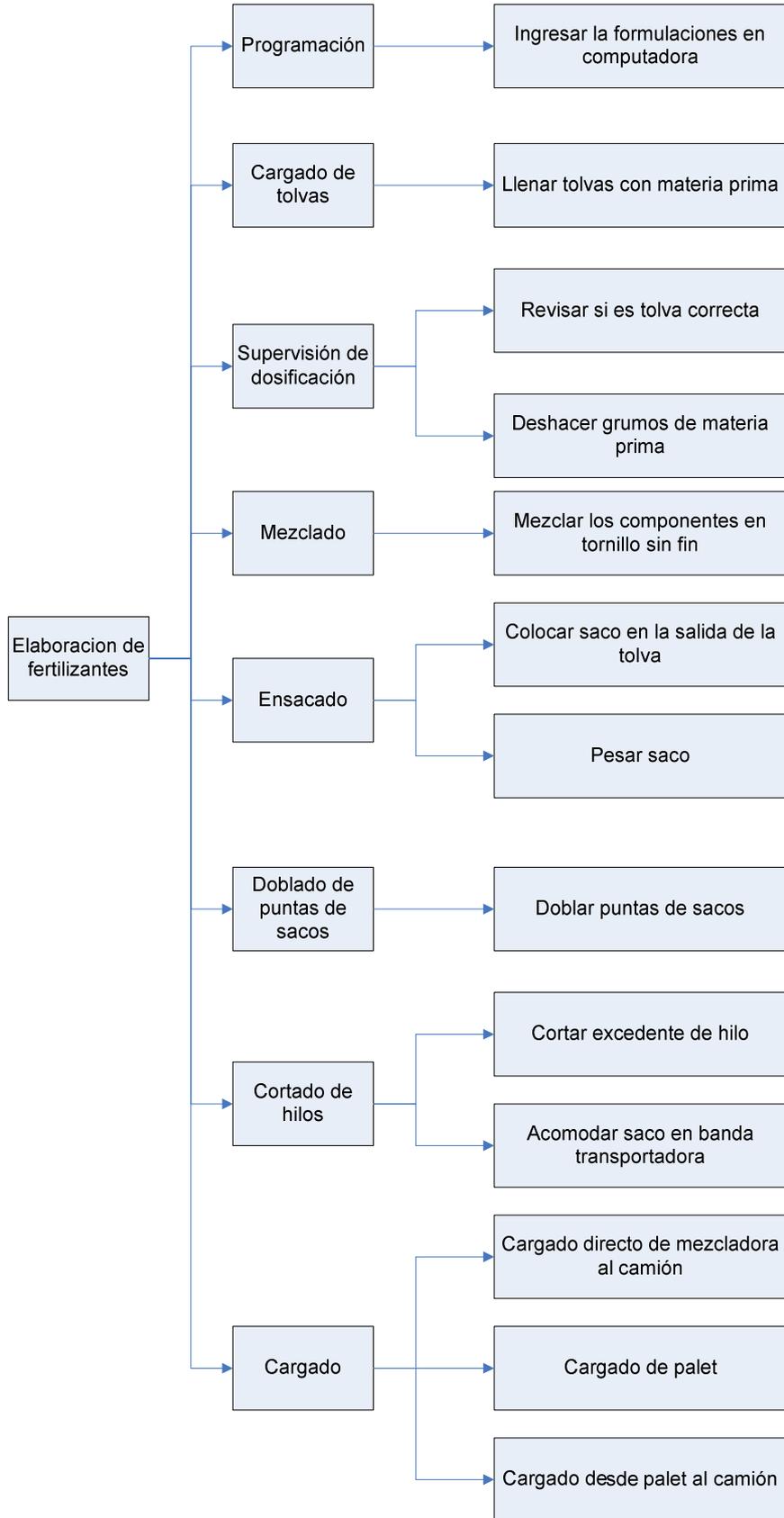
A continuación se describe la matriz con los resultados obtenidos:

Tabla 3-10, Matriz de comparación entre CTS y CTYs.

		CTS Seleccionadas		Prioridad CTY	Porcentaje
		0.5	0.5		
Priorización CTS		0.5	0.5		
		No existan paros	Entrega a tiempo de producción		
CTY	Pureza del producto	1	1	1	4%
	Granulación del componente	3	3	3	11%
	Humedad del componente	3	3	3	11%
	Tipo de hilo	9	9	9	32%
	Resistencia del hilo	9	9	9	32%
	Tipo de saco	1	1	1	4%
	Impermeabilidad del saco	1	1	1	4%
	Resistencia de saco	1	1	1	4%
				28	100%

Con esta matriz se logro obtener los porcentajes para tener una relación de la CTYs el momento de ser comparadas con las CTXs en el paso siguiente.

Figura 3-3, Diagrama de árbol para CTXs.



Con las CTXs determinadas se paso a realizar la matriz de CTXs y con esto se podrá analizar la relación que tienen con las CTYs descritas anteriormente. Para realizar esta matriz se tomo las mismas valoraciones utilizadas en la matriz de CTYs y fueron las siguientes:

Fuerte = 9
 Media = 3
 Débil = 1

A continuación se describe la matriz con los resultados obtenidos:

Tabla 3-11, Matriz de comparación entre CTYs y CTXs.

		CTYs Seleccionadas								
Priorizacion CTYs		0.04	0.11	0.11	0.32	0.32	0.04	0.04	0.04	
		Pureza del producto	Granulación del componente	Humedad del componente	Tipo de hilo	Resistencia del hilo	Tipo de saco	Resistencia de saco	Impermeabilidad del saco	Prioridad CTX
CTXs	Ingresar la formulaciones en computadora									0
	Llenar tolvas con materia prima	3	1	3						0.56
	Revisar si es tolva correcta									0
	Deshacer grumos de materia prima		9							0.99
	Colocar saco en la salida de la tolva								9	0.36
	Mezclar los componentes en tornillo sin fin		3	3						0.66
	Pesar saco									0
	Doblar puntas de sacos							1		0.04
	Cortar excedente de hilo					3	3			1.08
	Acomodar saco en banda transportadora				3	3				1.92
	Cargado directo de mezcladora al camión					9	9			3.24
	Cargado de palet					9	9			3.24
	Cargado desde palet al camión					9	9			3.24

Se logro determinar que las CTXs en las que hay que enfocarse son:

- Cargado directo de mezcladora al camión
- Cargado desde palet al camión
- Cargado de palet

Con estas matrices se logró observar la relación que existe entre las características del producto que el cliente espera con los distintos procesos. En estos resultados se enfocaran los esfuerzos de mejora.

3.1.3 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE DESEMPEÑO

Para definir el desempeño de la planta se tomo en cuenta un solo parámetro ya que es el determinante para medir el grado de satisfacción del cliente respecto al producto.

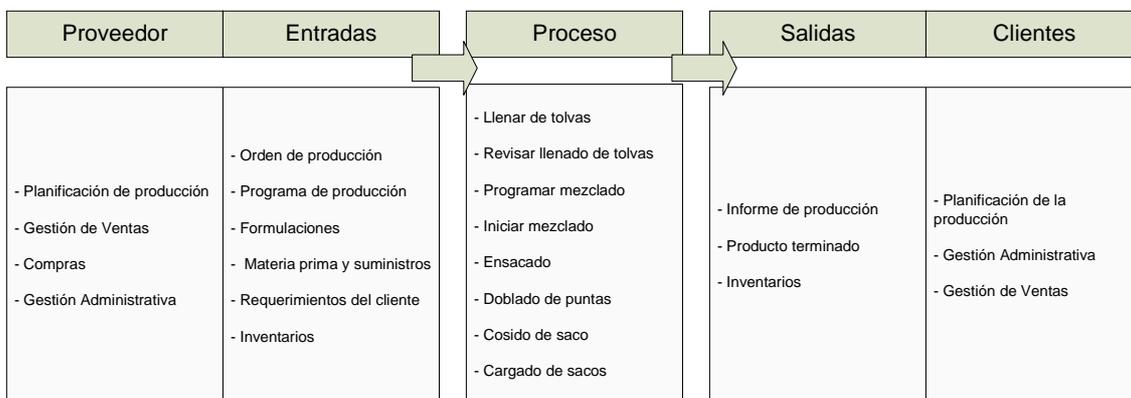
El parámetro definido fue el siguiente:

- Tasa de Producción. La unidad de medición de este parámetro es la cantidad de sacos de fertilizante que se producen en sesenta minutos para poder determinar cual es la producción diaria y visualizar el rendimiento de la planta por jornada de trabajo.

3.1.4 DIAGRAMA SIPOC MACRO

El siguiente diagrama muestra proveedor, entradas, proceso, salidas y clientes de una manera general para que el equipo tenga una visión clara del proceso. A continuación se muestra el diagrama SIPOC realizado para el proceso de mezclado y ensacado

Figura 3-4, Diagrama SIPOC Macro del proceso de ensacado y mezclado



3.1.5 FORMALIZAR EL PROYECTO DE MEJORA

Partiendo de los análisis realizados se pasó a formalizar el proyecto de mejora mediante el siguiente cuadro.

Tabla 3-12, Formato de formalización del proyecto

 HOJA DEL PROYECTO		
Información General del Proyecto		
Título del Proyecto	Reducción de tiempos muerto en el proceso de mezclado	
Organización	Brenntag Ecuador	
Proceso	Mezcla de Fertilizante	
Producto	Fertilizantes	
Fecha de inicio	16 de marzo de 2009	
Fecha de finalización	29 de mayo de 2009	
Champion	Ing. Víctor Pumisacho	
Green Belt	Francisco Burneo	
Descripción del Proyecto		
Declaración del Problema	El tiempo de entrega del producto terminado no alcanza los niveles esperados, de continuar esta problemática la empresa estaría perdiendo cliente y por tanto sus ventas.	
Objetivo del Proyecto	Reducir tiempos muertos en el proceso de mezclado de fertilizantes.	
Alcance del Proyecto	El estudio se realizará desde el momento que son cargadas las tolvas hasta cuando el fertilizante está ensacado.	
Miembros del Equipo	Nombre	Cargo
	Mario Santacruz	Jefe de operaciones
	Víctor Vega	Producción
	Segundo Henríquez	Programación
	Rocío Moreira	Costeo
	Jessica Pincay	Facturación
	Ing. Víctor Pumisacho	Champion Black Belt
	Francisco Burneo	Green Belt
Beneficios para el Cliente	El cliente se verá beneficiado directamente con este proyecto ya que se mejorará la puntualidad en la entrega del producto.	
Cronograma	Inicio del proyecto	16 de marzo de 2009
	Finalización Definir	16 de marzo de 2009
	Finalización Medición	23 de marzo de 2009
	Finalización Análisis	30 de marzo de 2009

Finalización Mejora	1 de mayo de 2009
Finalización Control	29 de mayo de 2009

3.2 FASE MEDIR

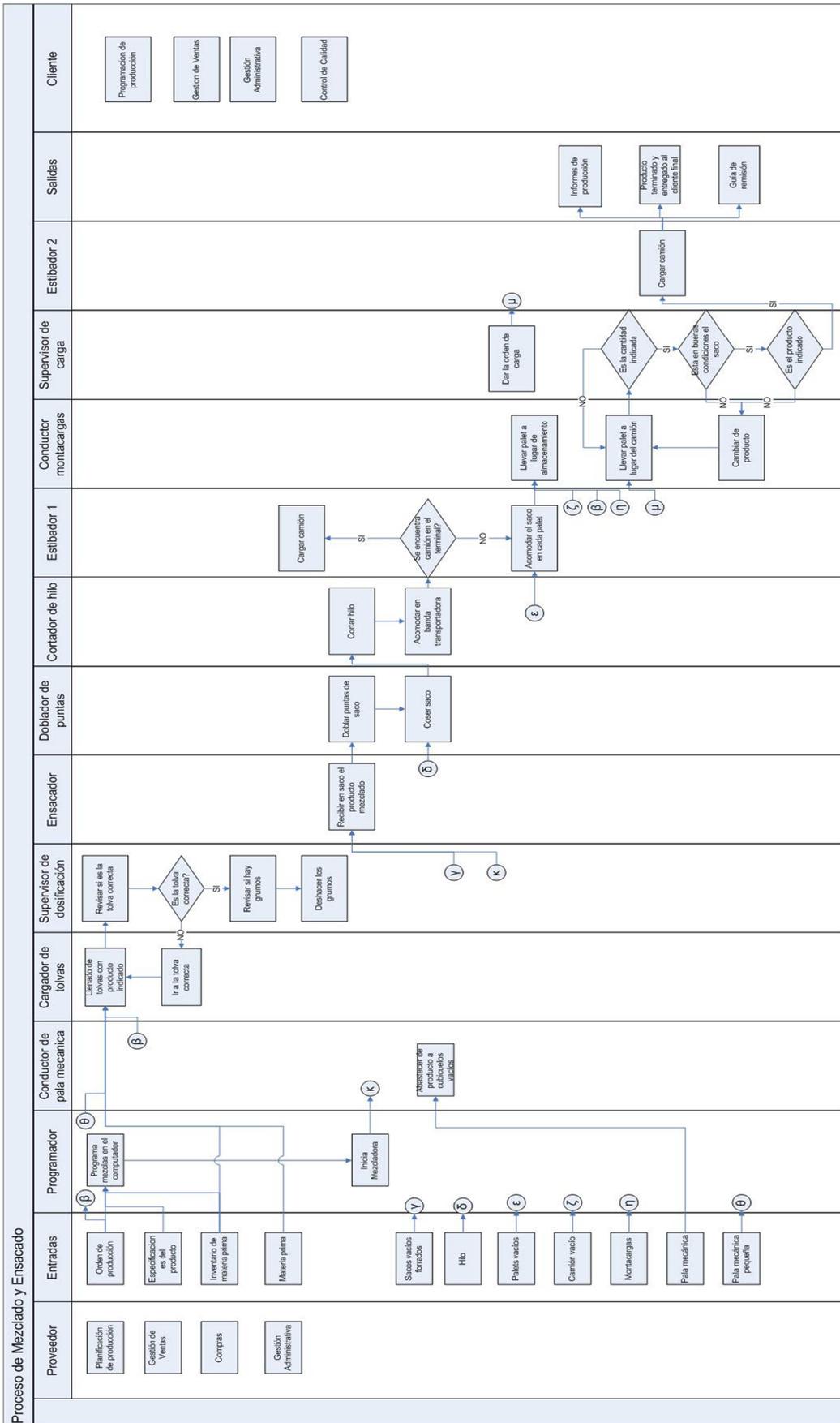
En la fase medir se busca una visión más clara del proceso y por consecuencia de la situación actual que está relacionada con el objetivo del proyecto de mejoramiento.

Aquí se definen las variables que van a ser medidas, la forma de recolección de datos y el método de medición. Con todos los datos recolectados se debe evaluar si el proceso tiene un desempeño estable, es decir si sigue una determinada curva, en ese caso se debe determinar la variabilidad del proceso y compararla con la tolerancia si es aplicable.

3.2.1 DIAGRAMA SIPOC DETALLADO

A continuación se detalla el proceso de mezclado y ensacado mediante el uso de un diagrama SIPOC.

Figura 3-5, Diagrama SIPOC Detallado



Analizando la CTXs obtenidas en la fase de definición, las variables a medir serán los tiempos en:

- Cargado directo de mezcladora al camión o palet.
- Cargado desde el palet al camión.

En la figura 3.5 se ve que los controles deberán realizarse en el momento que se hace el despacho del producto terminado mediante palets y en el momento en que terminado el ensacado del producto. Para esto se tomo la variable tiempo como referencia de medición.

3.2.2 DEFINIR Y VALIDAR EL SISTEMA DE MEDICIÓN

Antes de comenzar a realizar las mediciones es necesario definir el sistema de medición que va ha ser utilizado. Después de analizar el diagrama SIPOC y las CTXs se determino que la variable a ser medida en el proyecto será el tiempo por tanto el instrumento de medición a utilizar será un cronometro digital.

El modelo de cronometro a utilizar para realizar las mediciones será un Oregon c510, este instrumento permite tener un precisión de 1/100 de segundo lo cual permite tener unos resultados muy fiables. Con un diseño sencillo este cronometro es muy fácil de usar para cualquier persona y por sus características permite trabajar en condiciones no favorables (agua, polvo) sin que sus resultados sean afectados. Lo cual es muy importante en el estudio que será realizado ya que al haber un ambiente saturado de químicos podría alterar el funcionamiento de un cronometro de otras características.

Una vez determinado el instrumento de medición es importante definir la forma de recolección de datos, para esto se estableció las siguientes hojas de control de tiempo de producción con relación a unidades producidas.

Tabla 3-13, Hoja de recolección de datos para sacos producidos por hora

Inicio	Fin	Diferencia	Motivo de la para	Sacos Producidos

Tabla 3-14, Hoja de recolección de datos para tiempo de despacho de palet a camión

Inicio	Fin	Total	Sacos despachados	Sacos despachados por hora

El departamento de producción tiene establecido los siguientes límites de especificación para los puntos críticos que van a ser medidos. Estos límites han sido determinados anteriormente con el propósito de establecer metas de producción. A continuación se detallan dichos límites

Tabla 3-15, Límites de especificación

Puntos Críticos	Límite Inferior de Especificación (sacos por hora)	Valor Objetivo	Límite Superior de Especificación (sacos por hora)
Cargado directo de mezcladora al camión o palet.	800	900	1000
Cargado desde el palet al camión	480	600	720

3.2.3 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

En el análisis de la capacidad del proceso se mide o analiza la habilidad del proceso para producir un producto o servicio con cero defectos, para esto es necesario que las causas especiales que afectan al mismo sean eliminadas. Mientras más se acerquen los valores obtenidos en este análisis a los especificados por Seis Sigma (especificados en capítulo 2) se sabrá que se tiene un proceso capaz y que los errores en las características críticas han sido reducidos o eliminados.

Este análisis se realizó en los puntos de control anteriormente especificados, estos fueron, el tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets y el otro control será cuantos sacos se produce por hora.

El proceso para hacer el estudio fue el siguiente:

- Análisis de los puntos de control.
- Al no tener datos históricos de estos puntos de procedió a tomar los datos en cada punto de control.
- Una vez con los datos necesarios se pasó a realizar el análisis.

Para el análisis de la capacidad del proceso se utilizó datos proporcionados por el departamento de producción, estos corresponden a los tiempos que fueron tomados en los puntos de control anteriormente citados.

La manera de calcular estos valores manualmente esta descrito en el capítulo anterior, por facilidad y precisión se utilizara la herramienta Minitab.

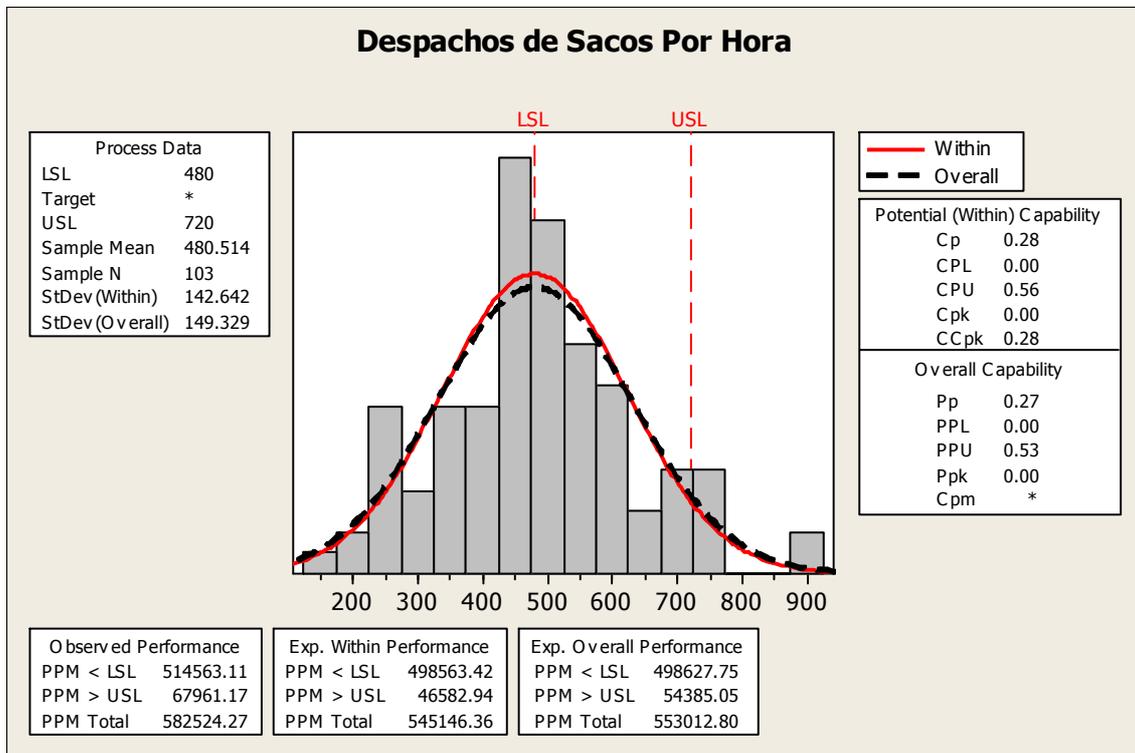
EL Minitab es un programa para computadora diseñado para análisis estadísticos, por su gran funcionalidad esta herramienta es usada frecuentemente en la implementación de la metodología de mejora de procesos Seis Sigma.

3.2.3.1 Análisis de la capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets.

A partir de los datos que fueron proporcionados por el departamento de producción de los tiempos que toma hacer un despacho de producto

almacenado en palets (Anexo 1) y utilizando la herramienta Minitab se obtuvo los siguientes gráficos:

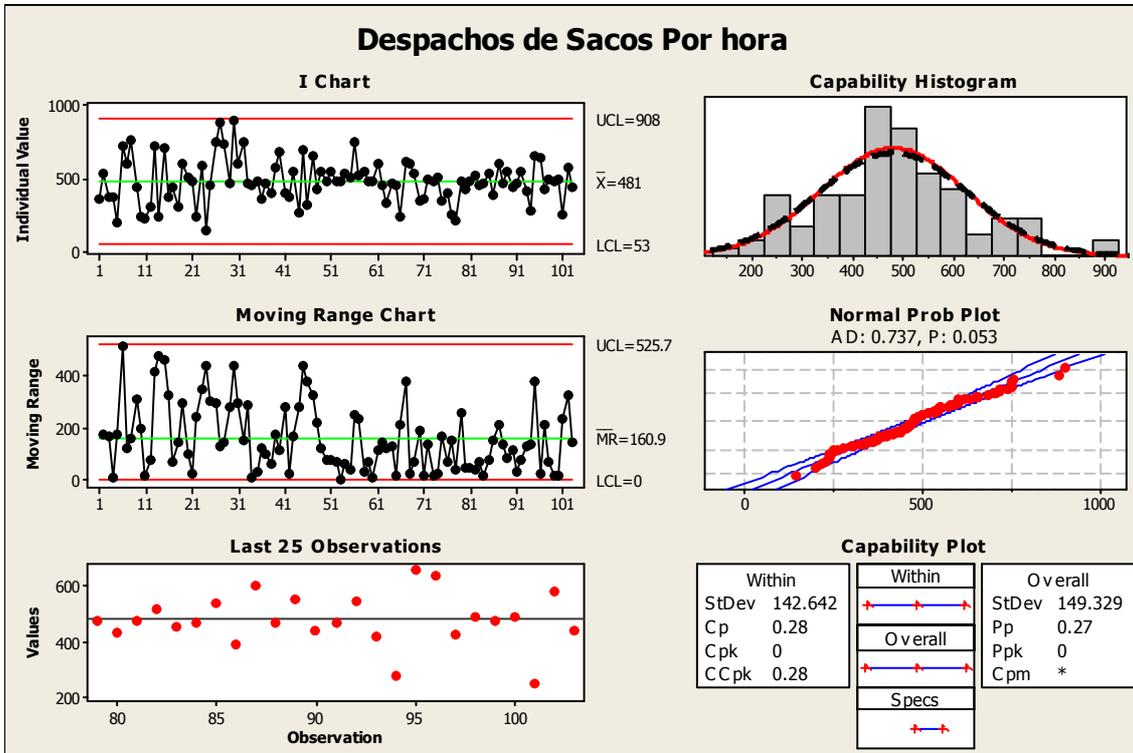
Figura 3-6, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable despachos por hora.



En la figura 3.7 se observa un C_p de 0.28 esto quiere decir que el proceso no está en capacidad de producir la cantidad que se requiere para producir dentro de los límites de especificación, el C_{pk} indica el desplazamiento que tiene la media con respecto a los límites de especificación. Por lo tanto los defectos por millón son 582524.27. Esto quiere decir que por cada millón de sacos despachados se tienen 41.7% de sacos que no son despachados en el tiempo esperado generando insatisfacción en el cliente.

El valor objetivo para este proceso es de 600, el análisis da una media de 480.15, esto se refleja en él un C_{pk} de 0.00 que demuestra que la media de los datos esta recorrida hacia el lado inferior o izquierdo. El valor ideal para este índice seria de 1.5.

3-7, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable despachos por hora.

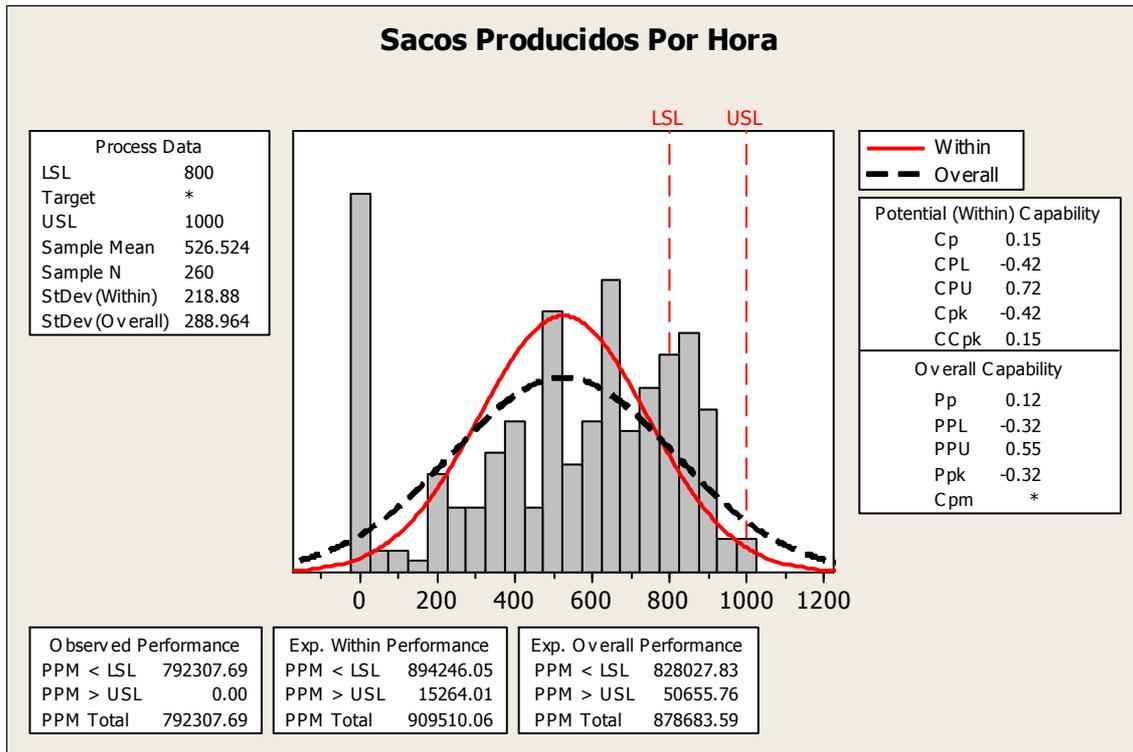


En la figura 3.8 que corresponde a despachos de sacos por hora se puede observar que no existe una concentración de datos que permita establecer que estos sigan un patrón a lo largo del tiempo. Aunque el proceso se encuentre bajo control estadístico ya que todas la muestras están dentro de los límites de control del proceso LSC = 908.44; LIC 52.58(ver cálculo Capítulo 2), la variación de las muestras se ve reflejadas en los índices C_p y C_{pk} que fueron analizados en la figura 3.7.

3.2.3.2 Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora

A partir de los datos de los tiempos que de sacos producidos por hora que fueron proporcionados por el departamento de producción (Anexo 2) y utilizando la herramienta Minitab se obtuvo los siguientes gráficos:

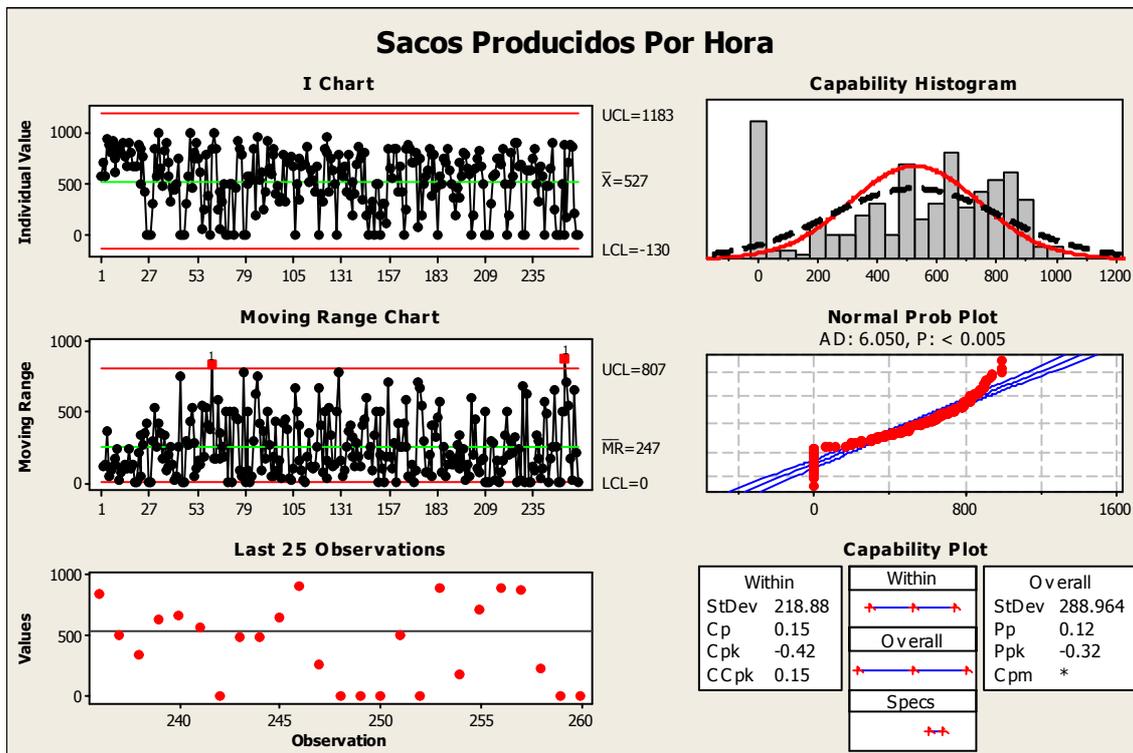
3-8, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable sacos producidos por hora.



En la figura 3.9 que corresponde al proceso de sacos producidos por hora en el que se observa que por cada millón de sacos producidos 792307.69 no están dentro de las especificaciones requeridas por el cliente. Esto lleva a tomar medidas urgentes ya que lo esperado en niveles Seis Sigma es tan solo de 3.4 partes por millón.

El valor objetivo para este proceso es de 900 sin embargo se tiene una media de 526.52 esto se ve reflejado en el Cpk de -0.42. Esto quiere decir que la media esta recorrida hacia el lado izquierdo.

3-9, Análisis de Capacidad actual del proceso para la variable sacos producidos por hora.



En la figura 3.10 se observa que la capacidad del proceso está por debajo de los valores determinados por Seis Sigma, el C_p es de 0.15, cuando Seis Sigma indica que hay que tener un C_p de 2 o acercarse a este valor. Los límites de control ($LSC=1183$; $LIC=130$) que fueron calculados con las fórmulas especificadas en el capítulo 2 indican que el proceso está dentro de un control estadístico aunque la variación de los valores de este siga siendo altas. Estos valores indican que la mejora debe ser atendida urgentemente.

3.3 FASE ANALIZAR

El objetivo de la etapa analizar es encontrar la causa o fuentes de variación del problema y priorizarlas, entender como se generan estas causas y validarlas

con datos. En este punto ya se tienen identificadas las oportunidades de mejoramiento identificadas.³¹

3.3.1 DETERMINACIÓN DE ENTRADAS CRÍTICAS POTENCIALES

Existen varias herramientas para determinar las entradas críticas potenciales pero la más común y práctica es el diagrama causa-efecto o diagrama de espina de pescado. Como dice su nombre “causa-efecto” este diagrama trata de encontrar la causa raíz para el efecto o variación en el proceso.

Con la ayuda del el equipo de trabajo se pasó a realizar el diagrama causa efecto para la alta variación en el tiempo de despacho de producto terminado y para la variación de sacos producidos por hora. Para poder realizar este ejercicio se paso a dar una breve explicación al equipo sobre el funcionamiento de esta herramienta.

A continuación se detalla la explicación dada al grupo de trabajo sobre esta herramienta:

1. Determinar el problema o efecto: Se debe escribir de forma resumida el problema que va a ser analizado y este debe ir en la cabeza del “pescado”.
2. Determinar las principales categorías o criterios para las causas: Para que los criterios del diagrama de pescado sean iguales para todos se paso a agrupar las causas de la siguiente manera:
 - Materiales
 - Métodos
 - Maquinaria
 - Medición
 - Medio Ambiente
 - Mano de obra
3. Realizar una tormenta de ideas: Para cada criterio planteado anteriormente se debe explicar las posibles causas para el problema que se tiene y estas deben sea anotadas en su respectiva “espina”. De ser

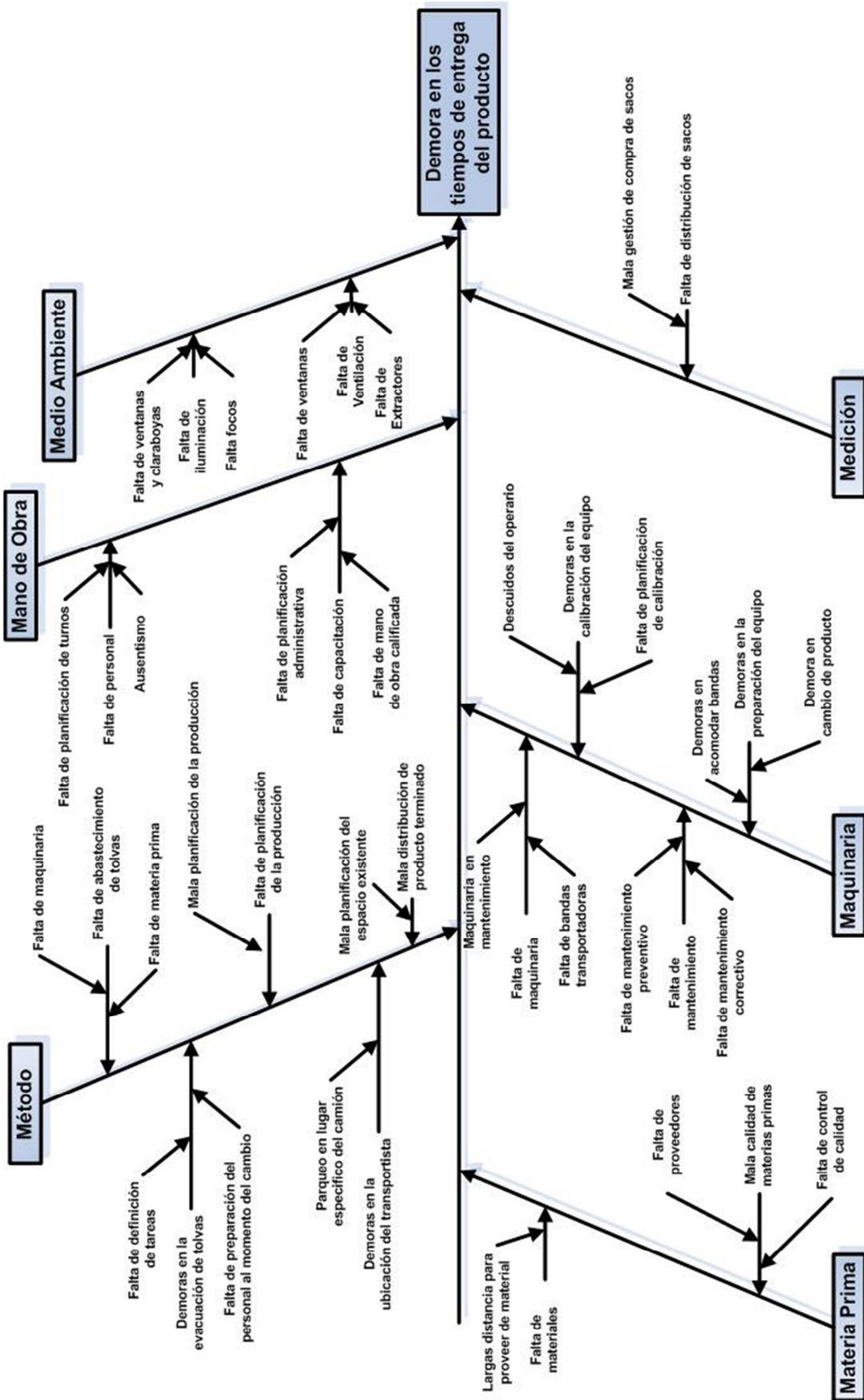
³¹ MOURA Eduardo, Folleto guía seminario Seis Sigma Green Belt 2008 (Qualiplus).

necesario se puede llegar a tener subcausas y de esta forma llegar a la raíz del problema.

4. Consenso: Ninguna de estas causas debe ser tomada arbitrariamente, el equipo debe ser quien decida.

A continuación se detalla los diagramas causa-efecto realizado:

3-10, Diagrama causa-efecto para demora en los tiempos de entrega del producto.



Con el diagrama causa-efecto analizado se paso seleccionar las causas que tienen mayor impacto sobre los efectos expuestos y estas serán analizadas mediante un análisis de fallas potenciales.

3.3.2 ANÁLISIS DE FALLAS POTENCIALES

El análisis de fallas potenciales es una forma de encontrar los errores y fallas en un proceso.

Para desarrollar esta herramienta es necesario llenar la matriz con las fallas críticas determinadas en el paso anterior y para cada una de estas fallas se debe determinar los problemas potenciales para esta ejecución.

A estos problemas se les debe dar un grado de severidad asociándolos con los problemas potenciales. Este índice de severidad está determinado por la siguiente tabla de valoración:

Severidad (S)	Valoración
Sin gravedad	1
Alguna gravedad	2
Grave	3
Muy grave	4
Extremadamente grave	5

Una vez valorada la severidad se debe identificar las causas potenciales y describirlas en la matriz. Estas causas potenciales también deben ser valoradas según la ocurrencia de las mismas, la ocurrencia se refiere a repetitividad de la causa analizada, este índice de ocurrencia está determinado por la siguiente tabla:

Ocurrencia (O)	Valoración
Altamente improbable	1
Poco probable	2
Probable	3
Muy probable	4
Ocurrencia prácticamente cierta	5

Con las valoraciones de severidad “S” y ocurrencia “O” se puede obtener el índice de riesgo, esto se lo hace multiplicando la severidad por la ocurrencia ($R = S \times O$).

Una vez calculado el riesgo se debe identificar las acciones preventivas para mejorar la calidad del proceso y dar prioridad a los problemas con el riesgo más alto.

Para identificar las acciones preventivas se debe tener en cuenta que éstas deben ser orientadas a tener una mejoría sustancial en el proceso y éstas deberían buscar que el problema sea reducido.

En la siguiente tabla se detalla la matriz de análisis para las fallas potenciales, en esta se detalla el desarrollo de todos los pasos descritos anteriormente.

Tabla 3-16, Análisis de fallas potenciales

#	Actividad	Problema potencial y efecto	Severidad (S)	Causa potencial	Ocurrencia (O)	Riesgo (SxO)	Acción Preventiva
1	Actividad realizada por los operarios de planta	Ausentismo del personal	4	Ausentismo	2	8	Motivación al personal
		Falta de capacitación	2	Falta de planificación administrativa	2	4	Planificar la capacitación en horarios que no interrumpen la producción
2	Producción de fertilizantes	Falta de abastecimiento de tolvas	5	Falta de maquinaria	5	25	Diseñar plan de mantenimiento
		Demoras en la ubicación de transportista	3	Parqueo en lugar específico del camión	5	15	Instruir previamente a los chóferes como parquear
		Demoras en la evacuación de tolvas	3	Falta de definición de tareas	3	9	Diseñar un plan para la evacuación y limpieza inmediata de tolvas
		Mala distribución del producto terminado	5	Mala planificación del espacio existente	5	25	Rediseño de la distribución del producto terminado
		Falta de planificación de la producción	3	Mala planificación de la producción	3	9	Analizar la producción mediante proyecciones de ventas
3	Acción en la cual incide material en la producción	Falta de materiales	5	Larga distancia para proveer de material	5	25	Reubicar la bodega de sacos
		Mala calidad de materias primas	4	Falta de control de calidad	4	16	Enfocarse en la calidad de la materia prima al momento de la recepción
4	Operación de maquinaria existente	Falta de maquinaria	5	Maquinaria en mantenimiento	5	25	Diseñar plan de mantenimiento
		Falta de mantenimiento	5	Falta de mantenimiento preventivo	5	25	Diseñar plan de mantenimiento
		Demoras en la preparación del equipo	3	Demora en acomodar bandas	5	15	Tener listo la altura necesaria para el camión que ingresa
		Demoras en la calibración del equipo	2	Falta de planificación de calibración	3	6	Diseñar plan de mantenimiento
5	Medición de unidades producidas	Falta de distribución de sacos	4	Mala gestión de compra de sacos	2	8	Poner mayor atención en el aprovisionamiento de sacos
6	Ambiente donde se desarrolla el trabajo	Falta de Iluminación	3	Falta de focos, ventanas y claraboya	5	15	Colocar mas iluminación o abrir claraboyas y ventanas
		Falta de ventilación	3	Falta de ventanas y extractores	15	45	Colocar extractores en lugares estratégicos y abrir ventanas

Lo que se realizó con el análisis descrito en la tabla 3.16 fue encontrar los puntos críticos en los cuales se va a enfocar la mejora ya que son los que tienen mayor riesgo para el proceso.

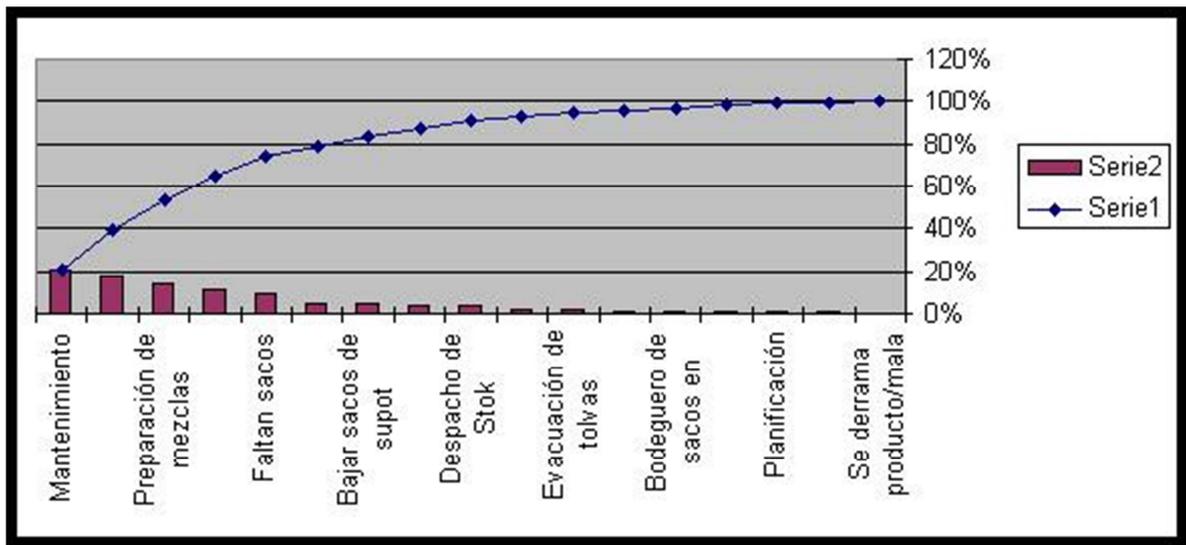
3.3.3 VERIFICACIÓN DE CAUSAS CRÍTICAS POTENCIALES

Para verificar los resultados obtenidos anteriormente se realizó una toma de muestras de todas las causas que se generan a lo largo de la producción (Anexo 2). Con fin de centrar la mejora en las causas potenciales se utilizó la herramienta de Pareto que se describe a continuación:

Tabla 3-17, Diagrama de Pareto

Causas	Minutos	%	% Acumulado
Mantenimiento	434	20,97%	21%
Parqueo de carro	376	18,16%	39%
Preparación de mezclas	290	14,01%	53%
Charla de 5 minutos	242	11,69%	65%
Faltan sacos	195	9,42%	74%
No hay palet	98	4,73%	79%
Bajar sacos de supot	90	4,35%	83%
No hay mezcla	84	4,06%	87%
Despacho de Stok	68	3,29%	91%
Falta de personal	44	2,13%	93%
Evacuación de tolvas	34	1,64%	94%
Atraso en entrega de EPP	25	1,21%	96%
Bodeguero de sacos en charla	25	1,21%	97%
Varias paras por materia prima	25	1,21%	98%
Planificación	23	1,11%	99%
Abastecimiento de tolvas	12	0,58%	100%
Se derrama producto/mala oper.	5	0,24%	100%
Total	2070		

Figura 3-11, Diagrama causa Pareto



Como se puede observar en el diagrama de Pareto realizado con los datos de las muestras obtenidas se pudo apreciar que las causas que más parás generaron fueron: mantenimiento, parqueo de carro, preparación de mezclas, charla de 5 minutos, falta de sacos, no hay palet.

Lo que se concluye que las decisiones tomadas en el análisis de las fallas potenciales fue el correcto y las mejoras se las realizaran partiendo desde dicho análisis.

3.4 FASE MEJORA

En esta etapa se busca alcanzar la mejor solución a los problemas planteados y que sean aplicadas. Para esto es utilizaron como referencia los datos obtenidos en el análisis estadístico realizado anteriormente.

3.4.1 PLAN E IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

Con el cumplimiento de las fases anteriores se pasó a detallar cual va a ser el plan de acción que el equipo va a tomar como referencia para la

implementación de las mejoras que garanticen la reducción de la variación en el proceso.

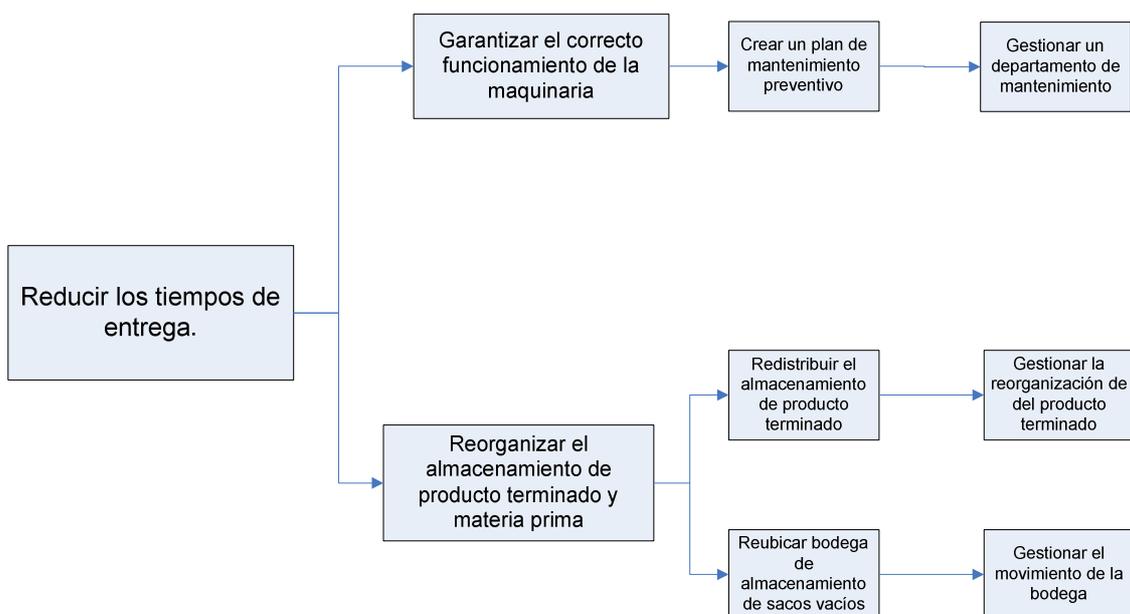
3.4.1.1 Definición de objetivos y medios

En la definición de objetivos y medios es donde se plantea como mejorar el problema y las formas para alcanzar dicho mejoramiento. Estos son planteados mediante una herramienta llamada diagrama de árbol de objetivos. Los pasos para la construcción del árbol son los siguientes:

- Determinar el objetivo principal.
- Determinar objetivos secundarios que tengan relación con el objetivo principal.
- Establecer los medios y las tareas
- Realizar el diagrama

A continuación se detalla el diagrama de árbol de objetivos realizado con la ayuda del equipo de mejora.

Figura 3-12, Diagrama de árbol de objetivos.



Como se puede ver en la figura 3.13 el equipo planteó como objetivo principal la reducción del tiempo de entrega de producto al cliente interno y al consumidor final y para que este objetivo sea cumplido es necesario que la maquinaria este funcionando correctamente y se tenga completa disponibilidad de la misma, también se necesita que no haya tanto transporte de material ya que este genera retrasos en el tiempo. Para evitar el excesivo transporte de material se planteo la reorganización del almacenamiento de producto terminado y materia prima.

3.4.2 PLAN DE MEJORA

Basándose en el diagrama de objetivos anterior se desarrolló el plan de implementación de mejoras el cual está detallado a continuación:

1. Al tener la planta un plan de mantenimiento el cual ya no está vigente debido a los cambios que sean realizado en la misma durante los últimos años se pasó revisar el documento para analizar los cambios pertinentes que se le debe hacer a este. En este análisis se tomó en cuenta toda la maquinaria que ha sido adquirida y la que ha sido dada de baja. También se analizó cuáles son los puntos que se debe enfocar más en el mantenimiento.
2. Con la asistencia del jefe de operaciones y el jefe de mantenimiento se diseño el nuevo plan de mantenimiento, se tomo en cuenta los puntos expuestos en el paso anterior y también se consideró los planes producción.
3. Una vez redactado el plan de mantenimiento lo que se hizo fue llevarlo a la práctica, para esto también se dispuso de la asistencia jefe de operaciones y el jefe de mantenimiento.
4. Otra de las tareas dispuestas en el plan de mejora fue la reubicación de la materia prima y el producto terminado con el fin de reducir el exceso de transporte y con esto eliminar los tiempos muertos estimados que esto conlleva. Para esto se hizo un análisis del espacio disponible, este espacio es el mismo que se utilizaba

anteriormente pero la propuesta es agrupar el producto terminado por pedido de cliente y no por tipo de producto como se lo hace anteriormente. La otra propuesta de reubicación es llevar la bodega de sacos vacíos a un lugar más cercano a donde éstos son utilizados, con esto se evitan los traslados cada vez que se tiene que cambiar de producto.

5. La reubicación del producto terminado se lo hará tomando en cuenta el pedido de cada cliente para que el momento que éste llegue a cargar todo se encuentre en el mismo lugar y no haya que estar transportando de otro lugar de almacenamiento. Con esto se evita el doble transporte que se estaba realizando que consistía en llevar el producto ensacado a almacenar y luego se lo llevaba donde estaba el camión para que sea cargado.
6. La reubicación de la bodega consistió en el montaje de una pequeña cámara donde se pueda acomodar los sacos y éste más cercano a su uso.

3.4.2.1 Propuesta de reubicación del producto terminado

A continuación se muestra la distribución original de la planta y la propuesta de reubicación de la bodega de suministros y un ejemplo de la reubicación de los productos terminados realizada en la planta de fertilizantes.

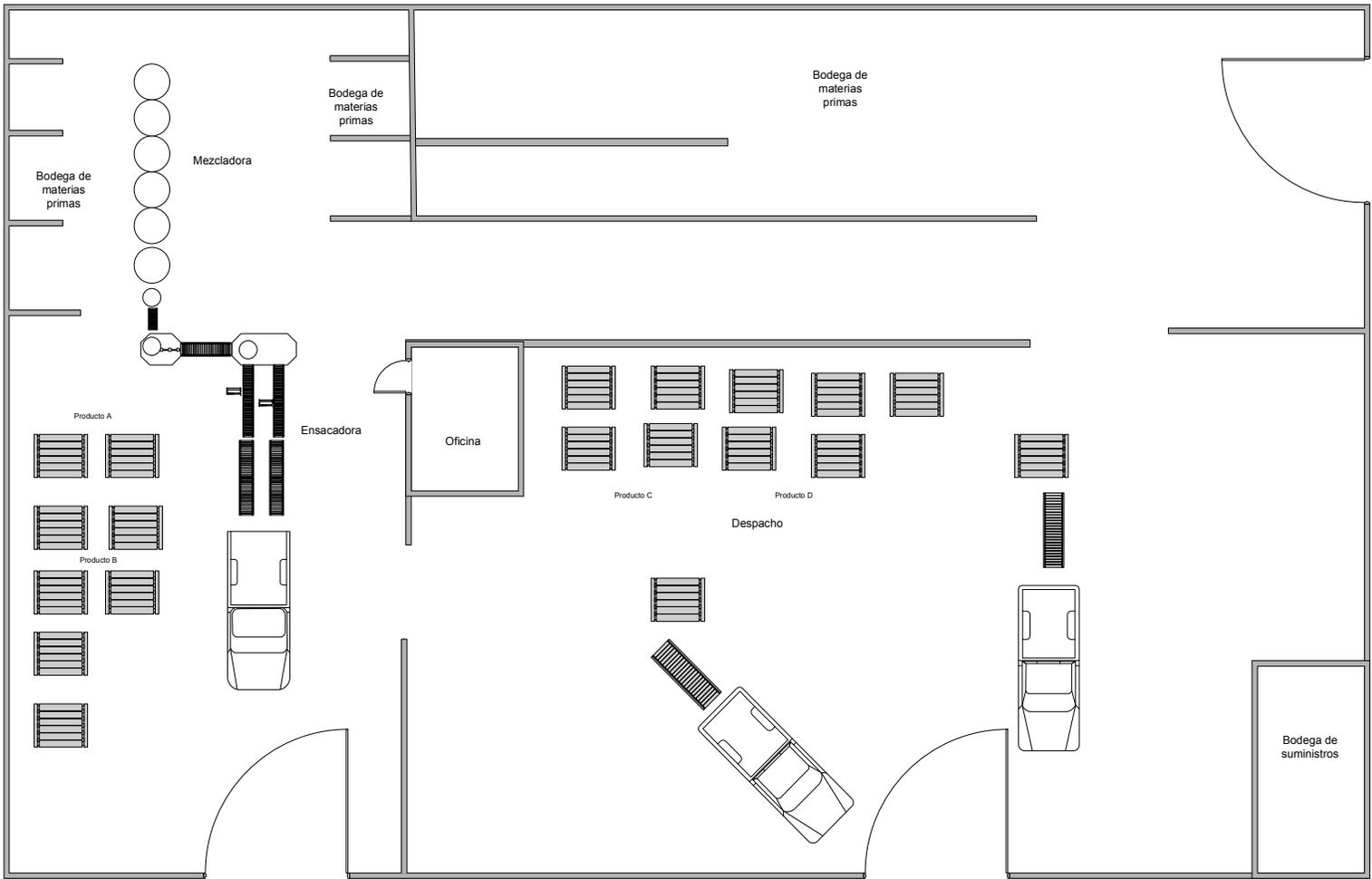
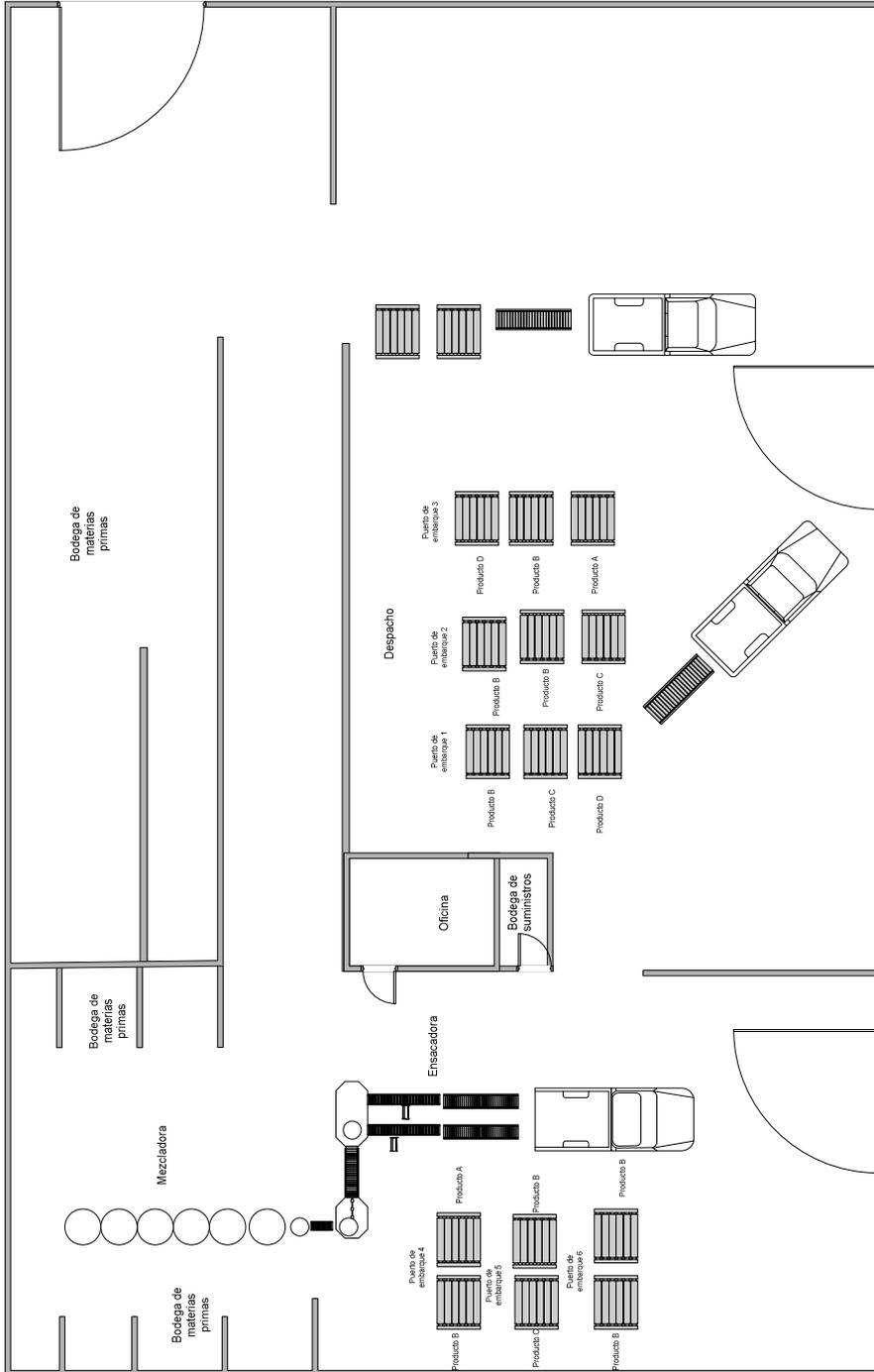


Figura 3-13 Distribución de Planta Original

Figura 3-14 Propuesta de Distribución de Planta



3.4.2.2 Tabla Resumen del plan de mejora

Con el fin de tener estructurado el plan con sus respectivos responsables y las acciones a tomar se diseñó la siguiente tabla resumen del plan de mejora.

Tabla 3-18, Tabla resumen del plan de mejora

#	Tareas	Responsable de tarea	Acciones preventivas o alternativas	Responsable de acciones	Recursos e información
1	Análisis del estado actual de la maquinaria mantenimiento	Jefe de mantenimiento y Jefe de producción	Análisis de cada una de las tareas y su aplicación a cada área de la planta	Tesista de la Universidad de las Américas	Antiguo plan de mantenimiento proporcionado por jefe de mantenimiento.
2	Diseñar un nuevo plan de mantenimiento	Jefe de mantenimiento y Jefe de operaciones	Levantamiento de información con respecto a la maquinaria que no se contempla en el antiguo plan y coordinación con la producción.	Jefe de mantenimiento, Jefe de operaciones y tesista de la Universidad de las Américas	Planes de producción, manual antiguo de mantenimiento e información levantada con respecto a maquinaria
3	Implementación del nuevo plan de mantenimiento	Jefe de mantenimiento y Jefe de operaciones	Poner en funcionamiento el nuevo plan de mantenimiento	Jefe de mantenimiento y Jefe de operaciones	Nuevo plan de mantenimiento
4	Análisis del espacio disponible	Jefe de operaciones	Analizar los productos que se tiene en stock y el espacio para reubicarlos	Jefe de operaciones y tesista de la Universidad de las Américas	Inventario de producto terminado y dibujo de distribución de planta

5	Reubicación del producto terminado	Jefe de operaciones	Reorganizar el producto terminado tomando en cuenta el espacio disponible	Jefe de operaciones y tesista de la Universidad de las Américas	Inventario de producto terminado y dibujo de distribución de planta
6	Reubicación de la bodega de materia prima	Jefe de operaciones	Analizar una ubicación más cercana para la bodega	Jefe de operaciones, operarios y tesista de la Universidad de las Américas	Área de ubicación actual de la bodega

3.5 FASE CONTROL

En esta última etapa del proyecto se realiza un seguimiento a las mejoras implementadas para que se cree una retroalimentación del proceso. En este punto también lo que se busca es estandarizar las mejoras o cambios en el proceso.

3.5.1 PLAN DE CONTROL FINAL

Para el plan de control final se debe tomar en cuenta los objetivos planteados anteriormente en la definición de objetivos y medios y éstos fueron:

- Garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria.
- Reorganizar el almacenamiento de producto terminado y materia prima.

Basándose en esos objetivos se tiene que buscar que el plan de mejora funcione correctamente y perdure durante el tiempo, para esto se dispuso seguir las siguientes acciones:

- Capacitar al personal sobre la nueva operación de la planta y su funcionamiento.
- Realiza un control periódico verificando que se mantenga la disposición de la planta propuesta.

- Realizar una revisión periódica de la aplicación del plan de mantenimiento, que se siga las fechas propuestas en este.
- Al ser un proyecto de mejoramiento siempre se esta abierto a nuevos cambios por lo que se dispondrá de reuniones periódica para proponer y controlar las mejoras ya realizadas

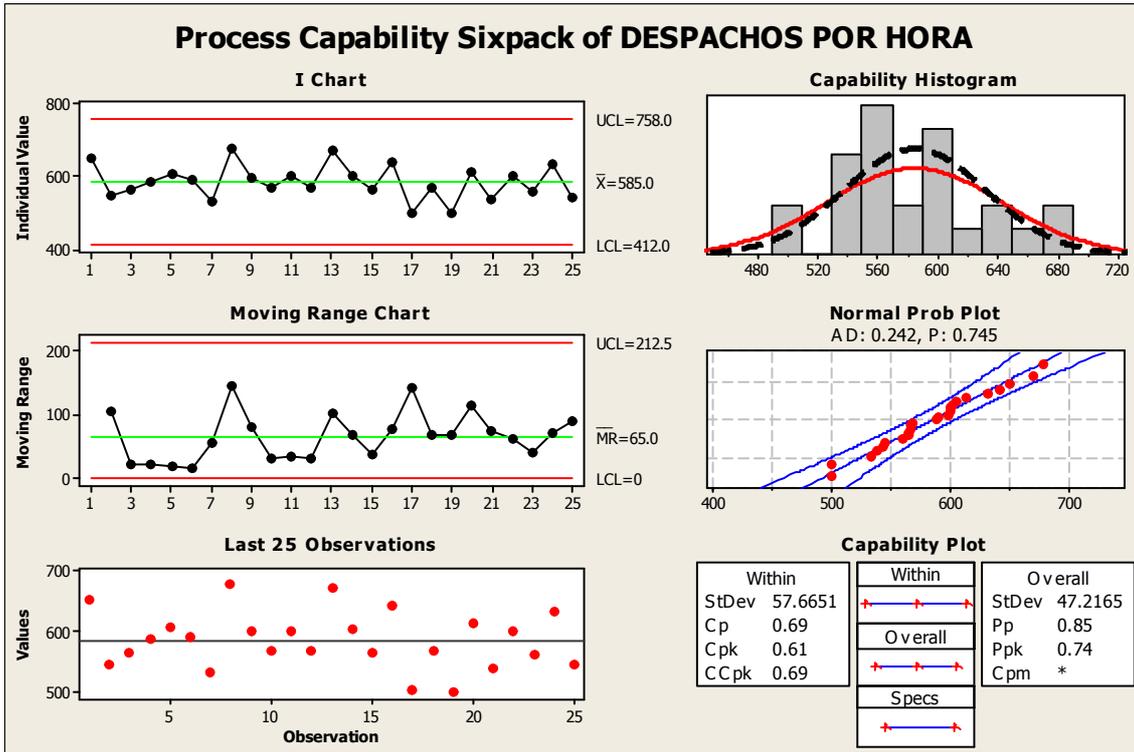
3.5.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y CAPACIDAD DEL PROCESO

Una vez mejorado el proceso se paso a realizar un nuevo análisis de estabilidad y capacidad del proceso, en este caso se tomo los datos (ver Anexo 3 y 4) que el proceso arrojó una vez implementadas las mejoras. Este análisis se lo realiza con el fin de visualizar en el próximo capítulo cuanto se ha mejorado el proceso con respecto al mismo proceso cuando empezó el proyecto.

3.5.2.1 Análisis de la nueva capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets

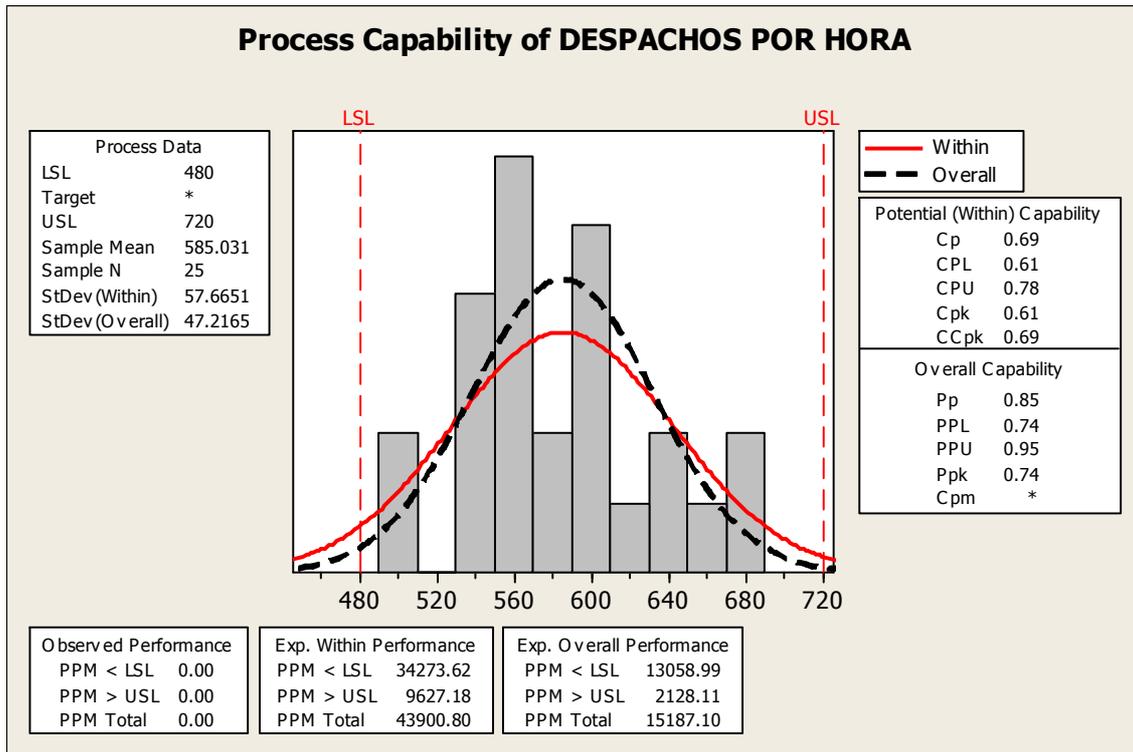
Con las mejoras implementadas se paso a analizar nuevamente la capacidad del proceso, este análisis se lo hizo de la misma forma que se lo realizó anteriormente (Anexo 3).

Figura 3-15, Análisis de la nueva capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets.



En la figura 3.15 se puede observar que se tiene un C_p de 0.69 y un C_{pk} 0.61. También se puede observar que todavía hay una dispersión en los datos aunque se ve que ya están más cerca de los límites de especificación. Se tiene unos límites de control de 758 como el superior y el límite de control inferior es 412.

Figura 3-16, Análisis de la nueva capacidad del proceso de tiempo que toma hacer un despacho de producto almacenado en palets.

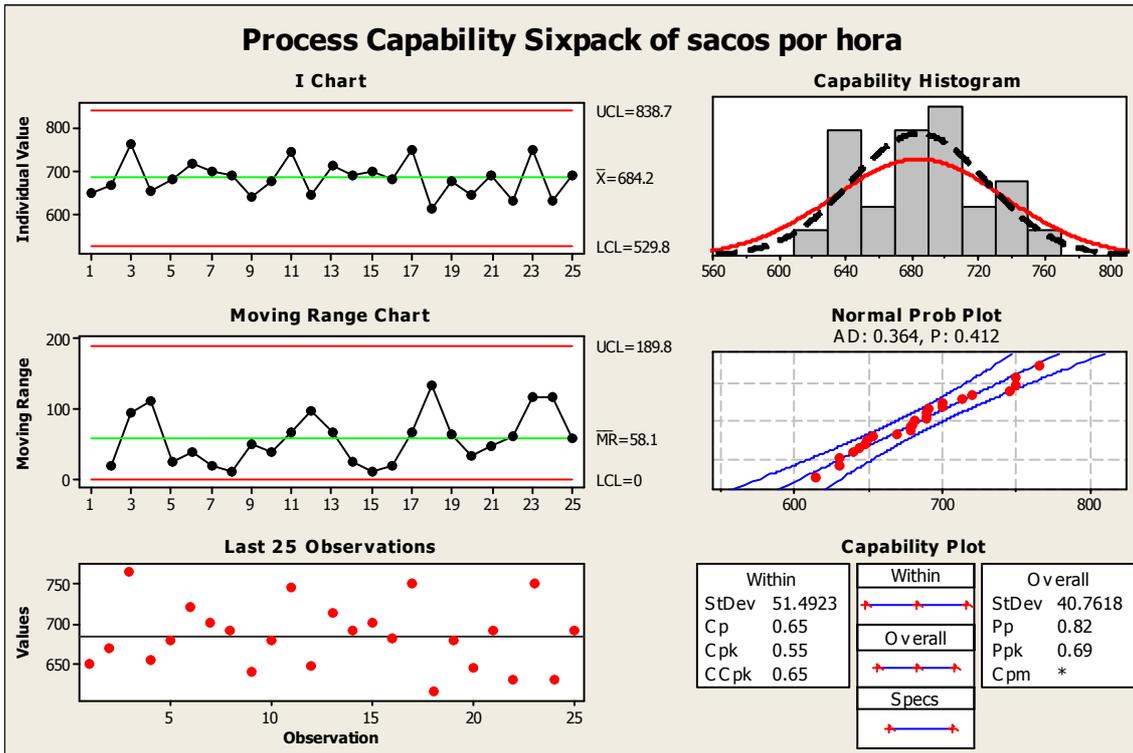


En la figura 3.16 también se pueden observar los índices C_p de 0.69 y C_{pk} 0.61 como se ve en la figura anterior, el otro índice que se puede observar en esta figura es los defectos por millón que son de 43900.80 sacos que no son despachados dentro del tiempo esperado. También se ve que la media es de 585.031.

3.5.2.2 Análisis de la nueva capacidad del proceso de sacos producidos por hora

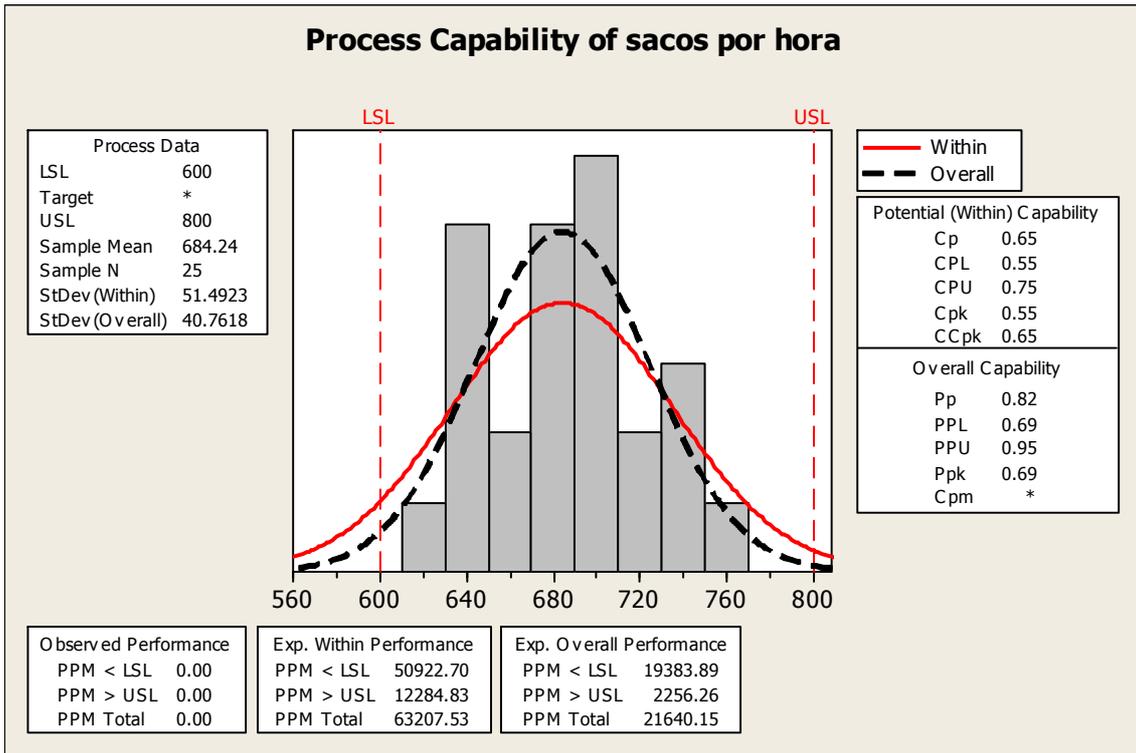
Con las mejoras implementadas se paso a analizar nuevamente la capacidad del proceso, este análisis se lo hizo de la misma forma que se lo realizó anteriormente (Anexo 4).

Figura 3-17, Análisis de la nueva capacidad del proceso de sacos producidos por hora.



Como se observa en la figura 3.17 los valores están más cercanos a los límites de especificación que fueron establecidos anteriormente. También se ve los índices de C_p de 0.65 y C_{pk} de 0.55. Los límites de control son de 838.7 para el superior y para el límite inferior de control se tiene 529.8.

Figura 3-18, Análisis de la nueva capacidad del proceso de sacos producidos por hora.



En la figura 3.18 se puede ver que los valores ya están cerca de los límites de especificación como se dijo en la figura anterior aunque todavía no se ha llegado a niveles Seis Sigma. También se puede apreciar el valor de los defectos por millón que es de 63207.53 y una media de 684.24.

4 CAPÍTULO IV

Análisis de resultados

En el siguiente capítulo se pasa a analizar los resultados obtenidos después de haber realizado el mejoramiento en los procesos. Estos resultados se comparan con las primeras mediciones que se tomó al inicio del proyecto con el fin de demostrar que hubo cambios.

4.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DE TIEMPO QUE TOMA HACER UN DESPACHO DE PRODUCTO ALMACENADO EN PALETS DESPUÉS DE SER IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS

Con los análisis de capacidad del proceso realizados antes y después se pasó a realizar la comparación para evidenciar la mejora en el proceso. A continuación se muestran los gráficos de capacidad del proceso antes de la mejora y después de la mejora (Anexo 1 y 3).

Figura 4-1, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora antes de implementar las mejoras.

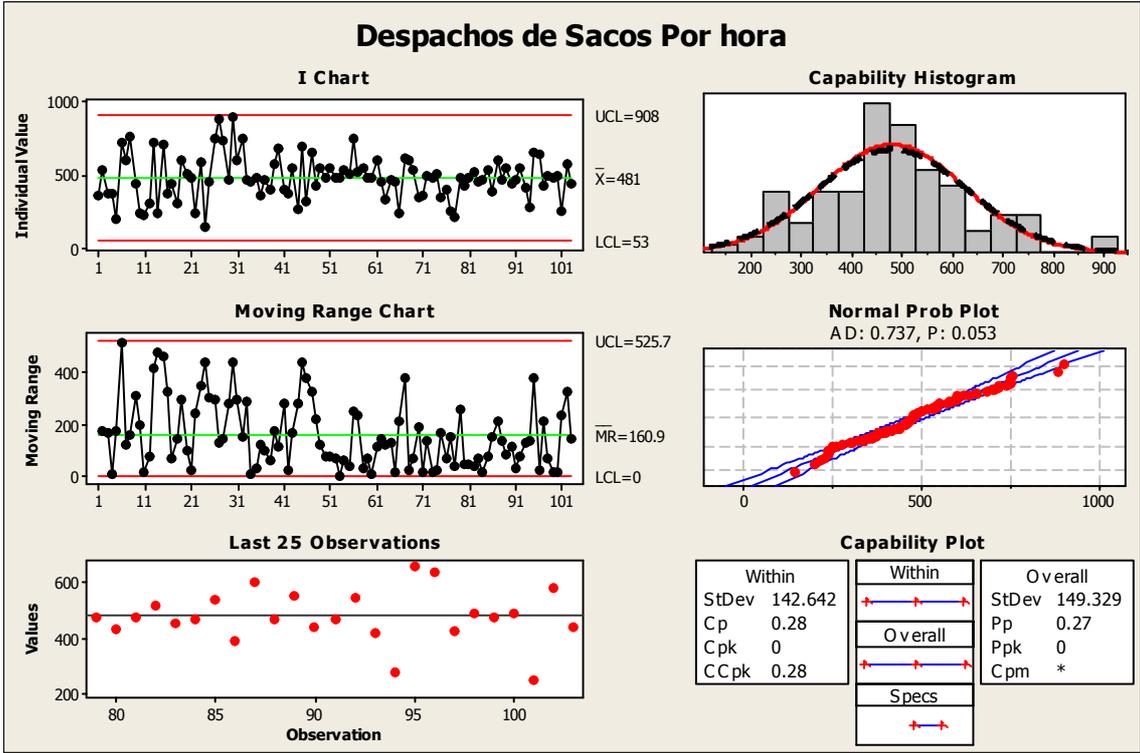
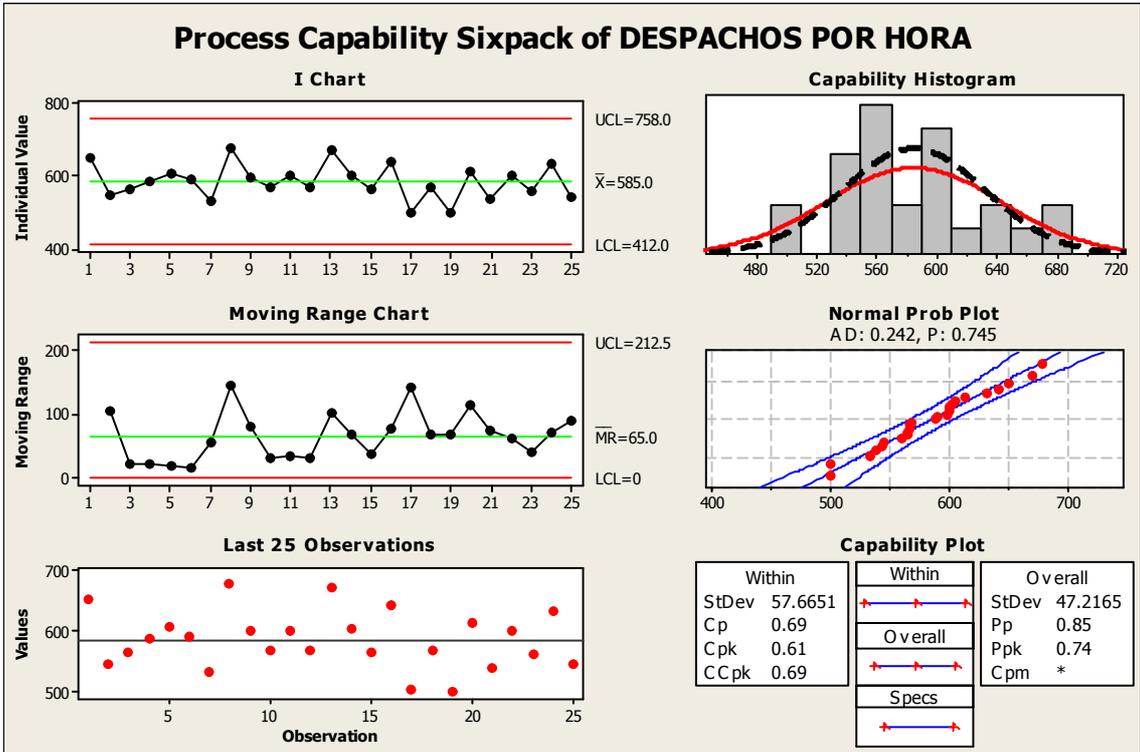


Figura 4-2, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora después de implementar las mejoras.



En la figura 4.1 se pueden ver los resultados que se obtuvieron en la primera medición cuando no se habían realizado las mejoras a comparación de la figura 4.2 que fueron tomadas las muestras una vez realizado el mejoramiento. Se puede ver claramente que el índice C_p subió de 0.28 en la primera medición a 0.69. En el caso del índice C_{pk} también se puede ver un incremento en el valor del índice de un 0 a un valor de 0.61. Este aumento en el índice C_{pk} quiere decir que la media de los datos se está acercando al valor objetivo, también se refleja este acercamiento al valor que dice Seis Sigma para el C_{pk} de 1.5.

Si bien estos valores no llegan a los requeridos por Seis Sigma que dice que se debe tener un C_p de 2 y un C_{pk} de 1.5 se ve que con la implementación de la mejora los valores se han acercado.

Figura 4-3, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora antes de implementar las mejoras.

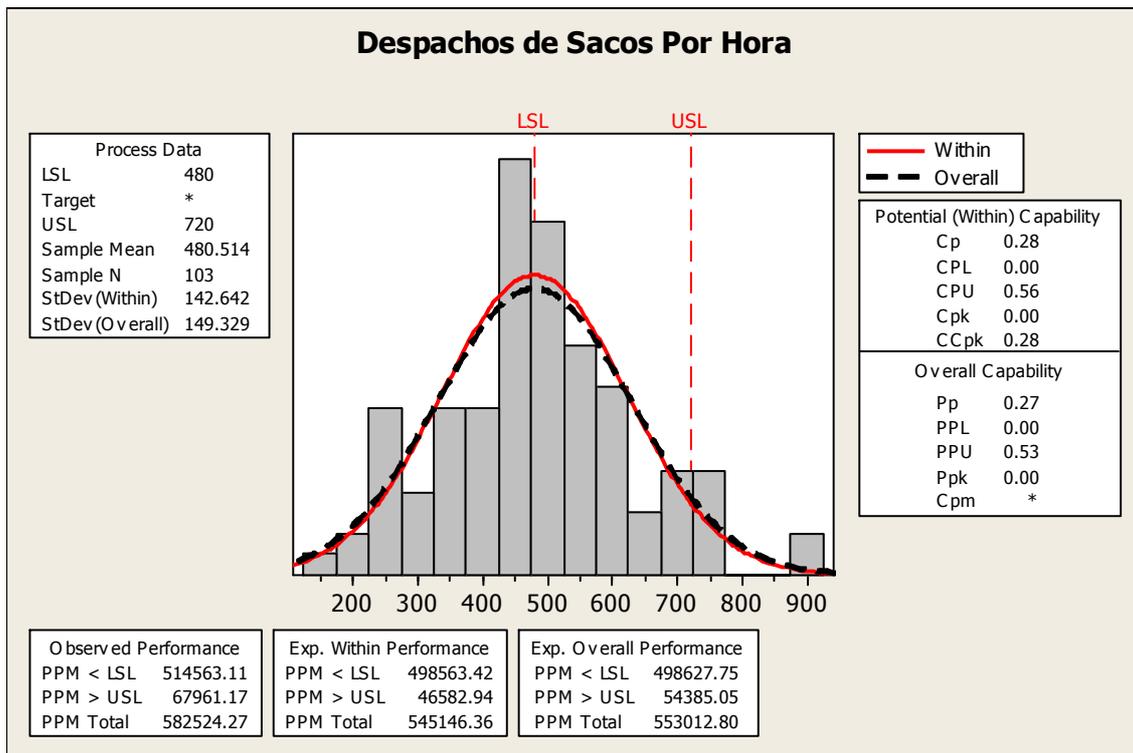
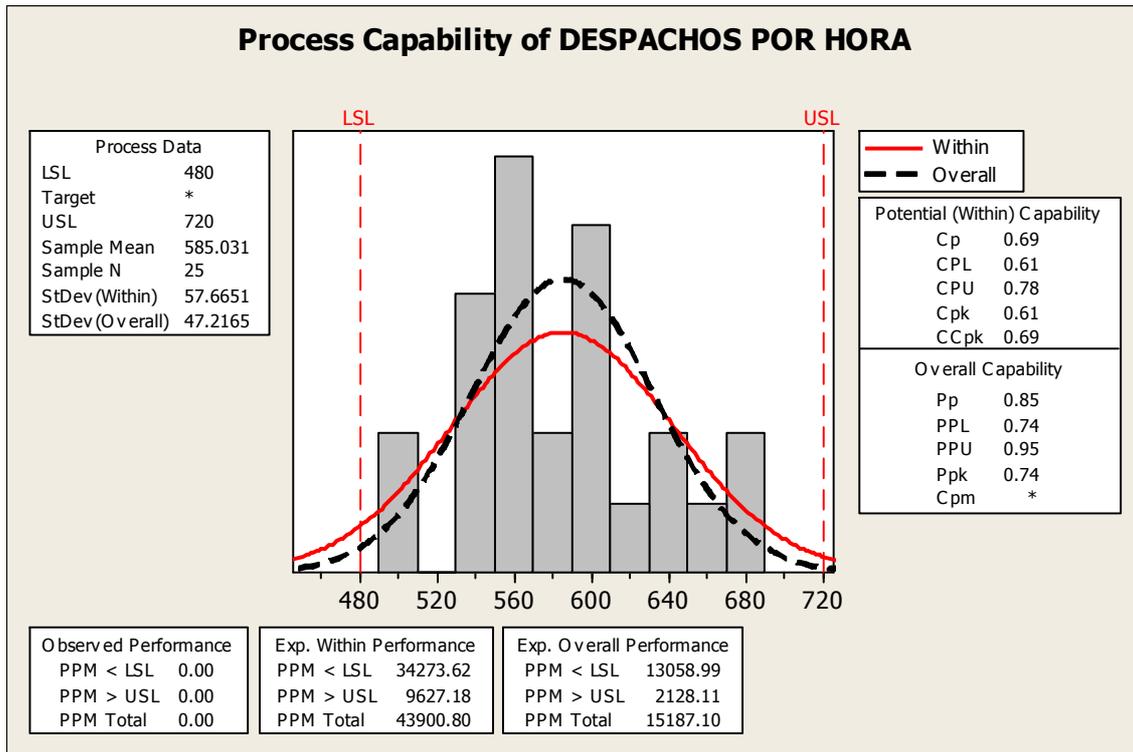


Figura 4-4, Análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora después de implementar las mejoras.



En la figura 4.3 se puede ver el análisis de la capacidad del proceso de sacos despachados por hora antes de implementar las mejoras que es comparado con la figura 4.4 del mismo proceso una vez que las mejoras ya han sido implementadas. Aquí se puede observar que los datos se acercan mucho más a los límites de especificación que en la primera figura.

También se aprecia que los defectos por millón han bajado, en la primera toma de muestras se tuvo 545146.36 en comparación con los 43900.80 defectos por millón que se obtuvo con las mejoras implementadas.

4.2 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO DE SACOS PRODUCIDOS POR HORA DESPUÉS DE SER IMPLEMENTADAS LAS MEJORAS.

Con los análisis de capacidad del proceso realizados antes y después se pasó a realizar la comparación para evidenciar la mejora en el proceso. A

continuación se muestran los gráficos de capacidad del proceso antes de la mejora y después de la mejora (Anexo 2 y 4).

Figura 4-5, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora antes de implementar las mejoras.

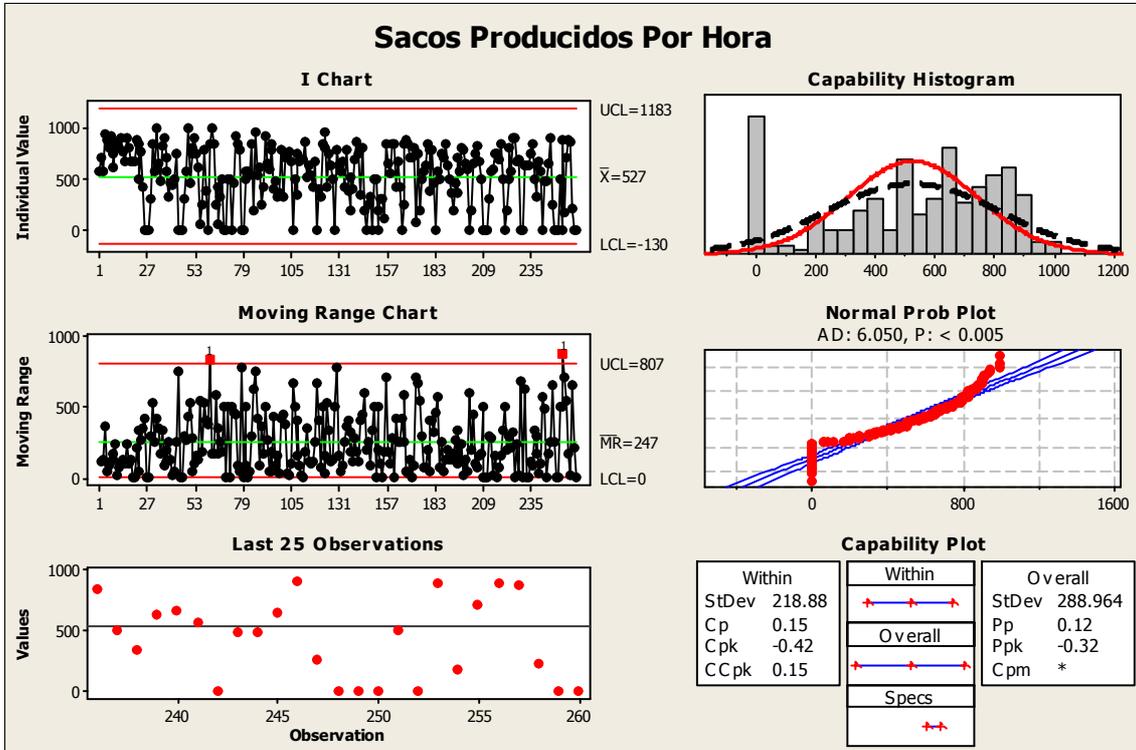
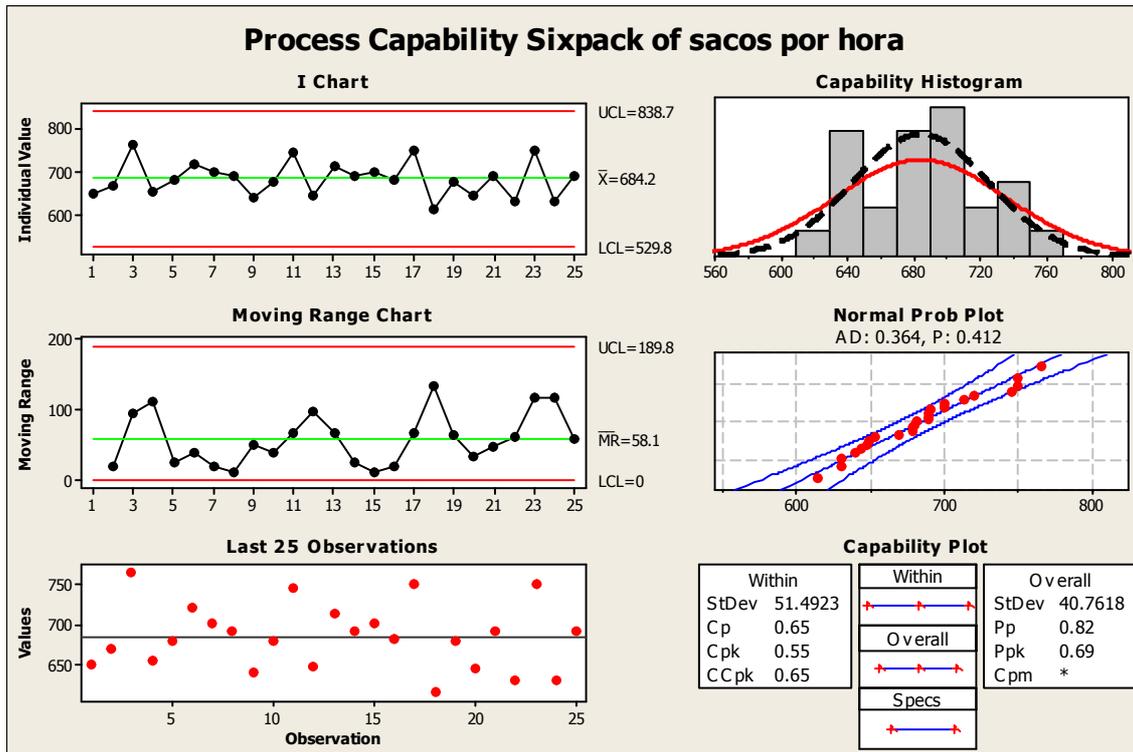


Figura 4-6, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora después de implementar las mejoras.



En el proceso de sacos producidos por hora se puede ver algo parecido al caso anterior. En la figura 4.6 se ve que se tiene un C_p de 0.15 y un C_{pk} de -0.42 a comparación de los valores obtenidos en la figura 4.6 que son tomados después de la mejora implementada y son de un C_p de 0.65 y un C_{pk} de 0.55. Aunque no son los valores que Seis Sigma propone se ve que se ha producido una mejora y han aumentado los valores. De continuar con el proyecto de mejora estos valores podrían llegar a ser los esperados.

Figura 4-7, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora antes de implementar las mejoras.

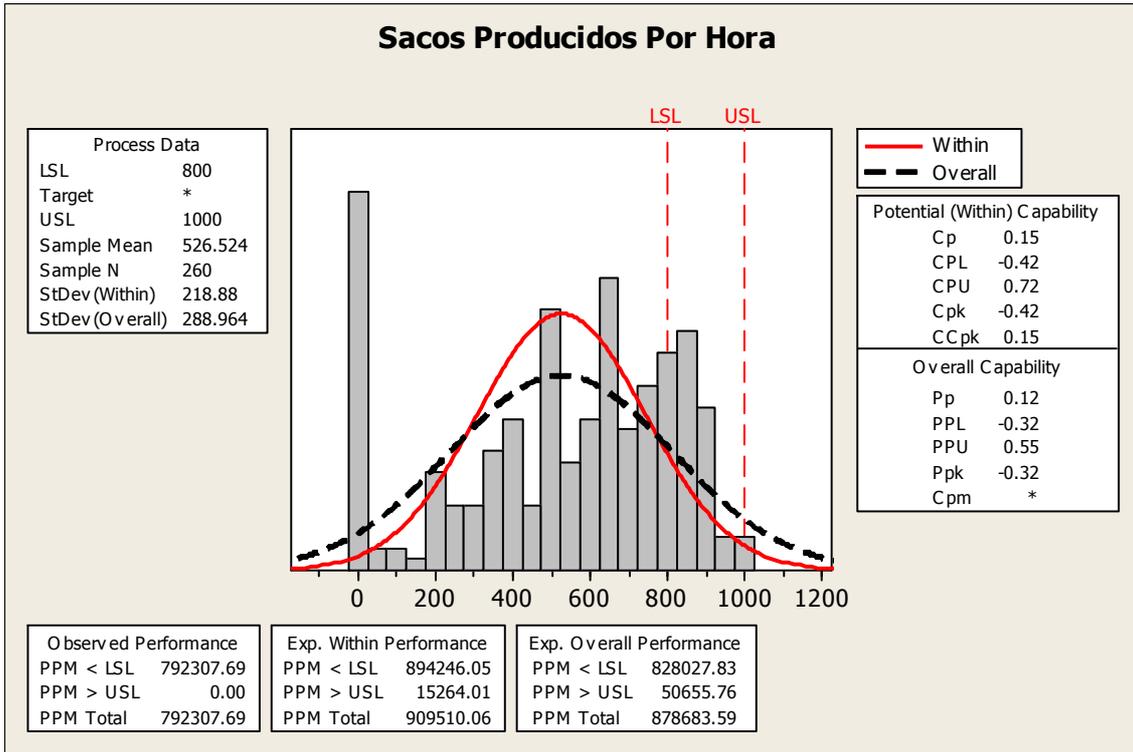
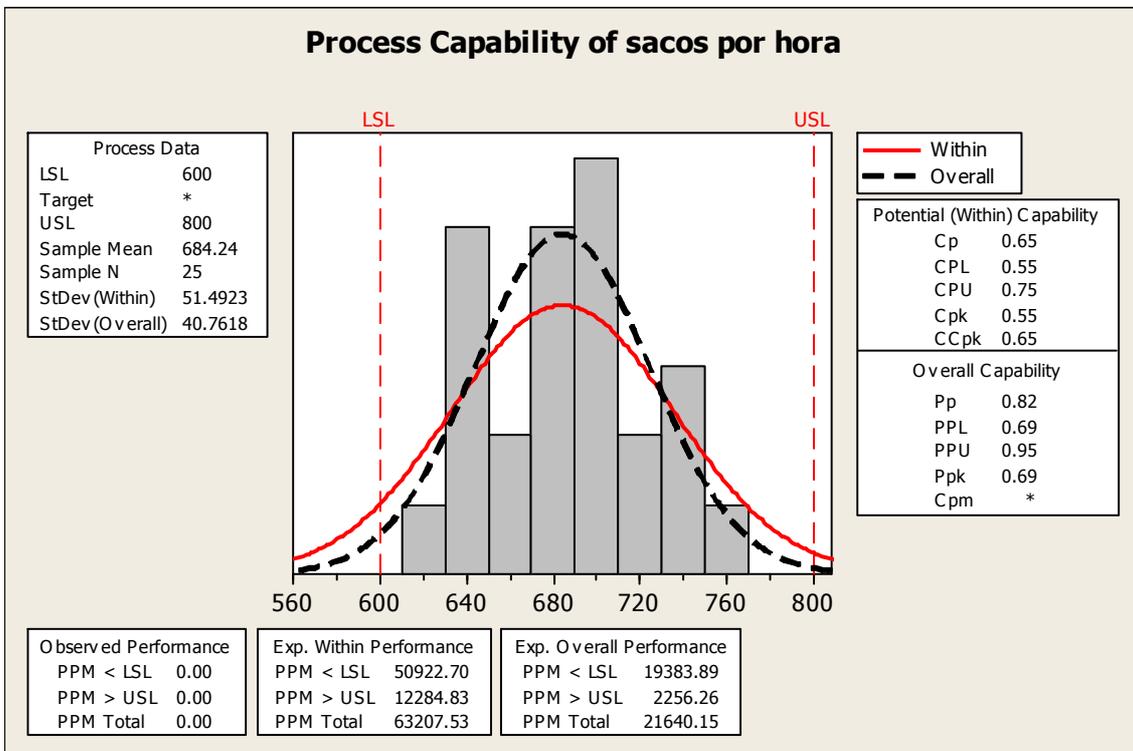


Figura 4-8, Análisis de la capacidad del proceso de sacos producidos por hora después de implementar las mejoras.



En la figura 4.7 se pueden observar los datos graficados antes de que sea mejorado el proceso a comparación de la figura 4.8 que se ven las mejoras implementadas en el mismo proceso. Como se pueden apreciar los defectos por millón bajaron desde la primera muestra de un 909510.06 a 63207.53 reduciendo 846302.53 los sacos producidos fuera del tiempo esperado por cada millón que se produce.

También se observa que la media de la muestra se acerca al valor objetivo anteriormente se tenía una media 526.52 y ahora se tiene una de 684.64, siendo el valor objetivo de 900. Este incremento se ve reflejado también en el incremento de C_{pk} .

5 CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvo después del desarrollo del proyecto Seis Sigma. Las conclusiones que se tomaron fueron a partir de todas las experiencias obtenidas en la aplicación de la metodología y las recomendaciones se dieron para que la empresa mantenga en funcionamiento el proyecto de mejora y que este tenga duración a largo plazo e impacto en otros procesos.

5.1.1 CONCLUSIONES

- Para determinar los límites de especificación se utilizaron los estándares mínimos de producción de la planta y así poder proyectar la capacidad del proceso de acuerdo a dichos límites.
- Aunque Brenntag tiene una organización por procesos todavía maneja de forma jerárquica en sus posiciones de trabajo.
- No se llegó a los parámetros de desempeño Seis Sigma, pero se logró un mejoramiento en el proceso, y sobre todo se aumentó la satisfacción del cliente respecto al producto.
- El plan de mantenimiento garantizó la disponibilidad de la maquinaria y sobre todo aprovechar al máximo del rendimiento de cada insumo del proceso para poder acercarse a las proyecciones de producción mensual.
- A pesar que el equipo de trabajo no estuvo completamente comprometido con el proyecto se logró levantar y tomar las medidas necesarias del proceso que facilitaron una buena toma de las decisiones.
- La implementación de las mejoras en el proceso productivo de fertilizantes ayudó notablemente en el mejoramiento de éste. Estas mejoras se ven reflejadas en los incrementos de los índices de C_p y C_{pk}

y al mismo tiempo en la reducción de defectos por millón en cada uno de los puntos críticos donde fueron analizados.

- Se logro determinar alternativas y mejoras para el proceso productivo las cuales se reflejaron en los resultados medidos después de que estas fueron implementadas.
- Gracias a la nueva organización de la bodega de producto terminado, la velocidad de despachos cambió de manera radical ya que a partir de esta modificación pasó a ser de manera organizada, ordenada y sistematizada.
- Se redujo el manejo del producto terminado gracias a la nueva disposición de la planta y esto nos garantizó menos tiempos muertos estimados.
- Es fundamental que el equipo de trabajo esté completamente comprometido con el proyecto Seis Sigma para que este tenga los mejores resultados.

5.1.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa continuar con los proyectos de mejoramiento, siempre que se quiera mejorar algo va a ser mejor que quedarse igual que antes. Que la organización continúe con su cultura de mejoramiento apoyando a los proyectos que generan un cambio positivo.
- La empresa necesita mejorar lo que es ventilación e iluminación en la planta de producción con el fin de crear un mejor ambiente de trabajo para sus empleados.
- Si bien se hizo un pequeño cambio en la distribución de planta se recomienda a la empresa que en algún momento lo reorganice completamente con el fin de reducir sus desperdicios.
- Se recomienda crear rampas de embarque o en caso contrario adquirir otra banda transportadora para realizar el despacho para que sea más ágil.

- Si bien solo se trataron las causas más importantes se recomienda también tomar acciones de mejoramiento sobre las otras causas que ocasionan los paros en la producción.
- Se recomienda capacitar al personal para que siga a cargo de éste proyecto y se sigan obteniendo mejores resultados.
- Se recomienda a la empresa que continúe con el seguimiento de la implementación que se realizó en el proceso para que este siga con su mejoramiento.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- DE FEO J. y Barnard W. Más allá del Seis Sigma. Juran Institutes. Traducción Mc Graw Hill. Madrid 2004.
- GUTIERREZ Humberto y Román De La Vara, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Mc Graw Hill, México DF, 2005.
- PANDE P. Neuman R. y Cavanagh R. Las claves prácticas de Seis Sigma. Mc Graw Hill. Madrid 2004
- PYZDEK Th. The Six Sigma Handbook. Mc Graw Hill. USA. 2003.
- GALINDO Edwin, Estadística para La Administración y La Ingeniería, Graficas Mediavilla Hnos., Quito 1999.
- PANDE P y Holpp Larry, What is Six Sigma, Mc Graw Hill, New York 2002.

MANUALES

- MOURA Eduardo. Guía seminario formación de especialistas Seis Sigma, Green Belt. Qualiplus, Quito, Febrero 2008.
- BRENNTAG, Folleto SISTEMA CASA, 2005

DIRECCIONES INTERNET

- www.sixsigma.com

7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1: TABLA DEL TIEMPO QUE TOMA HACER UN DESPACHO DE PRODUCTO ALMACENADO EN PALETS

inicio	fin	total	sacos despachados	Sacos despachados por hora
8:50	9:30	0:40	240	360
9:40	9:58	0:18	160	533.333333
10:10	10:23	0:13	80	369.230769
10:32	11:30	0:58	360	372.413793
11:50	12:28	0:38	125	197.368421
14:30	14:50	0:20	240	720
9:15	9:35	0:20	200	600
9:48	10:38	0:50	630	756
10:56	11:30	0:34	250	441.176471
11:40	11:55	0:15	60	240
14:30	15:15	0:45	170	226.666667
15:18	16:45	1:27	440	303.448276
16:53	17:18	0:25	300	720
9:50	10:40	0:50	199	238.8
10:58	11:15	0:17	200	705.882353
11:20	11:28	0:08	50	375
11:29	12:03	0:34	250	441.176471
12:10	12:47	0:37	185	300
14:00	14:30	0:30	300	600
14:45	15:15	0:30	250	500
16:10	16:25	0:15	120	480
16:30	16:40	0:10	40	240
8:25	9:16	0:51	500	588.235294
10:25	10:58	0:33	80	145.454545
11:00	11:20	0:20	150	450
11:23	11:39	0:16	200	750
11:41	11:58	0:17	250	882.352941
12:10	12:23	0:13	160	738.461538
8:35	8:50	0:15	115	460
9:20	9:40	0:20	300	900
9:55	10:05	0:10	100	600
10:07	10:15	0:08	100	750
10:23	11:02	0:39	300	461.538462
11:13	12:06	0:53	400	452.830189

13:30	14:32	1:02	500	483.870968
14:35	15:00	0:25	150	360
15:15	16:07	0:52	400	461.538462
16:15	16:45	0:30	200	400
16:58	17:40	0:42	400	571.428571
17:56	18:59	1:03	720	685.714286
9:20	9:35	0:15	100	400
10:38	10:46	0:08	50	375
14:20	15:43	1:23	750	542.168675
16:17	16:40	0:23	100	260.869565
9:36	10:00	0:24	280	700
10:20	10:50	0:30	160	320
10:59	11:23	0:24	260	650
11:26	12:22	0:56	400	428.571429
14:43	15:56	1:13	670	550.684932
9:25	10:03	0:38	300	473.684211
10:06	10:39	0:33	300	545.454545
10:45	11:00	0:15	120	480
11:10	11:45	0:35	280	480
11:48	12:18	0:30	270	540
14:30	14:42	0:12	100	500
15:12	15:28	0:16	200	750
17:35	18:10	0:35	300	514.285714
13:35	14:00	0:25	228	547.2
14:05	14:30	0:25	200	480
14:37	15:14	0:37	300	486.486486
15:20	15:32	0:12	120	600
15:42	16:48	1:06	500	454.545455
9:40	10:25	0:45	250	333.333333
10:29	10:42	0:13	100	461.538462
8:54	9:30	0:36	270	450
9:55	10:25	0:30	120	240
13:36	14:08	0:32	330	618.75
14:12	14:42	0:30	300	600
17:13	17:58	0:45	400	533.333333
8:53	9:28	0:35	200	342.857143
9:31	10:17	0:46	275	358.695652
10:20	10:54	0:34	282	497.647059
11:00	11:25	0:25	200	480
11:30	12:07	0:37	310	502.702703
9:39	10:25	0:46	260	339.130435
10:55	11:15	0:20	135	405
11:22	11:34	0:12	50	250
14:54	15:08	0:14	50	214.285714

15:17	15:55	0:38	300	473.684211
10:01	10:43	0:42	300	428.571429
10:46	10:59	0:13	103	475.384615
11:04	11:25	0:21	180	514.285714
11:40	12:04	0:24	180	450
14:00	14:20	0:20	155	465
14:47	15:17	0:30	270	540
15:23	16:00	0:37	240	389.189189
16:40	17:00	0:20	200	600
8:11	9:09	0:58	450	465.517241
9:38	11:05	1:27	800	551.724138
11:20	12:04	0:44	320	436.363636
14:14	14:37	0:23	180	469.565217
15:00	15:22	0:22	200	545.454545
16:05	16:22	0:17	118	416.470588
16:29	16:42	0:13	60	276.923077
8:40	9:02	0:22	240	654.545455
9:21	9:38	0:17	180	635.294118
9:48	10:25	0:37	260	421.621622
10:37	12:09	1:32	750	489.130435
13:30	15:11	1:41	800	475.247525
15:22	15:38	0:16	130	487.5
15:44	15:56	0:12	50	250
16:04	16:30	0:26	250	576.923077
16:42	16:53	0:11	80	436.363636

7.2 ANEXO: 2 TABLA DEL TIEMPO DE SACOS PRODUCIDOS POR HORA

Inicio	Fin	Diferencia	Motivo de la para	Sacos Producidos
8:35	9:00	0:25	No hay montacargas ni minicargador	583
9:30	9:35	0:05	parquear carro	700
9:38	9:42	0:04	No hay mezcla	
9:43	9:47	0:04	No hay mezcla	
9:48	9:50	0:02	No hay mezcla	
9:52	9:55	0:03	No hay mezcla	
10:00	10:05	0:05	No hay mezcla	567
10:10	10:20	0:10	evacuación de tolvas	
10:27	10:31	0:04	No hay mezcla	

10:47	10:52	0:05	no hay palet	
10:54	10:56	0:02	no hay palet	
11:53	11:57	0:04	parqueo de carro	933
12:05	12:12	0:07	parqueo de carro	883
15:05	15:07	0:02	parqueo de carro	800
15:25	15:35	0:10	parqueo de carro	
16:40	16:45	0:05	no hay sacos marcados	917
17:15	17:30	0:15	no hay sacos marcados	750
8:00	8:20	0:20	charla de 5 minutos	617
8:35	8:38	0:03	parquear carro	
9:05	9:14	0:09	No hay montacargas	850
10:33	10:35	0:02	No hay mezcla	867
10:44	10:48	0:04	se rompe piola	
10:50	10:52	0:02	mover carro	
11:23	11:30	0:07	No hay mezcla	800
11:40	11:45	0:05	evacuación de tolvas	
12:18	12:24	0:06	evacuación de tolvas	900
13:33	13:45	0:12	ensacadora dañada	767
13:58	14:00	0:02	parqueo de carro	
14:00	14:05	0:05	parqueo de carro	667
14:06	14:13	0:07	colocación de etiquetas	
14:22	14:30	0:08	parqueo de carro	
15:12	15:16	0:04	se rompe aguja	900
15:05	15:07	0:02	parqueo de carro	
8:00	8:12	0:12	charla de 5 minutos	800
9:10	9:15	0:05	No hay mezcla	667
9:30	9:35	0:05	No hay mezcla	
9:45	9:55	0:10	colocar etiquetas/no hay sacos de np46	
10:03	10:10	0:07	No hay mezcla/cambio a sunway 06	667
10:20	10:26	0:06	mover carro	
10:43	10:50	0:07	mover carro	
11:05	11:10	0:05	mover carro	667
11:25	11:30	0:05	mover carro	
11:40	11:45	0:05	mover carro	
11:53	11:58	0:05	mover carro	
12:18	12:25	0:07	mover carro	883
13:50	14:00	0:10	mover carro	833
14:10	14:20	0:10	mover carro	500
14:30	14:35	0:05	se derrama producto/mala oper.	
14:40	14:55	0:15	no hay sacos marcados	
15:15	15:22	0:07	parqueo de vehículos	767
15:38	15:45	0:07	parqueo de vehículos	
16:25	17:00	0:35	no hay MOP	417
8:00	8:10	0:10	charla de 5 minutos	0
8:10	9:00	0:50	No hay MOP	
9:00	10:00	1:00	No hay MOP	
10:00	11:00	1:00	No hay MOP	0
11:00	11:30	0:30	No hay MOP	300
11:30	11:35	0:05	parqueo de carro	

11:38	11:45	0:07	No hay montacargas	
11:47	11:55	0:08	solo hay una pala	
12:02	12:07	0:05	solo hay una pala	833
12:15	12:20	0:05	solo hay una pala	
14:00	14:05	0:05	No hay sacos marcados	583
14:10	14:30	0:20	celda de ensacadora con problemas	1000
15:10	15:18	0:08	parqueo de carro	650
15:30	15:40	0:10	ensacadoras dañadas	
15:55	15:58	0:03	preparación de mezcla	
16:22	16:30	0:08	parqueo de carro	483
16:35	16:38	0:03	Cambio de mezcla	
16:40	17:00	0:20	ensacadoras dañadas	
17:00	17:05	0:05	ensacadoras dañadas	817
17:46	17:52	0:06	varias paradas por mezcla	
18:04	18:10	0:06	parqueo de carro	900
19:00	19:05	0:05	parqueo de carro	700
19:25	19:30	0:05	parqueo de carro	
19:33	19:38	0:05	preparación de mezcla	
19:45	19:48	0:03	preparación de mezcla	
8:00	8:15	0:15	charla de 5 minutos	583
8:15	8:25	0:10	atraso por entrega de EPP	
9:00	9:20	0:20	ensacadora dañada	333
9:40	10:00	0:20	No hay mezcla/pruebas en tolvas	
10:03	10:30	0:27	ensacadora dañada	467
10:50	10:55	0:05	preparación de mezcla	
11:15	11:35	0:20	No hay mezcla	450
11:45	11:58	0:13	evacuación de tolvas	
12:00	12:30	0:30	ensacadora dañada	500
13:30	13:45	0:15	ensacadora dañada	750
14:00	15:00	1:00	No hay MOP	0
15:00	16:00	1:00	No hay MOP	0
16:00	17:00	1:00	No hay MOP	0
8:00	8:15	0:15	charla de 5 minutos	300
8:15	8:25	0:10	preparar mezclas	
8:25	8:40	0:15	atraso por entrega de EPP	
8:50	8:52	0:02	abastecimiento de tolvas	
9:00	9:21	0:21	varias paras por materia prima	567
9:53	9:58	0:05	parqueo de vehículo	1000
10:13	10:20	0:07	parqueo de vehículo	467
10:20	10:29	0:09	preparar mezclas	
10:36	10:41	0:05	parqueo de vehículo	
10:41	10:52	0:11	varias paras por mezcla/programación	
11:07	11:22	0:15	etiquetas para sacos	750
12:00	12:12	0:12	varias paras por mezcla/programación	800
13:42	13:48	0:06	varias paras por mezcla/programación	900
14:05	14:08	0:03	parqueo de vehículo	750
14:08	14:20	0:12	varias paras por mezcla/programación	
15:00	15:23	0:23	paras por recolección de Mop no hay	617
16:04	17:00	0:56	no hay mop/limpieza	67

8:00	8:10	0:10	charla de 5 minutos	250
8:10	8:25	0:15	preparar mezclas	
8:25	8:45	0:20	falta de sacos	
9:00	9:05	0:05	parqueo de vehículo	783
9:05	9:10	0:05	falta de sacos	
9:30	9:33	0:03	preparar mezclas	
10:00	10:05	0:05	parqueo de vehículo	383
10:10	10:20	0:10	preparar mezclas	
10:38	11:00	0:22	no hay mop/limpieza	
11:00	12:00	1:00	no hay mop/limpieza	0
12:00	12:05	0:05	preparar mezclas	833
12:05	12:10	0:05	falta de sacos	1000
13:40	13:50	0:10	abastecimiento de tolvas	833
14:00	14:10	0:10	preparar mezclas	250
14:10	14:15	0:05	falta de sacos	
14:30	14:45	0:15	ensacadora dañada	
14:45	15:00	0:15	no hay mop/limpieza	
15:00	15:35	0:35	no hay mop/limpieza	417
16:04	17:00	0:56	no hay mop/limpieza	67
8:00	8:10	0:10	charla de 5 minutos	317
8:10	8:35	0:25	bodeguero de sacos en charla	
8:50	8:56	0:06	parqueo de vehículo	
9:15	9:23	0:08	parqueo de vehículo	500
9:38	10:00	0:22	no hay mop/limpieza	
10:00	11:00	1:00	no hay mop/limpieza	0
11:00	12:00	1:00	no hay mop/limpieza	0
12:00	12:30	0:30	no hay mop/limpieza	500
13:30	14:00	0:30	no hay mop/limpieza	500
14:00	15:00	1:00	no hay mop/limpieza	0
15:00	15:30	0:30	no hay mop/limpieza	467
15:48	15:50	0:02	parqueo de vehículo	
16:00	16:05	0:05	parqueo de vehículo	917
8:00	8:10	0:10	charla de 5 minutos	833
9:00	9:13	0:13	falta sacos marcados	783
10:00	11:00	1:00	no hay mop/limpieza	0
11:00	12:00	1:00	no hay mop/limpieza	0
12:00	12:30	0:30	no hay mop/limpieza	500
14:00	14:15	0:15	falta sacos marcados	583
14:30	14:35	0:05	no hay montacargas	
14:55	15:00	0:05	parqueo de vehículo	
15:35	16:00	0:25	no hay mop/limpieza	583
16:00	17:00	1:00	no hay mop/limpieza	
8:00	8:10	0:10	charla de 5 minutos	533
8:10	8:25	0:15	falta sacos marcados	
8:35	8:38	0:03	no hay montacargas	
9:18	9:22	0:04	no hay montacargas	833
9:54	10:00	0:06	no hay montacargas	
10:00	10:08	0:08	parqueo de vehículo	200
10:20	11:00	0:40	despacho de stock	

11:00	11:28	0:28	despacho de stock	154
11:51	12:00	0:09	parqueo de vehículo	
12:27	12:30	0:03	preparar mezcla	950
14:00	14:28	0:28	transportador dañado	533
15:10	15:33	0:23	planificación	617
16:05	16:15	0:10	parqueo de vehículo	250
16:45	17:20	0:35	cosedora dañada	
8:00	8:30	0:30	charla de 5 minutos	417
8:40	8:45	0:05	ensacadoras dañadas	
9:30	9:35	0:05	parqueo de vehículo	917
10:20	10:41	0:21	preparar mezcla	650
11:15	11:39	0:24	parqueo de vehículo	600
12:17	12:30	0:13	falta personal/sulmag	783
13:30	13:40	0:10	falta personal/sulmag	833
14:00	14:36	0:36	preparar mezcla	400
16:10	16:41	0:31	cosedora dañada	483
8:00	8:15	0:15	charla de 5 minutos	333
8:15	8:26	0:11	preparar mezcla	
8:30	8:44	0:14	no hay palet	
9:00	9:05	0:05	preparar mezcla	367
9:05	9:15	0:10	pegar etiquetas	
9:30	9:53	0:23	no hay palet	
10:00	10:13	0:13	parqueo de vehículo	783
11:00	11:40	0:40	no hay palet	333
13:30	13:47	0:17	calibración de ensacadoras	717
14:30	14:45	0:15	calibración de ensacadoras	750
15:36	15:50	0:14	parqueo de vehículo varias paras	767
16:05	16:15	0:10	parqueo de vehículo	667
16:30	16:40	0:10	parqueo de vehículo	
17:00	18:00	1:00	bajar sacos de supot	0
18:00	18:30	0:30	bajar sacos de supot	500
8:00	8:25	0:25	charla de 5 minutos	350
8:40	8:54	0:14	problemas con sensor	
9:15	9:30	0:15	ingreso y parqueo de vehículo	750
10:20	10:40	0:20	cambio de mezcla	667
11:30	11:49	0:19	cambio de mezcla	683
12:05	12:24	0:19	varias paras por transportista	683
13:40	13:48	0:08	calibración de pesos	867
14:10	14:39	0:29	preparar mezcla	517
15:30	15:52	0:22	preparar mezcla	633
16:30	16:58	0:28	varias paras por cambio de mezclas	533
17:10	17:45	0:35	etiquetar sacos	417
18:20	18:40	0:20	preparar mezcla	667
8:00	9:00	1:00	charla de 5 minutos	0
9:00	9:15	0:15	preparar mezcla	400
9:30	9:51	0:21	falta personal para abrir sacos de supot	
10:10	10:50	0:40	no hay montacargas	333
11:20	11:30	0:10	entrar, acomodar y salida de vehículo	833

12:10	12:22	0:12	salida y entrada de vehículo	800
13:50	13:53	0:03	no hay mezcla	950
14:15	14:50	0:35	preparar mezcla	417
15:30	15:45	0:15	preparar mezcla	750
16:30	16:52	0:22	varias paras por cambio de mezclas	633
17:10	17:40	0:30	varias paras por cambio de mezclas	500

8:00	8:25	0:25	charla de 5 minutos	0
8:25	9:00	0:35	stop de emergencia dañado	
9:20	9:26	0:06	ingreso de vehículo	783
9:30	9:37	0:07	evacuación de tolvas	
10:11	10:16	0:05	ingreso de vehículo	633
10:24	10:31	0:07	no hay montacargas	
10:48	10:51	0:03	adelantar vehículo	
10:51	10:58	0:07	no hay mezclas	
11:07	11:13	0:06	no hay sacos marcados	583
11:26	11:31	0:05	ingreso de vehículo	
11:38	11:46	0:08	cambio de mezclas	
11:53	11:59	0:06	salida de vehículo bajar bandas	
14:10	14:30	0:20	varias paras falla el sistema	667
15:05	15:15	0:10	cambio de mezclas	417
15:23	15:30	0:07	varias paras falla el sistema	
15:42	16:00	0:18	varias paras falla el sistema	
16:12	16:17	0:05	entrada de vehículo	783
16:31	16:39	0:08	evacuación de tolvas	
17:23	18:00	0:37	limpieza	383
8:00	8:18	0:18	charla de 5 minutos	200
8:18	8:26	0:08	limpieza de rodillos	
8:32	8:54	0:22	falla eléctrica transportador	
9:07	9:12	0:05	ingreso de vehículo	517
9:12	9:18	0:06	cambio de mezcla	
9:39	9:57	0:18	banda principal se sale de guías	
10:03	10:07	0:04	subir bandas	400
10:22	10:29	0:07	no hay palet	
10:35	11:00	0:25	varias paras por falta de palet	
11:08	11:14	0:06	sale vehículo	683
11:14	11:19	0:05	bajar bandas y colocar palet	
11:47	11:55	0:08	no hay palet	
12:10	12:18	0:08	preparar mezcla	867
13:35	13:50	0:15	entrada y salida de vehículo	750
14:10	14:49	0:39	falta personal 1 banda	350
15:40	15:52	0:12	preparar mezcla	800
16:12	17:00	0:48	limpieza general	200
8:00	9:00	1:00	charla de Ing. Santacruz	0
9:10	9:55	0:45	limpieza	250
10:00	10:40	0:40	limpieza de equipo	333
11:00	12:00	1:00	limpieza de equipo	0
12:00	12:30	0:30	limpieza de equipo	500

13:30	14:00	0:30	limpieza y recepción de DAP	500
14:00	15:00	1:00	limpieza y recepción de DAP	0
15:00	15:48	0:48	limpieza y recepción de DAP	200
16:00	16:42	0:42	pruebas	300
17:00	17:42	0:42	pruebas	300
8:00	8:19	0:19	charla de 5 minutos	117
8:19	8:53	0:34	preparar mezclas	
9:20	9:30	0:10	parqueo de vehículo	833
10:05	10:11	0:06	bajar banda	650
10:45	11:00	0:15	evacuar tolvas	
11:30	11:57	0:27	preparar mezclas	550
12:10	12:20	0:10	parqueo de vehículo	833
13:40	13:50	0:10	daño en ensacadora 1	833
14:10	14:45	0:35	limpieza de equipo cambio de mezcla	417
15:30	15:40	0:10	parqueo de vehículo	667
15:40	15:50	0:10	cambio de mezcla	
16:25	17:00	0:35	limpieza general	417
8:00	9:00	1:00	Capacitación N- Artor	0
9:00	9:15	0:15	preparar mezclas	250
9:15	9:45	0:30	banda en reversa se riega material	
10:30	10:40	0:10	sale y entra vehículo	833
11:08	11:15	0:07	sale y entra vehículo	883
12:20	12:29	0:09	sale vehículo y se bajan bandas	850
13:34	13:51	0:17	se daña gato hidráulico de transportador	717
14:12	14:19	0:07	entra vehículo y se sube banda	717
14:35	14:45	0:10	cambio de mezcla	
15:11	15:16	0:05	parqueo de vehículo	800
15:35	15:42	0:07	cambio de mezcla	
16:05	17:00	0:55	no hay sacos de MOP	83
18:45	19:00	0:15	limpieza	750
8:00	8:17	0:17	charla de 5 minutos	200
8:17	8:48	0:31	limpieza de tolvas	
9:10	9:17	0:07	entrada y salida de vehículo	500
9:30	9:53	0:23	tolva 1 con problema en rotativa	
10:10	10:36	0:26	sigue problema en tolva 1	567
11:20	11:42	0:22	cambio de mezcla	633
12:10	12:20	0:10	cambio de mezcla	833
13:40	13:47	0:07	salida de vehículo	783
13:47	13:53	0:06	bajar banda	
14:08	14:19	0:11	falla un transportador	383
14:26	14:33	0:07	entrada y salida de vehículo	
14:41	15:00	0:19	cambio a amidas	
15:20	15:33	0:13	no hay montacargas	783
16:10	16:25	0:15	pegar etiquetas a sacos	467
16:38	16:55	0:17	tolva 1 con problema en rotativa	
8:00	9:00	1:00	capacitación sobre herramientas	0
9:10	9:30	0:20	preparar mezclas	567
9:37	9:43	0:06	abastecimiento de tolvas	
10:11	10:21	0:10	varias paras por rotativa 3 sucia	500

10:37	10:57	0:20	derrame de producto por sacos defectuosos	
11:05	11:12	0:07	parqueo de vehículo	750
11:49	11:57	0:08	preparar mezclas	
12:10	12:28	0:18	sistema lento no abastece	700
13:45	13:55	0:10	sale vehículo	833
14:10	14:32	0:22	sistema lento no abastece	633
15:05	15:13	0:08	parqueo de vehículo	500
15:38	16:00	0:22	problemas con el sistema	
16:10	16:24	0:14	cambio de mezcla a amidas	367
16:31	16:36	0:05	entra vehículo	
16:38	16:57	0:19	sensores sucios de la 4 y 6	
17:12	18:00	0:48	limpieza general	200
8:00	8:15	0:15	charla de 5 minutos	467
8:15	8:32	0:17	preparar mezcla	
9:09	9:21	0:12	varias paras por sacos abiertos	367
9:25	9:29	0:04	parqueo de vehículo	
9:38	10:00	0:22	romper sacos de sulmag y supot	
10:00	10:08	0:08	sale y entra vehículo	700
10:42	10:52	0:10	sale vehículo y se baja banda	
11:00	11:26	0:26	se sale banda 2 por rodillos no uniformes	567
12:10	12:22	0:12	no hay montacargas	800
13:40	13:53	0:13	cambio a mezclas de amidas	783
14:23	14:30	0:07	varias paras por sistema lento	650
14:44	14:58	0:14	abastecimiento de sacos de sulmag	
15:05	15:11	0:06	no hay montacargas	600
15:42	16:00	0:18	limpieza general	
16:00	17:00	1:00	limpieza general	0
8:00	8:15	0:15	charla de 5 minutos	200
8:15	8:48	0:33	se sale banda dos por rodillos gruesos	
9:37	9:58	0:21	cambio de mezcla	650
10:45	11:00	0:15	cambio de mezcla	750
11:29	11:40	0:11	no hay sacos marcados	817
12:10	12:30	0:20	limpieza de equipo	667
13:30	14:00	0:30	limpieza de equipo	500
14:00	15:00	1:00	limpieza de equipo	0
15:00	16:00	1:00	limpieza de equipo	0
16:00	17:00	1:00	limpieza de equipo	0
8:00	9:00	1:00	capacitación de uso de herramientas	0
9:00	9:05	0:05	capacitación de uso de herramientas	300
9:05	9:42	0:37	se sale banda dos por rodillos gruesos	
10:08	10:17	0:09	abriendo sacos de sulmag y supot	583
10:38	10:54	0:16	cambio de mezcla con amidas	
11:10	11:34	0:24	abriendo sacos de sulmag y supot	600
12:10	12:25	0:15	cambio de mezclas	750
13:40	13:55	0:15	varias paras por sistema que no abastece	750
14:18	14:25	0:07	ingresa vehículo	683
14:45	14:57	0:12	cambio de mezclas	
15:08	15:18	0:10	sale y entra vehículo	833
16:20	16:25	0:05	no hay montacargas	500

16:35	16:55	0:20	limpieza	
16:55	17:00	0:05	recepción de DAP	
17:00	18:00	1:00	recepción de DAP	0
8:00	8:15	0:15	charla de cinco minutos	200
8:15	8:48	0:33	abriendo sacos de sulmag y supot	
9:03	9:09	0:06	ingresa vehículo	500
9:19	9:36	0:17	cambio de mezcla con niamo	
9:51	9:58	0:07	cambio de mezcla con amidas	
10:30	10:38	0:08	varias paras por sistema que no abastece	800
10:50	10:54	0:04	sale vehículo	
11:20	11:45	0:25	limpieza de ensacadoras	583
12:10	12:16	0:06	varias paras por sistema que no abastece	900
13:40	13:46	0:06	varias paras por sistema que no abastece	900
14:30	14:50	0:20	pruebas con el sistema	667
15:11	15:17	0:06	entra vehículo	683
15:40	15:53	0:13	sacos incompletos	
16:12	16:17	0:05	sale vehículo y se baja banda	0
16:35	17:30	0:55	limpieza general	
8:00	8:37	0:37	capacitación Arturo Suárez	0
8:37	9:00	0:23	preparar mezcla cargar tolvas	
9:06	9:12	0:06	ingresa vehículo	633
9:38	9:54	0:16	cambio de mezcla con amidas	
10:20	10:42	0:22	banda 2 se sale	633
11:30	11:52	0:22	rotativa 2 con problemas	633
12:10	12:25	0:15	cambio de mezcla a simples	750
13:40	13:50	0:10	no hay montacargas	833
14:10	14:40	0:30	pegar etiquetas	500
15:20	16:00	0:40	transportador se cambia por incidente Montiel	333
16:13	16:19	0:06	ingresa vehículo	633
16:31	16:47	0:16	cambio de mezcla	
17:08	17:15	0:07	sale vehículo y entra otro de banano k	667
17:45	17:58	0:13	despacho del stock	
18:10	18:16	0:06	sale vehículo y se baja banda	567
18:40	19:00	0:20	limpieza general	
8:00	8:45	0:45	capacitación Arturo Suárez	0
8:45	9:00	0:15	preparar mezclas	
9:13	9:44	0:31	problemas con rotativa 1, 3	483
10:20	10:51	0:31	limpieza de rotativas	483
11:20	11:41	0:21	limpieza de transportadores	650
12:24	12:30	0:06	entrada y salida de vehículo	900
14:15	15:00	0:45	limpieza general	250
15:00	16:00	1:00	limpieza general	0
16:00	17:00	1:00	limpieza general	0
8:00	9:00	1:00	capacitación Nilson Antor EPP	0
9:00	9:16	0:16	capacitación Nilson Antor EPP	500
9:16	9:30	0:14	preparar mezclas	
8:00	8:34	0:34	charla de 5 minutos A. Suarez	0
8:34	8:53	0:19	preparar mezclas	
8:53	9:00	0:07	ingreso vehículo	

9:53	10:00	0:07	salida de vehículo	883
10:10	11:00	0:50	rotativas con piedras	167
10:43	10:49	0:06	salida de vehículo	717
10:49	11:00	0:11	cambio de mezcla	
12:20	12:27	0:07	cambio de mezcla	883
13:42	13:50	0:08	cambio de mezcla	867
14:13	14:20	0:07	salida de vehículo	217
14:20	15:00	0:40	limpieza general	
15:00	16:00	1:00	limpieza general	0
16:00	17:00	1:00	limpieza general	0

7.3 ANEXO 3: TABLA DEL TIEMPO QUE TOMA HACER UN DESPACHO DE PRODUCTO ALMACENADO EN PALETS DESPUES DE REALIZAR LA MEJORA

inicio	fin	total	sacos despachados	Sacos despachados por hora
9:48	10:38	0:50	542	650.65
16:53	17:18	0:25	227	545.45
11:29	12:03	0:34	320	565.23
12:10	12:23	0:13	127	587.97
10:07	10:15	0:08	81	605.4
13:30	14:32	1:02	610	589.94
16:58	17:40	0:42	373	533.21
10:38	10:46	0:08	90	678.23
14:20	15:43	1:23	828	598.67
11:10	11:45	0:35	331	567.82
17:35	18:10	0:35	350	600.75
15:42	16:48	1:06	626	568.9
8:54	9:30	0:36	402	670
8:53	9:28	0:35	351	602.31
10:55	11:15	0:20	188	564.76
10:01	10:43	0:42	449	641.21
11:40	12:04	0:24	200	500.9
8:11	9:09	0:58	548	567
14:14	14:37	0:23	192	500.12
16:29	16:42	0:13	133	612.98
13:30	15:11	1:41	907	538.89
16:04	16:30	0:26	260	600
9:20	9:40	0:20	187	560
15:15	16:07	0:52	547	631.6
11:26	12:22	0:56	508	543.78

7.4 ANEXO 4: TABLA DEL TIEMPO DE SACOS PRODUCIDOS POR HORA DESPUES DE REALIZAR LA MEJORA

Inicio	Fin	Diferencia	Motivo de la para	Sacos Producidos
14:15	14:50	0:35	preparar mezcla	650
10:33	10:35	0:02	No hay mezcla	670
10:44	10:48	0:04	se rompe piola	
10:50	10:52	0:02	mover carro	
8:00	8:20	0:20	charla de 5 minutos	680
8:35	8:38	0:03	parquear carro	
15:30	15:45	0:15	preparar mezcla	700
14:10	14:20	0:10	mover carro	690
14:30	14:35	0:05	se derrama producto/mala oper.	
14:40	14:55	0:15	no hay sacos marcados	
16:30	16:52	0:22	varias paras por cambio de mezclas	745
11:53	11:57	0:04	parqueo de carro	648
9:10	9:15	0:05	No hay mezcla	714
9:30	9:35	0:05	No hay mezcla	
9:45	9:55	0:10	colocar etiquetas/no hay sacos de np46	
12:05	12:12	0:07	parqueo de carro	681
11:00	11:30	0:30	No hay MOP	749
11:30	11:35	0:05	parqueo de carro	
11:38	11:45	0:07	No hay montacargas	
11:47	11:55	0:08	solo hay una pala	
14:00	14:05	0:05	No hay sacos marcados	691
14:10	14:30	0:20	celda de ensacadora con problemas	631
16:25	17:00	0:35	no hay MOP	749
12:00	12:30	0:30	ensacadora dañada	631
13:30	13:45	0:15	ensacadora dañada	690
11:07	11:13	0:06	no hay sacos marcados	765
11:26	11:31	0:05	ingreso de vehículo	
11:38	11:46	0:08	cambio de mezclas	
11:53	11:59	0:06	salida de vehículo bajar bandas	
17:23	18:00	0:37	limpieza	654
10:00	10:40	0:40	limpieza de equipo	720
8:00	8:19	0:19	charla de 5 minutos	640
8:19	8:53	0:34	preparar mezclas	
11:30	11:57	0:27	preparar mezclas	690
15:11	15:16	0:05	parqueo de vehículo	700
15:35	15:42	0:07	cambio de mezcla	
11:20	11:42	0:22	cambio de mezcla	615
9:10	9:30	0:20	preparar mezclas	645
9:37	9:43	0:06	abastecimiento de tolvas	
16:10	16:24	0:14	cambio de mezcla a amidas	679

16:31	16:36	0:05	entra vehículo	
16:38	16:57	0:19	sensores sucios de la 4 y 6	
11:00	11:26	0:26	se sale banda 2 por rodillos no uniformes	679