



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA
PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN LA ENTREGA
DEL PRODUCTO FINAL DE UNA PLANTA PROCESADORA
DE ENVASES PLÁSTICOS”**

TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:
PANCHANA MENDOZA LADY PRISCILA

TUTOR:
ING. JOSÉ VILLEGAS SALABARRÍA MSc.

2017



UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA
PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN LA ENTREGA
DEL PRODUCTO FINAL DE UNA PLANTA PROCESADORA
DE ENVASES PLÁSTICOS”**

TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:
PANCHANA MENDOZA LADY PRISCILA

TUTOR:
ING. JOSÉ VILLEGAS

2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada una de las personas que hicieron posible que yo llegara hasta donde me encuentro ahora, en especial a mis padres porque de ellos herede las cualidades que me permiten ser quien soy, gracias por estar pendientes de mí y darme ánimos, a mis hermanas porque ellas siempre ayudaron a hacer esto posible y lo hago para demostrarles que así como yo, ustedes pueden ser capaces de lograr lo que se propongan, a todos mis amigos que estuvieron que nunca permitieron que me desanimara.

LADY PANCHANA MENDOZA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Alamir Álvarez Loor MSc.
DECANO (E) DE LA FACULTAD
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Marco Bermeo García MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. José Villegas Salabarría MSc.
TUTOR DE TESIS DE GRADO

Ing. Marlon Naranjo MSc.
PROFESOR DEL ÁREA

Ab. Brenda Reyes Tomalá MSc.

Secretaria General

**DECLARACION DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO
INTELECTUAL**

EL CONTENIDO DEL PRESENTE TRABAJO DE GRADUACIÓN
“Implementación de la Metodología Seis Sigma para incrementar la eficiencia en
la entrega del producto final de una Planta Procesadora de Envases Plásticos” Es
de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual el mismo pertenece a la
Universidad Estatal Península de Santa Elena.

LADY PRISCILA PANCHANA MENDOZA

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN LA ENTREGA DEL PRODUCTO FINAL DE UNA PLANTA PROCESADORA DE ENVASES PLÁSTICOS”, AÑO 2017

Autor: Lady Panchana Mendoza.

Tutor: Ing. José Villegas.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación trata sobre la implementación de la METODOLOGÍA SEIS SIGMA para incrementar la eficiencia en la entrega del producto final. El proyecto se realizó con el propósito de reducir el tiempo en paradas no programadas que se producía en la planta procesadora de envases plásticos, la misma que no operaba en condiciones óptimas por fallas que se presentaban frecuentemente.

El desarrollo de la investigación empieza aplicando la primera etapa de la metodología Seis Sigma; Definir, aquí se presenta el problema. Posteriormente, las etapas que se desarrollan a continuación Medir, Analizar muestran el estado del proceso y las variables críticas que serán analizadas. Finalmente Mejorar y Controlar, documenta las etapas, enumera las mejoras y las técnicas aplicadas con el objetivo de que éstas se conviertan en normas que comprometan una mejora continua.

Al implementar la Metodología SEIS SIGMA se procura optimizar el tiempo en la entrega de órdenes de trabajo, reducir paradas no programadas, entregar al cliente un producto que pueda satisfacer sus expectativas y sobre todo garantizar al cliente un tiempo de entrega para su pedido.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
PORTADA	I
CONTRAPORTADA	II
AGRADECIMIENTO	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD PATRIMONIO INTELECTUAL	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE ORGANIGRAMA	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE DIAGRAMA	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
-----------	--------

CAPÍTULO I

1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL PROYECTO	1
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.1.1 Estructura de la Empresa.....	3
1.2 OPORTUNIDADES DE MEJORA	6
1.3 SELECCIÓN DEL PROYECTO DE MEJORA.....	6

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO	11
2.1	SEIS SIGMA	11
2.2	ACTORES SEIS SIGMA.....	13
2.3	FASES DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.....	14
2.3.1	Definir	16
2.3.2	Medir.....	20
2.3.3	Analizar.....	22
2.3.4	Mejorar.....	25
2.3.5	Controlar	26

CAPÍTULO III

3	FASES DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA	28
3.1	Definir	29
3.1.1	Objetivos del Proyecto	31
3.1.2	Alcance del Proyecto.....	32
3.1.3	Beneficios del Proyecto.....	32
3.1.4	Identificación de las características críticas de la calidad (CTQ's)	32
3.1.5	Actores del Proyecto	33
3.2	Medición de las variables	34
3.2.1	Variables críticas X's del proyecto	34
3.2.2	Descripción de las variables Independiente X	37
3.2.3	Recolección de datos.....	39
3.2.4	Plan de Muestreo.....	40
3.2.5	Diseño de la Muestra.....	40
3.3	Análisis Estadístico	42
3.3.1	Número de Órdenes de Trabajo por día	42
3.3.2	Número de pedidos por cada Orden de Trabajo.....	43
3.3.3	Variables X's.....	44
3.3.4	Y: Tiempo total de variables independientes	51
3.3.5	Capacidad del Proceso	52

CAPÍTULO IV

4	MEJORAR Y CONTROLAR	65
4.1	Mejora en el proceso	65
4.1.1	Mejoras Aplicadas.....	65
4.2	Control en el Proceso	66
4.2.1	Control en el proceso	67

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1	CONCLUSIONES.....	69
5.2	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	71

ÍNDICE DE ORGANIGRAMAS

CONTENIDO	PÁGINA
Organigrama 1: Organización de la empresa	4

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDO	PÁGINA
Gráfico 1: Principios de la Calidad Total.....	12
Gráfico 2: Actores Seis Sigma	14
Gráfico 3: Ciclo Deming.....	15
Gráfico 4: DMAIC	15
Gráfico 5: Diagrama SIPOC	19
Gráfico 6: Indicadores de Medición.....	21
Gráfico 7: Preforma y Envase	31
Gráfico 8: Diagrama de árbol.....	33
Gráfico 9: Actores del Proyecto	34
Gráfico 10: Diagrama de Ishikawa	35
Gráfico 11: Histograma de Órdenes de Trabajo diarias.....	43
Gráfico 12: Histograma de Pedidos por Orden de Trabajo.....	44
Gráfico 13: Histograma de Tiempo extra por reposo de maquinaria.....	45
Gráfico 14: Histograma de Tiempo de control de fluidez	46
Gráfico 15: Histograma de Tiempo de cambio de moldes.....	47
Gráfico 16: Histograma de Tiempo de aprobación de Órdenes de Trabajo.....	48
Gráfico 17: Histograma de Tiempo extra por mal preparación para el arranque..	49
Gráfico 18: Histograma de Tiempo por detección de fallas	50
Gráfico 19: Histograma de Tiempo total de variables independientes	51
Gráfico 20: Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov	55
Gráfico 21: Capacidad de proceso	56
Gráfico 22: Sixpack de la Capacidad del Proceso	58
Gráfico 23: Capacidad de Proceso 2017	67

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

CONTENIDO	PÁGINA
Flujograma 1: Flujograma del proceso original	29

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1: Distribución por departamento	5
Tabla 2: Escala de Saaty	7
Tabla 3: Índices aleatorios por tamaño de matriz	8
Tabla 4: Análisis de los indicadores.....	9
Tabla 5: Tabla Final de Criterios	10
Tabla 6: Niveles Seis Sigma	12
Tabla 7: Resumen de la Etapa Definir	20
Tabla 8: Resumen de la Etapa Medir	22
Tabla 9: Resumen de la Etapa Analizar	25
Tabla 10: Resumen de la Etapa Mejorar	26
Tabla 11: Resumen de la Etapa Controlar.....	27
Tabla 12: Preforma y Envase	31
Tabla 13: Parámetros de Órdenes de Trabajo	43
Tabla 14: Parámetros de pedidos de O/T	44
Tabla 15: Parámetros de X1	45
Tabla 16: Parámetros de X2.....	46
Tabla 17: Parámetros de X3	47
Tabla 18: Parámetros de X4.....	48
Tabla 19: Parámetros de X5	49
Tabla 20: Parámetros de X6.....	50
Tabla 21: Parámetros de Y	51
Tabla 22: Parámetros gráfica de probabilidad	54
Tabla 23: Matriz de correlaciones de la muestra días de entrega	59
Tabla 24: KMO y Prueba de Bartlett	60
Tabla 25: Valores y porcentaje de cada componente.....	63
Tabla 26: Componente Principal.....	63
Tabla 27: Control de las Mejoras 1	68
Tabla 28: Control de las Mejoras 2	68

ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PÁGINA
Anexo 1: Ficha del Proyecto.....	73
Anexo 2: Reporte de Órdenes de Trabajo.....	75
Anexo 2.1 Promedio de Órdenes de Trabajo.....	85
Anexo 3: Tabla de valores para el cálculo de la Prueba de Bondad Kolmogorov Smirnov.....	86
Anexo 3.1: Valores de c_{α}	86
Anexo 3.2: Valores de $k(n)$	86
Anexo 4: Mejoras Implantadas.....	87
Anexo 5: Mejoras Implantadas Mejoras Antes, Durante y Después del Cambio de Moldes.....	89
Anexo 6: Flujograma del Proceso Antes de Implementar Mejoras.....	90
Anexo 7: Flujograma del Proceso después de Implementar Mejoras.....	91

GLOSARIO DE TÉRMINOS

DMAIC: Representa a la metodología Seis Sigma Definir, Medir, Analiza, Mejorar y Controlar.

Inyección: Es el tratamiento que recibe el plástico o la resina, cuando éste se inyecta en un molde y forma los envases.

Moldes de

Inyección: Son elementos sustituibles de la máquina de inyección, en donde se plastifica el envase que se va a producir.

Mejora

Continúa: Es un filosofía que pretende mantener la mejora alcanzada en los productos, servicios y procesos.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones realizadas para la elaboración de este proyecto determinaron que la falta de control en manejo de los tiempos de producción afecta directamente a la entrega del producto final de la planta procesadora de envases plásticos, ya que al no contar con una buena distribución de tiempo, cada tarea se ve afectada se realizan repeticiones, se producen retrasos; y esto provoca paradas no programadas.

Por lo tanto es necesario la implementación de la “Metodología SEIS SIGMA” como una de las opciones más seguras en el manejo de los procesos, productivos. La metodología SEIS SIGMA (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) emplea herramientas estadísticas, además analiza variables que se encuentran dentro del proceso.

El presente trabajo de investigación se compone de las próximas secciones presentadas en capítulos que se definen a continuación:

I Capítulo: Esta sección contiene el análisis de las oportunidades de mejora propuestos por la dirección, además se detalla claramente cómo se realiza la selección del proyecto de mejora para la realización del proyecto de investigación, el cual se realiza por medio del método AHP.

II Capítulo: Este capítulo amplía la descripción del problema, presentando la descripción, el estudio y las técnicas de cada una de las fases Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar; las mismas que servirán de apoyo y describirán los procedimientos que se van a emplear para el desarrollo de este proyecto.

III Capítulo: Comprende el desarrollo del proyecto por medio de las tres primeras etapas de la metodología Seis Sigma Definir, Medir y Analizar. En la etapa Definir se describe el problema, se presenta el objetivo, alcance y los beneficios, en la etapa Medir se presenta el mapa del proceso, finalizando con la fase de Análisis se

determina si el proceso es capaz o no, es decir si el proceso cumple con los requerimientos del cliente.

IV Capítulo: Se detallan las mejoras que fueron aplicadas al resultado que se obtuvo por medio de la fase Analizar; las mejoras fueron sugeridas y autorizadas por la empresa, en este capítulo también se incluye la fase de control de las mejoras para mantener la eficiencia del proyecto.

V Capítulo: Por supuesto al concluir el proyecto de investigación, ejecutando cada una de las fases de la Metodología Seis Sigma Definir, Medir, Analiza, Mejorar y Controlar; en este capítulo se establecen las Conclusiones y Recomendaciones.

CAPÍTULO I

1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y SELECCIÓN DEL PROYECTO

Cuando hablamos de calidad absolutamente todo se centra en el resultado del producto y que el mismo cumpla con las expectativas del cliente, sin embargo un producto de calidad que pueda cumplir con las exigencias del cliente, implica darle prioridad indistintamente al producto y al proceso.

Según Ruskin, 2011 *“La calidad nunca es un accidente, siempre es el resultado de un esfuerzo de la inteligencia”*; es decir, para que el proceso sea óptimo y el producto sea aceptado y cumpla con un nivel de calidad estimado o propiamente dicho sea de calidad, debe existir un equipo de trabajo o un departamento cuyo enfoque sea la mejora continua.

Toda empresa desea que tal departamento cumpla con el objetivo de la mejora continua, por ende busca continuamente la forma de optimizar sus procesos y que los problemas sean mayormente visibles para poder controlarlos y reducir el impacto negativo en el producto.

Con el propósito de garantizar la satisfacción del cliente, la mayoría de empresas busca implementar los requisitos de la NORMA ISO 9001:2015 lo que evidencia el enfoque de la organización hacia el proceso; el mismo que describe las actividades en la mano de obra, materiales y procedimientos lo que permite mejorar su eficacia.

“ISO 9001: 2015 establece los criterios para un sistema de gestión de calidad. Puede ser utilizado por cualquier organización, grande o pequeña, independientemente de su campo de actividad. De hecho, hay más de un millón de

empresas y organizaciones en más de 170 países certificados con la norma ISO 9001.” (ISO, 2015)

Podemos decir que para la aplicación de la NORMA ISO 9001:2015 no se considera el tipo de actividad que realiza la empresa si no que se debe mantener un Sistema de Gestión de Calidad y que éste sea mejorado continuamente, lo que requiere costos de implantación, mantenimiento y asesoramiento.

Sin embargo no es factible que cuando se empieza a analizar los métodos de mejoras que se desea implementar para asegurar la calidad, se empiece con una inversión de tiempo y dinero considerable; lo que impedirá que la dirección apruebe algo que considerará como un gasto, independientemente de lo que la calidad represente en el producto.

La calidad describe mucho al producto y nuestra atención debe estar fija en ella, por lo que indistintamente de que existan Normas y estándares de calidad existen herramientas que pueden contribuir al mejoramiento y aseguramiento de la calidad, de modo que el implantar la mejora en una empresa no resulte tedioso y con abundante inversión.

Una de estas herramientas es “Seis Sigma” cuya metodología se centra no sólo en determinar el número de defectos que existen en un proceso sino que permite que éstos puedan ser controlados y que puedan desarrollar e implantar métodos para que no se vuelvan a producir.

Para Herrera & Fontalvo, 2011 *“SEIS SIGMA es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda las necesidades de sus clientes.”*

Seis Sigma es un sistema de calidad que junto con herramientas estadísticas facilita el resultado de la aplicación de esta metodología con la participación de la mano de obra, garantiza la satisfacción del cliente y sobre todo reduce el número de defectos que exista en el proceso.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El proyecto se desarrolla en una empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos, en una planta está compuesta por inyectoras y sopladoras de diferentes capacidades ubicadas en un galpón, donde se producen envases, tapas, tapones y artículos varios.

Es una empresa con más de 45 años de experiencia, en inyección de preformas PET y sopladors de botellas PET.

Los materiales utilizados para fabricar estos productos son: Cloruro de Polivinilo (PVC), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Los Principales productos o servicios son:

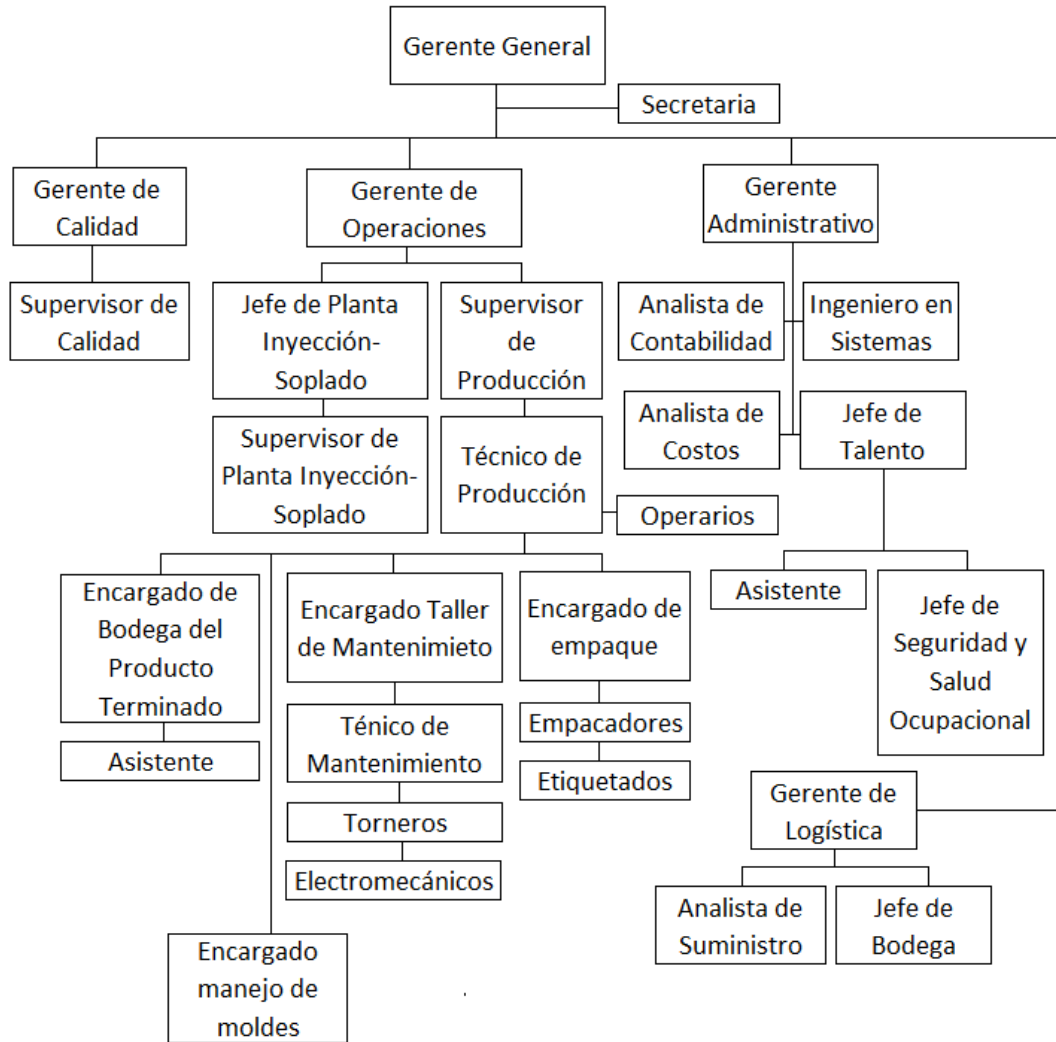
Resinas PET, PVC, Polietileno, Polipropileno, en envases para agua sin gas, agroquímicos, detergentes, cosméticos, alimentos, aceites comestibles.

1.1.1 Estructura de la Empresa

Toda empresa en funcionamiento cuenta con uno o algunos tipos de funciones que debe desempeñar para lograr su objetivo; es importante conocer la organización de una empresa y por supuesto los cargos e integrantes de cada uno de los puestos de trabajo para que el proyecto que va a realizarse esté coordinado con los respectivos puestos de trabajo en estudio.

La estructura organizacional de la empresa está estructurada de la la siguiente manera ver organigrama N° 1.

Organigrama 1: Organización de la empresa



Fuente: Empresa

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

En la tabla N° 1 se detalla específicamente la organización de cada uno de los departamentos o secciones en los que está compuesto la empresa, los puestos de trabajo y el número de trabajadores; por supuesto están distribuidos según las labores que se van a realizar, las aptitudes profesionales, la capacidad y el conocimiento de cada miembro. Con respecto a la tabla que se muestra a continuación, actualmente se encuentran laborando 64 trabajadores.

Tabla 1: Distribución por departamento

DEPARTAMENTO	PUESTO DE TRABAJO		Total
Gerencia General	Gerente General	1	3
	Secretaria de Gerencia	1	
	Secretaria	1	
Gerencia de Calidad	Gerente de Calidad	1	4
	Asistente	3	
Gerencia de Operaciones	Gerente de Operaciones	1	39
	Asistentes	3	
	Supervisor de Producción	1	
	Técnico de Producción	1	
	Operarios	20	
	Jefe de Planta Inyección Soplado	1	
	Supervisor de Planta Inyección-Soplado	1	
	Jefe de Bodega	1	
	Asistente	1	
	Jefe de Taller de Mantenimiento	1	
	Técnico de Mantenimiento	1	
	Tornero	2	
	Electromecánico	2	
	Jefe área de empaque	1	
	Empacadores	1	
	Etiquetadores	1	
Gerencia Administrativa	Analista de Contabilidad	1	16
	Asistente	2	
	Analista de Costos	1	
	Asistente	3	
	Ingeniero en Sistemas	1	
	Jefe de Talento Humano	1	
	Asistente	2	
	Jefe de Seguridad y Salud Ocupacional	1	
	Conserje	4	
Gerencia de Logística	Analista de Suministro	1	2
	Jefe de Bodega	1	
TOTAL			64

Fuente: Empresa

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

1.2 OPORTUNIDADES DE MEJORA

Las empresas, para mantener su nivel de competitividad tienen como enfoque principal la mejora continua, la misma que permite que un proceso de producción en condición desfavorable o que esté afectando la calidad del producto, tenga un progreso frecuente; es decir cualquier cambio que se realice se vea reflejado en el producto. Para obtener este resultado a continuación se detallan tres problemas propuestos por la dirección basada en estudios previos, y son:

- Aumentar la competencia del personal, involucrado en los procesos de operación.
- Disminuir el tiempo de entrega de las compras.
- Reducir los costos por adquisición de un nuevo equipo de proceso.

Para seleccionar el proyecto se debe tomar en cuenta el enfoque del proceso, en este caso no todo proyecto tiene la probabilidad de ser desarrollado, ya que se tiene que considerar el beneficio que se va a obtener; es decir, debe permitir que el resultado del proyecto aparte de reflejar una mejora debe abrir más oportunidades de progreso que en un futuro puedan desarrollarse.

1.3 SELECCIÓN DEL PROYECTO DE MEJORA

Para elegir uno de los proyectos de mejora se emplea el método AHP (Analytic Hierarchy Process) Proceso Analítico Jerárquico. Esta metodología ayuda a la toma de decisiones; es decir, permite elegir de entre los problemas descritos anteriormente, cuál de ellos tiene mayor tendencia a ser solucionado.

El método AHP tiene características importantes en la que se destaca los criterios de evaluación; estos criterios tienen un peso que resultan al emplear el Principio de establecimiento de prioridades. Pacheco & Contreras, 2008 escribe sobre este

principio: “El cálculo de la prioridad se realiza en función de comparaciones a pares con respecto a un criterio dado. Para comparar los elementos se forma una matriz y se pregunta: ¿Cuánto supera este elemento (o actividad) al elemento con el cual se está comparando- en la medida en que posee la propiedad, contribuye a ella, la domina, influye sobre ella, la satisface, o la beneficia?”

Tabla 2: Escala de Saaty

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	Dos actividades contribuyen de igual forma al objetivo.
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra.
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes.
2	Entre igualmente y moderadamente preferible.	
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible.	
6	Entre fuertemente y extremadamente preferible.	
8	Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	
Recíprocos	$a_{ij}=1/a_{ji}$	Hipótesis del método.

Fuente: (Pacheco & Contreras, 2008)

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

La prioridad que tiene un criterio de evaluación, resulta usando la escala de proporciones (escala de Saaty) tabla N° 2, la que permite comparar cada uno de los criterios en pares y establece el peso del mismo por medio de la estructuración de matrices. A continuación se detalla el cálculo para obtener el peso del criterio Financiero, Productivo y Tiempo:

F = Financiero

P = Productivo

T = Tiempo

$$\begin{array}{ccc}
 & F & P & T \\
 F & 1 & 1/2 & 1/4 \\
 P & 2 & 1 & 1/2 \\
 T & 4 & 2 & 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ccc}
 & F & P & T \\
 F & 1 & 0.5 & 0.25 \\
 P & 2 & 1 & 0.5 \\
 T & 4 & 2 & 1
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ccc}
 & F & P & T \\
 F & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\
 P & 0.3 & 0.3 & 0.3 \\
 T & 0.6 & 0.6 & 0.6
 \end{array}$$

$$7 \quad 3.5 \quad 1.75$$

$$Peso(F) = (0.1 + 0.1 + 0.1)/3 = 0.14285714$$

$$Peso(P) = (0.3 + 0.3 + 0.3)/3 = 0.28571429$$

$$Peso(T) = (0.6 + 0.6 + 0.6)/3 = 0.57142857$$

Como se puede evidenciar se calculó el orden de prioridades. En primer lugar se encuentra el criterio Financiero, le sigue el Productivo y finalmente Tiempo. Se calcula la relación de consistencia (RC) “Esta razón o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes y los valores de la razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas” (Toskano & Gérard, 2007)

La Relación de Consistencia se obtiene a partir del Índice de Consistencia $CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1}$ y el Índice Aleatorio (RI), que para calcularlo Saaty elaboró una tabla de índices aleatorios por tamaño de matriz Tabla N° 3; que permitirá calcular la Relación de Consistencia en base a $RC = \frac{CI}{RI}$.

Tabla 3: Índices aleatorios por tamaño de matriz

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: (Pacheco & Contreras, 2008)

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

$$\lambda_{Max} = V * B$$

$$V = \begin{pmatrix} 0.14285714 \\ 0.28571429 \\ 0.57142857 \end{pmatrix} \quad B = (7 \quad 3.5 \quad 1.75)$$

$$\lambda_{Max} = (7 \quad 3.5 \quad 1.75) * \begin{pmatrix} 0.14285714 \\ 0.28571429 \\ 0.57142857 \end{pmatrix} = 3$$

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{2} = 0$$

$$RC = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.58} = 0$$

Establecido el orden de prioridades y la Razón de Consistencia, se continúa con los proyectos propuestos por la dirección, a quienes se le asigna un correlativo numérico Tabla N° 4; de manera que permita establecer una calificación para cada una de las alternativas del proyecto.

A= Aumentar la competencia del personal, involucrado en los procesos de operación.

B= Disminuir el tiempo de entrega de las compras

C= Reducir los costos por adquisición de un nuevo equipo de proceso.

Tabla 4: Análisis de los indicadores

Indicador Cualitativo	Correlativo numérico
Alto	5
Medio Alto	4
Medio	3
Medio Bajo	2
Bajo	1

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: (Pacheco & Contreras, 2008)

Tabla 5: Tabla Final de Criterios

Criterios	Nota			Ponderador Global	Nota		
	A	B	C		A	B	C
F	3	3	5	0.14285714	0.42857143	0.42857143	0.71428571
P	4	3	5	0.28571429	1.14285714	0.85714286	1.42857143
T	2	5	3	0.57142857	1.14285714	2.85714286	1.71428571
				Nota Final	2.71428571	4.14285714	3.85714286

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), dio como resultado la elección del proyecto de mejora B “Disminuir el tiempo de entrega de las compras”. La tabla anterior Tabla N° 5 muestra la nota final de cada alternativa que permitieron establecer un orden de preferencia entre ellos. Seleccionado el proyecto se procede a implementar la metodología Seis Sigma para implementar la mejora.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 SEIS SIGMA

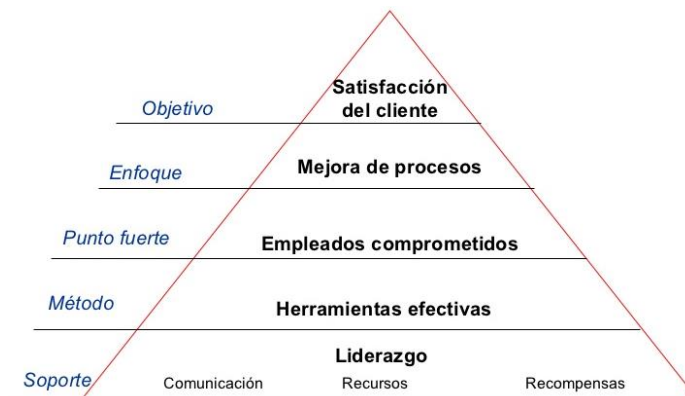
Seis Sigma es una metodología de calidad, cuya fortaleza se centra en mejorar el resultado final de la producción y del producto. Esta metodología utiliza herramientas estadísticas para detectar los errores que tienen las actividades dentro de un proceso; de esta forma se corrigen y se aportan métodos para la solución de problemas.

“El método Seis Sigma es sin duda la mejor estrategia de gestión de la calidad que actualmente se desarrolla en muchas organizaciones, se aplica para obtener de una empresa procesos eficaces y eficientes; el método Seis Sigma es conocido también como la administración gerencial por proceso y se caracteriza porque que su metodología está basada en la información que se recolecta de cada una de las etapas del proceso.” (Herrera & Fontalvo, 2011).

Entonces decimos que la metodología Seis Sigma se ocupa de manejar los procesos dentro de una empresa asegurando la calidad, accede a los recursos y los controla de manera que pueda obtener información de las actividades en el proceso; durante este desarrollo se consigue un buen uso de los recursos y sobre todo cumplir con el objetivo de la empresa u organización.

Seis Sigma se encuentra integrada por los principios de la Calidad Total en donde el objetivo principal es la satisfacción del cliente tal como se ha detallado en los párrafos anteriores. Uno de los principios también importante del Gráfico N° 1 son los trabajadores comprometidos, siendo éste el punto fuerte llegamos a la conclusión que sin ellos las mejora continua no podría llevarse a cabo.

Gráfico 1: Principios de la Calidad Total



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

Uno de los objetivos de la metodología Seis Sigma es contrarrestar el impacto de los defectos que pueden existir en un proceso. A la cantidad de errores o variaciones en los procesos se denomina defectos y las causas que originan tales defectos se llaman oportunidades; para conocer el nivel de Sigma que tiene un proceso y el porcentaje de rendimiento, se debe calcular los defectos por millón de oportunidades (DPMO).

En estadística σ (sigma) se describe como variación de los datos y es el punto de partida para identificar los defectos, esta variación con respecto al nivel Seis en Sigma corresponde a los 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), tal como se describe en la tabla N° 6 y equivale a un porcentaje de eficiencia del 99.99%.

Tabla 6: Niveles Seis Sigma

Nivel Sigma	Defectos por millón	% de eficiencia
6 σ	3.4	99,999666%
5 σ	233	99,98%
4 σ	6,210	99,4%
3 σ	66,807	93,3%
2 σ	308,538	69,1%
1 σ	691,462	30,9%

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: ATOX Sistemas de Almacenaje, 2015

“El sistema seis sigma debe su nombre a que persigue alcanzar un rendimiento de 6σ , es decir, tan sólo 3,4 defectos por millón, o lo que, en la terminología del sistema, también se puede expresar como sólo 3,4 malas experiencias de los clientes por cada millón de oportunidades. Aunque puede parecer una meta muy ambiciosa, muchas de las empresas que han implantado con éxito el sistema seis sigma han logrado situar su rendimiento por encima de 5 sigma” (ATOX Sistemas de Almacenaje, 2015)

De acuerdo con lo descrito anteriormente implementar la metodología Seis Sigma equivale a eliminar los defectos, de esta forma el porcentaje de eficiencia aumenta. Aunque Seis Sigma no logre el porcentaje de eficiencia del 100%; satisface las expectativas de la empresa ubicando su rendimiento en un nivel más alto de lo que se tenía antes de implantarla.

La metodología Seis Sigma se desarrolla mediante la estrategia DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve y Control), cinco fases que detallan las herramientas estadísticas usadas y su impacto; esto permite que en cada una de la etapas se detallen resultados y se puedan establecer métodos para el mejoramiento del proceso.

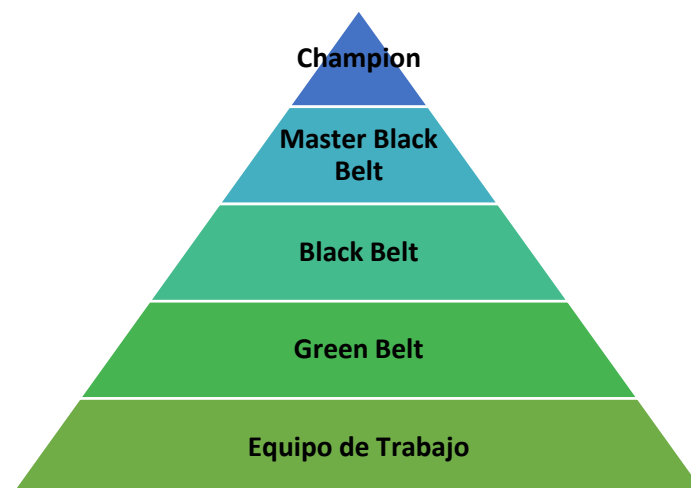
2.2 ACTORES SEIS SIGMA

Seis sigma es consiente de la preparacion que deben tener las personas que van a ser parte del proyecto, por esta razon cuenta con una infraestructura que permite conocer los roles que desempeña cada persona según la formación que tenga o que vaya adquiriendo. Esta estructura esta conformada por:

- **Champion:** Es el encargado de seleccionar el proyecto, se ocupa de proveer los medios y recursos necesarios para ayudar a los Black Belt en el desempeño de su función.

- **Master Black Belt:** Conocen la metodología Seis Sigma y son expertos en su desarrollo, apoyan a los Black Belt y Green Belt; y son encargados de capacitar al personal de la empresa debido a su amplia experiencia con la implantación de Seis Sigma.
- **Black Belt:** Son expertos técnicos en la metodología Seis Sigma, conocen la metodología y están pendientes de que las mejoras sean permanentes. Capacitan a los Green Belt.
- **Green Belt:** Son también expertos técnicos, pero se ocupan a las actividades de Seis Sigma parcialmente, contrario a los Black Belt que se dedican a tiempo completo. Son liderados por los Black Belt y Master Black Belt.
- **Equipo de Trabajo:** El Champion y los Black Belt son los encargados de seleccionar el equipo de trabajo, es recomendable que las personas que integren el grupo de trabajo sean voluntarios de manera que estén comprometidos a llevar a cabo las responsabilidades que les sean asignadas.

Gráfico 2: Actores Seis Sigma



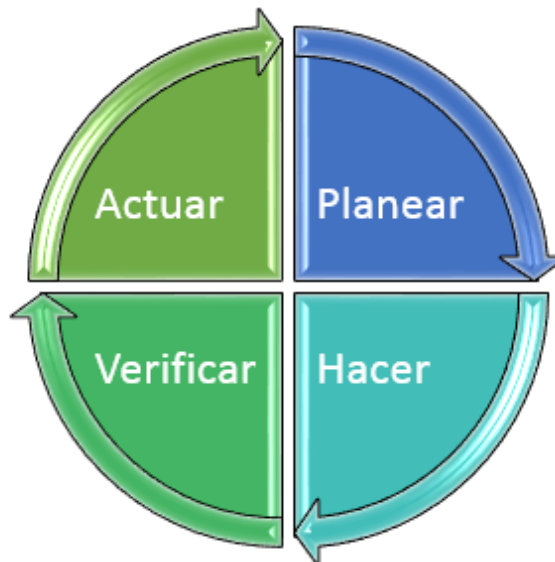
Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Autor

2.3 FASES DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

Las fases de la Metodología Seis Sigma son cinco: Definir (Define), Medir (Measure), Analizar (Analyze), Mejorar (Improve) y Controlar (Control); debido a cada uno de los términos en inglés estas fases son conocidas por las siglas DMAIC.

Cuando investigamos sobre las normas de calidad y Seis Sigma, la idea principal que se ve reflejada con las siglas DMAIC es que se estima como una innovación del Ciclo Deming y que también es conocida por sus siglas en inglés (planear, hacer, verificar y actuar del inglés plan, do, check, act.) PDCA ver Gráfico N° 3.

Gráfico 3: Ciclo Deming

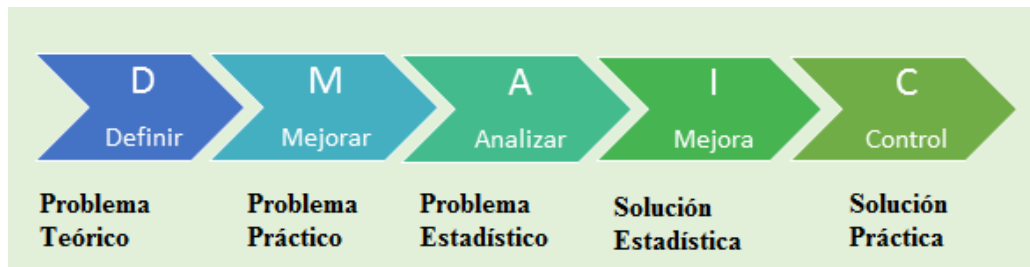


Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

Se denomina DMAIC porque en el recorrido de cada fase se elaboran y se desarrollan evaluaciones que permiten analizar cada proceso para conocer su condición, generando así mecanismos de mejoramiento que al aplicarlos en los procesos existentes disminuyen posibles errores que afectan la mejora continua.

Gráfico 4: DMAIC



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

“DMAIC, es una herramienta de la metodología Seis Sigma enfocada en la mejora incremental de procesos existentes. La herramienta es una estrategia de calidad basada en estadística, que da mucha importancia a la recolección de información y a la veracidad de los datos como base de una mejora. Cada paso en la metodología se enfoca en obtener los mejores resultados posibles para minimizar la posibilidad de error.” (Marketing, 2015)

La cita manifiesta que DMAIC es esencial para Seis Sigma, revela los puntos esenciales dentro de los procesos y de esta manera realiza cambios que permiten mejorar el estado de los procesos. Se enfoca hacia la mejora continua por eso requiere que los estudios de recopilación de información sean clasificados por datos numéricos verídicos de forma que el resultado sea comparado estadísticamente y se pueda verificar el porcentaje errores que se pudo minimizar.

2.3.1 Definir

Una de las primeras etapas de la estrategia DMAIC es Definir. En esta fase se estudian y se comparan los problemas inmersos en los procesos, se puntualizan y se describen sus objetivos también se analiza el alcance de cada uno de ellos; para luego realizar una selección de los problemas que tienen tendencia a ser abordados dentro de la organización.

El objetivo de esta etapa Definir es detallar correctamente los problemas que se manifiestan dentro de los procesos y describirlos puntualmente de manera que

pueda ser clara la comprensión y que el equipo de trabajo tenga la facilidad de elegir el proyecto que revele los objetivos de la organización y fomente la satisfacción del cliente.

Para elegir el proyecto se deben considerar los de mayor importancia, para esto se debe obtener información confiable que sea medible, el volumen del proyecto debe ser apropiado para ser desarrollado por un grupo pequeño, los resultados deben garantizar la comparación con la proyección que se tenía prevista en la organización representando ahorros cuantificables, debe ser claro y evitar gastos elevados. Para facilitar la elección podemos realizar las siguientes preguntas:

¿Qué anomalías estoy tratando de disminuir?

¿En cuánto tiempo? ¿Cuál es el objetivo?

¿Cuál es el efecto?

¿Cuántos procesos existen y cuáles son?

¿Existe información de los procesos?

¿Quiénes son los encargados de manejar cada uno de los procesos?

¿Qué procesos son destinados a mejorar?

“Los elementos de esta etapa incluyen un enunciado específico del problema a solucionar, enunciados descriptivos enumerando la localización y ocurrencia de los eventos problemáticos, así como un enunciado inicial describiendo el alcance del problema.” (Subramaniam, 2007)

La cita expresa que dentro de los medios inmersos en esta etapa se incorporan tres tipos de enunciados; el primero se relaciona con la definición del problema esto quiere decir que necesariamente su descripción debe ser clara y precisa; el segundo especifica el problema, va más allá que sólo conocer el problema se concentra en las eventualidades y de donde proviene; el tercero describe la importancia de dar solución al problema, se detalla sus posibles mejoras y su importancia.

Para clasificar cada uno de estos enunciados, esta etapa Definir requiere el desarrollo de las funciones que proporciona la ficha del proyecto; esta ficha contiene la descripción del problema que fue seleccionado, apoyándose en los objetivos, calidad, y su alcance. Los elementos que contiene la ficha del Proyecto se presentan a continuación:

- **Alcance:** Tiene que representar el trabajo en su conjunto, esto se refiere a que el proyecto tiene que ser claramente definido y se deben fijar límites.
- **Objetivo:** Debe ser ponderable, concreto y realizable
- **KPI:** Mas conocido como indicador clave (key performance indicator); este indicador debe estar definido por un valor que permita conocer el nivel de desempeño de un proceso y el progreso del proyecto. Estos indicadores no deben ser más de dos y tienen que estar estrechamente vinculados con el objetivo.
- **Equipo de Trabajo:** Se asignan cuidadosamente personas de acuerdo a su capacidad, discernimiento y destreza considerando la condición del proyecto.
- **Beneficios:** Aunque sea precipitado es ventajoso tener en base a los objetivos planteados una proximidad de los beneficios que se esperan lograr; para tener una idea clara de lo que se quiere alcanzar.

A medida que el proyecto va en desarrollo y se aportan las mejoras para el beneficio de la organización, se debe tener en cuenta que en la Ficha de Proyecto sus objetivos y sus beneficios pueden variar o replantearse de acuerdo a los resultados que se vayan obteniendo.

Otra herramienta que se utiliza dentro de la etapa Definir es el Mapa del Proceso que se complementa con el diagrama SIPOC (Suppliers-Inputs-Process-Output-Customers), este diagrama nos permite estudiar el proceso de una forma más

detallada, en este caso; reconociendo las entradas y salidas de cada uno de los procesos que se encuentran dentro de la organización. Detallando su estructura tenemos:

Gráfico 5: Diagrama SIPOC



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

- **Proveedores (Suppliers):** Persona que facilita el abastecimiento de recursos.
- **Entradas (Inputs):** Son todos los recursos necesarios para que el proceso se ponga en marcha.
- **Procesos (Process):** Es el conjunto de operaciones a las que se somete una cierta cantidad de entradas para transformarlas en salida.
- **Salida (Output):** Es el resultado de cada operación entregado a los clientes.
- **Cliente (Customers):** Entes que reciben la salida del resultado del proceso, pueden ser internos o externos.

Al momento de realizar el Mapa de Proceso y el Diagrama SIPOC es imprescindible describir las actividades de forma puntual, ya que de esta manera se podrán identificar las verdaderas oportunidades de mejora.

En la tabla N° 7 se visualizan las herramientas y los resultados que se deben alcanzar en esta etapa de Definición.

Tabla 7: Resumen de la Etapa Definir

DEFINIR	
HERRAMIENTAS	RESULTADO
<ul style="list-style-type: none">• Método AHP• Actores Seis Sigma	<ul style="list-style-type: none">• Ficha del Proyecto

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

2.3.2 Medir

En esta etapa de Medición se mejora y se amplía la etapa Definir, en este caso se mejora la definición de las KPI para definir las variables críticas y se determina el sistema de medición para recolectar información consistente durante el desarrollo del proyecto, se amplía los datos de la matriz SIPOC recogiendo información de cada una de los puntos que conforman su estructura (Proveedores, Entradas, Procesos, Salida, Cliente).

El objetivo de esta etapa de Medición es establecer un método de recolección de información que permita examinar el rendimiento del proceso y permita detectar el origen real del problema, para esto se debe implantar un sistema de medición que aparte de medir la capacidad del proceso y graficar la información que se obtiene, asegure la exactitud en la recolección de datos.

Se debe prestar mucha atención al momento de elegir la metodología de medición, ya que dentro del resultado de esta medición continua debe reflejarse el estado del proyecto cuando se implantan las mejoras; y se debe garantizar el control de la evolución del proyecto y la satisfacción del cliente. En el desarrollo de esta etapa podemos hacernos las siguientes preguntas:

¿Conoce quiénes son sus clientes?

¿Percibe las exigencias de sus clientes?

¿Cómo obtiene datos del proyecto?

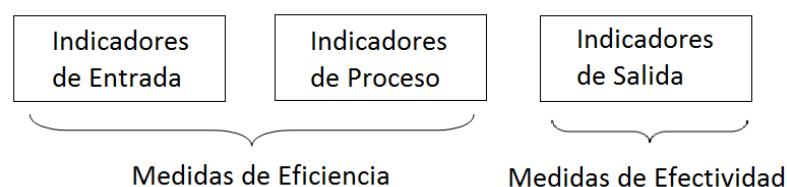
¿Cómo mide el proceso?

¿Cómo se vincula la metodología de medición con las exigencias del cliente?

“Es importante destacar que las mediciones cobran su importancia cuando las decisiones se basan en hechos objetivos. Por lo tanto, en esta instancia resulta fundamental el conocimiento que la organización tenga acerca de la aplicación de los métodos estadísticos. Si una empresa fundamenta el tratamiento de la información recolectada únicamente en técnicas estadísticas descriptivas, el análisis que se realice del proceso será superficial e implicaría toma de decisiones erradas.” (Herrera & Fontalvo, 2011)

Podemos decir que al momento de establecer el sistema de medición debemos elegir correctamente el sistema de colección de datos y tener en cuenta sus resultados, es decir estos deben garantizar una toma de decisiones acertadas que vayan de la mano con el progreso del proyecto.

Gráfico 6: Indicadores de Medición



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

El gráfico N° 6, describe los indicadores que resaltan dentro del proceso y que permiten el desarrollo del mismo, estos indicadores definen el sistema de medida e identificar las variables con respecto a las medidas de eficiencia y efectividad; estas variables son: y =Variable dependiente (salida) y x =Variable independiente (entrada).

Una vez identificadas las variables dependiente e independiente dentro del proceso, Black Belt se encarga de obtener toda la información con respecto a las variables; una de las herramientas que se utiliza para descubrir las causas que hacen emerger el problema es el diagrama causa – efecto. A continuación en la tabla N° 8 se presenta un resumen de las herramientas que se utilizan en la etapa de Medición.

Tabla 8: Resumen de la Etapa Medir

MEDIR	
HERRAMIENTAS	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama Causa-Efecto • Técnicas de muestreo 	<ul style="list-style-type: none"> • Características críticas de calidad del proceso • Relación de causas de variación del proceso • Datos de los indicadores principales (KPI) • Datos de las causas

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

2.3.3 Analizar

La etapa análisis se caracteriza por tener la facilidad de demostrar y comprobar por medio de herramientas estadísticas si la hipótesis sobre el desempeño del proyecto es verdadera. La esencia de esta etapa son las herramientas estadísticas, es por ello que se debe ser cautelosos al escogerlas, ya que por medio de sus resultados se puede realizar un análisis más concreto.

En la etapa Medir se definieron las características críticas y los indicadores principales del proceso como “Y” y las causas que intervienen en su transformación como “X”; en esta etapa, por medio de herramientas estadísticas se va a empezar a conocer el vínculo entre $y = f(x)$ que describirá de forma detallada cómo se ven perjudicadas las variables de salida del proceso.

Equivocado es pensar que la metodología Seis Sigma requiere de mucho tiempo para aplicar mejoras, la verdad es que a medida que se van desarrollando cada una de las etapas se van introduciendo mejoras y esto por supuesto sucede antes de la etapa de análisis. Esta etapa, sus herramientas y sus métodos están diseñados para mostrar los problemas que son más difíciles de revelar.

Estos problemas son identificados por medio del análisis que contiene esta etapa, luego de haber pasado por las etapas anteriores y de haber realizado mejoras en ese camino se vuelve a preguntar ¿Qué está mal?, ahí empieza el estudio de los problemas que aún no han sido revelados, se empieza a descubrir las causas que producen variación en el proceso y se descubre el origen de los errores esto gracias a las herramientas estadísticas que son parte de esta etapa.

“La etapa de Análisis permite al equipo de trabajo establecer las oportunidades de mejora al tener todos los datos. A través de esta etapa, el equipo determina por qué, cuándo y cómo ocurren los defectos; selecciona las herramientas de análisis gráfico adecuadas y las aplica a los datos recolectados y; plantea un conjunto de mejoras potenciales para aplicarse en la siguiente etapa: Mejorar. Después de analizar, el equipo puede entregar un mapa del proceso detallado, un enunciado refinado del problema y estimados de la posibilidad de defectos.” (Subramaniam, 2007)

La cita anterior expresa la importancia del manejo de datos que va a reflejar información concreta para determinar el momento oportuno en que se debe registrar una modificación de mejora en el proceso; para que esto ocurra el equipo de trabajo debe estar sumamente organizado y debe facilitar las respuestas a las cuestiones que producen cada uno de los defectos encontrados, logrado esto se seleccionan las herramientas a utilizarse y se detalla un grupo de mejoras que tienen la posibilidad de lograrse en la siguiente etapa.

Cuando hablamos de la capacidad del proceso de inmediato nos encaminamos a determinar el nivel Sigma del proyecto que corresponde a los defectos por millón de oportunidades (DPMO), los datos obtenidos en la etapa anterior ayudarán a determinar este nivel y luego de haberlo determinado nos permitirá evaluar el grado de rendimiento del proceso para lograr las metas planteadas.

Como se mencionó anteriormente al conocer el nivel Sigma sabremos el grado de rendimiento del proceso por lo que necesariamente para conocer si el proceso puede lograr los resultados propuestos o es capaz; es imprescindible determinar la Capacidad del proceso (C_p) su cálculo ayuda a modificar los parámetros en el proceso. La Capacidad del proceso está dado por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

LSE: Es el límite superior

LIE: Límite inferior

σ : Desviación típica

El valor de la Capacidad del proceso nos da una idea más clara sobre las circunstancias en las que se encuentra el proceso y nos permitirá tomar decisiones concretas sabiendo que cuando la capacidad del proceso es mayor a uno el proceso es capaz, si es igual a uno el proceso está bajo control y cuando es menor a uno el proceso no es capaz.

En esta etapa Black Belt y su equipo de trabajo es la encargada de recolectar la información y utilizar las herramientas estadísticas que faciliten el cálculo del Nivel Sigma y la Capacidad del proceso y así determinar el estado del proceso. El resumen de las herramientas y sus resultados de la etapa analizar se encuentran en la tabla N° 9 a continuación:

Tabla 9: Resumen de la Etapa Analizar

ANALIZAR	
HERRAMIENTAS	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none">• Herramientas gráficas de tratamiento de datos.• Histograma.• Diagrama de dispersión.	<ul style="list-style-type: none">• Sigma del proceso• Cuantificación de los beneficios económicos del proyecto.• Causas vitales del problema.

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

2.3.4 Mejorar

Es indispensable para la etapa Mejorar requerir del resultado que presenta la etapa analizar ya que no se puede empezar a descubrir las alternativas de solución de los problemas sin antes haber identificado su procedencia; entonces podríamos decir que la etapa Mejorar se encarga de generar soluciones idóneas que permitan elecciones ventajosas para los problemas descubiertos.

Cuando se realiza la elección de mejoras debemos considerar los riesgos que ocasionaría su implementación dentro del proceso. El procedimiento a seguir para determinar la solución más eficaz luego de realizar una lluvia de ideas que contienen soluciones para reducir defectos; es evaluar y validar cada una de las posibles soluciones, luego seleccionar la solución que garantice el buen rendimiento del proceso.

“En esta etapa la organización debe mejorar continuamente en términos de la eficacia de sus procesos, de tal manera que permita llevar a cabo nuevas técnicas o formas más efectivas de optimización. Para lograr este mejoramiento la organización debe comprometerse a determinar las tendencias del producto y a establecer el nivel de satisfacción del cliente, a la vez que debe realizar estudios

comparativos de su desempeño y nivel de competitividad con respecto a otras organizaciones.” (Herrera & Fontalvo, 2011)

Tal como manifiesta la cita anterior la naturaleza de esta etapa radica en el enfoque que se le da al concepto de la mejora escogida, esta mejora debe garantizar que el proceso pueda cumplir su objetivo y que cada una de las actividades correspondientes al proceso se realicen de la mejor forma posible, además el producto debe ser evaluado con el fin de que su nivel de desempeño tenga un impacto positivo en el cliente.

Luego de determinar y analizar la mejora que se va a implementar se realiza una evaluación y se confirma que la solución escogida cumple con los parámetros para ser implementada; por supuesto debe ser aprobada y puesta en marcha. A continuación en la tabla N° 10 se muestra algunas de las herramientas que se utilizan en esta etapa.

Tabla 10: Resumen de la Etapa Mejorar

MEJORAR	
HERRAMIENTAS	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none">• Diseño de experimentos• Modelos de simulación	<ul style="list-style-type: none">• Plan de Implantación de mejoras• Implantación de mejoras

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

2.3.5 Controlar

La etapa Controlar se apoya en las soluciones de las cuatro etapas anteriores y su objetivo clave es que las soluciones que se implementaron en las etapa Mejorar se mantengan controladas. Cuando se habla de control también se habla de establecer límites con el fin de determinar las variaciones que vayan ocurriendo en el proceso.

Al establecer los límites nos enfocamos en mantener un monitoreo de las mejoras es decir establecer un rango máximo en el que se mantenga un control, si sobrepasa ese rango determinar porque se produjo, qué lo causo, si se produjo por causas que no incumben al proyecto o por su naturaleza. El monitoreo que se va a realizar debe ser permanente.

“Esta etapa permite verificar la efectividad y la eficacia de los diversos cambios que sufre el proceso no a través de las diversas etapas de mejora. Es indispensable entonces definir unos indicadores que nos muestre el nivel de desempeño de la organización.” (Herrera & Fontalvo, 2011)

La etapa Controlar tal como manifiesta la cita anterior comprueba que las etapas Definir, Medir, Analizar y Mejorar hayan establecido un sistema de trabajo en conjunto que permitan obtener mejoras tales como el buen uso de los recursos y el cumplimiento del objetivo del proyecto; y que dicho resultado sea mostrado mediante indicadores los cuales establecerán la posición de desempeño en que se encuentra la mejora.

En esta etapa también se toma en cuenta la documentación que va asociada con el proceso, esto se refiere al diseño de los controles luego de implementar las mejoras; este diseño debe estar documentado de manera que proporcione una guía de instrucciones que asegure la continuidad de la mejora y se pueda controlar o eliminar algún evento adverso. La tabla N° 11 muestra el resumen de las herramientas que se utilizan en esta etapa.

Tabla 11: Resumen de la Etapa Controlar

CONTROLAR	
HERRAMIENTAS	RESULTADOS
<ul style="list-style-type: none"> • Control estadístico de proceso. • Gráficas de control • Estudios de capacidad • Gestión de proceso 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de control • Instrucciones del proceso • Evaluación final de beneficios • Cierre del proyecto

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

En resumen, Seis Sigma es una metodología que requiere de cinco etapas para garantizar una mejora continua, pero en sí; cada etapa aporta con la búsqueda y resolución de problemas que equivalen a añadir mejoras importantes al proceso y que al completar todas estas etapas beneficia a la organización permitiendo mayores ingresos, eliminando los errores encontrados y garantizando la satisfacción del cliente con respecto al producto o al servicio.

CAPÍTULO III

3 FASES DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA

En el capítulo anterior se definieron las fases de la metodología Seis Sigma entre las cuales se encuentra Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. A

continuación desarrollaremos cada una de estas fases, implementando las herramientas necesarias para asegurar el progreso de cada etapa.

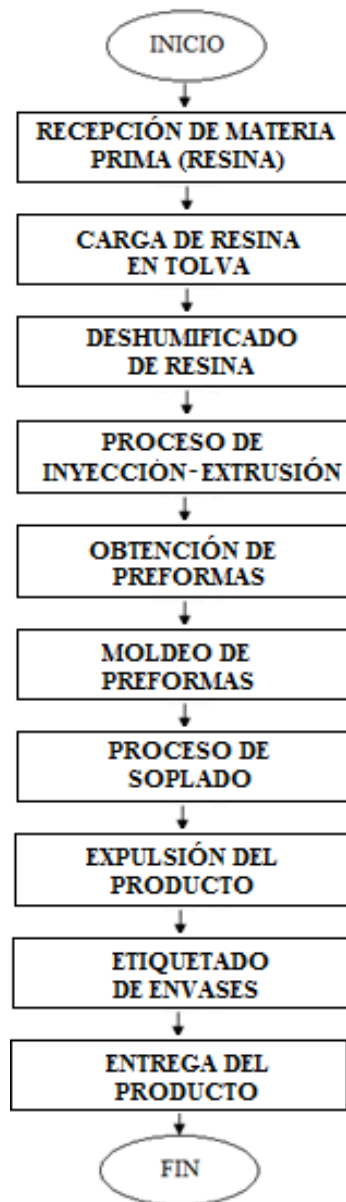
3.1 Definir

En la sección 3 del Capítulo I se detalla cómo fue la selección del proyecto de mejora “Incrementar la eficiencia en la entrega del producto final de una planta procesadora de envases de plásticos” este proyecto se desarrolla dentro del proceso de producción y tiene relación con las horas-máquina.

Uno de los propósitos de las personas que manejan empresas de producción es mejorar cada una de las actividades que se encuentran dentro del proceso para fortalecer el producto final. La mejora a la que vamos a aspirar en este proyecto es incrementar la eficiencia en una máquina que tiene mayor número de paradas no programadas, este trabajo será desarrollado en conjunto con los Departamentos de Producción y Mantenimiento.

El proyecto se desarrollará en una empresa de producción de envases Pet, donde su materia prima es la resina, como parte de la fase Definir se desarrolla un diagrama de flujo que representa los pasos para la obtención del producto final. A continuación se muestra el diagrama de flujo representado en el gráfico N° 11.

Flujograma 1: Flujograma del proceso original

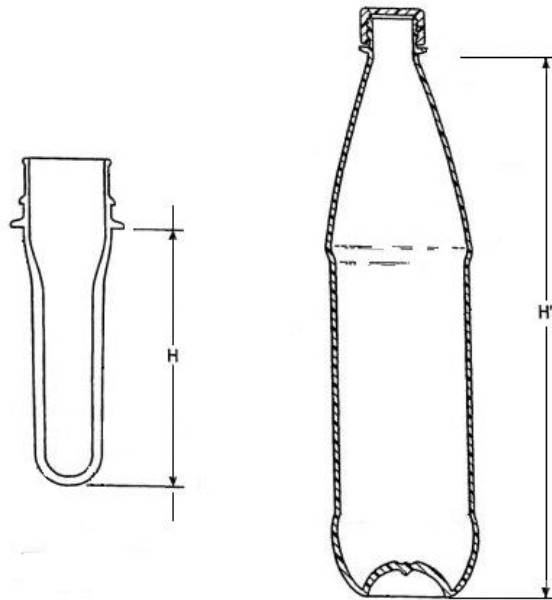


Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Las actividades que se encuentran dentro del proceso son diez, pero las actividades más importantes son tres: Inyección-Extrusión, Soplado y Etiquetado. Para la obtención del producto final se utiliza como materia prima la resina PET y se obtienen la preforma y el envase como parte del proceso, ver Flujograma N° 1. Los productos que se obtienen en el proceso de Inyección y en el proceso de Soplado son los descritos en la tabla N° 12.

Gráfico 7: Preforma y Envase



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Tabla 12: Preforma y Envase

Proceso de Inyección	Proceso de Soplado	Envase (uso)
25gramos	500 ml	Refresco con gas
14 gramos	500 ml	Agua embotellada
36 gramos	1.51 l	Agua con gas

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.1.1 Objetivos del Proyecto

3.1.1.1 Objetivo General

Diseñar técnicas a aplicar por medio de la metodología Seis Sigma en el proceso de producción de envases PET reduciendo el tiempo de paradas no programadas e incrementando la eficiencia en la entrega del producto final, de acuerdo con los datos de horas-máquinas de dos meses.

3.1.1.2 Objetivos Específicos

- Proponer la implementación de la metodología Seis Sigma en una planta procesadora de envases plásticos.
- Establecer un marco teórico sobre cada una de las fases por las cuales se lleva a cabo la metodología Seis Sigma.
- Realizar un análisis sobre los tiempos de entrega de producto final e identificar los motivos que provocan el incremento de estos tiempos.
- Plantear metas y establecer los controles necesarios para que se mantengan las mejoras.

3.1.2 Alcance del Proyecto

El proyecto evaluará la disponibilidad de la línea de producción de envases PET que comprende tres etapas: Inyección, Soplado y Etiquetado. Comprende el estudio de las horas-máquinas dentro del proceso de Inyección y Soplado para determinar los puntos de mejora basado en el análisis estadístico.

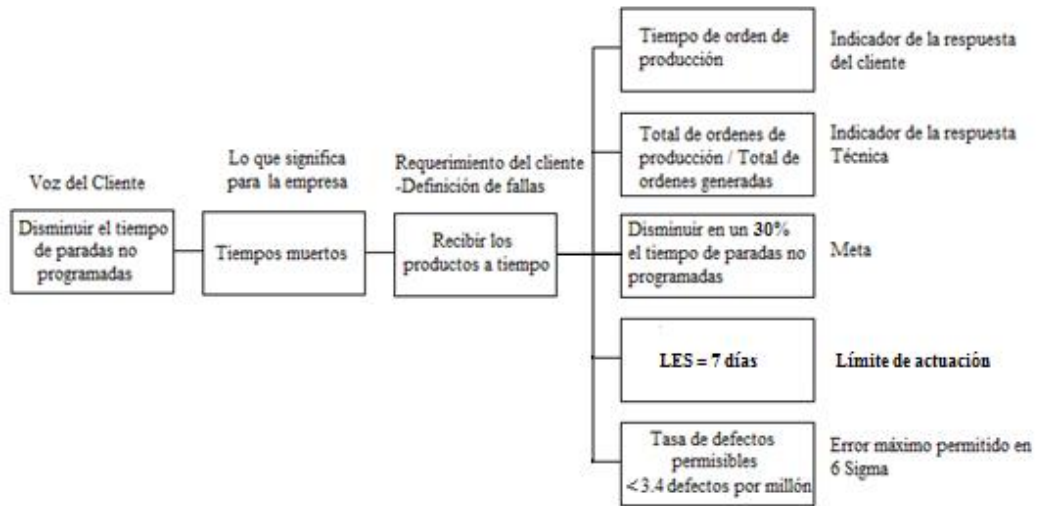
3.1.3 Beneficios del Proyecto

Uno de los beneficios que resulta de aplicar la metodología Seis Sigma en el proceso de producción de envases de plásticos, es que permitirá manejar el tiempo de producción de todo el proceso reduciendo las paradas no programadas e incrementando la eficiencia en la entrega. Las mejoras implementadas se verán reflejadas en los clientes así como en el proceso de producción.

3.1.4 Identificación de las características críticas de la calidad (CTQ's)

Las características críticas de la calidad se encuentran dentro de los requerimientos del cliente, las cuales permiten conocer las necesidades del cliente mediante información detallada de los obstáculos que se presentan dentro del proceso o del servicio.

Gráfico 8: Diagrama de árbol



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

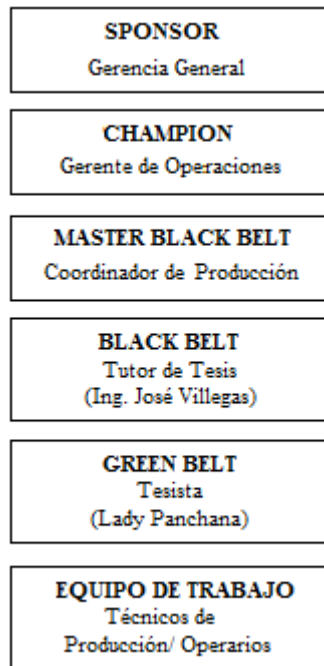
El diagrama de árbol gráfico N° 8, detalla que “recibir los productos a tiempo” es el requerimiento del cliente, por lo general el cliente luego de hacer su pedido lo recibe en el transcurso de 10 a 12 días, estos días son contados desde el momento en que el cliente solicita realizar una orden de compra; la meta es disminuir en un 30% el tiempo de paradas no programadas.

3.1.5 Actores del Proyecto

Luego de haber fijado el proyecto de mejora junto con las características críticas de la calidad, se determina los actores Seis Sigma. Entre ellos se encuentra Sponsor, Champion, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt y Equipo de Trabajo

En el gráfico N° 9, se detalla el personal que estará encargado de desempeñar cada una de las funciones dentro del proyecto y de garantizar el desarrollo del mismo.

Gráfico 9: Actores del Proyecto



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

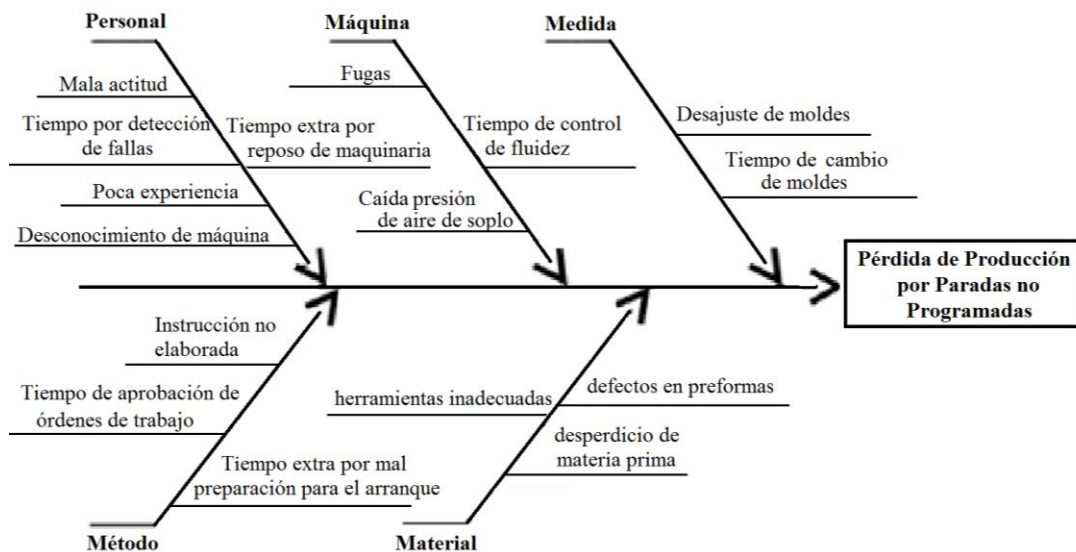
Todo lo anterior descrito se detalla en forma más resumida en la ficha del proyecto. Ver Anexo N° 1.

3.2 Medición de las variables

3.2.1 Variables críticas X's del proyecto

El proyecto se origina en la necesidad de incrementar la eficiencia en la entrega del producto final, para esto se debe proceder a la recolección de datos que revelen las variables que se van a examinar dentro de la fase de análisis. La herramienta que se va a utilizar para descubrir las causas del problema es el diagrama de Ishikawa.

Gráfico 10: Diagrama de Ishikawa



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Autor

En el gráfico N° 10, se observa el diagrama de Ishikawa junto con las causas de la Pérdida de Producción por paradas no programadas y están constituidas mayoritariamente por el factor tiempo siendo éste uno de los motivos que evitan el crecimiento eficaz del proceso.

A continuación se describen sólo las causas que no van a considerarse como variables críticas y que corresponden a la Pérdida de Producción por Paradas no Programadas.

- **Mala actitud**, esta causa se enfoca en la importancia que tiene el empleado hacia el trabajo que realiza, simplemente si refleja actitud en donde resalta el hecho de que no es bueno en lo que hace, o simplemente no le importa su trabajo puede equivaler a no cumplir su tarea a tu tiempo, quejarse de todo, le da igual equivocarse, postergar tareas, etc. Todos estos comportamientos negativos a más de afectar a la empresa es transmitido a los trabajadores que están a su alrededor.

- **Poca experiencia**, debido a este factor se requieren tiempos extras para realizar las tareas debido a que los operarios que conocen deben tomar el tiempo para enseñarles durante el tiempo de producción lo que deben conocer sobre el trabajo que va a realizarse de modo que no existan fallas durante el proceso.
- **Desconocimiento de máquina**, es semejante a la causa anterior pero trata específicamente de la falta de capacitación hacia los trabajadores que tienen poca experiencia; ya que si por alguna razón falta el personal que está capacitado no se conoce la forma en que se realizan los cambios y no identifican las llaves para ajustar o calibrar componentes.
- **Fugas**, esto depende del correcto funcionamiento de la válvula que tiene la máquina de inyección, si ésta tiene algún desajuste se provoca fugas del material causando que el espesor del material inyectado varíe, y por supuesto también el producto final se verá afectado.
- **Caída de presión de aire de sople**, esta caída de presión provoca que el frasco no se adhiera a las paredes del molde y el frasco por supuesto se verá afectado.
- **Desajuste de molde**, esto ocurre en el momento en que se realiza el montaje de moldes, debido a que se debe iniciar la producción a tiempo, en ocasiones se lo realiza de forma apresurada y no se realizan las respectivas corridas (pruebas) y los desajustes pueden apreciarse durante la producción de los envases.
- **Instrucción no elaborada**, son los cambios que se realizan durante el proceso que mejoran las fallas temporalmente, se cambian parámetros de la máquina sin ningún tipo de criterio, no se realiza la calefacción durante el

arranque de la máquina, etc.; todo esto puede provocar durante cierto periodos de tiempo.

- **Herramientas inadecuadas**, por supuesto cuando se inicia la producción se debe de contar con los materiales necesarios, ya sea para cambiar de moldes o para realizar otra actividad; sin embargo esto no ocurre y justo en el instante que se va a realizar alguna actividad se utilizan herramientas que no son permitidas sólo para iniciar rápidamente la producción.
- **Defectos en preformas**, esto es provocado debido a la falta de limpieza en los sacos de resina, cuando la resina se ingresa a la tolva por supuesto los residuos son extruidos y la preforma se obtiene con puntos negros.
- **Desperdicio de materia prima**, se relaciona con la causa anterior; está claro que si el material sale defectuoso se rechaza y la materia prima es desperdiciada

Estas causas que provocan la pérdida de producción por paradas no programadas, son las llamadas variables críticas (X's) y la reunión de estas causas en función de tiempos sería la variable (Y) "Tiempo Total de variables independientes" expresado en función de las variables (X's) de esta forma:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Esto plantea la posibilidad de que el "Tiempo total de elaboración de Órdenes de Trabajo" depende en gran medida de la combinación lineal de variables independientes (X's) y que sólo algunas de estas causas analizadas dentro del diagrama Ishikawa pueden abarcar la totalidad del Tiempo Total de entrega de Órdenes de Trabajo.

3.2.2 Descripción de las variables Independiente X

Para describir las variables independientes se planteó un modelo en donde se determinó que las variables (X's), obtenidas para la mejora de este proyecto y que causan variación en el "Tiempo Total de entrega de producción" (Y) están constituidas por:

$x_1 = \textit{Tiempo extra por reposo de maquinaria}$

$x_2 = \textit{Tiempo de control de fluidez}$

$x_3 = \textit{Tiempo de cambio de moldes}$

$x_4 = \textit{Tiempo de aprobación de Órdenes de Trabajo}$

$x_5 = \textit{Tiempo extra por mal preparación para el arranque}$

$x_6 = \textit{Tiempo por detección de fallas}$

Las variables descritas anteriormente son definidas a continuación:

x_1 : Tiempo extra por reposo de maquinaria, se manifiesta debido a que no está programada la hora de enfriamiento de la maquinaria, esto provoca realizar paradas no programadas para nivelar su temperatura además de un tiempo extra para mantener óptimo el estado de la misma. Este tiempo inicia desde que se detiene la producción de la máquina hasta el arranque de la misma.

x_2 : Tiempo de control de fluidez, esta variable se manifiesta debido al desgaste del barril y cabezal interno esto provoca baja fluidez del material y producto final con defectos. Este tiempo inicia desde que se detiene la máquina hasta el momento en que se controla la residencia del material y el material fluye con normalidad.

x_3 : Tiempo de cambio de moldes, cuando se empieza con la producción y dependiendo del pedido que requiere el cliente se realiza el cambio de moldes. Este tiempo inicia desde el momento en que se arma el molde hasta el montaje del mismo.

x_4 : Tiempo de aprobación de Órdenes de Trabajo, comprende el tiempo en que se solicita la aprobación de la orden de trabajo que inicia desde el envío al gerente de operaciones para su aprobación, hasta el envío del documento al Supervisor de producción.

x_5 : Tiempo extra por mal preparación para el arranque, este tiempo se manifiesta debido a que como no se ha establecido un intervalo de tiempo para el arranque y sólo se realiza un arranque fugaz la máquina no alcanza el nivel óptimo de arranque por lo que produce paradas no programadas. Este tiempo comprende el momento en que la máquina empieza la calefacción para el arranque hasta cuando la máquina está completamente encendida y lista para ser usada.

x_6 : Tiempo por detección de fallas, este tiempo se produce por alteraciones, fallas o errores dentro del proceso de producción y provocan que el producto final tenga defectos que hay que corregir. Este tiempo inicia cuando se detectan fallas en el producto final hasta que se corrige la causa que lo produce.

3.2.3 Recolección de datos

Es indispensable saber que cuando buscamos información para realizar algún tipo de investigación es necesario emplear medios para la recolección de datos, ya que estos describirán en detalle los valores inherentes y necesarios para el proyecto que se va a realizar.

Para ejecutar la investigación es necesario el análisis de los datos que se obtienen; en este caso, por medio del coordinador de producción quien es el encargado de la recolección de los datos que corresponden a cada una de las máquinas, órdenes de producción, paradas programadas y no programadas, etc.

En el Anexo N° 2 se encuentra documentada la información que corresponde a la recolección de datos descrita en forma ordenada y detallada con campos que

facilitan la búsqueda de información y que detallan el resultado de cada máquina que se encuentra dentro del proceso.

3.2.4 Plan de Muestreo

El Plan de muestreo es una técnica que incorpora criterios que serán aplicados a los lotes y previenen posibles amenazas de deterioro gradual en la calidad. En esta sección se detallarán tres términos que se aplicarán en el proyecto y son los siguientes:

- **Población Objetivo:** Es el conjunto de todos los elementos cuyas cualidades deseamos examinar, la investigación se puede realizar de muchas formas en este caso se realizará por medio de registros. Dentro de este proyecto la población Objetivo serán las órdenes de trabajo que fueron emitidas durante el año 2016.
- **Población Investigada:** Es la colección de elementos disponibles cuando se realiza la investigación, si todos estos elementos están disponibles la Población Objetivo y la Población Investigada son iguales.
El total de Población Investigada es de 370 que es el registro de las órdenes de trabajo de Agosto y Septiembre.
- **Marco Muestral:** Es una herramienta que representa a la Población Objetivo y se utiliza para seleccionar los elementos que van a formar parte de la muestra. El Marco Muestral de este proyecto es la base de datos recibida por medio del coordinador de producción.

3.2.5 Diseño de la Muestra

El diseño de la muestra está formada por la población objetivo que son las órdenes de trabajo emitidas durante el año 2016, en esta sección se estudiarán los tiempos

que se generaron durante el transcurso de elaboración del producto y se empleará el muestreo aleatorio simple.

3.2.5.1 Muestreo aleatorio simple

El muestreo aleatorio simple es una técnica en donde se elige una muestra entre los elementos que conforman una población y que tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Los elementos seleccionados para la muestra no ocurren dos veces y tampoco se toma en consideración el orden.

3.2.5.2 Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra se refiere a la cantidad de elementos que forman parte de una muestra y que fueron extraídos de una población. Para conocer el tamaño de la muestra se considera un error muestral de 5%, un nivel de confianza del 95%, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z_{\alpha}^2}{e^2(N-1) + \sigma^2 Z_{\alpha}^2}$$

Donde,

n = tamaño de la muestra

Z_{α} = coeficiente de confianza

e = límite de error

N = tamaño de la población

σ = desviación estándar (se utilizará un valor constante de 0,5)

Se utilizarán los siguientes datos:

$Z_{\alpha} = 1.65$

$e = 0.05$

$N = 370$ órdenes de trabajo

$$\sigma = 0.5$$

$$n = \frac{(370)(0.5)^2(1.65)^2}{0.05^2(370 - 1) + (0.5)^2(1.65)^2}$$

$$n = \frac{251.83125}{1.603125}$$

$$n = 157.09$$

El tamaño de la muestra en este proyecto será de 157 órdenes de trabajo y serán seleccionadas como se mencionó en las secciones anteriores por medio del muestreo aleatorio simple esto quiere decir que de las 370 órdenes de trabajo que se encuentran disponibles sólo se tomarán 157 órdenes de trabajo que formarán parte de la muestra. Ver Anexo N° 2.

3.3 Análisis Estadístico

La muestra analizada pertenecen a las variables X's desarrolladas para el proyecto, pero aun así se considera que estas variables están directamente relacionadas con el volumen de órdenes de trabajo y el flujo de órdenes de trabajo ya que dependen de éstas.

En cada una de análisis que se encuentran a continuación N representa el número de muestra. Estos análisis son los siguientes:

3.3.1 Número de Órdenes de Trabajo por día

Esta variable muestra el número de órdenes de trabajo producidas diariamente por la empresa de acuerdo a la petición del cliente; el promedio diario es de 13 órdenes de trabajo con una desviación estándar de 6.38. En la tabla N° 13 y en el gráfico N°

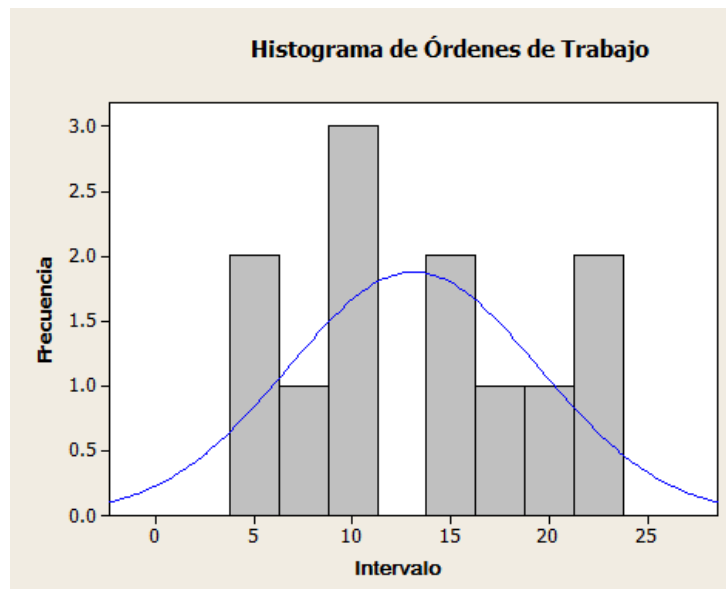
11, se detallan los parámetros y el histograma que equivale al número de órdenes de trabajo diarias.

Tabla 13: Parámetros de Órdenes de Trabajo

Órdenes de Trabajo	
Media	13.08
Desv. Est.	6.388
Mínimo	4
Máximo	22
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

Gráfico 11: Histograma de Órdenes de Trabajo diarias



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

3.3.2 Número de pedidos por cada Orden de Trabajo

Al analizar esta variable se determina que cada orden de trabajo se compone de 3 pedidos en promedio con una desviación estándar de 1.80. En la tabla N° 14 y en el gráfico N° 12, se detallan los parámetros y el histograma que equivale al número de pedidos por cada Orden de Trabajo.

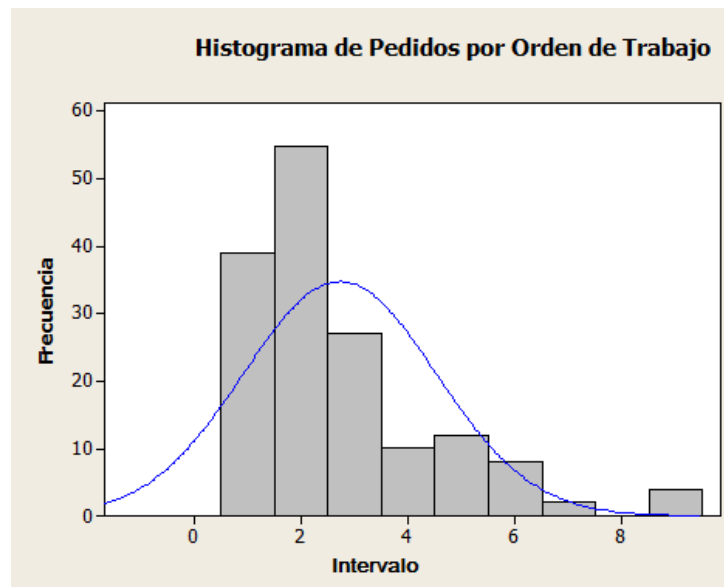
Tabla 14: Parámetros de pedidos de O/T

Pedidos de O/T	
Media	2.726
Desv. Est.	1.80
Mínimo	1
Máximo	9
N	157

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Gráfico 12: Histograma de Pedidos por Orden de Trabajo



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.3 Variables X's

Dentro de esta sección se detallan las variables críticas X's con sus respectivos tiempos, cabe recalcar que cada periodo de tiempo estudiado es el tiempo total diario y no por orden de compra. La medida de tiempo para la descripción estadística está dado en minutos.

3.3.3.1 X₁: Tiempo extra por reposo de maquinaria

Analizando esta variable se determina que el Coordinador de Producción ocupa alrededor de 149 minutos (2 horas y 47 minutos) en revisar un promedio de 13 Órdenes de Trabajo con 3 números de pedidos aproximadamente; se tiene una desviación estándar de 79.47. En la tabla N° 15 y en el gráfico N° 13, se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable X₁.

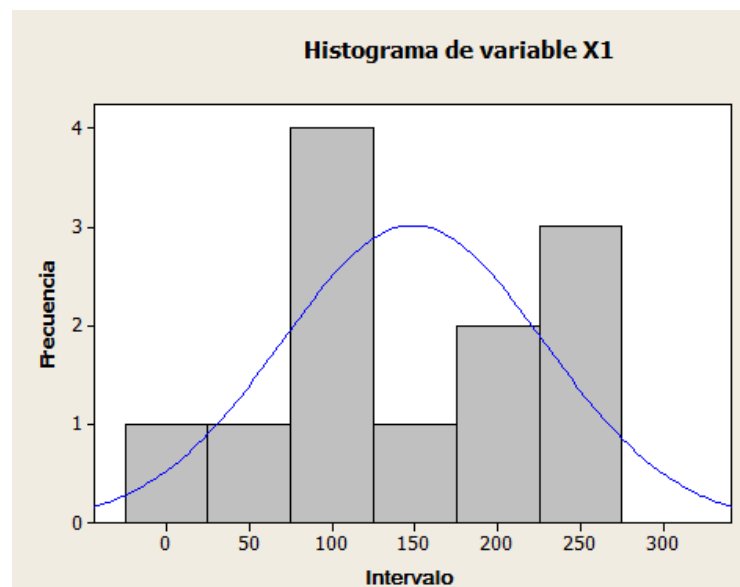
Tabla 15: Parámetros de X₁

Órdenes de Trabajo	
Media	148.7
Desv. Est.	79.47
Mínimo	0
Máximo	258.25
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Gráfico 13: Histograma de Tiempo extra por reposo de maquinaria



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.3.2 X₂: Tiempo de control de fluidez

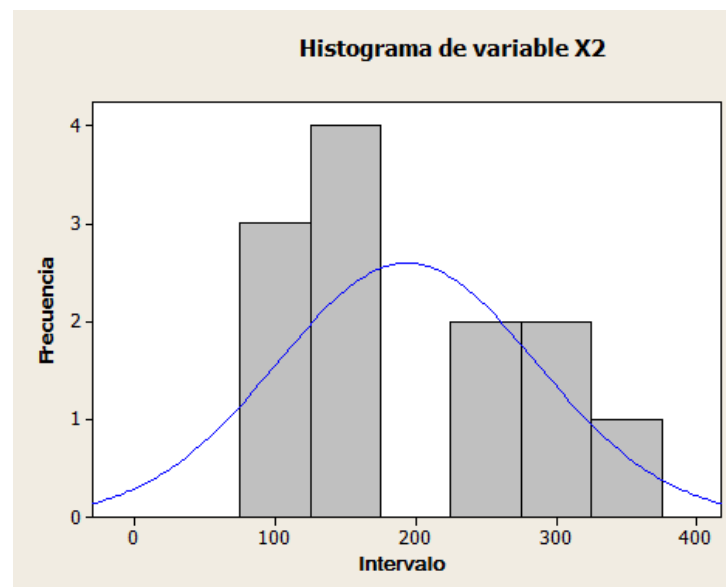
Esta variable contiene el tiempo promedio durante el día, en que se corrigen los errores que provocan que el material no fluya correctamente; esta corrección de 13 Órdenes de Trabajo con 3 números de pedidos en promedio, tiene una Media de 193.7 minutos (3 horas y 23 minutos) y desviación estándar de 92.29 En la tabla N° 16 y en el gráfico N° 14, se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable X₂.

Tabla 16: Parámetros de X₂

Órdenes de Trabajo	
Media	193.7
Desv. Est.	92.29
Mínimo	82.59
Máximo	372.98
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

Gráfico 14: Histograma de Tiempo de control de fluidez



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

3.3.3.3 X₃: Tiempo de cambio de moldes

Debido a que muchos pedidos son de lotes pequeños el cambio de moldes aumenta en gran medida y se origina esta variable X₃ que tiene una Media de 109.1 minutos (1 hora y 8 minutos) y desviación estándar de 51.60. En la tabla N°17 y en el gráfico N° 15, se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable X₃.

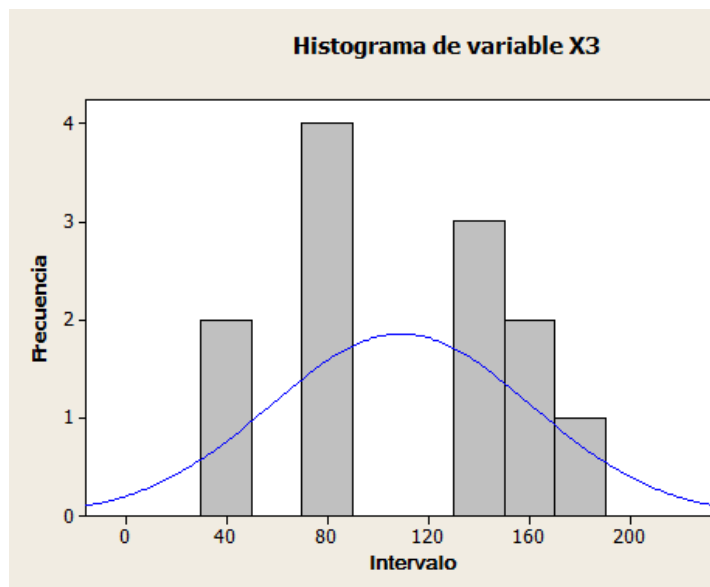
Tabla 17: Parámetros de X₃

Órdenes de Trabajo	
Media	109.1
Desv. Est.	51.60
Mínimo	31.08
Máximo	187.49
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Gráfico 15: Histograma de Tiempo de cambio de moldes



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.3.4 X₄: Tiempo de aprobación de Órdenes de Trabajo

Esta variable que resulta de aprobar alrededor de 13 Órdenes de Trabajo con 3 números de pedidos diarios, tiene una Media de 96.18 (1 horas y 6 minutos) y desviación estándar de 42.95. En la tabla N° 18 y en el gráfico N° 16, se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable X₄.

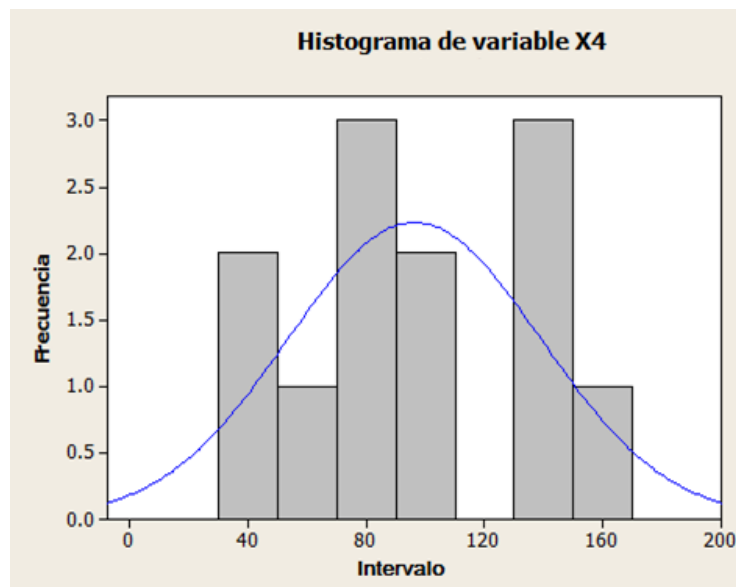
Tabla 18: Parámetros de X₄

Órdenes de Trabajo	
Media	96.18
Desv. Est.	42.95
Mínimo	32
Máximo	152.75
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Gráfico 16: Histograma de Tiempo de aprobación de Órdenes de Trabajo



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.3.5 X₅: Tiempo extra por mal preparación para el arranque

Esta variable es producida por la falta de calefacción en la máquina lo que provoca defectos en el producto final y tiempo extra para una calefacción adecuada, el tiempo diario que representa esta variable tiene una Media de 10.39 minutos y desviación estándar de 3.53. En la tabla N° 19 y en el gráfico N° 17 se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable X₅.

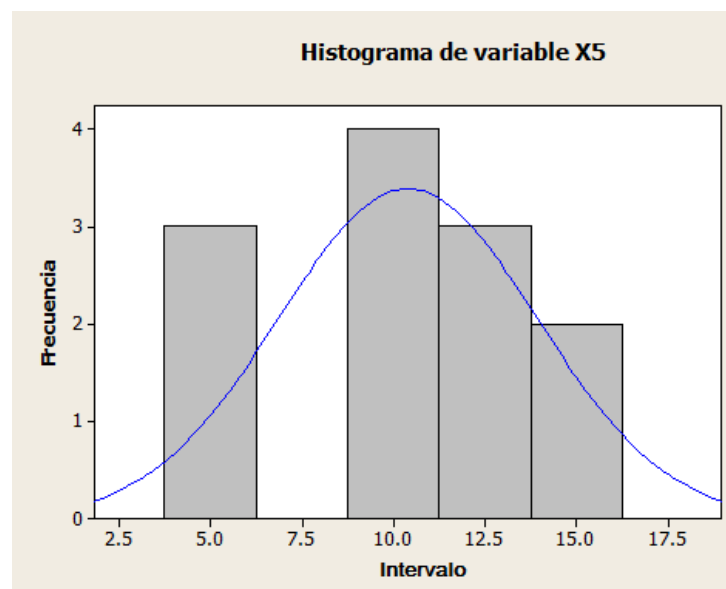
Tabla 19: Parámetros de X₅

Órdenes de Trabajo	
Media	10.39
Desv. Est.	3.54
Mínimo	5.06
Máximo	15.91
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Gráfico 17: Histograma de Tiempo extra por mal preparación para el arranque



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.3.6 X₆: Tiempo por detección de fallas

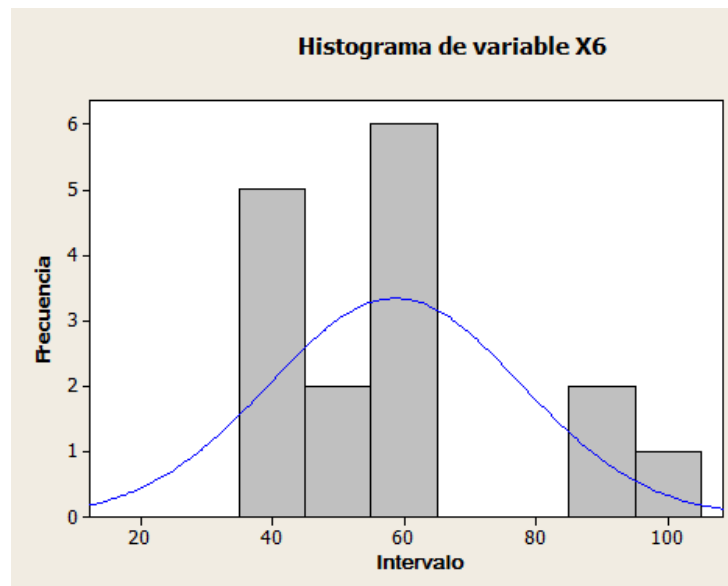
Analizando esta variable, el tiempo promedio ocupado durante el día para la detección y corrección de fallas es de 58.63 minutos con una desviación estándar de 19.13. En la tabla N° 20 y en el gráfico N° 18, se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable X₆.

Tabla 20: Parámetros de X₆

Órdenes de Trabajo	
Media	58.63
Desv. Est.	19.13
Mínimo	40.39
Máximo	98.75
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

Gráfico 18: Histograma de Tiempo por detección de fallas



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

3.3.4 Y: Tiempo total de variables independientes

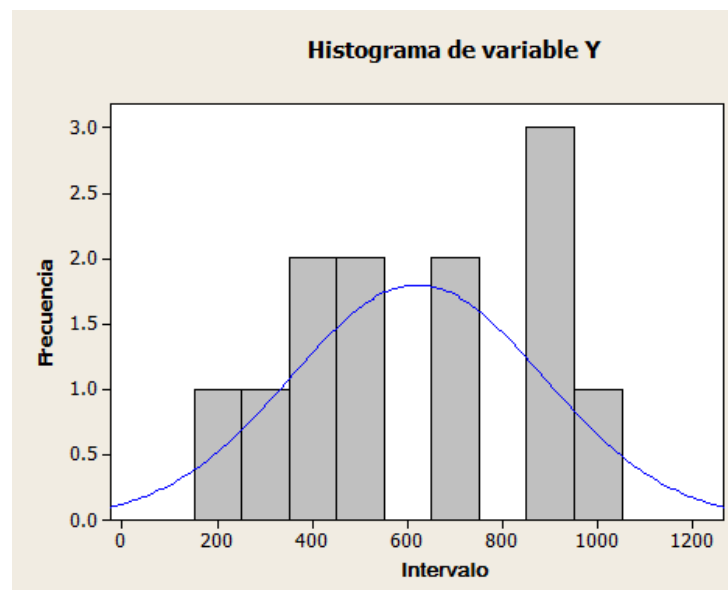
Esta variable contiene el resultado de la suma de todas las variables críticas que comprende las demoras en la elaboración de las órdenes de trabajo obteniendo una Media de 619.6 minutos (10 horas y 31 minutos) con una desviación estándar de 266.5. En la tabla N° 21 y en el gráfico N° 19, se detallan los parámetros y el histograma que equivale a la variable Y.

Tabla 21: Parámetros de Y

Tiempo total de variables independiente	
Media	619.6
Desv. Est.	266.5
Mínimo	238.02
Máximo	985.82
N	12

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

Gráfico 19: Histograma de Tiempo total de variables independientes



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

3.3.5 Capacidad del Proceso

En este proyecto se va a examinar y controlar el tiempo total de entrega de Órdenes de Trabajo, este proceso comprende el periodo de días contados desde que se recibe la orden de trabajo hasta cuando se entrega al cliente, dependiendo del número de pedido de órdenes de trabajo.

Para calcular la Capacidad del Proceso vamos a determinar en primer lugar la bondad de ajuste por medio de la prueba Kolmogórov – Smirnov, también llamada prueba K - S.

3.3.5.1 Prueba Kolmogorov – Smirnov

La prueba Kolmogorov – Smirnov permite medir el nivel de afinidad que existe entre la representación gráfica de la distribución práctica acumulada y la distribución teórica específica. Esta prueba de bondad permite reconocer si existe una aproximación entre las observaciones; si efectivamente ocurre esto, se podría deducir que las observaciones se originan de una distribución teórica específica.

Las hipótesis a contrastar en esta prueba Kolmogorov – Smirnov están definidas por:

H_0 : Sigue una distribución $N(\bar{x}, s^2)$

H_1 : No sigue una distribución H_0

Donde:

$\bar{x} = 619.6$ media aritmética de la muestra

$s^2 = 266.5$ varianza de la muestra

La fórmula de Estadístico de contraste es:

$$D = \max_{1 \leq i \leq n} |F_n(x_i) - F_0(x_i)|$$

Donde,

x_i = i-ésimo valor de la muestra.

$F_n(x_i)$ = probabilidad de estudiar valores menores o iguales a x_i .

$F_0(x_i)$ = probabilidad de estudiar valores menores o iguales a x_i cuando H_0 .

Se define D como la diferencia máxima absoluta estudiada entre la frecuencia acumulada $F_n(x_i)$ y la frecuencia acumulada teórica $F_0(x_i)$ de los datos.

Si los datos de estas frecuencias son semejantes; el valor D será menor, y si la diferencia es mayor entre estas frecuencias empírica y teórica, el valor de D será mayor.

Por lo tanto este criterio entre las dos hipótesis queda establecida de la siguiente manera:

Si $D \leq D_\alpha \Rightarrow$ Aceptar H_0

Si $D > D_\alpha \Rightarrow$ Rechazar H_0

El valor de D_α se selecciona de:

$$P(\text{Rechazar } H_0 / H_0 \text{ es cierta}) = P(D > D_\alpha / \text{los datos siguen la distribución } N) = \alpha$$

Donde,

α = Nivel de significación del contraste

Dentro del cálculo estadístico D, se obtiene:

$$D^+ = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{i}{n} - F_0(x_i) \right\}, D^- = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ F_0(x_i) - \frac{i-1}{n} \right\}$$

Y de estos valores:

$$D = \max_{1 \leq i \leq n} \{D^+, D^-\}$$

La fórmula del valor D_α que depende del tipo de distribución y cuyos valores están tabulados Anexo N° 3 es:

$$D_\alpha = \frac{C_\alpha}{k(n)}$$

Cuando se haya determinado la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov – Smirnov, empezamos los cálculos con los datos del Tiempo Total de entrega de Órdenes de Trabajo Anexo 2.1 (que equivale a y). Al obtener los resultados del cálculo, como parte de la solución se determinó que los datos se originan de una distribución normal, debido a que $D_\alpha = 0.071$ y $D = 0.061$ cumplen el criterio $D \leq D_\alpha$ donde 0.061 es menor que 0.071, esto queda demostrado en el gráfico N° 20 y en la tabla N° 22.

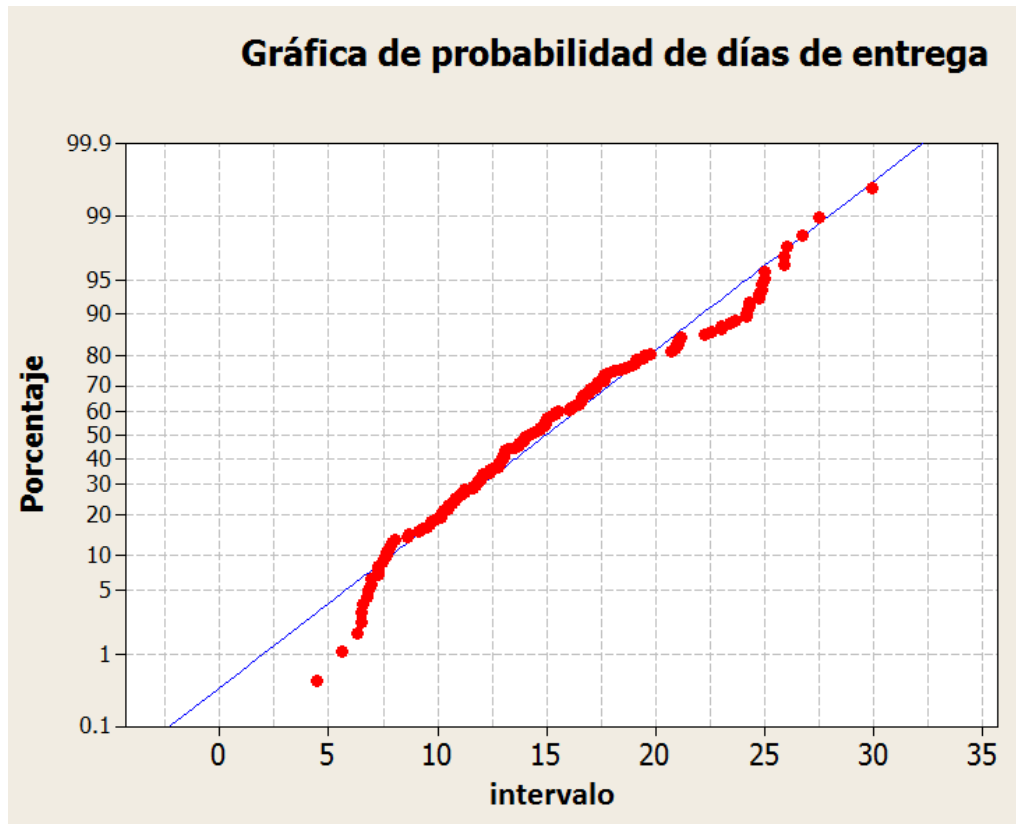
Tabla 22: Parámetros gráfica de probabilidad

Días de entrega	
Media	15
Desv. Est.	5.576
D_α	0.071
D	0.061
N	157

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Gráfico 20: Prueba de Normalidad Kolmogorov-Smirnov



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

3.3.5.2 Indicadores del Proceso

Luego de asegurarnos que los datos son el resultado de una distribución normal, se empieza a realizar el cálculo de los indicadores del proceso. En primer lugar se determina el índice de capacidad esperado, habiendo establecido como meta que la entrega de las órdenes de trabajo debería ser no mayor a 7 días y entonces se tiene en cuenta un LSE para el proceso que se detalla en la sección 1.4 del capítulo III y está contenida en:

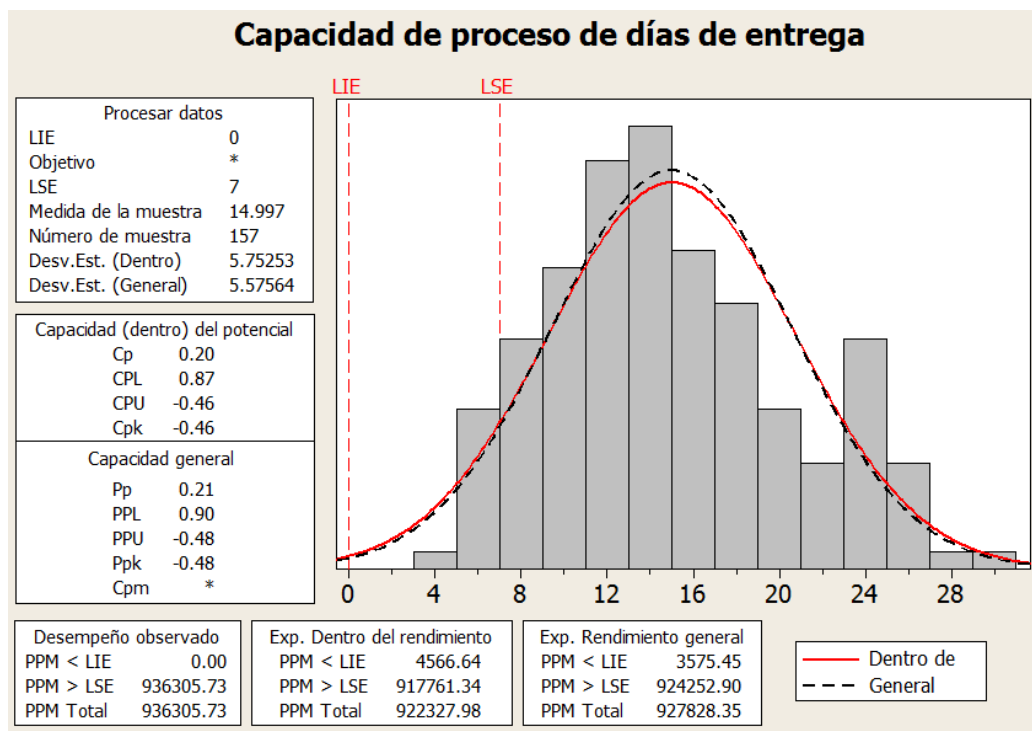
$$CPU = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

Donde,

LSE, límite superior de especificación
 μ , media de los datos del proceso
 σ , desviación típica de los datos del proceso

Decimos que el proceso es capaz cuando se cumple $CPU \geq 1$ y si el $CPU \leq 1$ el proceso no es capaz. En el gráfico N° 21, se muestran los datos que corresponde a la capacidad del proceso del Tiempo Total de entrega de Órdenes de Trabajo del año 2016.

Gráfico 21: Capacidad de proceso



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

EL índice de capacidad para el Tiempo Total de entrega de Órdenes de Trabajo tiene como CPU un valor de -0.46 que es menor a 1, lo que quiere decir que este proceso que se está estudiando no es capaz y que sus datos tienen una variabilidad alta.

El Límite de especificación superior (LSE) como se observa en el gráfico N° 26, no se encuentra dentro de las especificaciones establecidas por la Dirección y el Coordinador de Producción, este límite es de 7 días tal como se detalla en la sección 1.4 del capítulo III y corresponde a 10080 minutos.

El límite de especificación superior (LSE) se obtiene con los datos del Tiempo Total de entrega de Órdenes de Trabajo.

El índice de capacidad determinado en función de:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{LES - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right\}$$

Donde,

LES, límite de especificación superior

LEI, límite de especificación inferior

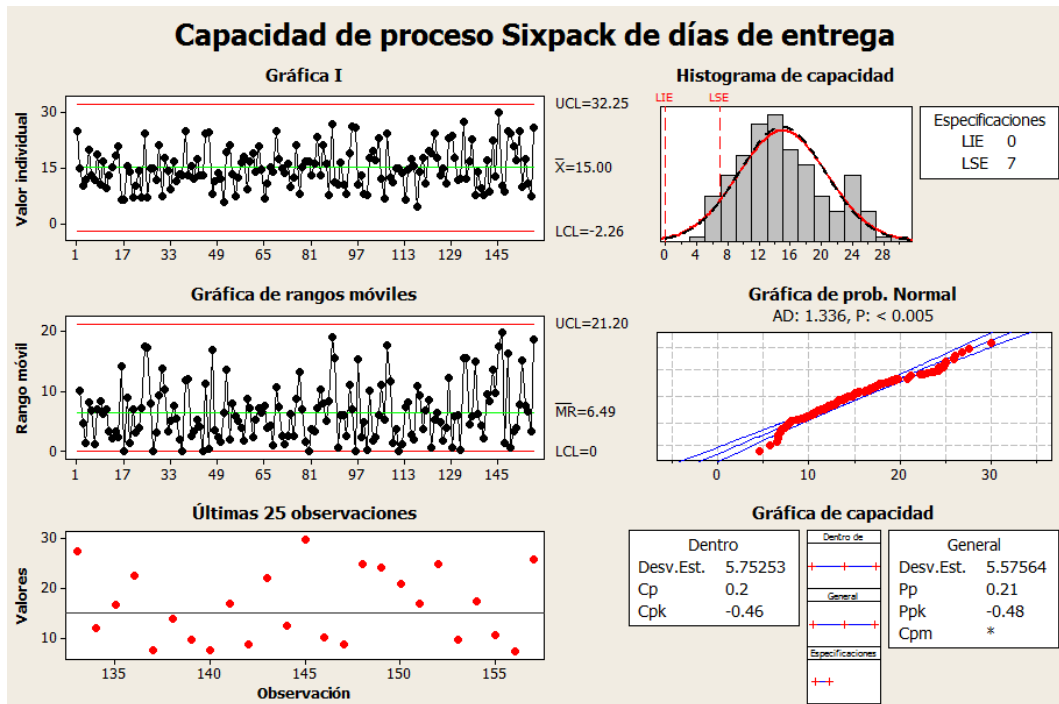
μ , media del proceso

σ , desviación típica del proceso

El valor de PPK es de -0.48 lo que significa que el proceso no tiene el desempeño ideal y debe ser mejorado; también el gráfico N° 22, demuestra que las representaciones gráficas de los tiempos de entrega de Órdenes de Trabajo se encuentran fuera de los límites por lo que se deduce que el proceso no está controlado.

Al determinar la capacidad del proceso se concluye que las variables que corresponden a los tiempos de pérdida de producción por paradas no programadas X's, causan inestabilidad dentro del proceso y ésta es una de las razones por las que el proceso no tiene un buen desempeño y no es capaz.

Gráfico 22: Sixpack de la Capacidad del Proceso



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza
Fuente: Empresa

Por ello es necesario identificar las variables que abarcan una cantidad considerable de variación en el proceso; para esto se emplea el método de componentes principales, este método permite identificar las variables que destacan entre los nuevos componentes que están en conexión lineal de las variables principales.

Este método de componentes principales se realiza una vez que se halla verificado que las variables tienen correlación, de lo contrario no podría ejecutarse el análisis multivariado. Pueden emplearse varios métodos para verificar la asociación de las variables, entre ellas tenemos:

3.3.5.3 Determinante de matriz de correlación

Cuando se tiene como resultado un determinante muy bajo se asume que entre las variables si existe una correlación alta, pero se debe tener en cuenta que este determinante no debe ser cero porque indicaría que esta matriz es singular y que

son dependientes por lo tanto no se podría realizar el método de componentes principales.

Durante el análisis del determinante de la matriz de correlaciones se obtuvo un valor de 0.001 tabla N° 23, siendo éste un valor muy pequeño pero diferente de cero, se concluye que entre las variables existe correlación y se puede elaborar el método de componentes principales.

Tabla 23: Matriz de correlaciones de la muestra días de entrega

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Correlación X1	1	0.783	0.871	0.940	0.852	0.591
X2	0.783	1	0.794	0.857	0.700	0.532
X3	0.871	0.794	1	0.895	0.825	0.580
X4	0.940	0.857	0.895	1	0.765	0.600
X5	0.852	0.700	0.825	0.765	1	0.575
X6	0.591	0.532	0.580	0.600	0.575	1

Determinante =.001

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.5.4 Prueba de esfericidad de Barlett

La prueba de esfericidad de Bartlett verifica que la matriz de correlaciones se acople a una matriz de identidad, esta prueba se distribuye a través del modelo chi-cuadrado y como en este caso para prueba pequeñas; la hipótesis nula se expresa de la siguiente forma:

$$H_0: R = I$$

Entonces decimos que el determinante de la matriz de correlaciones es igual a uno.

$$H_0: |R| = 1$$

Su fórmula es:

$$x^2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6} * (2 * v * 5) \right] * \ln|R|$$

Donde,

n, tamaño muestral

v, número de variables

ln, logaritmo natural

R, matriz de correlaciones

En la tabla N° 24, podemos observar que la prueba de Bartlett tiene como resultado 0.00 que es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula debido a que no cumple con el criterio $p > 0.05$. Es decir se concluye que las variables no están intercorrelaciones por lo tanto se puede emplear el método de componentes principales.

Tabla 24: KMO y Prueba de Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,803
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	59,818
	gl	15
	Sig.	,000

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

3.3.5.5 Análisis de Componentes Principales

$$(x_1, x_2, \dots, x_p)$$

Este análisis considera variables x sobre un conjunto de individuos y calcula empezando por éstas, otro conjunto de variables y_1, y_2, \dots, y_p que están incorrelacionadas; mientras cada una de las varianzas que pertenecen a estas variables decrece de forma progresiva.

Esto quiere decir que las variables x que tienen dimensión $m \times n$ serán transformadas a otro conjunto de datos que llamaremos y que tendrán menor dimensión $n \times 1$, utilizando la matriz de covarianza para que la pérdida de información sea mínima.

Empezamos por un conjunto n de muestras donde cada una de ellas tiene m variables que las describen; el propósito es que todas las muestras se describan solo con l variables, ya que $l < m$. La cantidad de componentes principales l debe ser menor que la dimensión mínima de x .

$$l \leq \min\{n, m\}$$

Se centran los datos a una media 0 (en cada columna se resta la media) y se autoescalan (una vez centrados, cada columna se divide por la desviación estándar)

$$x = \sum_{a=1}^l t_a p_a^T + E$$

Los vectores ortogonales t_a contienen la información de cómo las muestras están vinculadas unas con otras y los vectores ortonormales p_a informan sobre el vínculo entre las variables. Cuando seleccionamos más variables que componentes principales y por causa del error de ajuste, se obtiene un error que se reúne en la matriz E .

El Análisis de componentes principales se fundamenta en la descomposición de vectores por medio de la matriz covarianza, la misma que se obtiene por medio de:

$$cov(x) = \frac{X^T X}{n - 1}$$

$$cov(x)p_a = \lambda_a a$$

$$\sum_{a=1}^m \lambda_a = 1$$

Donde λ_a está relacionado con el vector p_a . Luego tenemos:

$$t_a = Xp_a$$

En esta ecuación deducimos que t_a son proyecciones de x en p_a , donde los valores de λ_a calculan la cantidad de varianza recolectada, esto es, la información de cada componente principal. El valor de cada componente principal va a disminuir según su número, es decir el componente uno tendrá mayor valor que el segundo y así sucesivamente.

Luego de haber definido el análisis de componentes principales tabla N° 18, realizamos el estudio de los datos de la muestra, en esta parte indicamos que las variables que vamos a analizar no están estandarizadas; esto se logra restando la media de cada valor observado y dividiendo la desviación estándar de las variables.

Al realizar el cálculo de componentes principales, observamos que al llegar al tercer componente se logra explicar el 94,09% de la varianza total esto se demuestra en la tabla N° 25 a continuación:

Tabla 25: Valores y porcentaje de cada componente

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de varianza	% acumulada
1	4,760	79,325	79,325
2	0,562	9,366	88,691
3	0,324	5,394	94,085
4	0,189	3,151	97,236
5	0,136	2,272	99,507
6	0,030	0,493	100,000

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Asimismo, en la tabla N° 26, se observa que el resultado del cálculo fue extraído tan sólo un componente principal donde se destacan las variables en función de tiempo extra por reposo de maquinaria, cambio de moldes y aprobación de órdenes de trabajo.

Tabla 26: Componente Principal

Variables	Componente
	1
Tiempo extra por reposo de maquinaria	0,952
Tiempo de control de fluidez	0,879
Tiempo de cambio de moldes	0,938
Tiempo de aprobación de órdenes de trabajo	0,955
Tiempo extra por mal preparación para el arranque	0,888
Tiempo por detección de fallas	0,707

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

El componente principal extraído se presenta de la siguiente forma:

$$Y_1 = 0.952x_1 + 0.879x_2 + 0.938x_3 + 0.955x_4 + 0.888x_5 + 0.707x_6$$

Este componente extraído representa tal como se muestra en la tabla N° 20 el 79.33% de la varianza total y en la tabla N° 21, se detallan las variables que tienen mayor ponderación que son las siguientes:

$x_1 = \textit{Tiempo extra por reposo de maquinaria}$

$x_3 = \textit{Tiempo de cambio de moldes}$

$x_4 = \textit{Tiempo de aprobación de Órdenes de Trabajo}$

Estas variables son las que tendrán mayor prioridad para determinar las mejoras y reducir variaciones en el proceso.

CAPÍTULO IV

4 MEJORAR Y CONTROLAR

4.1 Mejora en el proceso

Las mejoras que se aplican al proceso se determinaron por medio del análisis de componentes principales, el mismo que define que el tiempo extra por reposo de maquinaria, tiempo de cambio de moldes y tiempo de aprobación de órdenes de trabajo son los componentes principales que provocan el retraso en la elaboración y entrega de órdenes de trabajo. Estas mejoras se describen a continuación.

4.1.1 Mejoras Aplicadas

En el Anexo N° 4, se encuentran las mejoras aplicadas de forma organizada y con sus respectivas planificaciones, entre ellas tenemos:

- Para el tiempo extra por reposo de maquinaria se considera apropiado la creación de un patrón de limpieza y lubricación, para esto se realizan capacitaciones para conocer dónde se realizarán con más frecuencia y el periodo de tiempo en que se realizarán. Se determina un tiempo fijo de arranque en las máquinas, con el fin que se eviten paradas extras.
- Para optimizar el tiempo de cambio de moldes se realiza una planificación que consta de tres etapas antes, durante y después; esto también incluye capacitación y operaciones simultáneas para una mejor distribución del tiempo. El Anexo N° 5 muestra las rutinas que van a realizarse durante estas 3 etapas.

- El procedimiento para la aprobación de Órdenes de Trabajo elaborado por el Coordinador de Producción sufre modificaciones que garantizan la mejora en el proceso. Este procedimiento para la aprobación de Órdenes de Trabajo es simplificado (Ver Anexo N° 6 y N° 7), las solicitudes de órdenes de trabajo se realizan de forma electrónica y se garantiza fecha de entrega del pedido al cliente.

Para comprobar la eficacia de estas mejoras se determina el periodo tiempo en que se van a implementar, y por medio de la fase controlar se monitorean los resultados y se aplican cambios permanentes. El tiempo de aplicación de mejoras comprende los meses de marzo, abril y mayo del 2017.

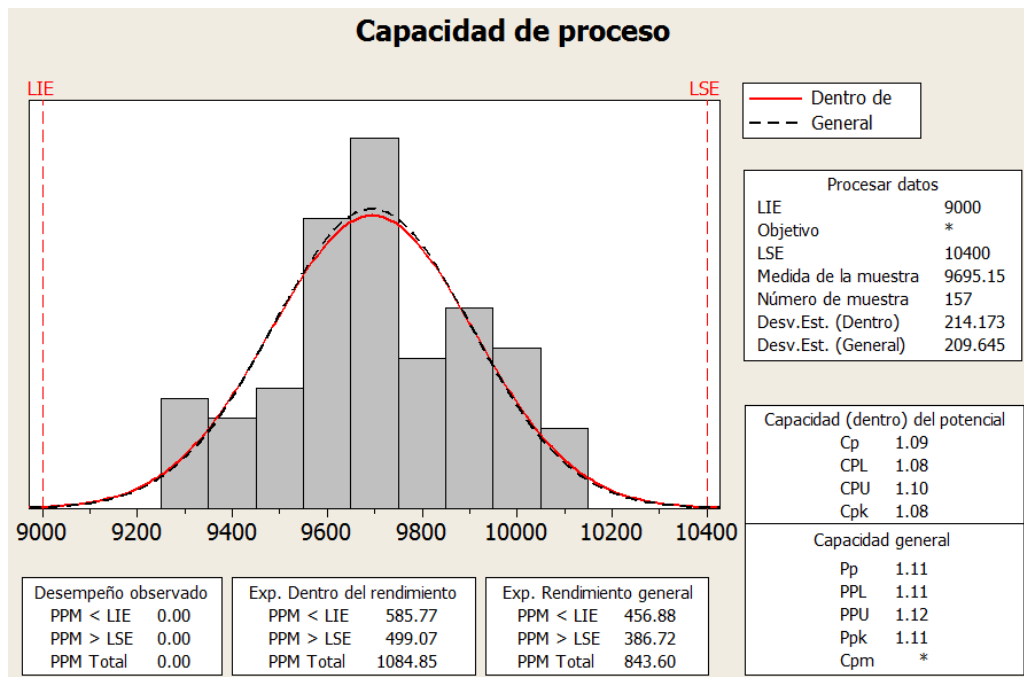
4.2 Control en el Proceso

Como se mencionó anteriormente el periodo de tiempo para este proyecto fue de tres meses (Marzo a Mayo del 2017) en otras palabras este tiempo determinará si las mejoras implementadas causaron efecto positivo dentro del proyecto, esto es; que el proyecto se encuentre dentro de los límites establecidos por la dirección.

Luego que transcurre el periodo de tiempo establecido y habiendo implementado las mejoras, se determina el índice de capacidad utilizando el mismo procedimiento de la sección 3.5.2 del capítulo III. El gráfico N° 23 muestra el análisis de capacidad del proceso y el resultado de las mejoras implementadas.

Al verificar los resultados podemos concluir que las mejoras implementadas dieron un rendimiento favorable al proceso ya que los índices $C_p= 1.09$ y $C_{pk}= 1.08$ son mayores a uno, la desviación estándar es aceptable y el proceso se encuentra dentro de los límites superior e inferior establecidos por la dirección.

Gráfico 23: Capacidad de Proceso 2017



Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Aunque no se logró conseguir un Cpk del mismo valor de Cp para centrar el proceso, existe una diferencia aceptable comparada con el análisis realizado antes de la implementación de las mejoras. Los valores de los índices son aceptables ya que se aproximan a la meta establecida.

Al comparar los resultado de los meses Agosto y Septiembre del año 2016 tenemos un Cp= 0.20 y un Cpk= -0.46 y se distingue claramente que la variabilidad en el proceso se redujo alcanzando un Cp= 1.09 y un Cpk=1.08, además de ello un CPU>1 que indica que el proceso es capaz. El gráfico N° 28 del año 2017 muestra los datos en minutos alcanzando la meta de reducir los días de entrega de 7 días.

4.2.1 Control en el proceso

Se determina un Plan de Control en donde se destacan las variables críticas y se delimitan las causas que provocan la desestabilización en el proceso. Estas causas permitirán recolectar información y tomar decisiones para un seguimiento eficaz. Este control es monitoreado mensualmente por el Coordinador de producción. La Tabla N° 27 y N° 28 muestra las variables que serán medidas y controladas mensualmente.

Tabla 27: Control de las Mejoras 1

Tareas	Responsable	Medición	Resultado	LIE (min)	LSL (min)	Cp (mensual)	Cpk (mensual)
Control de fluidez	Coordinador de Producción	Diaria	Mensual	543	643		
Cambio de Moldes	Coordinador de Producción	Diaria	Mensual	620	720		
Preparación del arranque	Técnico de Producción	Diaria	Mensual	413	513		
Detección de fallas	Técnico de Producción	Diaria	Mensual	673	773		

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

Tabla 28: Control de las Mejoras 2

Tareas	Evaluación de Resultados			Definición de las correcciones (en caso de ser deficiente)	Estado de correcciones (Ejecutado, Atrasado, en proceso, sin ejecutar)
	Óptimo	Tolerable	Deficiente		
Control de fluidez					
Cambio de Moldes					
Preparación del arranque					
Detección de fallas					

Elaborado por: Lady Panchana Mendoza

Fuente: Empresa

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La implementación de la Metodología Seis Sigma en el proceso de producción de envases PET influye positivamente en la reducción del tiempo en paradas no programadas ya que cada una de las fases de esta metodología fue necesaria para revelar las variables críticas y determinar las mejoras en el proceso.
- Luego del cálculo del índice de capacidad se deduce que entre los datos del año 2016 existe gran variación, se determina el análisis de componentes principales para conocer las variables críticas que provocan mayor variación. La variabilidad se concentra en las variables críticas X_1 , X_3 , X_4 , las mejoras implementadas se determinan en función de estas variables.
- Al calcular la capacidad del proceso para el año 2017, los resultados del índice de capacidad potencial y medida de capacidad potencial son $C_p = 1.09$ $C_{pk} = 1.08$; estos resultados demuestran que el proceso es capaz.
- La calidad del producto depende ampliamente del procedimiento que se realiza durante el cambio de moldes, por esta razón durante este cambio se debe realizar el mantenimiento adecuado de modo que el producto final no sea afectado. Sin embargo este mantenimiento no libera las fallas en los moldes, por esta razón el proceso debe mantenerse controlado.

5.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar los métodos y medidas necesarias para el correcto desarrollo de la metodología Seis Sigma y de esta manera asegurar la calidad de producto en lo que respecta a satisfacción del cliente.
- Definir la ocupación cada uno de los miembros que fue parte del desarrollo de la metodología Seis Sigma y establecer una permanente comunicación por medio de reuniones constantes.
- Fijar las capacitaciones al personal sobre los elementos que son necesarios para el cambio de moldes, para proporcionar a la empresa el personal calificado en lo que se refiere a habilidad y conocimiento para su desempeño eficiente.
- Realizar frecuentemente los mantenimientos implementados con el fin de que se convierta en una norma; aun así, si existe algún hábito que se desee agregar para mejorar el proceso, debe agregarse sin ninguna duda.

BIBLIOGRAFÍA

- *ATOX Sistemas de Almacenaje*. (31 de Julio de 2015). Obtenido de <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/seis-sigma>.
- Herrera, R. J., & Fontalvo, T. (2011). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones*.
- ISO. (3 de Noviembre de 2015). *ISO*. Obtenido de http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm.
- Jay L. Devore (2008) *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Séptima Edición.
- Marketing, P. (2015). *SINEQUANON*. Obtenido de <http://sinequanon.com.mx/v2/herramienta/lean-six-sigma-metodologia-dmaic-6/>.
- Pacheco, J. F., & Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Santiago de Chile.
- Patrick Lyonnet (1989) *Los Métodos de la Calidad Total*.
- Subramaniam, M. (2007). Introducción a Seis Sigma. *METALFORMING*, 53.
- Toskano, H., & Gérard, B. (2007). *EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES : APLICACIÓN EN LA SELECCIÓN DEL PROVEEDOR PARA LA EMPRESA GRÁFICA COMERCIAL MYE S.R.L.* Obtenido de SISBIB: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano_hg/contenido.htm.

ANEXOS

ANEXO 1
FICHA DEL PROYECTO

SEIS SIGMA	
FICHA DEL PROYECTO	
Nombre del Proyecto:	
INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN LA ENTREGA DEL PRODUCTO FINAL DE UNA PLANTA PROCESADORA DE ENVASES PLÁSTICOS.	
Descripción del problema que será resuelto:	
Debido a que no se controla los tiempos de producción, los tiempos de entrega del producto final se ven afectados; y ése no es sólo el problema a más de eso, no existe una buena distribución de tiempo y se realizan repeticiones que provocan retrasos o tiempos muertos.	
Fecha de Inicio	Fecha de terminación
oct-17	jul-17
Requerimientos	
Líder del Proyecto	Gerente General
Champion	Gerente de Operaciones
Master Black Belt	Coordinador de Producción
Black Belt	Tutor de Tesis - Ing. José Villegas
Green Belt	Tesista - Lady Panchana
Equipo de Trabajo	Asistente de Producción, Obreros
Objetivo Organizacional:	
Elaboración de envases de plásticos.	
Indicadores	Metas
1 Número de Órdenes de Trabajo elaboradas al día.	1 Promedio de 6 Órdenes de Trabajo diarias.
2 Días de entrega de las Órdenes de Trabajo.	2 Reducir el Tiempo de entrega a 7 días.
Alcance del Proyecto:	
Comprende toda la organización que corresponde a la realización de Órdenes de Trabajo.	
Objetivo del Proyecto:	
El objetivo del proyecto se centra en disminuir el tiempo en paradas no programadas.	
Plan del Proyecto:	
Implementar la Metodología Seis Sigma.	

Beneficios esperados:		Tiempo:
Aumento en Ingresos	N/A	N/A
Ahorro en Costo	N/A	N/A
Beneficios puntuales	Reducir el tiempo de entrega en las O/T	9 meses

ANEXO 2
REPORTE DE ÓRDENES DE TRABAJO

	Máquinas	Fecha	O/T	flujo	Días de entrega	x1	x2	x3	x4	x5	x6
1	MAQUINA 1.1	01/08/2016	1	5	25.03	42.12		9.94	12.12		
2	MAQUINA 1.3	01/08/2016	2	2	14.99		51.25		8.23	2.87	
3	MAQUINA 1.3	01/08/2016	3	4	10.21			10.09	8.15		
4	MAQUINA 1.4	01/08/2016	4	4	11.64			10.39	8.23		
5	MAQUINA 1.2	01/08/2016	5	4	19.74		42.74		8.24		40.39
6	MAQUINA 2.2	01/08/2016	6	3	12.95	29.12		14.04	9.12		
7	MAQUINA 2.2	01/08/2016	7	2	11.66			11.09	6.11	2.80	
8	MAQUINA 2.2	01/08/2016	8	5	18.6		49.32		11.45		
9	MAQUINA 2.2	01/08/2016	9	3	10.3			11.13	6.02		
10	MAQUINA 2.3	01/08/2016	10	2	16.63	49.03		11.14	8.24		
11	MAQUINA 3.1	08/08/2016	55	2	9.52			9.8	8.3		
12	MAQUINA 3.1	08/08/2016	56	2	12.89	25.01		9.8	8.23		
13	MAQUINA 1.1	08/08/2016	57	2	15.02		47.24	10.8	5.01	5.30	

14	MAQUINA 1.1	08/08/2016	58	6	18.42	44.65		10.54	9.29		
15	MAQUINA 1.1	08/08/2016	59	5	20.72			11.87	10.59		41.14
16	MAQUINA 1.3	08/08/2016	60	3	6.51			3.1	6.47		
17	MAQUINA 1.3	08/08/2016	61	3	6.51			2.16	7.51	5.30	
18	MAQUINA 1.4	08/08/2016	62	4	15.55		53.65	11.51	10.44		
19	MAQUINA 1.2	08/08/2016	63	2	14.03	40.38		9.8	6.55		
20	MAQUINA 1.2	08/08/2016	64	5	6.98			8.87	11.13		
21	MAQUINA 2.2	12/08/2016	72	2	10.15			10.32	8.09		
22	MAQUINA 2.2	12/08/2016	73	2	14.09	44.34		10.84	6.55		
23	MAQUINA 2.3	12/08/2016	74	2	6.83				6.21		
24	MAQUINA 3.1	12/08/2016	75	2	24.23		67.87	17.58	6.58	6.47	
25	MAQUINA 1.1	12/08/2016	76	2	6.98				6.10		
26	MAQUINA 1.1	12/08/2016	77	2	14.89		43.44	15.99	7.14		
27	MAQUINA 1.3	12/08/2016	78	2	14.96	49.87		14.101	6.82		
28	MAQUINA 1.4	12/08/2016	79	2	11.84			14.07	6.47		
29	MAQUINA 2.2	12/08/2016	80	2	21.15			12.55	7.51		59.22

30	MAQUINA 2.2	12/08/2016	81	2	7.27			1.94	6.02	6.52	
31	MAQUINA 2.2	12/08/2016	82	2	17.67		58.69	10.18	4.82		
32	MAQUINA 2.3	12/08/2016	83	2	14.29	52.21		10.84	6.21		
33	MAQUINA 3.1	12/08/2016	84	2	9.16			11.17	6.58		
34	MAQUINA 3.2	12/08/2016	85	2	16.77	52.58		11.25	6.82		
35	MAQUINA 1.1	12/08/2016	86	2	11.27			10.68	8.48		
36	MAQUINA 1.1	26/08/2016	109	2	13.2	37.30		10.85	7.14		
37	MAQUINA 1.1	26/08/2016	110	2	13.11			10.7	6.47	5.23	
38	MAQUINA 1.1	26/08/2016	111	2	25.03		64.95	10	7.51		59.27
39	MAQUINA 1.3	26/08/2016	112	2	12.9	34.30		10.35	6.02		
40	MAQUINA 1.3	26/08/2016	113	2	15.43		53.68	9	7.17		
41	MAQUINA 1.4	26/08/2016	114	2	11.98			9.02	7.70	5.18	
42	MAQUINA 2.2	26/08/2016	115	2	17.23	51.67		10.81	8.89		
43	MAQUINA 2.3	29/08/2016	124	2	13.04	38.23		10.94	6.76		
44	MAQUINA 3.1	29/08/2016	125	2	13.03		32.89	10.55	7.61		
45	MAQUINA 3.2	29/08/2016	126	2	24.27	39.29		10.89	6.95	6.78	46.49

46	MAQUINA 1.1	29/08/2016	127	9	24.72		52.54		10.98		
47	MAQUINA 1.1	29/08/2016	128	5	7.78			9.58	10.60		
48	MAQUINA 1.1	29/08/2016	129	3	11.25			8.6	7.17	2.43	
49	MAQUINA 1.3	29/08/2016	130	3	13.69	41.50		10.29	7.70		
50	MAQUINA 1.4	29/08/2016	131	4	11.99			11.39	10.50		
51	MAQUINA 1.4	29/08/2016	132	2	5.63				5.02		
52	MAQUINA 1.4	29/08/2016	133	7	19.14		49.01	10.28	11.14		
53	MAQUINA 2.2	05/09/2016	248	3	21.13			14.56	6.11		51.27
54	MAQUINA 2.2	05/09/2016	249	1	13.12			10.36	5.92	2.06	
55	MAQUINA 2.2	05/09/2016	250	1	7.31				4.87		
56	MAQUINA 2.3	05/09/2016	251	3	12.4			14.56	7.14		
57	MAQUINA 3.1	05/09/2016	252	1	16.29	38.15		10	5.01	4.49	
58	MAQUINA 3.2	05/09/2016	253	1	18.09		60.69	13.63	6.11		
59	MAQUINA 2.1	05/09/2016	254	1	9.3				6.55		
60	MAQUINA 1.3	05/09/2016	255	1	16.59	47.48		8.78	4.82		
61	MAQUINA 1.4	05/09/2016	256	1	19.07		67.14	9.689	6.21		

62	MAQUINA 1.2	05/09/2016	257	1	13.77			10.45	6.58	3.98	
63	MAQUINA 1.2	05/09/2016	258	3	20.9		58.82	5.8	4.95		
64	MAQUINA 2.2	05/09/2016	259	4	14.45			11.6	7.14		
65	MAQUINA 2.2	05/09/2016	260	2	6.77				5.67		
66	MAQUINA 2.2	05/09/2016	261	4	10.8			9.69	8.09		
67	MAQUINA 3.1	05/09/2016	262	2	15.13			9.36	6.49		47.48
68	MAQUINA 3.2	05/09/2016	263	2	13.99	40.35		10.26	7.00		
69	MAQUINA 1.1	05/09/2016	264	3	24.77		67.09	8.56	6.10		
70	MAQUINA 2.1	05/09/2016	265	1	17.26	45.75		9.36	7.14	3.95	
71	MAQUINA 2.1	05/09/2016	266	1	14.73		35.01		6.47		
72	MAQUINA 1.4	05/09/2016	267	1	13.56			10.85	7.51		
73	MAQUINA 2.3	05/09/2016	268	5	16.08	27.51		9.45	7.51		
74	MAQUINA 3.1	05/09/2016	269	1	9.85			10.45	4.23		
75	MAQUINA 3.2	09/09/2016	267	6	12.38	31.22		5.26	9.28		
76	MAQUINA 1.1	09/09/2016	266	6	21.06		59.89	5.61	9.44	4.58	
77	MAQUINA 1.1	09/09/2016	265	1	7.89				5.86		

78	MAQUINA 1.1	09/09/2016	264	2	15.01	48.28		9.26	7.17		
79	MAQUINA 1.1	09/09/2016	263	1	16.58				7.70		50.95
80	MAQUINA 2.1	09/09/2016	262	5	16.67		58.10				
81	MAQUINA 2.1	09/09/2016	261	2	12.86			9.12	6.76	7.61	
82	MAQUINA 1.3	09/09/2016	260	1	16.18	39.77		9.44	6.95		
83	MAQUINA 1.4	09/09/2016	259	3	23.42		56.44	11.07	9.57		
84	MAQUINA 1.4	09/09/2016	258	3	13.02	50.55			4.55		
85	MAQUINA 1.2	09/09/2016	257	2	21.06		61.04	10.54	7.33		
86	MAQUINA 2.2	09/09/2016	256	1	16.05	34.73		9.44	7.82		
87	MAQUINA 2.2	09/09/2016	255	1	7.69				5.71		
88	MAQUINA 2.2	09/09/2016	254	3	26.73		51.33	10.33	6.10	3.73	40.50
89	MAQUINA 1.1	09/09/2016	253	3	11.15			10.01	8.15		
90	MAQUINA 1.1	09/09/2016	252	2	10.46			10.46	7.61		
91	MAQUINA 3.1	09/09/2016	251	3	16.52	53.70			8.48		
92	MAQUINA 1.1	09/09/2016	250	1	10.55			9.44	6.95		
93	MAQUINA 1.1	09/09/2016	249	2	8.04			9.64	6.95		

94	MAQUINA 1.1	09/09/2016	248	9	19.04			11.12	10.59		
95	MAQUINA 2.1	13/09/2016	284	9	26.01		48.85	9.41	11.49		
96	MAQUINA 1.3	13/09/2016	285	6	25.91	37.61			9.77	5.49	48.28
97	MAQUINA 1.4	13/09/2016	286	1	10.51			10.45	5.86		
98	MAQUINA 1.4	13/09/2016	287	3	12.81		33.74	11.22	5.87		
99	MAQUINA 1.2	17/09/2016	325	2	7.85			8.71	7.61		
100	MAQUINA 2.2	17/09/2016	326	4	7.54				8.89		
101	MAQUINA 2.3	17/09/2016	327	3	17.62	44.29		11.33	6.82		
102	MAQUINA 3.1	17/09/2016	328	2	19.42		55.65	11.23	6.95		
103	MAQUINA 1.4	17/09/2016	329	1	16.96	57.55			4.04		
104	MAQUINA 1.2	17/09/2016	330	2	23			11.28	6.49	4.16	59.37
105	MAQUINA 1.1	17/09/2016	331	1	11.86			11.33	5.92		
106	MAQUINA 1.1	17/09/2016	332	1	6.59				4.82		
107	MAQUINA 2.1	17/09/2016	333	6	24.17		63.87	8.26	10.00		
108	MAQUINA 2.1	17/09/2016	334	3	12.42	33.30		8.15	6.21		
109	MAQUINA 1.4	17/09/2016	335	3	11.05			11.38	6.58		

110	MAQUINA 1.2	17/09/2016	336	2	14.82		43.74	6.64	7.92	4.27	
111	MAQUINA 2.2	17/09/2016	337	6	14.99		51.98		9.57		
112	MAQUINA 2.2	17/09/2016	338	2	13.72	38.02		9.02	6.95		
113	MAQUINA 2.2	17/09/2016	339	1	6.35				4.04		
114	MAQUINA 3.1	17/09/2016	340	1	14.57	28.04		9.96	6.95		
115	MAQUINA 3.2	17/09/2016	341	2	17.37		59.47	6.15	5.60		
116	MAQUINA 1.1	17/09/2016	342	4	15.42		38.69	4.91	8.48		
117	MAQUINA 1.1	17/09/2016	343	3	4.44				8.24		
118	MAQUINA 1.3	17/09/2016	344	2	13.84	37.82		10.11	7.82	4.14	
119	MAQUINA 1.4	17/09/2016	345	1	17.66		59.58	9.02	5.71		
120	MAQUINA 1.2	17/09/2016	346	2	10.86			11.7	7.17		
121	MAQUINA 2.3	20/09/2016	311	1	19.49		67.69	9.85	5.87		
122	MAQUINA 3.1	20/09/2016	312	3	18.9	44.92		11.73	8.3		
123	MAQUINA 1.1	20/09/2016	313	2	24.17		67.84	10.07	7.70		
124	MAQUINA 1.1	20/09/2016	314	3	17.64			10.74	8.23		43.66
125	MAQUINA 1.3	20/09/2016	315	1	12.8			10.73	7.00		

126	MAQUINA 1.4	20/09/2016	316	1	14.71			10.74	7.81	6.04	
127	MAQUINA 1.2	20/09/2016	317	3	10.79			10.78	6.55		
128	MAQUINA 2.3	20/09/2016	318	6	23	53.92		10.74	9.27		
129	MAQUINA 3.1	20/09/2016	319	2	23.67		67.08	10.74	6.76		
130	MAQUINA 1.1	20/09/2016	320	1	17.79	54.39		10.73	6.58	5.98	
131	MAQUINA 1.3	20/09/2016	321	1	11.79			10.73	5.67		
132	MAQUINA 1.4	20/09/2016	322	1	12.08			10.77	7.14		
133	MAQUINA 1.4	20/09/2016	323	5	27.52		66.62	10.74	9.12		
134	MAQUINA 2.3	20/09/2016	324	3	12.07			10.48	8.09		
135	MAQUINA 3.1	27/09/2016	344	1	16.63		44.31	10.47	6.47		
136	MAQUINA 1.2	27/09/2016	345	1	22.55	43.38		10.72	7.17		52.82
137	MAQUINA 1.1	27/09/2016	346	1	7.67				5.71		
138	MAQUINA 1.3	27/09/2016	347	1	13.91			9.46	7.92	4.20	
139	MAQUINA 1.3	27/09/2016	348	1	9.64			10.46	4.21		
140	MAQUINA 1.4	27/09/2016	349	1	7.47				5.71		
141	MAQUINA 2.2	27/09/2016	350	1	17	45.07		10.63	7.92		

142	MAQUINA 2.2	27/09/2016	351	3	8.62			10.3	6.11		
143	MAQUINA 2.3	27/09/2016	352	3	22.23		54.40	11.9	7.81		
144	MAQUINA 3.1	27/09/2016	353	3	12.5			10.02	8.96		
145	MAQUINA 3.1	27/09/2016	354	5	29.93	40.45		9.11	10.45		38.15
146	MAQUINA 2.3	27/09/2016	355	4	10.13				8.72	6.09	
147	MAQUINA 2.3	27/09/2016	356	5	8.67			10.64	9.37		
148	MAQUINA 1.1	27/09/2016	357	5	24.89	58.94		10.05	9.66		
149	MAQUINA 2.1	27/09/2016	358	6	24.27		68.78	10.36	9.35		
150	MAQUINA 2.1	27/09/2016	359	7	20.9	37.81		10.98	11.13		
151	MAQUINA 1.3	27/09/2016	360	9	17			10.58	10.38		
152	MAQUINA 1.4	27/09/2016	361	5	24.85		58.08	10.93	9.56		
153	MAQUINA 1.4	29/09/2016	353	2	9.72			10.79	7.61		
154	MAQUINA 2.3	29/09/2016	354	1	17.31		65.25		4.21		
155	MAQUINA 2.3	29/09/2016	355	2	10.69			11.83	6.95		
156	MAQUINA 3.1	29/09/2016	356	2	7.269				6.49	5.06	
157	MAQUINA 3.1	29/09/2016	357	2	25.91		65.73	10.98	6.76		59.19

2.1 PROMEDIO DE ÓRDENES DE TRABAJO

O/T	variable X1	variable X2	variable X3	variable X4	variable X5	variable X6	y
10	120.27	143.31	77.82	85.90	5.66	40.39	473.35
10	110.04	100.89	88.25	83.51	10.60	41.14	434.43
15	198.99	169.99	151.51	100.38	12.99	59.21	693.07
7	123.26	118.63	70.73	50.900	10.410	59.270	433.20
10	119.01	134.43	82.52	84.44	9.21	46.49	476.10
22	199.25	288.74	187.49	137.60	14.47	98.75	926.30
20	258.25	286.80	130.74	142.96	15.91	91.45	926.11
4	37.60	82.59	31.08	32.98	5.49	48.28	238.02
22	239.00	372.98	149.18	152.75	12.55	59.36	985.82
14	153.23	269.22	149.57	104.08	12.02	43.66	731.78
18	225.64	225.55	156.61	146.60	10.28	90.97	855.65
5	0.00	130.98	33.6	32.00	5.06	59.18	260.82

ANEXOS 3

TABLA DE VALORES PARA EL CÁLCULO DE LA PRUEBA DE BONDAD KOLMOGOROV SMIRNOV

3.1 VALORES DE c_α

c_α	α		
Modelo	0.1	0.05	0.01
General	1.224	1.358	1.628
Normal	0.819	0.895	1.035
Exponencial	0.990	1.094	1.308

3.2 VALORES DE $k(n)$

Modelo	$k(n)$
General. Parámetros conocidos.	$k(n) = \sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}}$
Normal	$k(n) = \sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}$
Exponencial	$k(n) = \sqrt{n} + 0.12 + \frac{0.11}{\sqrt{n}}$

ANEXO 4

MEJORAS IMPLANTADAS

IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS						
Descripción del problema:						
Debido a que no se controla los tiempos de producción, los tiempos de entrega del producto final se ven afectados; la etapa Mejorar de la Metodología Seis Sigma, nos permite conocer y elaborar mejoras para organizar estos tiempos de producción.						
Objetivo:						
Registrar las tareas que se van a realizar y seleccionar a los encargados para la implementación de las mejoras.						
Mejoras a Implementar						
<ol style="list-style-type: none"> 1 Creación de patrones de limpieza y lubricación. 2 Planificación del tiempo de cambio de moldes. 3 Revisión del procedimiento para la aprobación de Órdenes de Trabajo. 						
Planteamiento de actividades y plazos						
Actividad	Responsable	F. inicio	F. fin	Costo	Estado	
1	Selección de una lista de participantes para las capacitaciones.	ET	08-mar-17	08-mar-17	(tiempo de ET)	Ejecución
	Identificar los lugares en donde se necesita limpieza y lubricación continuamente.	CH	13-mar-17	17-mar-17	(tiempo de CH)	Ejecución
	Realizar capacitaciones de lubricación y limpieza.	MBB	03-abr-17	08-abr-17	(tiempo de MBB)	Ejecución

	Determinar tiempo de arranque de las maquinarias y capacitar sobre ello.	GB	10-abr-17	12-abr-17	(tiempo de GB)	Ejecución
2	Se capacita y se propone la planificación del cambio de moldes durante 3 etapas.	CH	10-abr-17	20-abr-17	(tiempo de CH)	Ejecución
	Realizar la planificación de la etapa antes.	GB	24-abr-17	26-abr-17	(tiempo de GB)	Ejecución
	Realizar la planificación de la etapa durante.	GB	27-abr-17	29-abr-17	(tiempo de GB)	Ejecución
	Realizar la planificación de la etapa después.	GB	01-may-17	03-may-17	(tiempo de GB)	Ejecución
3	Estudio del proceso actual.	GB	09-mar-17	09-mar-17	(tiempo de GB)	Ejecución
	Reunión del equipo para identificar las mejoras que se pueden implementar.	LBB	17-mar-17	17-mar-17	(tiempo de LBB)	Ejecución
	Realizar cambios en el proceso.	GB	27-abr-17	28-abr-17	(tiempo de GB)	Ejecución
	Difusión del proceso mejorado y capacitación sobre el mismo.	CH	05-may-17	10-may-17	(tiempo de CH)	Ejecución
Equipo de Mejora						
Lider del Proyecto (LBB): Gerente General		Black Belt (BB): Ing. José Villegas				
Champion (CH): Gerente de Operaciones		Green Belt (GB): Lady Panchana				
Master Black Belt (MBB): Coordinador de Producción		Equipo de Trabajo (ET): Asistente de Producción, Obreros				

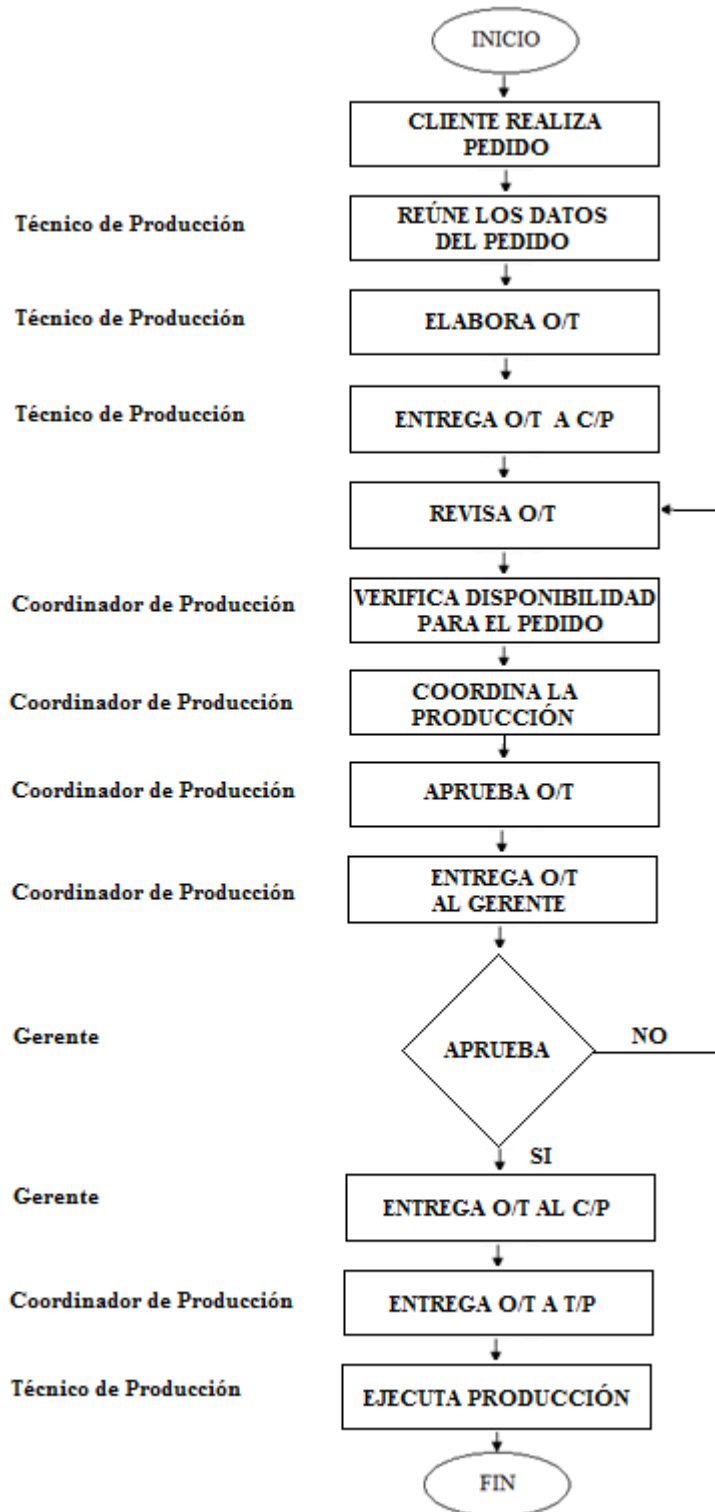
ANEXO 5

MEJORAS ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DEL CAMBIO DE MOLDES

ANTES DEL CAMBIO DE MOLDES	
Limpieza de moldes	Evita formación de sedimentos que en futuro pueden obstruir canales y orificios.
Comprobar estado del aro de centrado	Evaluar el estado del aro, sino existe desgaste ya así lograr un cambio de molde exitoso y sin retrasos.
Verificar sistemas de enfriamiento	Reemplazar, apretar niples y limpieza de canales para evitar formación de sedimentos.
Revisión sistema expulsión	Evitar fugas.
DURANTE EL CAMBIO DE MOLDES	
Limpieza de sistema de enfriamiento del molde.	Evitar agua estancada y sedimentos.
Verificar los ruidos anormales en el molde.	Verificar piezas desajustadas o dañadas.
Limpieza grasa, verificar cromado interno	Para que el producto no tenga manchas de grasa y no afecten la calidad del mismo.
DESPUÉS DEL CAMBIO DE MOLDES	
Comprobar el estado de los pernos guías.	Comprobar el deterioro y evitar desajustes.
Engrasar interior del molde.	Con el fin de proteger de la corrosión el cromo que se encuentra al interior del molde
Mantenimiento del canal de llenado	Evita que residuos que han quedado en el canal se plastifiquen.

ANEXO 6

FLUJOGRAMA DEL PROCESO ANTES DE IMPLEMENTAR MEJORAS



ANEXO 7

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DESPUÉS DE IMPLEMENTAR MEJORAS

