



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**Estudio de pre-factibilidad sobre la implementación de
la metodología Lean Six Sigma para la mejora del
proceso de fabricación de zunchos de polipropileno en
una empresa del rubro de embalaje**

TESINA

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Jessica Gabriela PAZ RODRÍGUEZ

ASESOR

Jorge Antonio PEREYRA SALAZAR

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Paz, J. (2016). *Estudio de pre-factibilidad sobre la implementación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora del proceso de fabricación de zunchos de polipropileno en una empresa del rubro de embalaje*. [Tesina de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



465

5(1) /
5(2) /
132

ACTA N°027-DAcad-FII-2016

SUSTENTACIÓN DE TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA INDUSTRIAL ✓

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **Miércoles 14 de Diciembre de 2016** a las 17:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesina:

“ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ZUNCHOS DE POLIPROPILENO EN UNA EMPRESA DEL RUBRO DE EMBALAJE” ✓

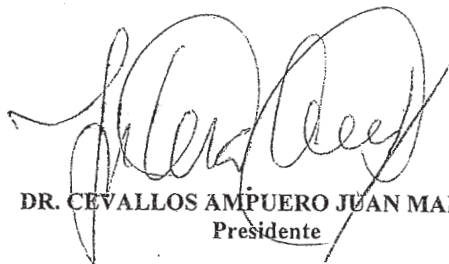
Que presenta el Bachiller:

PAZ RODRÍGUEZ JESSICA GABRIELA ✓

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Perfeccionamiento Profesional.** ✓

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 18:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADA por UNANIMIDAD con la calificación promedio 16, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 14 de Diciembre de 2016


DR. CEVALLOS AMPUERO JUAN MANUEL
Presidente


ING. VIVAR MORALES LUIS BEZARION
Miembro


ING. PEREYRA SALAZAR JORGE ANTONIO
Asesor

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermana y miembros de familia por haberme apoyado incondicionalmente en mi formación profesional y en la elaboración de este proyecto.

A los catedráticos que contribuyeron con sus conocimientos y valiosas recomendaciones a lo largo de mi formación profesional y realización del presente estudio.

A Augusto y Miguel Pretel, gerente general y sub-gerente de la empresa Molinos Pretel S.A.C., quienes me brindaron las facilidades necesarias para la realización del estudio y trato siempre cordial.

RESUMEN

La presente investigación plantea la implementación del enfoque Lean Six Sigma en el proceso de fabricación de zunchos de polipropileno, con la finalidad de enfocar el producto en los requerimientos del cliente y reducir los desperdicios en el proceso.

El objetivo del trabajo es determinar si la factibilidad de la implementación del enfoque Lean Six Sigma.

El desarrollo del estudio se divide en tres partes. La primera de ellas aborda el estudio del proceso. Para esto, se desarrollan las dos primeras etapas de la metodología DMAIC (siglas en inglés de define, measure, analyze, improve, control) : definir y medir. En la etapa de medir, se realiza el diagnóstico actual del proceso, se identifica a los clientes y los CTQ's (siglas en inglés de critical to quality) y; finalmente se determina con Y de mejora el porcentaje de mediciones del zuncho de polipropileno. En la etapa de medir, se mapea el proceso detalladamente para identificar las variables de que están directamente relacionadas con el CTQ seleccionado en el etapa anterior. Como resultado, se seleccionó a las variables: velocidad del conjunto de 05 rodillos jaladores, velocidad del conjunto de 03 rodillos jaladores y velocidad de rodillo de salida como variables críticas. Por otro lado, en esta etapa se muestra la recolección de datos, se verifica que el proceso está bajo control estadístico y que no es capaz de cumplir con las requerimiento del cliente.

Como segundo punto, se desarrolla la evaluación organizacional. En esta etapa se evalúan los roles que asumirían los trabajadores de la empresa y se aplica un test sobre las competencias del líder del proyecto, del facilitador del proyecto y de la organización.

Como tercera etapa se evalúa las oportunidades Lean en el proceso. Para esto, se identifica los principales desperdicios en el proceso y se selecciona como críticos los movimientos innecesarios y las esperas. Asimismo, se detecta que estos desperdicios se presentan mayormente en la actividad de cambio de malla.

Luego del desarrollo del estudio, se presentan planes de mejora para cada una de las tres etapas, las cuales facilitarán la implementación de la metodología propuesta y harán más eficiente el proceso. Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones encontradas luego de la investigación.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	1
1.1 La Empresa.....	1
1.2 Sector y actividad económica	1
1.3 Entidades participantes en el modelo de negocio	1
1.4 Distribución de planta.....	2
1.5 Maquinaria y equipos	3
1.6 Materia prima e insumos.....	4
1.7 Productos	4
1.8 Proceso productivo	6
1.9 Control de calidad	8
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2.1 Situación problemática.....	10
2.2 Identificación y formulación del problema	11
2.3 Justificación.....	13
2.4 Objetivos.....	14
2.5 Alcance	15
2.6 Organización de la tesina	16
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	18
3.1 Estudio de Pre factibilidad	18
3.2 Gestión de procesos.....	18
3.3 Calidad.....	22
3.4 Herramientas para la mejora de procesos y calidad	25
3.5 Sistema Lean.....	34
3.6 Six Sigma	40
3.7 El enfoque Lean Six Sigma y la metodología DMAIC.....	45
3.8 Factores de éxitos para la implementación de Lean Six Sigma en pequeñas empresas.....	46
<i>CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO</i>	<i>52</i>
4.1 Desarrollo de las fases Definir y Medir de la metodología DMAIC	52
4.2 Desarrollo de la evaluación organizacional	79
4.3 Desarrollo de la evaluación de oportunidades <i>Lean</i>	82

<i>CAPÍTULO V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	89
5.1 Análisis de datos	89
5.2 Análisis de la evaluación organizacional.....	91
5.3 Análisis de resultados del diagnóstico de desperdicios y fuentes.....	95
<i>CAPÍTULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO</i>	106
6.1 Costeo de las mejoras propuestas	106
6.2 Evaluación económica	107
<i>CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de mapa de procesos en una organización.....	21
Figura 2: Ciclo PDCA	26
Figura 3: Histograma.....	27
Figura 4: Diagrama de Pareto	28
Figura 5: Diagrama de causa-efecto	29
Figura 6: Tipos de correlación	30
Figura 7: Gráfico de control.....	32
Figura 8: Proceso de implementación de técnicas Lean	36
Figura 9: Dispersión de frecuencias y el significado físico del sigma	42
Figura 10: Diagrama ABC de clientes	55
Figura 11: Matriz QFD – Quality Function Deployment.....	56
Figura 12: Diagrama CTQ para la fabricación de zunchos.....	62
Figura 13 Mapa del proceso de fabricación de zunchos	63
Figura 14: Diagrama SIPOC de la línea de extrusión.....	63
Figura 15 Mapa de flujo de valor actual	68
Figura 16 Balance actual de los tiempos de operación	69
Figura 17: Gráfica R&R (ANOVA) del sistema de medición.....	76
Figura 18 Resultados de la prueba R&R para el sistema de medición	77
Figura 19: Prueba de normalidad de Anderson-Darling	77
Figura 20 Gráfica de variable individual y rango móvil	78
Figura 21 Análisis de la capacidad del proceso	79
Figura 22 Merma acumulada luego del cambio de malla	85
Figura 23 Conjunto de cinco rodillos jaladores.....	90
Figura 24 Conjunto de tres rodillos jaladores	90
Figura 25 Rodillo de salida.....	91
Figura 26 Estructura del taller Kaizen	94
Figura 27 Diagrama de Por qué	95
Figura 28 Colocación de etiquetas verdes en artículos no necesarios.....	99
Figura 29 Formato de información de artículos	100
Figura 30 Señalización en anaqueles	1011
Figura 31 Contenedor de acopio de merma.....	1022

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Margen de utilidad por productos en el período Enero – Abril 2015	12
Tabla 2: Ranking de factores críticos en la implementación de proyectos Lean en pequeñas y medianas empresas y grandes empresas	51
Tabla 3: Volumen de ventas por tipos de zunchos durante el año 2014.....	54
Tabla 4: Costos de merma y reprocesos	58
Tabla 5: Matriz de factores para priorización de problemas.....	59
Tabla 6: Matriz de priorización de problemas	59
Tabla 7: Tabla de relación entre CTQ's e Y's que necesita mejora	64
Tabla 8: Número de rollos vendidos en el año 2014	65
Tabla 9: Parámetro para el cálculo del tiempo Takt.....	66
Tabla 10: Análisis a modo de fallas y errores	71
Tabla 11: Escala de puntuación del nivel de impacto.....	73
Tabla 12: Matriz de evaluación de variables de entrada.....	73
Tabla 13: Resultados de la prueba de medición para la prueba R&R.....	75
Tabla 14: Propuesta de estructura de Six Sigma simplificada en función del número de empleados	80
Tabla 15: Matriz de puntuación	81
Tabla 16: Resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta	82
Tabla 17: Tipos de desperdicios	85
Tabla 18: Mediciones sobre el cambio de malla y reprocesos por turno	86
Tabla 19: Factores de baja puntuación.....	92
Tabla 20: Desarrollo de talleres Kaizen	93
Tabla 21: Criterios para la fase de selección	98
Tabla 22: Programa de limpieza	102
Tabla 23: Recursos requeridos para la implementación de las mejoras.....	106
Tabla 24: Producción mensual de zunchos de polipropileno	107
Tabla 25: Tiempo por cambio de malla.....	108
Tabla 26: Análisis de las actividades en el cambio de malla.....	109
Tabla 27: Tiempo empleados durante el cambio de malla	109
Tabla 28: Mejoras propuestas utilizando Lean Six Sigma	110
Tabla 29: Ahorro en reproceso de colada esperado.....	111
Tabla 30: Ahorro en reproceso de productos finales esperado	111
Tabla 31: Flujo neto del proyecto	112

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta de satisfacción	120
Anexo 2: Tabla de conversión de DPMO a nivel de sigma.....	121
Anexo 3: Gráfico de entradas y salidas del proceso de calentamiento de materia prima y línea de extrusión	122
Anexo 4: Formato de registro de mediciones ancho de zuncho	123
Anexo 5: Registro de mediciones de ancho de zuncho	124
Anexo 6: Test de evaluación sobre el potencial de la organización frente a la implementación de la metodología Lean Six Sigma	125
Anexo 7: Manual de procedimiento de cambio de filtro.....	127

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 La Empresa

La empresa en estudio se dedica a la comercialización y fabricación de productos para embalaje. Con más de 20 años en el mercado, ha logrado ser una de las empresas más reconocidas en su rubro y sus productos tienen presencia a nivel nacional.

Además, la empresa tiene un fuerte compromiso con el medio ambiente; ya que su materia prima es el plástico reciclado, el cual transforma para obtener artículos útiles para el embalaje.

1.2 Sector y actividad económica

La empresa en estudio es fabricante de productos de plástico para embalaje y se encuentra; según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) – Revisión 4 (2010,72), en la sección C Industrias Manufactureras, división 22 Fabricación de productos de caucho y de plástico, grupo 222 Fabricación de productos de plástico, clase 2220 Fabricación de productos de plástico.

1.3 Entidades participantes en el modelo de negocio

- Clientes

Son aquellas empresas u organizaciones que requieren de los productos de embalaje. Para el caso, los clientes son principalmente empresas del

rubro agroexportador y distribuidoras minoristas, que actúan como intermediarios. Los productos de la empresa tienen presencia a nivel nacional.

- Proveedores

Son aquellas empresas que proporcionan materia prima a la empresa y algunos productos finales que son objeto de comercialización. Debido a que la empresa utiliza como insumo el plástico reciclado, los principales proveedores son empresas recicladoras de plástico.

- Competidores

Son aquellas empresas que se encuentran también en el rubro del embalaje y tienen presencia a nivel nacional. Por el rubro, los competidores se diferencian por los sectores geográficos a los que atienden; es decir, proveedores de empresas del norte y proveedores de empresas del sur.

1.4 Distribución de planta

La empresa se encuentra en el distrito de Chorrillos y tiene un área aproximada de 1,925 m². Este espacio comprende el área administrativa y productiva, según el siguiente detalle.

- Área administrativa: es un área de 154 m², donde tienen lugar las oficinas del gerente general y un espacio compartido entre el resto del personal administrativo. Además cuenta con una sala de reuniones.
- Planta de producción: existen dos plantas de producción; cuyas áreas son de 200 y 178 m² para zunchos y ángulos respectivamente.
- Almacén de materia prima: existen dos almacenes de materia prima, cada uno de los cuales corresponde a una línea de producción. El

almacén de materia prima de zunchos mide 133.2 m²; mientras que el de esquineros tiene una dimensión de 62 m².

- Almacén de productos terminados: existen tres almacenes de productos terminados; dos de ellos son utilizados para los productos fabricados en planta (zunchos y esquineros) y el tercero, para los productos que se compran y comercializan (productos variados). El almacén correspondiente a zunchos mide 102 m²; mientras que el correspondiente a esquineros tiene una dimensión de 160 m². El almacén de productos comercializables es de 20 m².
- Comedor: la empresa cuenta con un comedor para los trabajadores de planta. Su extensión es de 10 m².

Además se cuenta con servicios higiénicos tanto en el área administrativa como de producción.

1.5 Maquinaria y equipos

La empresa cuenta con distintas máquinas que emplea para la producción y preparación de sus pedidos; las cuales se mencionan a continuación:

- Máquina peletizadora
- Máquina extrusora de zunchos
- Máquina extrusora de ángulos
- Máquina embobinadora
- Máquina selladora
- Molino
- Cortadora manual
- Balanza
- Máquina de tensión

1.6 Materia prima e insumos

A continuación se describen los insumos que utiliza la empresa en sus procesos de fabricación, siendo el principal el polipropileno.

- Polipropileno: la empresa utiliza polipropileno reciclado, el cual es adquirido por colores. El polipropileno es el más ligero de los plásticos importantes, con una densidad de 0.905; su alta cristalinidad le proporciona una elevada resistencia a la tracción, rigidez y dureza (Billmeyer, 1975: 393).
- Masterbach: es el pigmento utilizado para uniformizar el color de la materia prima.
- Tuco de cartón: es un cilindro hueco de cartón, el cual lleva impresa la marca y sirve como eje para los rollos de zunchos.
- Stretch film: es una lámina delgada, transparente y elástica que sirve para envolver y proteger de la suciedad a los zunchos. Es utilizado principalmente en los zunchos de colores claros o a solicitud del cliente.
- Polietileno de baja densidad: es utilizado en pocas cantidades para proporcionar mayor elasticidad a la materia prima.

1.7 Productos

La empresa fabrica dos productos bajo su propia marca: zunchos y ángulos para embalaje. Además comercializa otros productos del rubro de embalaje; tales como: cintas, grapas, máquinas de enzunchar,

masterbach, rafia, zuncho metálico, zuncho de PET, repuestos y stretch film.

1.7.1 Zuncho de polipropileno

El zuncho de polipropileno es una cintilla plástica que sirve para asegurar las diferentes cargas de paletizados; según el material, son utilizados por distintos usuarios; tales como: agroexportadores, madereros, cerámicos y textiles. Asimismo, son elaborados de distintas anchos, espesores y tamaños y; dependerá del cliente elegir aquel que se ajuste a sus necesidades.

Con respecto al ancho, se ofrecen las medidas de $3/8'$, $1/2'$, $5/8'$, $3/4'$. En cuanto a espesores se tiene las medidas de 1 y 0.8 mm; los cuales dependen de la forma como será engrapado el zuncho: manual o automática respectivamente. Los colores disponibles son variados: negro, rojos, blanco, azul, verde, amarillo, lila, celeste y rosado.

La presentación es en rollos, los cuales pueden variar de peso a solicitud del cliente.

1.7.2 Ángulo de polipropileno

Los ángulos son esquineros de plásticos que sirven para la protección de bordes. Los lados del perfil forman un ángulo de 88° que facilita la adherencia a las esquinas de los embalajes.

Los colores disponibles para este producto son: verde, rojo y blanco. El tamaño y cantidad requerida es a solicitud del cliente.

1.8 Proceso productivo

El producto objeto de estudio de la presente investigación es el zuncho de polipropileno, cuya selección se explica en el punto 2.2 Identificación y Formulación del problema.

En primer lugar se recepciona y almacena la materia prima de acuerdo a su color.

El proceso de fabricación de zunchos consta de siete sub-procesos: peletizado, calentamiento de la materia prima, línea de extrusión, embobinado, pesado, sellado y embalado; los cuales se explican a continuación:

- Peletizado

El peletizado consiste en convertir la materia prima (polipropileno) en gránulos pequeños y homogéneos.

- Calentamiento de materia prima

El calentamiento de la materia prima consiste en verter la materia prima peletizada, polietileno de baja densidad, colada (merma del proceso, luego de ser molida) y chancaca (merma producida durante el cambio de filtro, luego de ser molida) en la calentadora para conseguir que el material adquiera la temperatura adecuada antes de entrar a la tolva. Adicionalmente, a la salida de la calentadora, la materia prima pasa por imanes que detienen las impurezas metálicas que puedan estar presentes en la mezcla.

- Línea de extrusión

Bajo la denominación de línea de extrusión se entiende a la totalidad de la instalación de producción para la fabricación de un extrudado

determinado, partiendo de plástico granulado o en polvo (Schwarz 2003: 59). Está conformada por las actividades de extrusión, calibración, moleteado y enfriamiento.

Extrusión:

La extrusora utilizada es monotornillo. La materia prima es ingresada en forma manual a través de la tolva de carga y luego pasa a la extrusora. La extrusión consiste en un tornillo o husillo que gira dentro de un cilindro fijo y calefaccionado, que compacta, funde, homogeniza y presiona contra la abertura de salida una masa de plástico (Schwarz 2003: 43).

Calibración:

La calibración consiste en dar las dimensiones requeridas al extrudado. El extrudado pasa primero por una tina de agua caliente y luego a través de cinco rodillos, cuyas velocidades y distancias proporcionan las características necesarias.

Moleteado:

Consiste en imprimir textura en el extrudado aún caliente.

Enfriamiento:

El enfriamiento pretende disminuir la temperatura del extrudado antes de ser embobinado. El extrudado pasa por una tina de agua fría; y luego, por medio de jaladores, recorre un tramo al aire.

- Embobinado:

A este proceso llega la tira de zuncho frío, la cual es enrollada alrededor de un tucó de cartón. El sistema está diseñado para que el enrollamiento sea realizado a lo largo del tucó. La bobina tiene un

sensor que se detiene cuando el peso del rollo de zuncho llega a 10 kilos aproximadamente.

- Pesado:

Debido a que la parada de la bobina no asegura que el rollo de zuncho tenga el peso establecido, el operario realiza el pesado del mismo. En caso no se haya llegado al peso exacto, se retorna el zuncho a la embobinadora y se realizan más revoluciones. De lo contrario, se retira metraje.

- Sellado:

Se realiza con una máquina enzunchadora. Consiste en engrapar tres pedazos de zuncho a través del rollo para evitar que éste pierda su forma. Cabe señalar que en este sub-proceso también se coloca un sello en el tuco con la fecha de fabricación.

- Embalaje:

Este sub-proceso se realiza para los zunchos de colores más claros, con el fin de conservar la limpieza de los colores. El embalaje se realiza con stretch film, agrupando de a dos los rollos.

Finalmente, los productos son llevados al almacén de productos terminados, para luego ser entregados o recogidos por los clientes.

1.9 Control de calidad

Actualmente no se tiene un área de Control de calidad; sin embargo, se ha determinado un procedimiento para asegurar la calidad, el cual consiste en lo siguiente:

- Cada 10 rollos de zunchos producidos, el operario corta un pedazo de aproximadamente 40 cm.
- El operario verifica la resistencia el zuncho es la máquina de tensión.
- Si la resistencia de la muestra no es la adecuada, se realizan los ajustes necesarios. Los 10 zunchos anteriores deben ser retirados.
- Al final del turno, los trozos cortados son entregados al jefe de producción.
- El jefe de producción verifica la resistencia de las muestras entregadas.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Situación problemática

De acuerdo al Resumen Ejecutivo sobre la Industria de Fabricación de Productos de Plástico publicada por la Sociedad Nacional de Industrias, el comportamiento de la producción nacional de productos de plástico ha sido fluctuante; con crecimientos significativos en el 2007 (10,9%) y 2010 (19,1%), y con reducciones productivas en 2009 (-3,9%) y 2012 (-0,8%). Sin embargo, el incremento de importación de plástico en formas primarias y productos finales y; la reducción de los índices de capacidad no utilizada demuestran el dinamismo productivo del sector.

En el período enero a noviembre del año 2013, el valor de importación de plásticos en formas primarias alcanzó los US\$ 1 387,4 millones, superior en 5,2% respecto al similar período del año anterior. Además, las compras al exterior de productos finales representaron el año 2012 el 13,9% del volumen total importado de productos plásticos y sus manufacturas, y en el acumulado enero a noviembre del 2013 esta participación alcanzó el 15,4%.

Por otro lado, el sector operó en el año 2012 en promedio al 77,6% de su capacidad instalada, y en el período enero – noviembre del año 2013 a un nivel del 83,8%, encontrando meses en donde diversas empresas operaron a más del 85% de su capacidad para poder cubrir la demanda interna.

Específicamente para los productos elaborados a partir de polipropileno; según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), los volúmenes de producción en Kg. alcanzaron las cifras de 40 956 920 Kg., 42 196 003 Kg. y 40 954 010 Kg. En los años 2010, 2011 y 2012 respectivamente; lo cual muestra un panorama fluctuante. Con respecto al volumen de importación de polipropileno, de acuerdo a

la SNI, en el 2011 se importó 201 949.9 TM; en el 2012, 222 553.1 TM y; en el período de enero-noviembre 2013, 216 364.4 TM.

La empresa en estudio, atiende principalmente a empresas del sector Agroexportador de productos tradicionales; al respecto, INEI reportó que el volumen de exportación en TN se ha incrementado, siendo de 1'216 394.5, 1'459 138.6, 1'464 301.2 en los años 2010, 2011 y 2012 respectivamente.

Considerando el contexto descrito anteriormente, las empresas que se encuentran en la industria de plásticos en el Perú (incluida la empresa en estudio) se ven en la necesidad de tener procesos efectivos que les permitan ser más competitivos y rentables en su rubro.

Por tal motivo, se plantea la propuesta de aplicación de la metodología DMAIC para la mejora del proceso de fabricación de zunchos.

2.2 Identificación y formulación del problema

Actualmente, la empresa produce dos artículos de embalaje: zunchos y ángulos de plásticos. Como se observa en la tabla 1, los costos de producción en el mes de Abril por kilo han disminuido en relación al primer trimestre del año. Sin embargo, en el caso del zuncho, el aumento del costo de producción deja un margen de ganancia muy bajo e incluso negativo; a pesar de mantener incrementos en las ventas en los últimos años. Por tal motivo, se pretende implementar mejoras en el proceso de fabricación de zunchos de polipropileno.

Tabla 1: Margen de utilidad por productos en el período Enero – Abril 2015

Producto	Concepto	Año 2015			
		Enero	Febrero	Marzo	Abril
Zunchos	Costo unitario (C.U.)	S/. 3.66	S/. 3.75	S/. 3.98	S/. 3.52
	Precio Unitario (P.U)	S/. 3.70	S/. 3.70	S/. 3.70	S/. 3.70
	Margen de utilidad	1.14%	-1.29%	-7.08%	5.15%
Ángulo	Costo unitario (C.U.)	S/. 0.57	S/. 0.58	S/. 0.58	S/. 0.56
	Precio Unitario (P.U)	S/. 0.75	S/. 0.75	S/. 0.75	S/. 0.75
	Margen de utilidad	32.28%	28.42%	29.09%	33.93%

Fuente: La Empresa

Elaboración propia

Con respecto a la producción de zunchos, la empresa no cuenta con un estándar diario de producción, lo cual no permite al responsable del área identificar caídas en el nivel de producción; así como, indicadores sobre nivel de inventarios, producción por operario, etc.

Por otro lado, hasta la fecha no existen procesos y procedimientos documentados; lo cual hace que la experiencia de los operarios sea determinante en la efectividad de su trabajo y la capacitación de cada uno de ellos sea tediosa.

Además, las paradas de máquinas dificultan cumplir con la producción diaria, las cuales se ocasionan por piezas desgastadas, mantenimiento y prueba de nuevos materiales.

Finalmente, existe reprocesos y productos que no cumplen con las características de ancho, espesor, peso y resistencia. Si los zunchos tienen mayor espesor de lo requerido quiere decir que la elongación pudo ser mayor; y por ende, representa

que se han perdido algunos metros de zuncho. Medidas incorrectas crean insatisfacción en los clientes finales, ya que, este producto no podrá ser utilizado para el fin que se fabricó.

Por lo expuesto, se formula la siguiente pregunta:

¿Es posible aplicar la metodología Lean Six Sigma como una alternativa para la mejora del proceso de fabricación de zuncho de polipropileno en una empresa del rubro de embalaje?

2.3 Justificación

El presente tesina está justificada de forma teórica, metodológica y práctica.

- Teórica:

El estudio reúne los requisitos propuestos por distintos autores para la implementación de la metodología *Lean Six Sigma* y, los evalúa en la realidad de una empresa; con lo que se pretende determinar la pre-factibilidad de la implementación. Asimismo, la investigación refuerza la importancia de evaluar primero los requisitos propuestos para el *Lean Six Sigma* antes de su implementación. Los resultados podrán generalizarse para empresas que reúnan las mismas características.

- Metodológica:

El estudio plantea una forma de evaluación para pequeñas empresas sobre la pre-factibilidad de la implementación *Lean Six Sigma*; la cual toma en cuenta la definición y medición del proceso, la identificación y análisis de desperdicios, y evaluación de la capacidad organizacional. Uno de los entregables del trabajo es un test para conocer la capacidad de la organización ante la implementación, lo cual es una herramienta que podrá

ser utilizada en futuras investigaciones para levantar información similar. Asimismo, al estar enfocada a una pequeña empresa, sugiera una forma de estudiar esta población.

- Práctica:

El resultado de la investigación será beneficioso para la empresa y los actores que participan en ella, como se detalla a continuación:

- Operarios: tendrán conocimiento sobre los desperdicios que están presentes en el proceso
- Jefe de planta: la información resultante del análisis a modo de fallos y errores le permitirá tomar medidas preventivas sobre la ocurrencia de problemas severos.
- Jefe de producción: los datos obtenidos de la medición del proceso le permitirán obtener valores estándares de los desperdicios e identificar aumentos en el mismo.
- Gerencia: la evaluación realizada permitirá a la Gerencia conocer los aspectos positivos y negativos que posee su organización para hacer frente a la implementación de una herramienta de mejora de procesos.
- Empresa: la mejora de procesos implica beneficios económicos y organizacionales; ya que, trabaja sobre los desperdicios que generan mayores gastos y mejora la comunicación entre operarios y jefes.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Realizar el estudio de pre-factibilidad sobre la implementación de la metodología Lean Six Sigma para la mejora del proceso de fabricación de zunchos de polipropileno en una empresa del rubro de embalaje.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información acerca de los requisitos para la implementación de la metodología Lean Six Sigma.
- Realizar el diagnóstico actual de la empresa en términos de Lean Six Sigma.
- Seleccionar, confeccionar y aplicar las herramientas necesarias para conocer el cumplimiento de los requisitos para la implementación de la metodología Lean Six Sigma por parte de la empresa.
- Analizar los resultados obtenidos y discutir el cumplimiento de los requisitos para la implementación de la metodología Lean Six Sigma.

2.5 Alcance

La tesina comprende la aplicación de herramientas para evaluar el cumplimiento de los requisitos por parte de la empresa para una futura implementación de la metodología Lean Six Sigma.

La etapa de evaluación se desarrolla en tres aspectos. En primer lugar, se desarrolla las fases Definir y Medir de la metodología DMAIC para obtener un diagnóstico inicial de la empresa y conocer si el proceso cumple con los requisitos para la aplicación de Six Sigma. Dentro de la evaluación de la organización se propone y aplica un test para evaluar la capacidad de la empresa para hacer frente a la implementación de la metodología. Por otro lado, se evalúa el proceso en términos de oportunidades Lean; para lo cual se realiza la identificación y medición de desperdicios en el proceso.

En la etapa de análisis y discusión de resultados se verifica el cumplimiento de los requisitos por parte de la empresa y se propone un plan para levantar los puntos que hayan sido calificados bajos.

2.6 Organización de la tesina

El presente trabajo de investigación comprende 8 capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el primer capítulo se presenta una breve descripción de la empresa, el sector al cual pertenece y la actividad económica que realiza, el producto en estudio y su proceso de fabricación.

En el segundo capítulo se presenta la situación problemática que motivo la investigación; así como, la identificación y formulación del problema, objetivos, justificación y alcance de la tesina.

En el tercer capítulo se presenta información teórica referente a temas de mejora de procesos, calidad, sistema *Lean*, *Six Sigma*, *Lean Six Sigma* y metodología DMAIC.

En el cuarto capítulo se realiza el desarrollo del estudio. En primer lugar, se desarrollan las fases definir y medir de la metodología DMAIC; en segundo lugar, se evalúa la capacidad de la organización y; por último, se realiza la identificación y medición de las oportunidades Lean.

En el quinto capítulo se presenta el análisis y discusión de los resultados obtenidos de la evaluación y se propone un plan para levantar los puntos con menor puntaje.

En el sexto capítulo se presenta el costeo de las mejoras propuestas.

Finalmente, en el séptimo capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llega de acuerdo a la investigación realizada.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Estudio de Pre factibilidad

El concepto de estudio de pre factibilidad es abordado por Miranda (2005, 12), quien indica lo siguiente:

En esta etapa se depuran, con un mayor grado de detalle, los aspectos de consumo, técnicos, financieros, institucionales, administrativos y ambientales (...) Al terminar el estudio de pre factibilidad se espera, entonces, o mejorar el nivel de información para tomar una decisión más ponderada y pasar al estudio de factibilidad, o proceder al diseño definitivo para ejecutarlo, o abandonar el proyecto de manera temporal o definitiva al no presentar ventajas competitivas que ameriten su ejecución.

3.2 Gestión de procesos

3.2.1 Definición de proceso

La palabra proceso proviene del término en latín *processus*. Según informa el diccionario de la Real Academia Española (RAE), este concepto describe la acción de avanzar o ir para adelante, al paso del tiempo y al conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.

Sin embargo, la definición de proceso ha sido abordada por varios autores y para distintos campos de estudio, pero manteniendo la esencia. Por ejemplo, Carl Duisberg Gesellschaft e. V. (citado por Fontalvo y

Vergara, 2010: 71) define un proceso como la combinación de personas, información, máquinas y materiales a través de una serie de actividades conjuntas para producir bienes y servicios que satisfagan las necesidades del cliente. Asimismo, según lo indicado por la ISO (siglas en inglés de International Organization for Standardization) 9001:2015 (Cochran; 2016), un proceso se define como un conjunto de actividades que están relacionadas entre sí o que interactúan una con otra; que además, utilizan recursos para transformar entradas en productos.

3.2.2 Elementos de un proceso

Pérez Fernández de Velasco (2010:44) plantea que hay tres elementos presentes en un proceso:

a. Entradas:

Es un producto cuyas características responden a criterios de aceptación previamente definidos. A su vez, la entrada de un proceso es la salida de otro. Estos elementos pueden ser físicos (por ejemplo materia prima, documentos, etc.), como elementos humanos (personal) o técnicos (información, etc.).

b. Secuencia de actividades:

Es el conjunto de actividades que requiere de medios y recursos para su correcto funcionamiento y cumplimiento del propósito del proceso. Dentro de este elemento, es necesario un sistema de control, el cual a través de indicadores asegure el cumplimiento de los criterios de aceptación.

c. Salidas:

Son los resultados con la calidad exigida por el estándar del proceso. La salida de un proceso representa la entrada de un “proceso cliente”. Este

producto debe tener un valor intrínseco, medible o evaluable, para su cliente o usuario.

Es posible distinguir dos tipos de salidas:

- De producto tangible: salida concreta.
- De eficacia: valor o satisfacción.

3.2.3 Clases de procesos

La figura 1 es un ejemplo de mapa de procesos en una empresa, los cuales se encuentran clasificados en procesos estratégicos, clave y de apoyo.

a. Procesos estratégicos:

Son procesos que se relacionan directamente con la misión y visión de la empresa; y permiten conducir los esfuerzos de acuerdo a las metas, políticas y estrategias planteadas en esta (Rey, s.f.).

b. Procesos clave:

Son los procesos que engloban las actividades que adhieren valor al producto y tienen relación directa con la satisfacción del cliente (Rey, s.f.).

c. Procesos de apoyo:

Son procesos necesarios para el control y la mejora del sistema de gestión (Rey, s.f.).

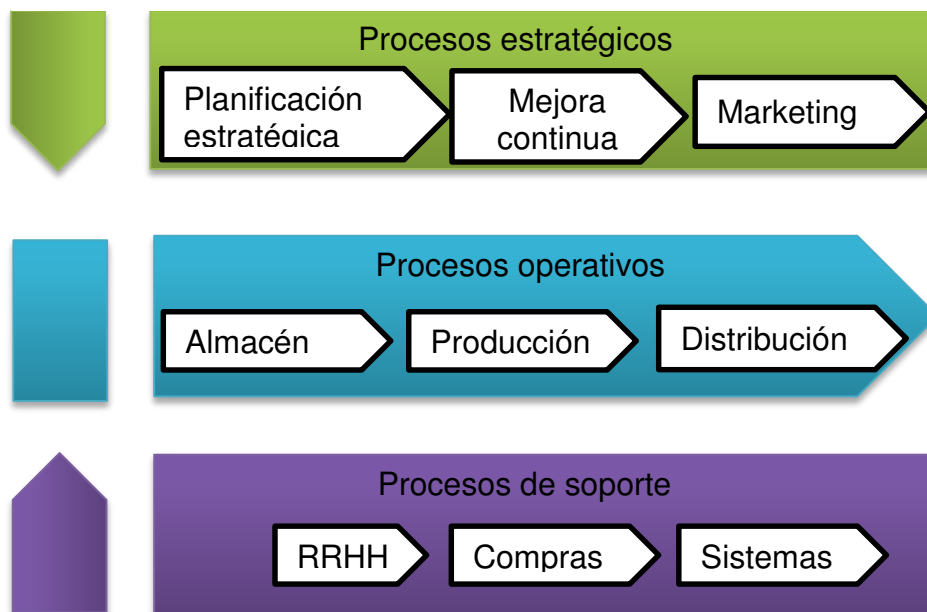
3.2.4 Mejora de procesos

La mejora de procesos consiste en acrecentar la efectividad y eficiencia de una organización, reforzar los controles y procedimientos internos para responder de forma más rápida a la demanda de nuevos y futuros clientes y aumentar la motivación y satisfacción por el trabajo realizado por las personas (Ministerio de Fomento, 2005:14).

Alcalde (2009:102) sostiene que los datos obtenidos en el seguimiento y medición de los procesos son claves para identificar oportunidades de mejora. Existen diversas herramientas que se emplean para la mejora de procesos; las cuales se explican en el punto 3.3.

Actualmente la mejora de procesos es un reto para todas las empresas.

Figura 1: Ejemplo de mapa de procesos en una organización



Elaboración propia

3.2.5 Tipos de mejoras del proceso

3.2.5.1 Mejoras estructurales

Una mejora estructural hace referencia al cambio en la estructura original del proceso; es decir, cambios en diseños y conceptos. Ejemplos de este tipo de procesos son: redefinición de interesados, redefinición de la secuencia de actividades, entre otros.

3.2.5.2 Mejoras en el funcionamiento

Una mejora de funcionamiento implica el incremento de eficiencia del proceso, ya sea mediante la reducción de costos, reducción de tiempo o aumento de calidad en los resultados. Entre este tipo de mejoras es posible citar la mejora de la resistencia en los alambres, reducción de productos defectuosos, entre otros.

3.3 Calidad

3.3.1 Definición de Calidad

Gómez (2003: 13-15) presenta cuatro formas de definir calidad:

La definición de Calidad según Jurán:

Juran (citado en Gómez, 2003:13) plantea que la calidad no es una casualidad; por el contrario, sostiene que esta debe ser planificada desde los altos niveles de la organización. De esta forma, define la calidad como “la aptitud para el uso”; es decir, que resalta la disponibilidad, fiabilidad y mantenimiento del producto; así como a la percepción que tiene el cliente sobre su diseño.

La definición de Calidad según ISO:

Según la norma ISO 9001:2015 (Dentch, 2016), la calidad es el grado en que un conjunto de características inherentes en un objetivo cumple una serie de requisitos. Las necesidades establecidas se refieren a aquellas que son conocidas previamente; como por ejemplo, los requerimientos de un contrato; sin embargo, existen otras características que son implícitas, las cuales son requerimientos identificados y definidos por la compañía basados en el conocimiento del mercado (Gómez F., 2003: 13-15)

La definición de Calidad según Feigenbaum:

Según Feigenbaum (citado en Gómez, 2003:14), la calidad es el conjunto completo de las características de marketing, ingeniería, fabricación y mantenimiento de un producto o servicio, a través del cual el producto o servicio cumplirá las expectativas del cliente.

La definición de Calidad según Cortada y Woods:

La definición de Cortada y Woods (citados en Gómez, 2003:15), trata de integrar varias definiciones de calidad y la establece como el grado en que los productos y servicios son conformes a los requerimientos de los clientes y además los satisfacen; incluye cero defectos y errores y, es un objetivo variable.

Adicionalmente, Alcalde (2009: 06) cita algunas otras definiciones de reconocidos personajes en cuanto a calidad:

Según Crosby (citado en Gómez, 2003:06), la calidad total es el cumplimiento de los requerimientos, donde el sistema es la prevención, es estándar, es cero defectos.

Por otro lado, para Deming (citado en Gómez, 2003:06), la calidad es el grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y adecuado a las necesidades de los clientes. Finalmente, Ishikawa plantea que la calidad consiste en diseñar, producir y ofrecer un producto o servicio que sea útil, al mejor precio posible, y que siempre satisfaga las necesidades del cliente.

Como se puede apreciar, diversos autores coinciden en que la calidad está enfocada a los clientes y en la satisfacción de sus necesidades y expectativas; lo cual incluye un sistema de cero defectos.

3.3.2 Costo total de la calidad

Sansalvador (2015) define los costos de calidad como un instrumento de gestión interna de la empresa, los cuales implican la inversión que realiza la empresa por decisión propia para asegurar la calidad, y por otro lado el costo provocado por fallas en de dicha calidad.

Como una forma de explotar el análisis de la información sobre los costos de calidad, es preciso identificar y clasificar los distintos componentes del mismo. De acuerdo a la propuesta de Feigenbaum (citado por Sansalvador, 2015) los costos se clasifican en cuatro categorías, las cuales se explican a continuación:

- Costes de fallos internos: son aquellos costos que resultan de productos o servicios que no cumplen con los requerimientos o necesidades del cliente, siempre que hayan sido descubiertos antes que el producto llegue a manos de este.
- Costes de fallos externos: son aquellos costos que resultan de productos o servicios que no cumplen con los requerimientos o

necesidades del cliente, siempre que la falla haya tenido lugar luego de la entrega del producto.

- Costes de prevención: son aquellos gastos realizados para disminuir la probabilidad de ocurrencia de errores.
- Costes de evaluación: son aquellos gastos correspondientes a análisis, inspecciones y mediciones con los que se pretende detectar fallas en el proceso; y según los resultados, se derivará a una acción correctiva.

3.3.3 Mejora de la calidad

Gómez (2003) sostiene que la transición hacia la cultura de la Mejora Continua de la Calidad requiere el liderazgo activo de todos y cada uno de los miembros de la organización. El escenario perfecto será conseguido cuando se halla creado un entorno en donde todos los colaboradores se sientan motivados a contribuir con la mejora de la calidad y sea éste un sistema que se sostenga en el tiempo.

Al igual que la mejora de procesos, la mejora de la calidad también está enfocada a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes. Existen herramientas que ayudan a cumplir este fin; siendo el Six Sigma una de las más eficaces.

3.4 Herramientas para la mejora de procesos y calidad

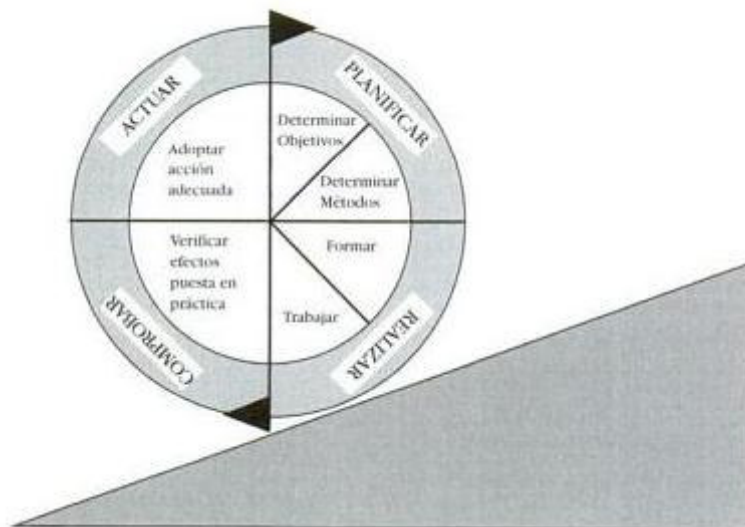
3.4.1 Ciclo PDCA

Cervera (2002: 31) sostiene que el Ciclo PDCA (siglas en inglés de plan, do, check y act) fue explicado inicialmente por Shewhart; sin embargo, es universalmente conocido como Ciclo o Rueda de Deming porque fue quien lo desarrolló y dio a conocer a través de sus publicaciones. Es una herramienta muy utilizada debido a que puede ser aplicada a cualquier proceso de la organización.

La Figura 2 muestra este ciclo dinámico conformado por cuatro etapas:

- Planificación: consiste en la recopilación de datos sobre el proceso, planteamiento de objetivos y definición de actividades necesarias
- Realizar: consiste en organizar y dirigir la ejecución
- Comprobar: consiste en monitorear las mejoras realizadas.
- Actuar: consiste en evaluar y comparar los resultados con el funcionamiento de las actividades antes de la implantación de la mejora para decidir si se realizará de forma definitiva o necesita hacer ajustes, luego de lo cual se retorna a la etapa de la planificación.

Figura 2: Ciclo PDCA



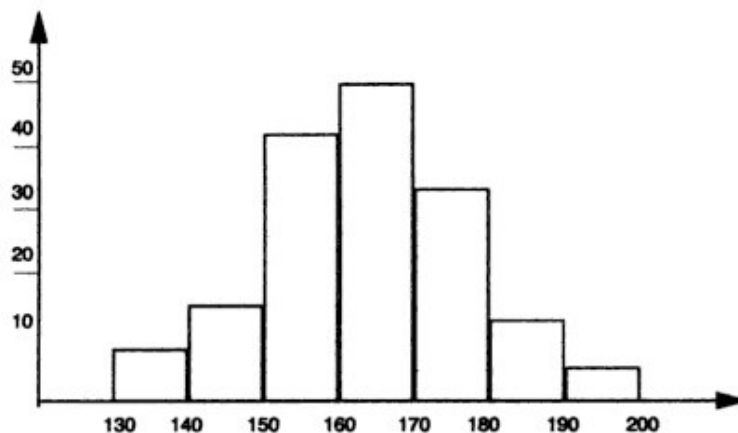
Fuente: Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad. Gómez (1997: 124)

3.4.2 Histograma

El histograma es una representación especial de diagrama de barras. Lin (2004: 35) explica que el histograma describe una distribución de frecuencias utilizando una serie de rectángulos adyacentes, la altura de cada rectángulo es proporcional a la frecuencia que representa cada clase.

Es útil para visualizar de manera gráfica y simple un conjunto de datos estadísticos; más aún cuando se trata de datos continuos. La Figura 3 muestra un ejemplo de Histograma.

Figura 3: Histograma



Fuente: Los siete instrumentos de la calidad total. Galgano (1995: 83)

3.4.3 El diagrama de Pareto

De acuerdo a lo explicado por Galgano (1995:126), el diagrama de Pareto es un método gráfico para identificar los problemas más importantes en una determinada situación y, por ende, las prioridades de intervención.

Esta herramienta es de gran utilidad; ya que, permite a las organizaciones centrar sus esfuerzos en los aspectos más importantes (puntos más altos del diagrama). Además, como se observa en la Figura 3.4, esta herramienta permite comparar dos representaciones del mismo fenómeno en tiempos diferentes con el fin de poner en relieve los resultados de las medidas de mejora adoptadas.

Figura 4: Diagrama de Pareto



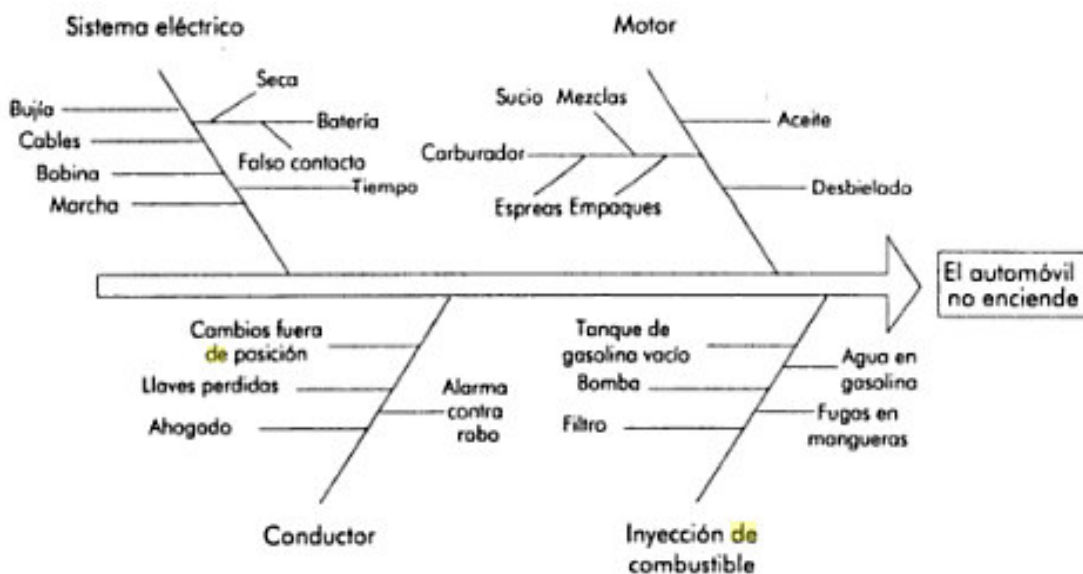
Fuente: Los siete instrumentos de la calidad total. Galgano (1995: 126)

3.4.4 El diagrama de causa-efecto

Según Galgano (1995: 115), el diagrama causa – efecto es una representación gráfica de las posibles causas de un fenómeno y en base a esto, se pone en marcha la búsqueda de las verdaderas causas.

Usualmente toma lugar luego del diagrama de Pareto y analiza los efectos de los sectores más altos (Guajardo, 2008:150). La Figura 5 muestra la aplicación del diagrama para el caso de un automóvil que no enciende.

Figura 5: Diagrama de causa-efecto



Fuente: Administración de la calidad total. Guajardo (2008:150)

Elaboración propia

3.4.5 El diagrama de dispersión

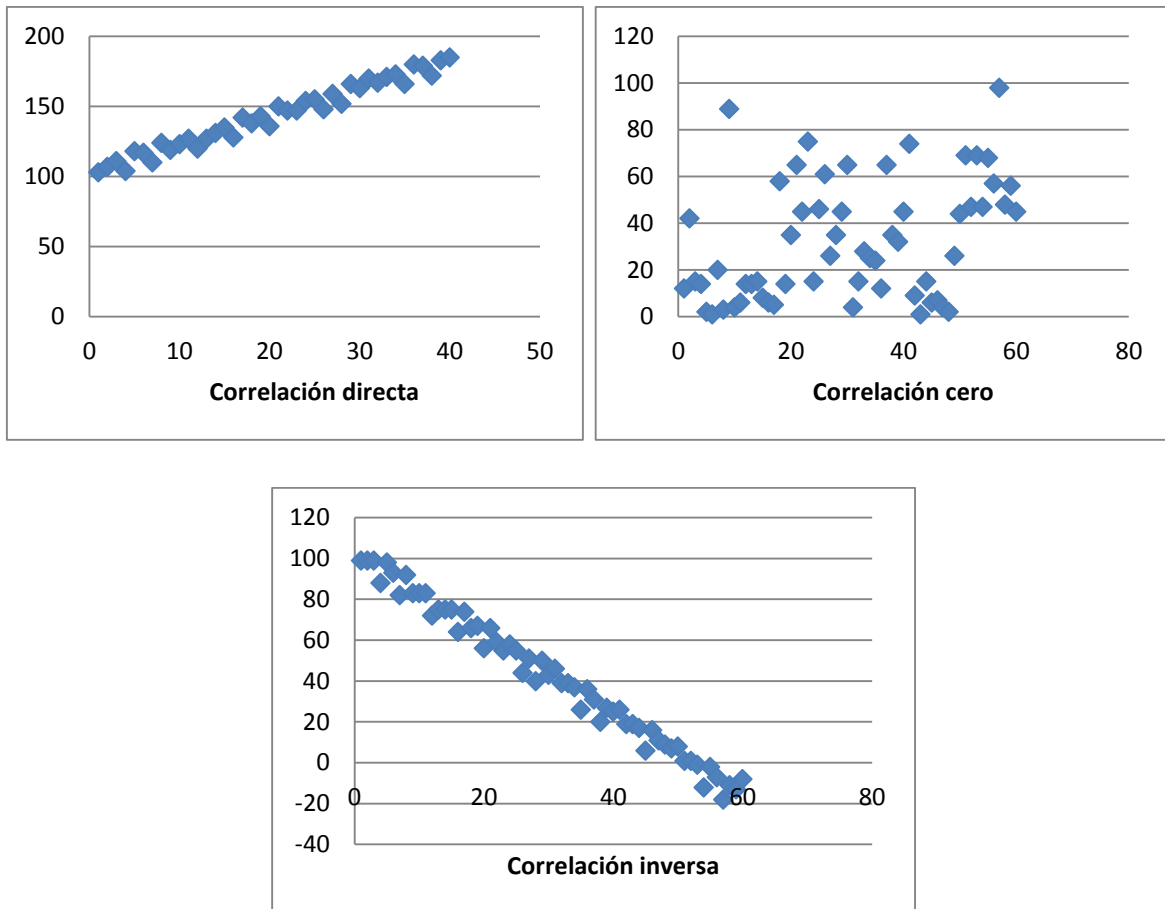
El diagrama de dispersión, también conocido como diagrama de correlación, es un gráfico cartesiano que representa dos variables y pretende explicar el cambio de una ellas (variable dependiente) en

relación con un cambio de la otra variable (variable independiente) (PMI, 2013:238)

En la Figura 6 se muestra los tipos de correlación que pueden tener las variables, las cuales son las siguientes:

- Correlación positiva: las variables son directamente proporcionales.
- Correlación negativa: las variables son inversamente proporcionales.
- Correlación cero: no es posible determinar un patrón de correlación entre las variables.

Figura 6: Tipos de correlación



Fuente: Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. PMI (2013: 238)

Elaboración propia

3.4.6 El diagrama de control

Lind, Marchal y Mason (2004: 631) explica que el diagrama de control en una representación gráfica que permite identificar el momento en que se han presentado causas o cambios de variación asignables al proceso; lo cual informa si el proceso está “bajo control” o “fuera de control”.

Existen dos tipos de diagramas de control:

- Diagrama de control para variables: representa mediciones de variables de intervalo o de razón. Por ejemplo: número de piezas producidas por hora de trabajo (Lind, Marchal y Mason, 2004: 631).
- Diagrama de control para atributos: representa mediciones de carácter nominal. Por ejemplo: clasificación de un producto o servicio como aceptable o inaceptable (Lind, Marchal y Mason, 2004: 631).

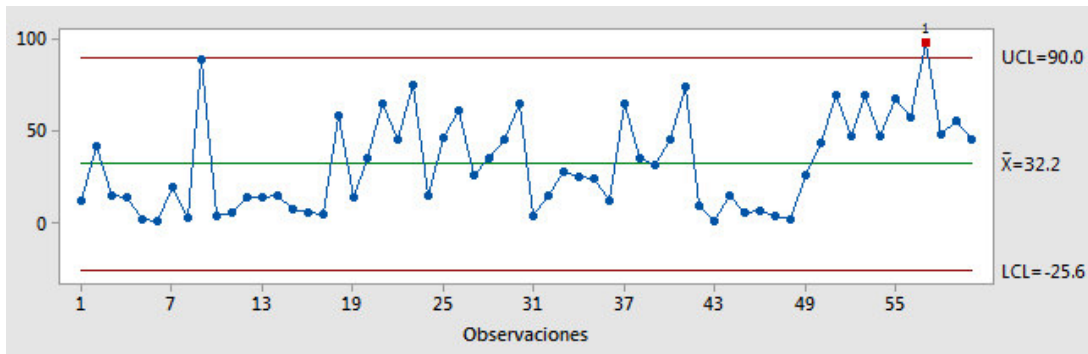
Los límites de control inferior y superior se establecen por lo general en $\pm 3 s$ alrededor de la media del proceso, que se establece a su vez en $0 s$ (PMI, 2013: 238). La figura 7 muestra un ejemplo de gráfico de control.

3.4.7 Hoja de verificación

La hoja de verificación es un formato utilizado para registrar información de inspecciones, revisiones u opiniones acerca de atributos o factores previamente establecidos (PMI, 2013: 237). Para su diseño es importante tener en cuenta el tipo de datos que se va registrar y la relación que debe haber entre ellos, el período de observación, simbología, entre otros.

Según Guajardo (2008: 153) esta herramienta es el punto de partida de la mayoría de los ciclos de solución de problemas.

Figura 7: Gráfico de control



Fuente: Estadística para administración y economía. Lind (2004).

Elaboración propia

3.4.8 Diagrama de flujo

Gómez (1997) define el diagrama de flujo como una representación gráfica de las distintas etapas de un proceso, en orden secuencial. Esta herramienta es muy utilizada; ya que, es posible aplicarla a cualquier tipo de proceso: estratégico, operativo y de soporte. Además, permite visualizar entradas y salidas del proceso; así como, decisiones y actores del mismo,

La elaboración del diagrama de flujo permite al equipo de trabajo tener mayor entendimiento del proceso y reconocer quienes son sus clientes; a partir de esto, es posible identificar oportunidades de mejora y replantear el flujo hasta optimizarlo (PMI, 2013: 236).

3.4.9 El diagrama de proceso o SIPOC

Tovar (2007: 38) explica que el diagrama SIPOC es una técnica muy útil para mapear procesos a alto nivel. Su nombre se debe a las iniciales de Supplier, Input, Process, Output, Customer; lo cual se explica a continuación:

- Supplier o Proveedor es la persona o proceso que suministra algún insumo.
- Input o Insumo es el elemento que se requiere para llevar a cabo el proceso; normalmente proviene de un proceso previo y puede ser material, información, recurso, etc.
- Process o Proceso es la secuencia de actividades que convierten los insumos en salidas.
- Output o Salida es el resultado generado por el proceso.
- Customer o Cliente es la persona o proceso que recibe los resultados del proceso.

3.4.10 Matriz QFD

Quality function deployment, traducida normalmente como “Función de Desarrollo de la Calidad” o “Despliegue de la Función de Calidad”, proporciona un método sistemático para desarrollar la calidad de diseño en relación a los requerimiento del consumidor (Cuatrecasas 2012:603).

La matriz o gráfico de la calidad QFD, herramienta utilizada por esta metodología, parte del conocimiento del cliente y de la demanda y; por otro lado, recoge las posibles alternativas de diseño que permitan satisfacer esta demanda (Cuatrecasas 2012:604).

Entre algunas ventajas de esta herramienta se puede destacar: mejora de la comunicación del equipo, al ser una actividad interdepartamental;

mejora la calidad del producto mediante el análisis y priorización de las necesidades del cliente y; que facilita la generación de una base de datos para futuros diseños (Grima, 1995:29).

3.4.11 AMEF (Análisis de modo y efectos de fallas)

El Análisis del Modo de Fallas y Efectos (AMFE) es un estudio sistemático de los fallos y sus causas, tomando como base los efectos Cuatrecasas (2000: 59-63).

El objetivo de esta herramienta es disminuir la probabilidad de fallos dentro de proceso; para lo cual se sirve del cálculo de Índice de prioridad de riesgo (IPR). El IPR es un índice que considera tres variables: frecuencia de ocurrencia del modo de fallo, gravedad del efecto y probabilidad de que el modo de fallo llegue al cliente; de esta forma, busca priorizar los fallos para definir posibles acciones correctivas Cuatrecasas (2000: 77-82).

3.5 Sistema Lean

3.5.1 El desperdicio

Muda significa “despilfarro”, es toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor (Jones y Womack, 2005: 25). Eliminar los desperdicios es uno de los principios del sistema Lean. En la dura lucha contra los desperdicios, Taichi Ohno identificó los siguientes siete tipos:

- Desperdicios por exceso de producción o sobreproducción: es el desperdicio de recursos que se ocasiona por la anticipación de

producción aún no solicitada por el mercado. El sistema lean plantea lo contrario a esto; lo cual se alinea con el sistema *pull* y consiste en que cada proceso debe atender a su cliente en el flujo de valor exactamente con lo que solicita.

- Desperdicios por sobreprocesamiento o proceso inadecuado: es el consumo innecesario de recursos debido a la utilización de métodos de trabajo ineficientes.
- Desperdicios debido a las existencias o stocks: es el exceso de materiales que no se encuentran en ningún proceso. Cuatrecasas (2010: 114) sostiene que este tipo de desperdicios es más grave aún; ya que, es fuente indirecta y facilita la presencia de cualquier otro desperdicio.
- Desperdicios debido a transportes y manipulación innecesarios: son las distancias recorridas por materiales o productos ocasionados por diseño de procesos y distribuciones de planta mal planificados (Cuatrecasas, 2010:115).
- Desperdicios por movimientos innecesarios: movimiento de personas que no añaden valor al producto.
- Desperdicios debido a los tiempos de espera: son las esperas ocasionadas por la falta de sincronización. Para esto, el sistema Lean se basa en los principios del sistema *JIT*.
- Desperdicios debido a la insuficiencia en el nivel de calidad: son aquellos productos defectuosos que provocan la pérdida o repetición de actividades.

3.5.2 Principios del pensamiento Lean

En la figura 8 se explica el proceso de implementación de las técnicas *lean* propuesto por el *Lean Enterprise Institute*, el cual consta de cinco pasos (Jones, 2005):

- Definir el valor desde la perspectiva del cliente
- Identificar la cadena o flujo de valor
- Asegurar que el valor fluya sin interrupciones; es decir, eliminar los desperdicios presentes en el proceso, tomar un enfoque por procesos, caminar hacia lotes de producción más pequeños.
- Adoptar el sistema *pull* (jalar).
- Buscar la perfección

Figura 8: Proceso de implementación de técnicas Lean



Fuente: Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Jones (2005)

Elaboración propia

3.5.3 Herramientas Lean

Para llevar a cabo la mejora de procesos dentro de una organización es necesario emplear herramientas que hagan posible la detección de oportunidades de mejora y posteriormente, el logro de mayor eficiencia. Las herramientas disponibles son diversas, su empleo será de acuerdo a las necesidades de la organización.

3.5.3.1 5 S

Es un sistema desarrollado en Japón, considerado como el primer paso en el camino hacia una filosofía de calidad. La denominación 5'S se debe a cinco palabras japonesas que empiezan con la letra "S" (Socconini y Barrantes, 2005), las cuales se describen a continuación:

- Seiri (Seleccionar): consiste en remover del área de trabajo aquellos elementos que no se necesitan para realizar las actividades.
- Seiton (Organizar): ordenar los elementos necesarios e identificarlos de forma adecuado para facilitar su uso, localización y retorno.
- Seiso (Limpiar): consiste en mantener en buenas condiciones el ambiente de trabajo.

- Seiketsu (Estandarizar): consiste en definir la forma más adecuada de llevar a cabo las primeras 3'S.
- Shitsuke (Seguimiento): consiste en definir un sistema que mantenga comprometida la organización con las 5'S.

3.5.3.2 TPM

El TPM (siglas en inglés de total productive maintenance) a menudo se define como “mantenimiento productivo que implica una participación total” (Nakajima, 1991: 10); sin embargo, la definición completa abarca cinco elementos más:

- Maximizar la efectividad del equipo.
- Establecer un sistema de mantenimiento preventivo perenne.
- Interdepartamental
- Compromiso de cada empleado
- Actividades autónomas de pequeños grupos.

3.5.3.3 POKA YOKE

Es una herramienta japonesa que significa “a prueba de errores”, la cual busca prevenir la ocurrencia de errores o advertirla al operario que debe corregirlo. Shigeo Shingo (citado en Kogyo, 1988) sostiene que esta herramienta se enfoque a las tareas rutinarias que normalmente demandan vigilancia por parte de los trabajadores, y de esta forma, libera tiempo y sus mentes para realizar actividades que agregan valor.

3.5.3.4 SMED (Single Minute Exchange of Die)

Es una metodología japonesa enfocada en la reducción de los tiempos de preparación; lo cual permitirá trabajar con lotes de producción más pequeños (Shingo, 1990: 35-36).

Según Shingo (1990, 36-44) sostienen que las preparaciones son de dos tipos:

- Preparaciones internas (IED): actividades de preparación que se realizan con máquina parada.
- Preparaciones externas (OED): actividades de preparación que se realizan con máquina en marcha.

Asimismo, existen cuatro fases conceptuales para su desarrollo:

- Fase preliminar: no están diferenciadas las preparaciones internas y externas.
- 1º Etapa: separación de las preparaciones internas y externas.
- 2º Etapa: convertir las preparaciones internas en externas
- 3º Etapa: perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

3.5.3.5 JIT (Just in time o Justo a tiempo)

Según Hay (1989), el propósito del JAT es “la producción de la cantidad mínima posible en el último momento posible utilizando un mínimo de recursos, y eliminación del desperdicio en el proceso de producción”. Esta metodología está íntimamente ligada a la calidad; ya que una empresa que pretende tener un flujo constante en su producción no puede permitirse reprocesar productos. De esta forma, JAT exige calidad

en la fuente o prevención a priori; es decir, calidad desde el operario, la máquina y el proceso del proveedor.

3.5.3.6 KANBAN

Kanban es una palabra japonesa que significa “tarjeta”, la cual es la herramienta clave dentro de este sistema. Kanban cumple un rol importante en la conducción del flujo de producción y materiales dentro de un sistema *pull* (Cimorelli: 2013). Con respecto a la producción, el sistema kanban indica la producción de una pieza, componente o subconjunto sólo cuando la siguiente operación en el proceso ha comenzado a trabajar en la unidad o lote producido previamente.

Asimismo; el sistema kanban indica, a través de tarjetas, la necesidad de retirar piezas de los centros de distribución o solicitarlas al proveedor; es decir, asegura el flujo de materiales (Cimorelli: 2013).

3.6 Six Sigma

Seis Sigma tuvo sus inicios en Motorola, con las iniciativas de Mikel Harry sobre los estudios de variabilidad en los procesos, como una estrategia para mejorar los mismos. Sin embargo, la implementación más exitosa de Seis Sigma se atribuye a la impulsada por el CEO de General Electric, Jack Welch, quién logró obtener ahorros en costos por 320 millones de dólares en menos de dos años (Eckes, 2006: 25).

El enfoque Seis Sigma se basa en modelos de calidad previos; como las filosofías de Deming y Jurán; por lo cual tiene como principal objetivo la satisfacción del cliente a través de la producción de mayor calidad a menor costo (Cecchi y Molteni, 2005:22-28)

Gómez (2003) define Seis Sigma como una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos para definir problemas, levantar información y analizarla para proponer mejoras; finalmente establecer métodos para controlar el proceso.

Algunas otras características del Seis Sigma es la asignación de metas a corto plazo como parte un objetivo a largo plazo y; la aplicación de medidas en el proceso como los defectos por millón de oportunidades (DPMO) (Cecchi y Molteni, 2005:27-37).

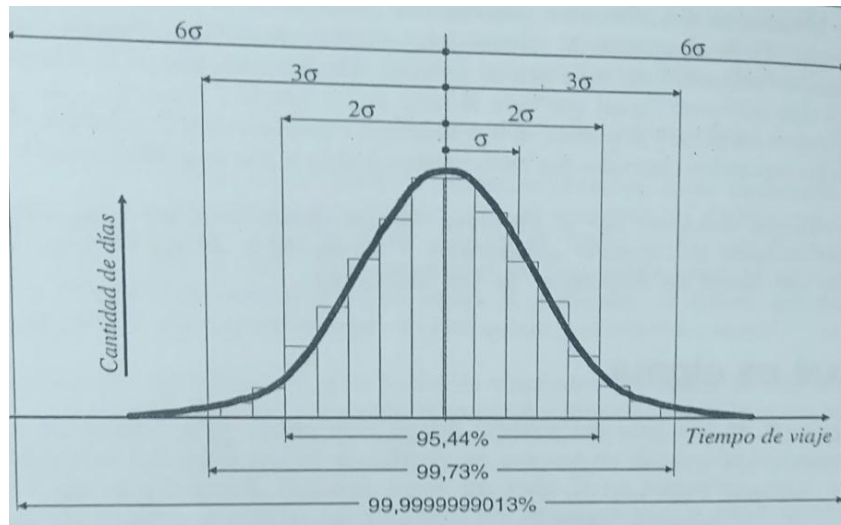
3.6.1 Las métricas del six sigma

3.6.1.1 Variación

El sigma, σ , es una letra del alfabeto griego con la cual se denomina la desviación estándar de un proceso, una medida de variación (Cecchi, 2005: 27). De esta forma, a mayor sigma se puede decir que los valores están más dispersos.

En la figura 9 se observa que, una vez conocida la función, se puede obtener el porcentaje de valores que quedan comprendidos entre una cierta cantidad de sigmas.

Figura 9: Dispersión de frecuencias y el significado físico del sigma



Fuente: *El liderazgo del lean six sigma* (Cecchi: 2005)

3.6.1.2 DPMO

DPMO son las siglas de defectos por millón de oportunidades y se calcula multiplicando la cantidad de defectos por oportunidad (DPO), por el valor de un millón.

$$DPMO = DPO \times 1000000$$

Luego, DPO se calcula dividiendo la cantidad total de defectos por el total de oportunidades de error. Por lo cual, obtenemos lo siguiente:

$$DPMO = \frac{\text{Cantidad total de defectos}}{\text{Cantidad total de oportunidades de error}} \times 1000000$$

El DPMO puede ser convertido a sigma (σ) o viceversa utilizando la tabla de conversión del Anexo N° 2. Por ejemplo, para un nivel de 6 sigma, el corresponde un % de defectos de 0,00034%; es decir, 3.4 DPMO y un rendimiento de 99.9997% (Cecchi y Molteni, 2005: 277-281).

3.6.1.3 Rendimiento

Es la probabilidad de que el proceso entregue o produzca con cero defectos (Cecchi y Molteni, 2005: 280). Su cálculo es el siguiente:

$$\text{Rendimiento} = 1 - DPO$$

3.6.1.4 Capacidad del proceso

La capacidad de un proceso se refiere al grado en que éste satisface las especificaciones o estándares establecidos. Puede darse el caso, en que un proceso esté desarrollando un comportamiento no esperado y; por lo tanto, este fuera de los límites especificados (Cecchi y Molteni, 2005: 272).

El cálculo de la capacidad del proceso se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{\text{Distancia entre los límites de especificación}}{\text{Variabilidad del proceso}} = \frac{\text{Tolerancia}}{6s}$$

Y el resultado es interpretado de la siguiente manera:

$C_p = 1$ → Proceso capaz: el proceso cumple exactamente con las especificaciones

$C_p > 1$ → Proceso capaz: la respuesta del proceso es más precisa que las especificaciones

$C_p < 1$ → Proceso no es capaz: la respuesta del proceso es más amplia que las especificaciones

3.6.2 Cultura Six Sigma

Según Cecchi y Molteni (2005: 74) “aunque la rigurosidad y seriedad de un equipo Six Sigma se mantenga a lo largo del proyecto, difícilmente pueden lograrse resultados significativos si no se trabaja en el ámbito cultural”. Debido a esto; así como existe la metodología DMAIC para la ejecución del proyecto; también existen algunos pasos a seguir para lograr la inmersión cultural en este enfoque, los cuales se explican a continuación:

- Determinación del propósito: es tarea de la dirección determinar con claridad el motivo para adoptar el Enfoque Six Sigma.
- Liderazgo ejecutivo y diseño de la estrategia: consiste en definir y diseñar el despliegue de cómo se difundirá el Enfoque Six Sigma. Asimismo, es necesario definir la estructura, cuyos principales personajes son:
 - Ejecutivos: equipo que cumple el rol estratégico
 - Champion: patrocinador del proyecto. Cumple el rol de facilitador y tiene dos grandes de colaboradores: los Ejecutivos y los Black Belt.
 - Black Belt: su dedicación es a tiempo completo al proyecto. Es el rol más renombrado dentro de la estructura Six Sigma, lidera el proyecto.
 - Green Belt: su dedicación es a tiempo parcial. Se encarga de coordinar los equipos de proyecto, sus reuniones y la asignación de cada miembro del equipo.

- Miembros de equipos de proyecto: personas que desarrollan el proyecto.

Además, es parte del diseño de la estrategia establecer los criterios de selección para los futuros proyectos (cantidad, alcance, fuentes de ideas, criterios de priorización, entre otros).

- Capacitación: el plan de capacitación debe ser gestionado por los ejecutivos y contemplar a los champion, black belt, green belt, miembros del equipo y gerente.
- Desarrollo del proyecto crítico: despliegue de la metodología DMAIC. Véase punto 3.7
- Integración y expansión: esta etapa consiste en las medidas tomadas para asegurar la continuidad de la cultura Six Sigma en la empresa. La Integración se refiere a la recopilación y documentación de lecciones aprendidas; así como, definición de nuevas responsabilidades y revisión de la estrategia. La expansión hace referencia a la generación de nuevas propuestas de proyectos y la capacitación a los nuevos componentes de la estructura Six Sigma.

3.7 El enfoque Lean Six Sigma y la metodología DMAIC

El enfoque Lean Six Sigma provee una metodología para abordar los procesos y eliminar lo que no agrega valor, eliminar variación y centrar al proceso en lo que los clientes desean y esperan (Cecchi y Molteni, 2005:162). Asimismo, esta metodología, conocida internacionalmente

como DMAIC, emplea distintas herramientas de mejora de proceso, estadísticas, entre otros; para lograr su propósito.

Las siglas DMAIC hacen referencia a cinco pasos o etapas, las cuales se explican a continuación:

- Definir: es la primera etapa de la metodología DMAIC y consiste en conocer el proceso tal cual es para identificar oportunidades de mejora, los clientes del proceso, atributos del producto más valorados por los clientes, entre otros.
- Medir: consiste en medir el desempeño del proceso, para lo cual se aplican se requiere seleccionar las variables adecuadas para la medición, tomar datos y realizar los cálculos estadísticos.
- Analizar: esta etapa consiste en analizar las variables críticas y relacionarlas con los atributos más valorados por los clientes; de esta forma se pretende encontrar las variables que causan las principales fuentes de variación.
- Mejorar: esta etapa consiste en encontrar los valores óptimos para las variables críticas de entrada y de proceso, las cuales mejorarán el desempeño del proceso.
- Controlar: esta etapa consiste en verificar que se hayan cumplido los objetivos del proyecto mediante la implementación de las mejoras seleccionadas.

3.8 Factores de éxitos para la implementación de Lean Six Sigma en pequeñas empresas.

A medida que los proyectos Lean Six Sigma cobraron mayor importancia; surge la interrogante de por qué unos fueron más exitosos que otros. Con respecto a esto, se han realizado estudios de las variables que intervienen en la implementación de proyectos para determinar cuáles pueden ser considerados críticos.

3.8.1 Investigación sobre los factores que afectan el éxito de la implementación Lean en empresas logísticas de Tailandia.

Nattapan Buavaraporn y Lin Chen (s.f) realizaron un estudio en empresas logísticas en Tailandia que habían implementado proyectos lean, en el cual recolectó información a través de la aplicación de encuestas –cuestionarios, con el objetivo de encontrar una relación entre factores que intervienen en la implementación y el éxito del proyecto. De la revisión de material bibliográfico, se consideraron 5 factores para realizar el estudio: liderazgo y gestión, comunicación, capacidad financiera, habilidad y experticia y cultura organizacional.

Asimismo, se considera dos formas de medir el éxito de la implementación Lean. En primer lugar desde el punto de vista operacional; es decir los beneficios obtenidos en el desarrollo de los procesos internos; tales como: reducción de costos y desperdicios, mejora de la calidad del producto, flexibilidad y productividad. Por otro lado, están los beneficios organizacionales como la mejora de los indicadores de rentabilidad financiera y aspectos no financieros como la inversión en investigación y desarrollo de capacidades.

Como resultado de la investigación, se subraya la fuerte relación entre proyectos exitosos y la presencia de tres factores, los cuales son los siguientes:

- Liderazgo y gestión

Pande (citado por Buavaraporn, s.f, 3) sostiene que sin el continuo respaldo y compromiso de la gerencia, la verdadera importancia de la iniciativa estará en duda y el esfuerzo detrás de este se debilitará. De esta forma, un óptimo liderazgo y correcta gestión son unos de los requisitos fundamentales en los proyectos Lean.

- Capacidad financiera

Anchanga (citado por Buavaraporn, 03) explica que un proyecto de implementación Lean requiere de significativa inversión de recursos; tales como: capacitaciones, paquetes estadísticos, asesoría, recompensas al equipo, infraestructura, etc.

- Cultura organizacional

El comportamiento y actitud del equipo es el factor más importante para los proyectos Lean; ya que determina la forma de colaboración entre trabajadores, receptividad y la forma de compartir la información.

3.8.2 Un modelo conceptual para la implementación exitosa de Lean Six Sigma

Hilton, R. y Sohal, A. (2012) plantean un modelo basado en la perspectiva de las competencias para la implementación exitosa del Lean Six Sigma, a partir de la investigación bibliográfica y entrevistas a Master Black Belts en Australia.

Esta perspectiva se basa en que las compañías requieren tener los activos, habilidades y recursos necesarios para desarrollar sistemáticamente sus actividades a fin de conseguir una posición más competitiva en el mercado. Estas competencias pueden ser:

- Competencias personales: habilidades técnicas y blandas de los líderes del proyecto.
- Competencias corporativas: es la combinación de habilidades y conocimientos (envueltos en la cultura organizacional y métodos de trabajos que posee la organización); y experiencias; que hacen posible la implementación de mejoras.

El modelo plantea la relación entre las siguientes seis variables y el éxito del proyecto:

- Nivel de habilidad técnica del facilitador.
- Nivel de habilidad interpersonal del facilitador.
- Nivel de influencia del facilitador.
- Nivel de habilidad técnica del líder del proyecto.
- Nivel de habilidad interpersonal del líder del proyecto.
- Competencia organizacional

3.8.3 Factores críticos para el éxito de aplicación de seis sigma basado en un proceso analítico jerárquico (AHP)

Laosirihongthong (2005) empleó el proceso analítico jerárquico para determinar los factores críticos para el éxito de aplicación de seis sigma. La investigación se desarrolló en la industria manufacturera de componentes electrónicos en Tailandia y consistió en la entrevista a 21 expertos (3 project champions y 18 black belts). Los resultados de la investigación muestran el siguiente ranking de factores críticos:

- Liderazgo de gestión, participación y compromiso: consiste en plantear reuniones de revisión del progreso del proyecto, proveer adecuado soporte financiero y escuchar la voz del cliente.
- Entrenamiento y comprensión de la metodología Six Sigma, herramientas y técnica: gestionar la programación formal de capacitaciones y evaluación de los resultados.
- Vinculación de Seis Sigma con la estrategia del negocio: la estrategia del proyecto tienen que estar ligada con la del negocio. La estrategia debe ser comunicada a todos los niveles de la organización.
- Vinculación de Seis Sigma con los clientes: consiste en definir claramente los requerimientos y expectativas del cliente y enfocar los objetivos del proyecto a ello.
- Selección del proyecto, priorización y gestión de proyectos: consisten en elegir el proyecto correcto, establecer el alcance que tendré y llevar a cabo su ejecución de forma óptima.
- Vinculación de Seis Sigma con los proveedores: determinación de los proveedores capaces de involucrarse en proyectos de mejora y enfocar la estrategia del proyecto hacia ellos.

3.8.4 Factores críticos de éxito para la implementación de Lean Manufacturing en la Industria Automotriz de Malasia

Según el estudio realizado por Deros (2014), existen factores críticos de éxito diferentes para implementaciones Lean en pequeñas y medianas empresas y grandes empresas. La investigación consistió en la aplicación de encuestas a un total de 97 compañías locales.

Como resultado de la investigación se obtiene el ranking de factores críticos que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Ranking de factores críticos en la implementación de proyectos Lean en pequeñas y medianas empresas y grandes empresas

	Pequeñas y medianas empresas	Grandes empresas
1	Compromiso de la dirección y liderazgo	Gestión de la calidad
2	Comunicación efectiva	Compromiso de la dirección y liderazgo
3	Gestión de la calidad	Mejora continua
4	Gestión de clientes	Gestión de clientes
5	Entrenamiento y educación	Comunicación efectiva
6	Mejora continua	Entrenamiento y educación
7	Empoderamiento de los empleados	Medición de evaluación continúa
8	Prácticas magras (<i>lean</i>) viables	Empoderamiento de los empleados
9	Medición de evaluación continúa	Participación de los empleados
10	Participación de los empleados	Prácticas magras (<i>lean</i>) viables
11	Cultura organizacional	Cultura organizacional
12	Gestión de proveedores	Gestión de recursos humanos
13	Gestión de recursos humanos	Gestión de proveedores

Fuente: Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Automotive Industry. Deros, Rahman y Rose, A. (2014).

Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO

Con el propósito de conocer la factibilidad de la implementación Lean Six Sigma en la empresa en estudio, se abordó tres aspectos para su evaluación.

En primer lugar, se evaluó el proceso. Como medio de evaluación se desarrolló las dos primeras etapas de la metodología DMAIC; las cuales son la base para el desarrollo de las siguientes. Según afirma Cecchi y Molteni (2005: 191), la etapa de definición permite tener una primera idea integral del proceso bajo análisis. Asimismo, la etapa de medir permite identificar el nivel de desempeño actual del proceso (Cecchi y Molteni, 2005: 235).

Las etapas de análisis, mejora y control no están consideradas en el alcance del proyecto; ya que, este no tiene por objetivo el despliegue de la metodología sino conocer la factibilidad de su implementación.

En segundo lugar, se evaluó el potencial de la organización para hacer frente a la implementación del proyecto. Para esto, se diseñó un test enfocado a pequeñas y medianas empresas que considera las habilidades del facilitador y líder del proyecto; así como, la competencia de la organización.

Finalmente, se evaluó las oportunidades Lean que existen dentro del proceso; para lo cual se realizó un diagnóstico de los tipos de desperdicios.

4.1 Desarrollo de las fases Definir y Medir de la metodología DMAIC

4.1.1 Desarrollo de la fase Definir

Para entender los requerimientos de los usuarios finales, se realizó una encuesta a los clientes más importantes (regla de Pareto) a fin de

conocer las características que son más importantes para ellos y las fallas más frecuentes; eso sirvió para realizar la ponderación de variables que se utiliza en la matriz QFD. Dicho diagrama arrojó el proceso que es más crítico y el cual será analizado.

Por último, se realizó el mapeo de dicho proceso y se identificó los CTQ y variables que necesitan mejora.

Identificación del problema

En el punto 2.2 Identificación y formulación del problema se determinó que el producto elegido como objeto del proceso es el zuncho; por tener menor margen de ganancia. Para fines del estudio, se ha seleccionado un tipo de zunchos.

Selección de tipo de zuncho

Existen tres atributos principales que definen los tipos de zunchos: ancho, color y espesor; de acuerdo al siguiente detalle:

- Ancho: 3/8", 1/2", 5/8", 3/4".
- Espesor: depende de la forma cómo será engrapado el zuncho.
- Automático: es un zuncho de menor espesor (0.8 mm) y es engrapado con una máquina enzunchadora.
- Manual: es un zuncho de mayor espesor (1 mm) y es engrapado de forma manual.
- Color: negro, rojos, blanco, azul, verde, amarillo, lila, celeste y rosado.

En la tabla 3 se observa que el tipo de zuncho con mayor volumen de ventas durante el año 2014 fue el zuncho de 5/8 manual de color negro; por lo cual será objeto de estudio.

Tabla 3: Volumen de ventas por tipos de zunchos durante el año 2014

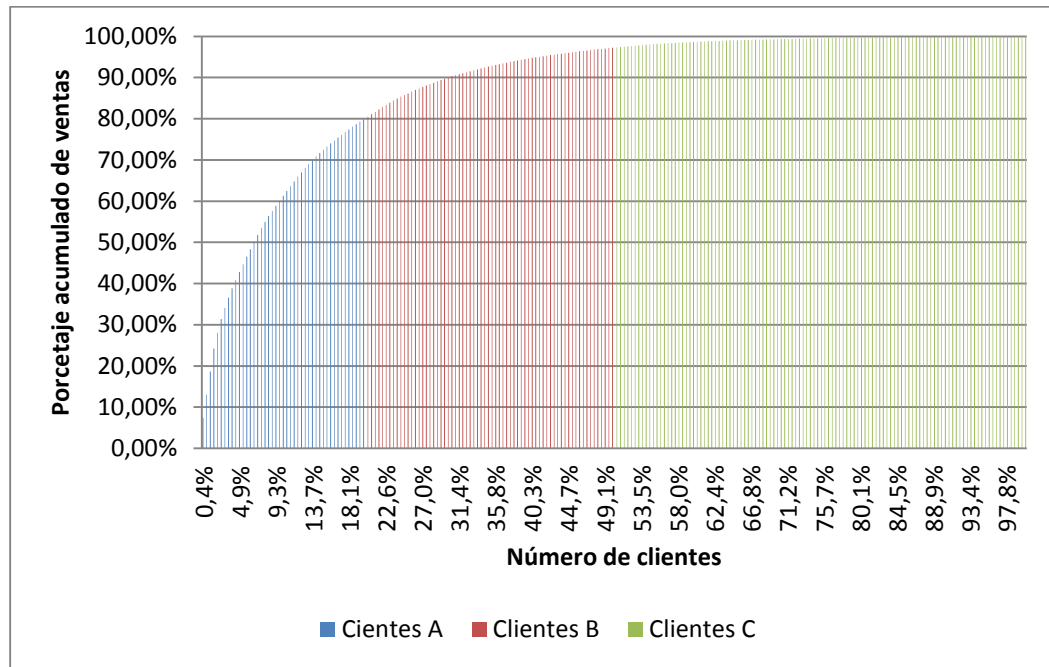
Medida de ancho	Color	Espesor	
		Automático (espesor: 0.8 mm)	Manual (espesor: 1 mm)
1/2	No negro	S/. 5,837.00	S/. 11,459.00
	Negro	S/. 3,803.50	S/. 6,545.00
3/4	Negro		S/. 980.00
3/8	No negro		S/. 2,990.00
	Negro		S/. 720.00
5/8	No negro	S/. 3,904.50	S/. 81,995.97
	Negro	S/. 1,750.00	S/. 166,257.50
Total general		S/. 15,295.00	S/. 270,947.47

Fuente: La empresa

Elaboración propia

Los usuarios finales de zunchos de polipropileno son mayormente agroexportadores. Con la finalidad de conocer cuáles son los atributos que más valoran en los zunchos se realizó una encuesta (véase Anexo N° 1) a los principales usuarios finales (45 clientes seleccionados), los cuales se seleccionaron mediante la regla de Pareto. Como se observa en la figura 10, el 20% de los clientes representa el 80% del monto de las ventas de la empresa.

Figura 10: Diagrama ABC de clientes



Fuente: La empresa

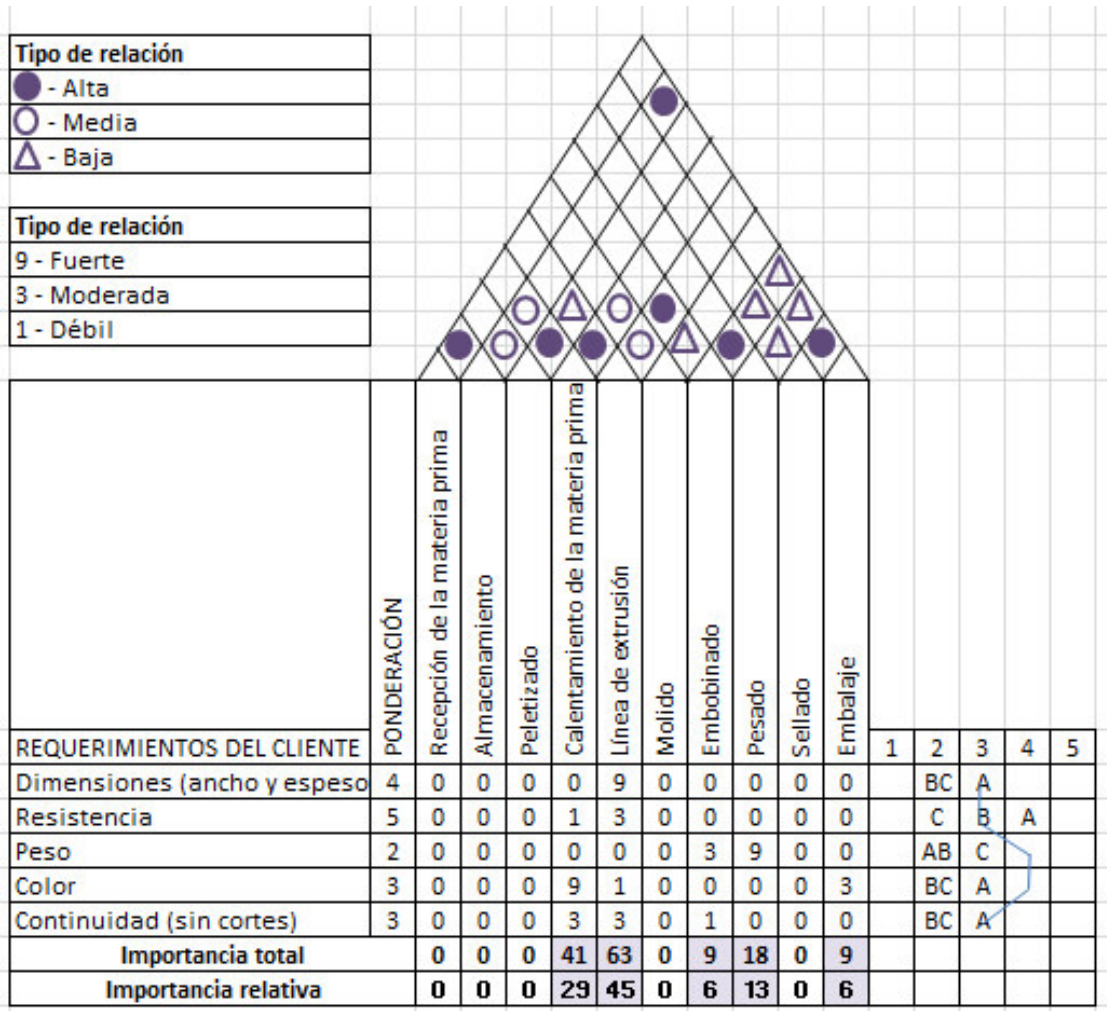
Elaboración propia

Como resultado de la encuesta realizada se obtuvo que el atributo más apreciado por los clientes es la resistencia, seguido de las dimensiones y; en menor proporción color, continuidad y peso. Asimismo, los resultados obtenidos fueron útiles para determinar la ponderación empleada en el diagrama QFD.

Matriz QFD

Con el fin de identificar el proceso que será objeto de análisis se desarrolló la matriz QFD, en la cual se relaciona los requerimientos del cliente con los procesos que forman parte de la elaboración del producto y se cuantifica dicha relación mediante ponderaciones y asignaciones de puntajes de relación.

Figura 11: Matriz QFD – Quality Function Deployment



Fuente: La empresa

Elaboración propia

Como se observa en la figura 11, el proceso que obtuvo el mayor puntaje (importancia relativa) es la línea de extrusión; lo cual quiere decir, que es el proceso más relacionado con los requerimientos del cliente. Por lo tanto, la línea de extrusión será el proceso en el que se enfocará la investigación.

Problemas y fallas frecuentes

En una entrevista con el jefe de planta, se indentificó las fallas y problemas más frecuentes en la línea de extrusión, las cuales son las siguientes:

- Excesivos tiempos para preparación de máquina:

La planta de fabricación de zunchos trabaja en tres turnos, por lo cual la máquina permanece prendida durante toda semana; a excepción de los días domingos. La puesta en marcha de la máquina se inicia los días lunes y toma aproximadamente dos horas. Además, si la materia prima no es lo suficientemente pura provoca que pase con dificultad a través del filtro de la extrusora; y por ende, es necesario cambiar constantemente el filtro, lo que debe realizarse a máquina parada.

- Dimensiones incorrectas de zuncho

Cada vez que el zuncho supera o esta por debajo de la especificación en cuanto a ancho y espesor, es necesario parar la embobinadora y calibrar la línea de extrusión. Esto genera reprocesos y, en algunos casos, provoca que los zunchos presenten cortes; ya que no fue posible realizar el embobinado de forma continua.

El tabla 4 se muestra los costos de mermas producida durante el cambio de filtro y los costos de reprocesar productos defectuosos finales durante el año 2014.

- Poco conocimiento por parte del personal:

El conocimiento que los operarios poseen se debe al tiempo que llevarán operando las máquinas; sin embargo, el conocimiento técnico de los elementos es bajo.

- Parada de máquina por falta de mantenimiento:
Existen paradas frecuentes de la máquina, lo que ocasiona retraso en la entrega de pedidos.

Tabla 4: Costos de merma y reprocesos

Meses	Colada (Kg)	Costo de colada (S/.)	Productos defectuosos finales (Kg)	Costo de reprocesar productos defectuosos finales (S/.)
ENE	1218.79	S/. 1,767.25		S/. -
FEB	3288.11	S/. 4,767.75		S/. -
MAR	2674.55	S/. 3,878.10	962.53	S/. 3,705.72
ABR	2379.41	S/. 3,450.15	0.00	S/. -
MAY	1562.47	S/. 2,265.58	0.00	S/. -
JUN	1992.24	S/. 2,888.75	0.00	S/. -
JUL	1473.71	S/. 2,136.88	861.21	S/. 3,315.65
AGO	1547.30	S/. 2,243.59	0.00	S/. -
SEP	655.80	S/. 950.91	523.48	S/. 2,015.39
OCT	497.22	S/. 720.97	16.89	S/. 65.01
NOV	149.36	S/. 216.57	1266.48	S/. 4,875.95
DIC	797.41	S/. 1,156.24	4696.90	S/. 18,083.05
Total general	18236.38	S/. 26,442.75	8327.47	S/. 32,060.78

Fuente: La Empresa

Elaboración propia

- Sistema de aseguramiento de la calidad deficiente:
Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema que asegure la calidad en el proceso, lo que ocasiona que productos defectuosos pasen al siguiente proceso e incluso lleguen a los clientes finales.

Matriz de priorización

Con el propósito de establecer prioridades entre los problemas presentes en la línea de extrusión; se utilizó la escala de factores que se describe en la tabla 5.

Tabla 5: Matriz de factores para priorización de problemas

N°	Nombre del factor	Descripción	Escala	Puntaje
1	Tiempo para implementar la mejora	Tiempo que tomará implementar la mejora en la empresa.	Hasta 1 mes	30
			De 1 mes a 3 meses	20
			De 3 meses a 6 meses	10
2	Severidad del problema	Es el grado de impacto negativo una vez que se produzca el problema.	Tiene impacto en el área, clientes internos y externos	30
			Tiene impacto en el área y clientes internos	20
			Tiene impacto en el área	10
3	Inversión para solucionar el problema	Inversión económica que demandaría implementar la mejora en la empresa.	Baja inversión	30
			Mediana inversión	20
			Alta inversión	10
4	Resultados esperados	Es el impacto positivo que se obtendría con la mejora	Alto impacto	30
			Moderado impacto	20
			Bajo impacto	10
5	Facilidad de adopción	Es el grado de facilidad de adopción de la mejora por parte de los trabajadores	Fácil adopción	30
			Mediana adopción	20
			Compleja adopción	10

Fuente: La Empresa

Elaboración propia

Tabla 6: Matriz de priorización de problemas

N°	Factores Problemas	Tiempo para implementar la mejora	Severidad del problema	Inversión	Resultados esperados	Facilidad de adopción por parte de los trabajadores	Puntaje
1	Excesivos tiempos para preparación de máquina	10	10	30	20	20	90

2	Dimensiones incorrectas del zuncho	20	30	20	20	30	120
3	Poco conocimiento por parte personal	10	20	10	20	10	70
4	Parada de máquina por falta de mantenimiento	20	20	20	20	10	90
5	Sistema de aseguramiento de la calidad deficiente	10	30	20	20	20	100

Fuente: La Empresa

Elaboración propia

De acuerdo a la matriz de priorización de problemas que se muestra en la tabla 6, dimensiones incorrectas y sistema de aseguramiento de la calidad deficiente son los principales problemas que hay en la empresa. Sin embargo, el problema elegido a analizar será “dimensiones incorrectas del zuncho”.

Cientes

De acuerdo al flujo de procesos para la elaboración de zunchos, el proceso que sucede a la línea de extrusión es el de embobinado, el cual sería el cliente del proceso. Para que el proceso de embobinado se lleve a cabo correctamente, es necesario que el zuncho se encuentre en el rango de

ancho establecido; caso contrario, la embobinadora tendrá que ser detenida.

Sin embargo, debido a que este proceso es quien proporciona muchos de los atributos al producto terminado, los cuales no son alterados en el resto del proceso, también serían clientes de este proceso los usuarios finales.

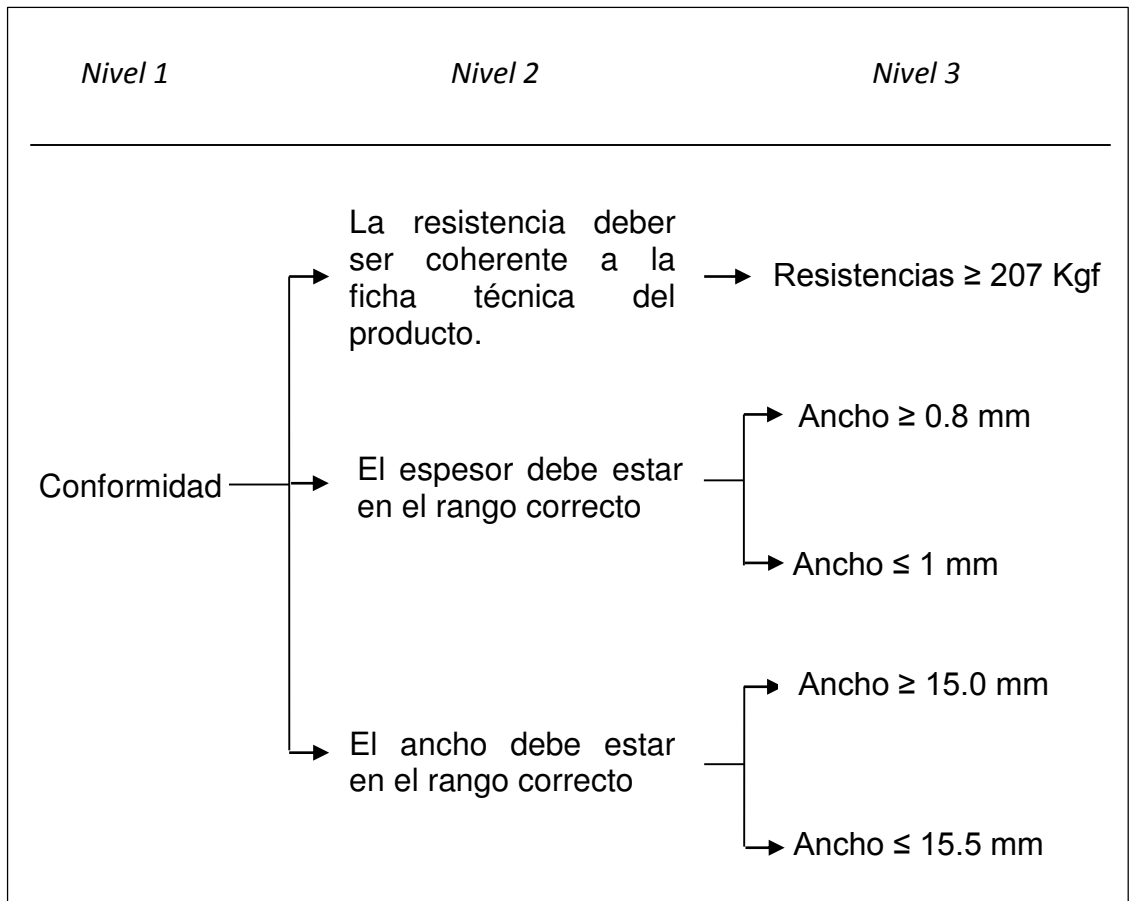
Definición de CTQ's

Una vez identificados los atributos más importantes del producto y relacionarlos con la características técnicas del producto, se construyó el diagrama de árbol que se muestra en la figura 12.

Cabe señalar, que para el estudio se ha seleccionado el zuncho de 5/8 manual, cuyas especificaciones son las siguientes:

- Resistencia: mínima 207 Kgf; ya que es lo que la empresa ofrece en la ficha técnica de su producto,
- Ancho: entre 15 y 15.5 cm, medidas adoptadas por convención en la empresa,
- Espesor: entre 0.9 y 1 mm de espesor.

Figura 12: Diagrama CTQ para la fabricación de zunchos



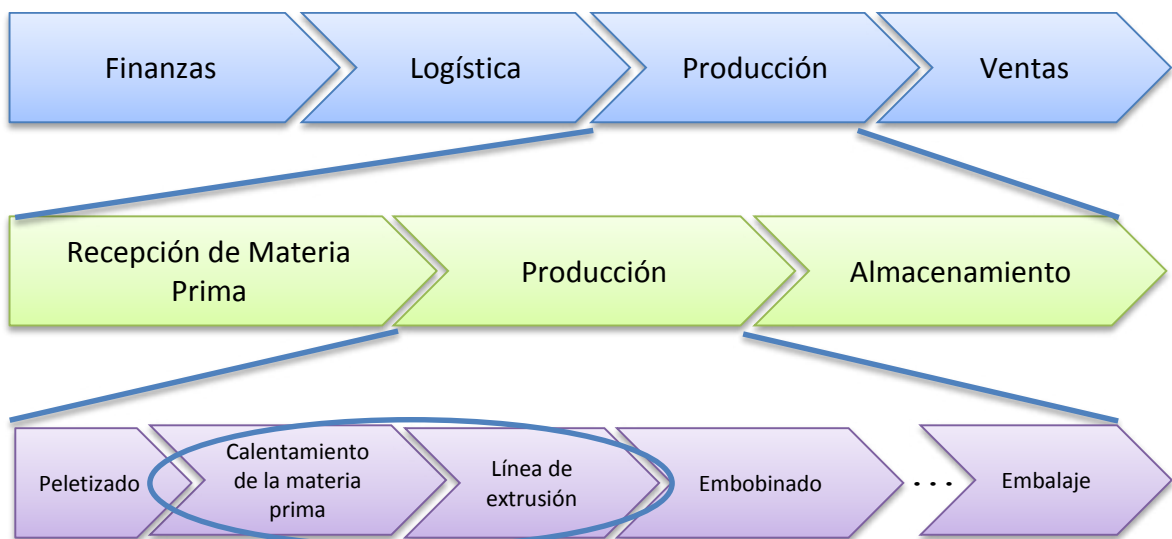
Fuente: La empresa

Elaboración propia

Mapeo del proceso

En la figura 13 se muestra el digrama de bloques del proceso. Por otro lado, en la figura 14 se muestra el diagrama SIPOC (proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes de los sub-procesos de calentamiento de la materia prima y línea de extrusión).

Figura 13 Mapa del proceso de fabricación de zunchos



Fuente: La empresa

Elaboración propia

Figura 14: Diagrama SIPOC de la línea de extrusión

PROVEEDOR	INPUT	PROCESO	OUTPUT	CLIENTE
Proveedor de materia prima (polipropileno reciclado) Proveedor de resina Proveedor de Masterbach	Polipropileno reciclado Resina Masterbach	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">Calentamiento de la materia prima</div>	Materia prima caliente	Línea de extrusión
Proceso de calentamiento de materia prima	Materia prima caliente Vernier	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Extrusión</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Calibración</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">Moleteado</div> <div style="margin-bottom: 5px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">Enfriamiento</div> </div>	Tira de zuncho Colada Chancaca	Clientes externos: - Usuarios finales (agroexportadores) - Distribuidores minoristas Clientes internos: - Proceso de embobinado.

Fuente: La empresa

Elaboración propia

Identificar los Y's que necesitan mejora

Por lo expuesto anteriormente, se conoce que la línea de extrusión es el proceso que se encuentra más relacionado con los principales atributos del zuncho. De estos atributos, se ha seleccionado a la variable ancho como objeto de estudio; ya que se encuentra más alejada de la especificación en comparación con el espesor y resistencia, según información proporcionada por el jefe de planta basado en su juicio experto. Además, esta variable tiene relación con uno de los problemas prioritarios en la línea de extrusión: dimensiones incorrectas. En la tabla 7 se muestra la conversión de CTQ's a Y's de mejora. Como resultado, tenemos como Y (variable de resultado) al porcentaje de mediciones de ancho dentro de especificación.

Tabla 7: Tabla de relación entre CTQ's e Y's que necesita mejora

Requerimiento	CTQ's	Indicador	Especificación	Y
Conformidad	El ancho del zuncho es de 15 a 15.5 mm	Ancho del zuncho medido por el vernier	15 – 15.5 mm	% de mediciones de ancho dentro de especificación

Fuente: La empresa

Elaboración propia

4.1.2 Desarrollo de la fase medir

En esta etapa se elabora el mapa de flujo de valor para determinar el pacto de servicio que debe haber con el cliente. Asimismo, se identifican

las variables de que están directamente relacionadas con el CTQ seleccionado en la etapa anterior, la realiza la recolección de datos, se verifica que el proceso esté bajo control estadístico y el desempeño del mismo.

Mapa detallado del proceso

Mapa de Valor Actual

El mapa de valor es una herramienta que permite conocer a fondo el flujo de proceso e identificar aquellas actividades que no agregan valor al mismo. Asimismo, es un diagnóstico inicial muy útil para establecer planes de mejora (Socconini, 2008: 104-107).

Con el objetivo de conocer el flujo que debe tener la línea de producción para atender las expectativas del cliente se realizó el cálculo del tiempo Takt (Socconini, 2008: 110-125). Se utilizó como fuente de información los datos mensuales de las ventas registradas en el año 2014 que se muestra en la tabla 8 y los parámetros de trabajo que se muestran en la tabla 9.

Tabla 8: Número de rollos vendidos en el año 2014

MES	Nº DE ROLLOS VENDIDOS
Enero	498.00
Febrero	1114.00
Marzo	689.00
Abril	1331.00
Mayo	1464.00
Junio	1280.00

Julio	1333.00
Agosto	1726.00
Septiembre	1772.00
Octubre	1624.00
Noviembre	1324.00
Diciembre	852.00
TOTAL	15007.00

Fuente: La empresa

Elaboración propia

Tabla 9: Parámetro para el cálculo del tiempo Takt

Demanda mensual promedio (rollos)	1251	N° de turnos (turno/día)	2
Días laborales (días)	14	Descanso por turno (min/turno)	60
Hrs. Por turno (hrs./turno)	12		

Fuente: La empresa

Elaboración propia

Cálculo del tiempo disponible:

$$Tiempo\ disponible = \left(\frac{Hr}{turno}\right) \left(\frac{60\ min}{hr}\right) \left(\frac{N^\circ\ turnos}{día}\right) - \left(\frac{min.\ descanso}{turno}\right) \left(\frac{N^\circ\ turnos}{día}\right)$$

$$Tiempo\ disponible = \left(\frac{12\ Hr}{turno}\right) \left(\frac{60\ min}{hr}\right) \left(\frac{2\ turnos}{día}\right) - \left(\frac{60\ min}{turno}\right) \left(\frac{2\ turnos}{día}\right)$$

$$Tiempo\ disponible = 1320 \frac{min}{día}$$

Cálculo de la demanda diaria:

$$Demanda\ diaria = \frac{Demanda\ mensual}{Días\ laborales}$$

$$Demanda\ diaria = \frac{1251\ rollos}{14\ días}$$

$$Demanda\ diaria = 90 \frac{rollos}{día}$$

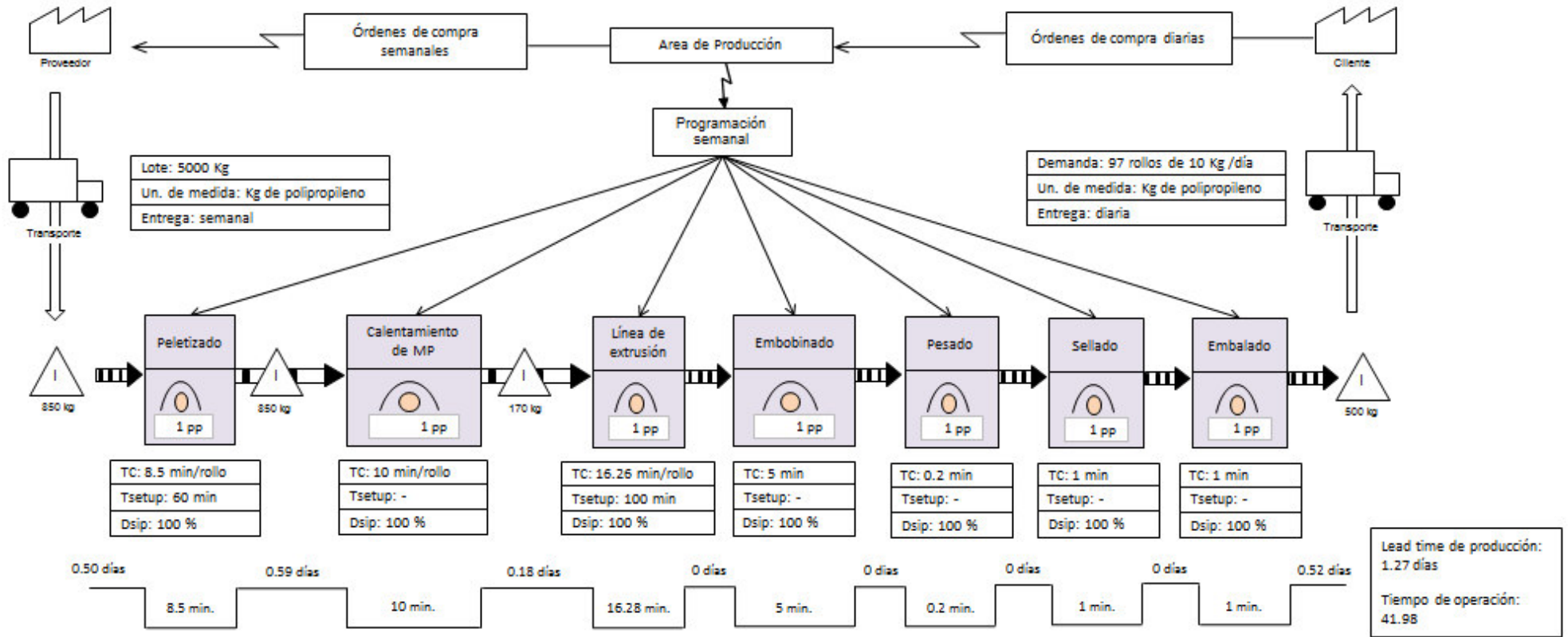
Cálculo del Takt time:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda\ diaria}$$

$$Takt\ time = \frac{1320 \frac{min}{día}}{90 \frac{rollos}{día}}$$

$$Takt\ time = 14.67 \frac{min}{rollo}$$

Figura 15 Mapa de flujo de valor actual

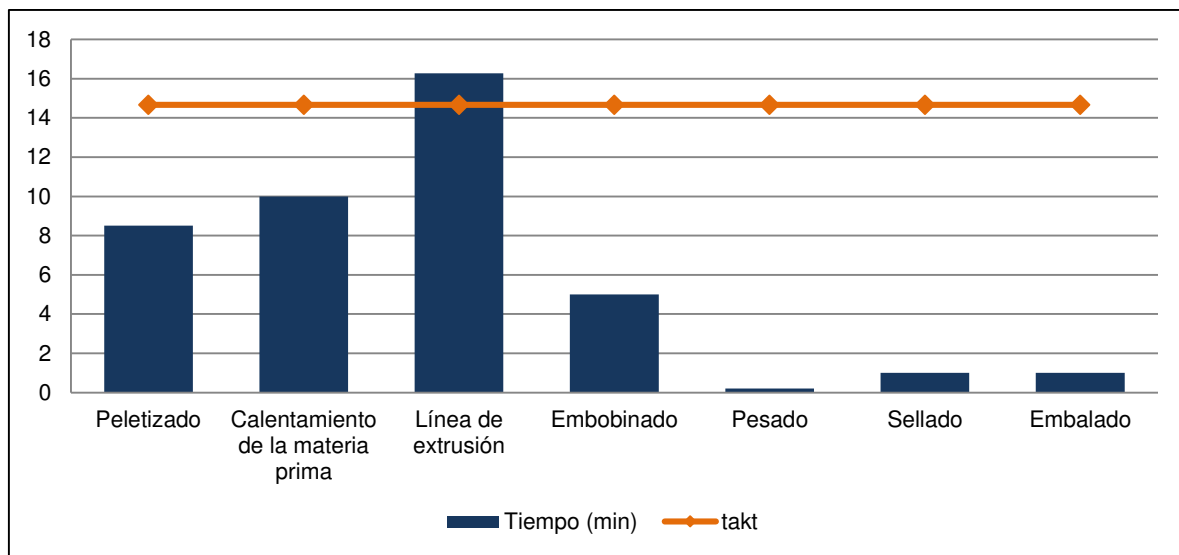


Fuente: La empresa
Elaboración propia

Además, en el mapa de flujo de valor actual que se muestra en la figura 15 se observa que el tiempo de operación, es decir, el tiempo que agrega valor, es de 41.98 min, de los cuales la línea de extrusión demanda 16.28 min, excediendo en 10.97% el tiempo Takt.

En la figura 16, se observa con mayor claridad que la operación que demanda mayor tiempo es la línea de extrusión y es la única que supera el tiempo Takt.

Figura 16 Balance actual de los tiempos de operación



Fuente: La empresa

Elaboración propia

Selección de variables a medir

Para identificar las fuentes de variación y KPV's (*Key Process Variable*) que afectan al CTQ seleccionado (ancho del zuncho) se realizó un diagrama con las entradas, salidas y factores controlables y no controlables de los subprocesos del calentamiento de la materia prima y línea de extrusión (Ver Anexo N° 3).

Además, se utilizó el Análisis del Modo de Fallas y Efectos (AMFE) para identificar las fallas con mayor índice de prioridad de riesgo, lo cual fortalecerá la identificación de variables críticas. En la tabla 10 se observa que la regulación de la velocidad durante la calibración y el enfriamiento tienen un alto índice de priorización de riesgo; lo cual indica que la velocidad en ambos procesos es una variable crítica.

Teniendo en cuenta las variables mostradas en el diagrama del Anexo N° 3 y las variables identificadas como críticas en el AMFE se realizó una evaluación de impacto, con la participación del jefe de planta y la información obtenida del diagrama del proceso y AMFE. La tabla 11 muestra los valores utilizados para la evaluación del impacto y en la tabla 12 se muestra los resultados de la evaluación.

Finalmente, las variables que se seleccionaron como críticas fueron la velocidad del conjunto de 5 rodillos jaladores, velocidad del conjunto de 03 rodillo jaladores y velocidad del rodillo de salida.

Tabla 10: Análisis a modo de fallas y errores

Actividad	Modo de falla	Efecto de fallo	G	Causas de fallo	O	Controles Actuales	D	IPR	Acción correctiva
Extrusión	Mala limpieza del extruder	Color inadecuado en el zuncho	6	Descuido de operario	5	Supervisión visual	1	30	Capacitar a los operarios en el método para realizar el cambio de color
Extrusión	Que no alcance la temperatura correcta	Ruptura del zuncho	9	Temperaturas de extrusión inadecuadas	8	Supervisión visual	1	72	Establecer controles para la temperatura
Calibración	No se regule la velocidad correcta	Falla en las dimensiones	9	Velocidad incorrecta, falta de conocimiento del operario	9	Supervisión visual	3	243	Implementar controles de velocidad y establecer valores óptimos
Calibración	Mezcla no homogénea	Ruptura de zuncho	8	Malla sucia, impureza del material	8	Supervisión visual	1	64	Establecer un procedimiento para el cambio de malla.
Calibración	Falla de máquina, parada de rodillos jaladores	Falla en las dimensiones.	10	Falta de mantenimiento	6	Revisiones de mantenimiento	3	180	Establecer un plan de mantenimiento preventivo para la máquina de extrusión.

Moleteado	Mal moleteado	Falla en la textura del zuncho	7	Rodillo moleteador desgastado	1	Supervisión visual	2	14	Determinar encargado del mantenimiento del rodillo moleteador
Enfriamiento	No se regule la velocidad correcta	Falla en las dimensiones	9	Velocidad del rodillo de salida inadecuada	8	Toma de medidas de una muestra	3	216	Implementar controles de velocidad y establecer valores óptimos

Fuente: La empresa

Elaboración propia

Tabla 11: Escala de puntuación del nivel de impacto

	Nivel de impacto
Nulo	0
Bajo	1
Medio	3
Alto	9

Elaboración propia

Tabla 12: Matriz de evaluación de variables de entrada

Proceso	Variables de entrada	Nivel de impacto con el ancho del zuncho
Calentamiento de la materia prima	Temperatura de la calentadora	1
	Limpieza de la calentadora	1
	Tiempo de calentamiento	1
	Experiencia del operario	1
	Cantidad de polipropileno peletizado	3
	Cantidad de chancaca peletizada	3
	Cantidad de colada peletizada	3
	Cantidad de resina de baja densidad	3
	Cantidad de Master Bach	1
Extrusión	Temperatura de cabezal	1
	Velocidad del husillo	1
	Método de cambio de filtro	0
	Experiencia del operario	1
	Intervalo de tiempo entre cambio de filtro	1
Calibración (tina 01 de agua caliente)	Velocidad del conjunto de 05 rodillos jaladores	9
	Distancia entre rodillos	3

	Temperatura del agua	3
	Experiencia del operario	3
Calibración (tina 02 de agua caliente)	Velocidad del conjunto de 03 rodillos jaladores	9
	Temperatura del agua	3
	Experiencia del operario	3
Moleteado	Separación entre rodillos	1
Enfriamiento	Velocidad del rodillo de salida	9
	Temperatura del agua de la tina de enfriamiento	1

Elaboración propia

Recolectar datos

Determinación del sistema de medición y muestra

Para la medición del ancho de los zunchos, se elaboró un formato de registro (ver Anexo N° 4); el cual fue llenado por los operarios durante su turno de trabajo haciendo uso de un vernier. Como se explicó en la identificación del problema de la fase definir (ver punto 4.1.1), el tipo de zuncho seleccionado es el de 5/8" de ancho nominal, manual y de color negro.

Para determinar la muestra se ha considerado un nivel de confianza de 95% y un error máximo de 0.02 mm; con lo cual se obtuvo una muestra mínima de 229 datos.

Los datos tomados en los dos turnos de producción durante los meses de julio y agosto del 2015 se muestran en el Anexo N° 5.

Validación del sistema de medición

Para la validación del sistema se empleará la prueba R&R. Para lo cual se seleccionó a tres operarios y se les pidió realizar dos mediciones a 10 muestras de zunchos cada uno.

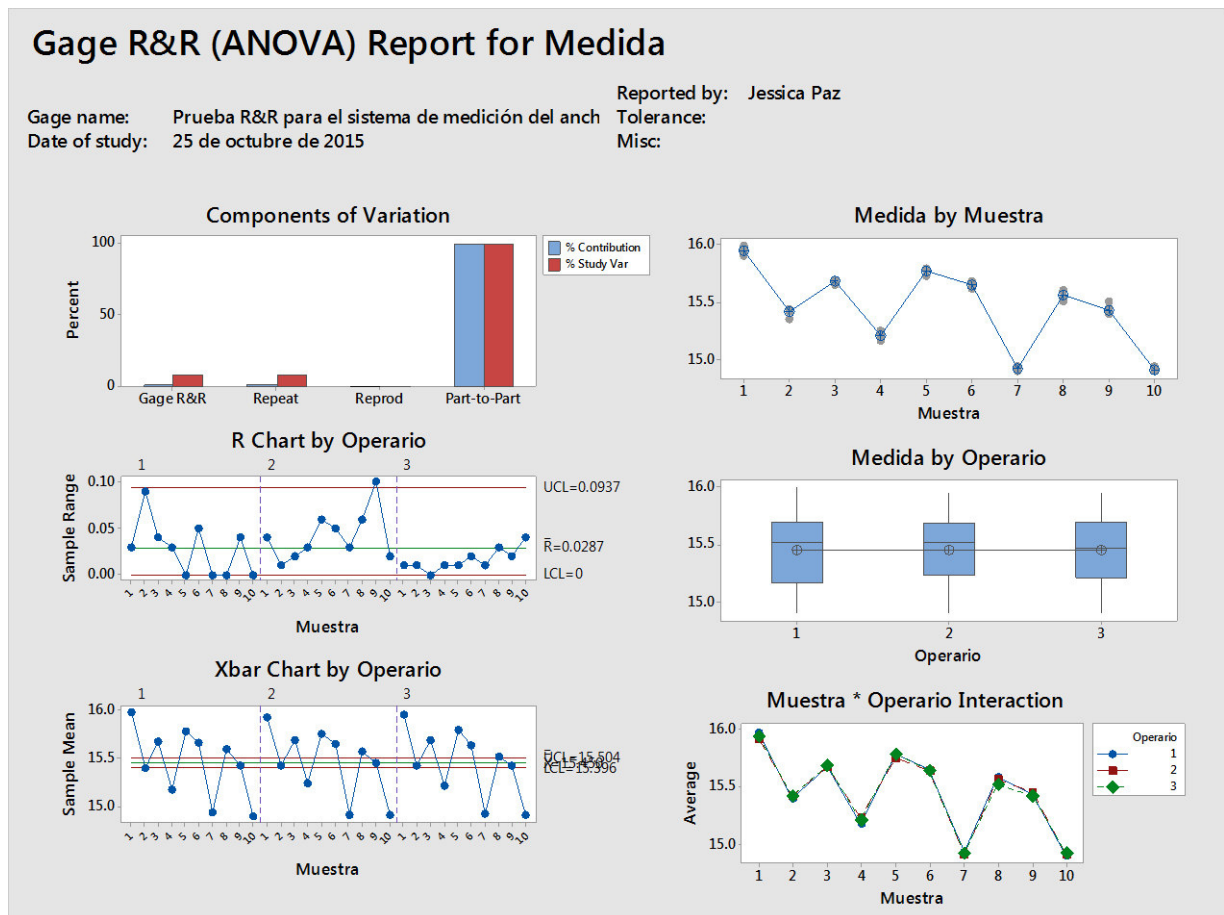
El registro de las mediciones expresadas en mm. se muestra en la tabla 13.

Tabla 13: Resultados de la prueba de medición para la prueba R&R

Operario	Muestra									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15.96	15.44	15.69	15.19	15.78	15.68	14.94	15.59	15.45	14.90
1	15.99	15.35	15.65	15.16	15.78	15.63	14.94	15.59	15.41	14.90
2	15.90	15.42	15.69	15.25	15.72	15.62	14.93	15.54	15.40	14.92
2	15.94	15.43	15.67	15.22	15.78	15.67	14.90	15.60	15.50	14.90
3	15.94	15.43	15.69	15.22	15.78	15.63	14.92	15.50	15.41	14.94
3	15.95	15.42	15.69	15.21	15.79	15.65	14.93	15.53	15.43	14.90

Elaboración propia

Figura 17: Gráfica R&R (ANOVA) del sistema de medición



Fuente: La empresa

Elaboración propia

De acuerdo a lo señalado por Cecchi y Molteni (2005, 264), si el porcentaje de variación atribuible al sistema de medición no supera el 20% de la variación total, entonces se da por valido el sistema.

En las figuras 17 y 18 se observa que el porcentaje de variación atribuible a la medición es 8.28%; por lo tanto el sistema es válido.

Figura 18 Resultados de la prueba R&R para el sistema de medición

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.000826	0.68
Repeatability	0.000826	0.68
Reproducibility	0.000000	0.00
Operario	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.119734	99.32
Total Variation	0.120560	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.028737	0.17242	8.28
Repeatability	0.028737	0.17242	8.28
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00
Operario	0.000000	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.346026	2.07615	99.66
Total Variation	0.347217	2.08330	100.00

Number of Distinct Categories = 16

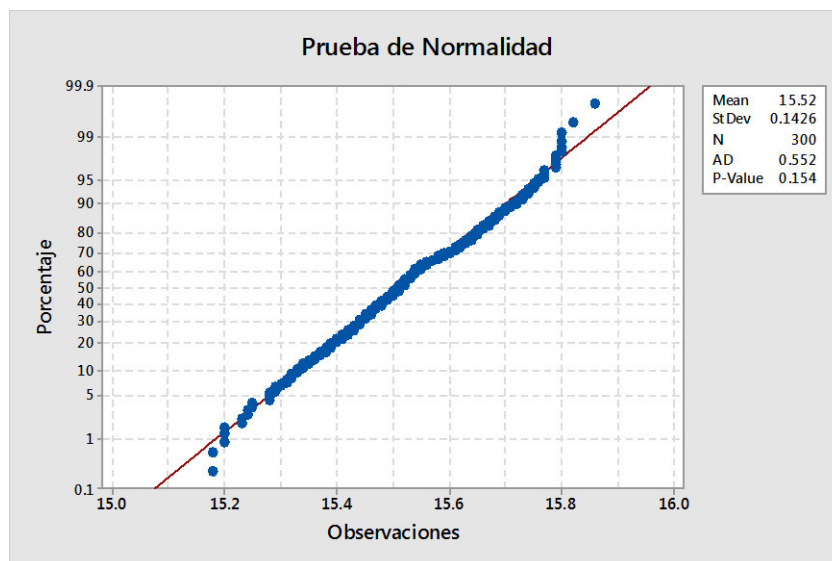
Fuente: La empresa

Determinar el desempeño del proceso

- Prueba de normalidad de Anderson-Darling

En primer lugar se realizó la prueba de normalidad a la variable ancho del zuncho. En la figura 19 se observa que el valor de P es mayor que 0.05; lo que indica que los datos cumplen una distribución normal.

Figura 19: Prueba de normalidad de Anderson-Darling



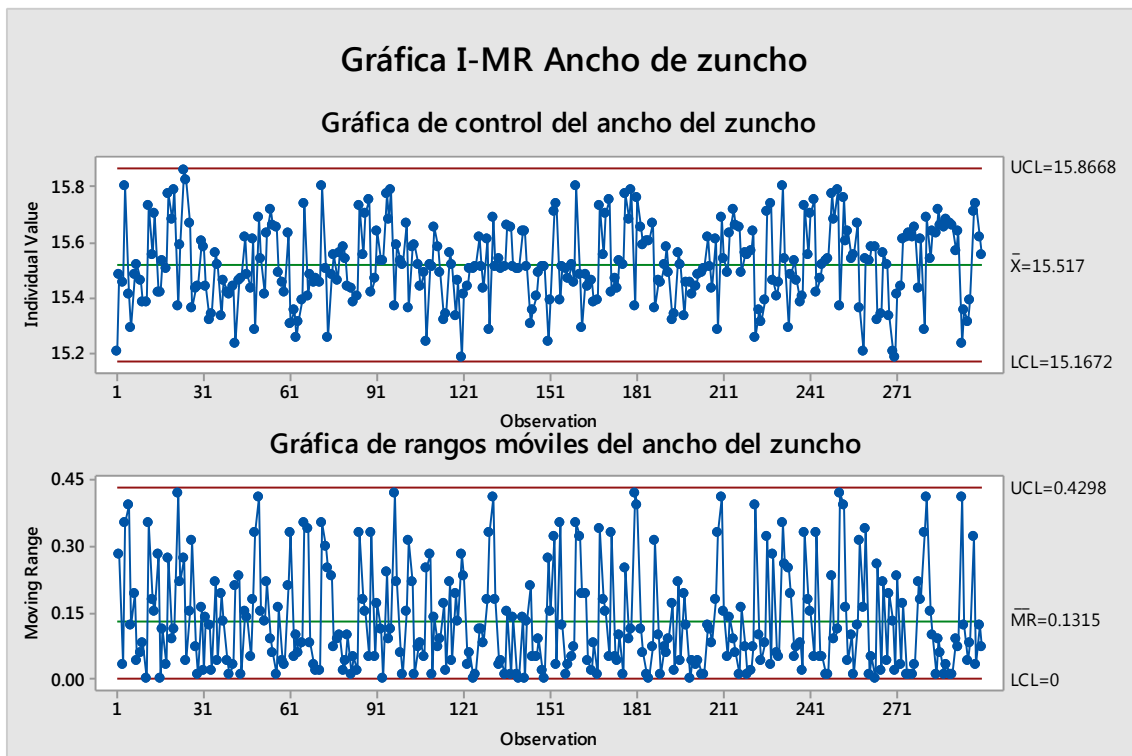
Fuente: la empresa

Elaboración propia

- Gráfica de variable individual y rango móvil

Con el objetivo de saber si el proceso está bajo control, se realizó la gráfica de control de la variable individual y del rango móvil del ancho del zuncho, lo cual se muestra en la figura 20.

Figura 20 Gráfica de variable individual y rango móvil



Fuente: la empresa

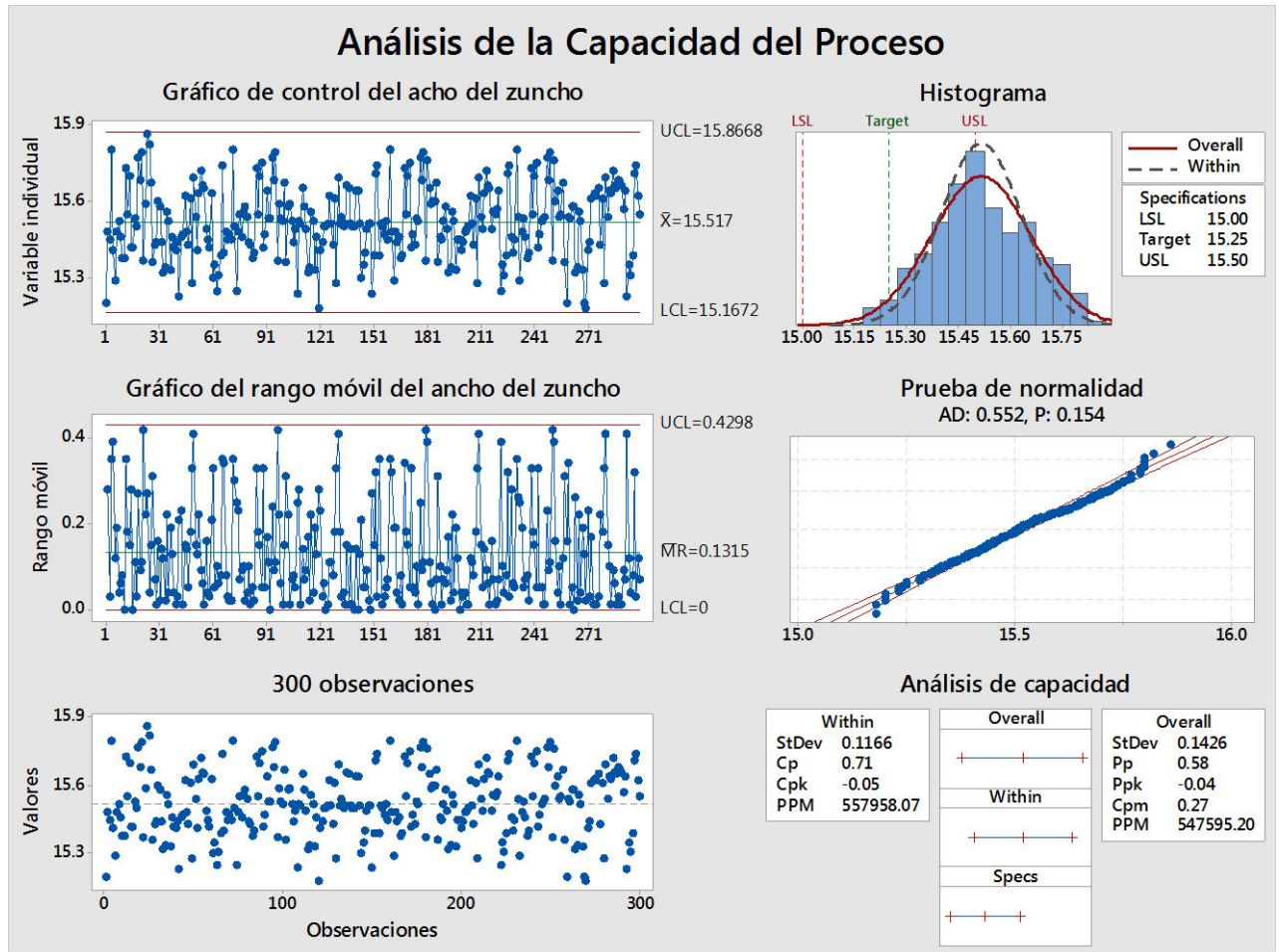
Elaboración propia

- Cálculo del Cp y Cpk

Se realizó el cálculo de la capacidad del proceso para saber si este es capaz de satisfacer los requerimientos del cliente. En la figura 21 se observa que el Cp es 0.71, lo cual es menor que 1 e indica que el proceso no es capaz. Asimismo, se observa que el Cpk es -0.05, lo cual indica que los datos se encuentran desviados hacia la derecha y superan el límite superior.

Por otro lado, se observa que el número de defectos por millón de oportunidades (DPPM) es 557 958.07, lo que equivale a un nivel sigma de 1.35.

Figura 21 Análisis de la capacidad del proceso



Fuente: La empresa

Elaboración propia

4.2 Desarrollo de la evaluación organizacional

4.2.1 Diseño de herramientas

Con la información revisada acerca de los factores críticos de éxito para el proyecto y los casos de adaptación del enfoque a pequeñas y medianas empresas, se desarrolló un test para evaluar el potencial de la organización frente a la implementación del Lean Six Sigma.

Es importante resaltar que, diferentes autores (Ver punto 3.7 Factores de éxitos para la implementación de Lean Six Sigma en pequeñas empresas) consideran un factor crítico para el éxito del proyecto las habilidades técnicas e interpersonales del facilitador y líder del proyecto; roles que normalmente son asignados a un Black Belt u otros expertos en la materia. Al respecto; Vandenbrande (s.f.) expone algunos cambios recomendados para la adaptación Six Sigma en pequeñas y medianas empresas europeas, algunos de los cuales se plasman en la tabla 14.

Tabla 14: Propuesta de estructura de Six Sigma simplificada en función del número de empleados

Roles	Empresas con 50 trabajadores
Alta gerencia	Ambos roles son tomados por miembros de la gerencia
Project Champion	
Black Belt	Externo
Master Black Belt	Externo
Green Belt	No Green Belt

Fuente: Implementing Six Sigma in small and medium sized European companies. Vandenbrande (s.f., 6)
Elaboración propia

Asimismo, Hilton y Sohal (2012) plantean que para las pequeñas y medianas empresas el rol de facilitador del programa puede ser asignado a un gestor de calidad o de mejora de procesos y; el de líder de proyecto, a un coordinar de calidad o especialistas en mejora de procesos.

Para la empresa en estudio, el proyecto estaría a cargo de representantes de la organización y, eventualmente, tendría que contratarse asesoría externa.

Por lo expuesto, las habilidades consideradas en el test fueron las siguientes:

- Compromiso de la dirección
- Comunicación efectiva
- Cultura organizacional
- Entrenamiento y comprensión del enfoque Six Sigma

El formato final se muestra en el Anexo N° 6, para el cual se utilizó la escala de Likert (escala del 1 al 5) y los niveles según la puntuación alcanzada se encuentra en la tabla 15.

Tabla 15: Matriz de puntuación

Nivel alcanzado	Puntaje
Muy alto potencial	163-170
Alto potencial	103-136
Medio potencial	068-102
Bajo potencial	035-068
Muy bajo potencial	000-034

Elaboración propia

4.2.2 Aplicación de la encuesta

Se aplicó el test en la empresa en estudio y se obtuvo los resultados que se muestran en la tabla 16.

Tabla 16: Resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta

FACTOR DE EVALUACIÓN	PUNTAJE	PROMEDIO
Competencia del líder del proyecto	37.00	4.11
Competencia del facilitador del proyecto	30.00	3.75
Competencia de la organización	54.00	3.18
Factores relacionados al liderazgo, comunicación, comportamiento y conciencia	10.00	3.33
Factores relacionados a políticas, cultura y apoyo y estrategia de la organización	12.00	4.00
Factores relacionados a la educación, capacitación y competencia de los expertos en Seis Sigma	10.00	2.50
Factores relacionados a equipos de mejora de proyectos y gestión de proyectos.	11.00	3.67
Factores relacionados con las evaluaciones de desempeño en base a criterios de calidad, sistemas de información, de datos y medición.	11.00	2.75
TOTAL	121	

Fuente: La empresa

Elaboración propia

4.3 Desarrollo de la evaluación de oportunidades *Lean*

4.3.1 Identificación de desperdicios

A continuación se analiza la presencia de los siete tipos de desperdicios en el proceso:

a. Sobreproducción

No se observa este tipo de desperdicios en el proceso; por el contrario, la empresa requiere mayor productividad para atender su demanda actual.

b. Sobreprocesamiento

Este tipo de desperdicio se observa con poca frecuencia. La línea de producción es operada por una sola persona y las cantidades de materia prima son proporcionadas al inicio de cada turno.

c. Movimiento

Las operaciones no se encuentran estandarizadas; por lo cual, varios de los operarios, con mayor razón los nuevos, realizan movimiento innecesarios en sus actividades. Algunos ejemplos de estas actividades son: cambio de malla, alimentación de la tolva y embalaje.

d. Inventario

La empresa cuenta con almacenes para materias primas y productos finales. Ambos almacenes suelen tener niveles adecuados; e incluso, la empresa corre el riesgo de tener roturas de stock.

e. Transportes

Los operarios transportan los rollos de zunchos al almacén de productos terminados. Este proceso se realiza de forma manual al final de cada turno; y representa un esfuerzo físico importante para los operarios; sin embargo, no genera retrasos en la producción.

f. Espera

En el mapa de valor del proceso se observa que los tiempos de set up son bastante altos. Sin embargo, sobresale el tiempo que se utiliza en realizar el cambio de malla; ya que detiene la línea de extrusión que es la actividad que tiene mayor tiempo de ciclo.

El cambio de malla tiene como fin detener las impurezas presentes en la materia prima y toma lugar cada vez que se observa que el flujo de plástico a través del dado no es homogéneo. Mientras más impurezas contenga la materia prima será más frecuente la necesidad de cambiar de malla.

Por otro lado, debido a que existen más de diez colores diferentes de zunchos, además de distintos espesores y anchos; cada vez que es necesario cambiar alguna de estas características, se requiere alrededor de 20 minutos para limpiar, hacer el cambio de dado y calibrar nuevamente la máquina.

Finalmente, la máquina extrusora es usada de forma continua durante toda la semana; sin embargo, al inicio de cada semana se toma alrededor de 2 horas para calentar y calibrar esta, antes de empezar la producción normal de zunchos.

g. Calidad:

En el proceso de fabricación de zunchos, este tipo de desperdicio se observa después de realizar el cambio de malla; ya que la línea de extrusión necesita ser calibrada nuevamente. En menor proporción se necesita reprocesar a los productos finales que no pasan el control de calidad interno y aquellos devueltos por los clientes.

Figura 22 Merma acumulada luego del cambio de malla



Fuente: la empresa

4.3.2 Medición de desperdicios

Seleccionar las variables a medir

De acuerdo a la descripción del punto anterior, los desperdicios que afectan al proceso son: los movimientos innecesarios, esperas y fallas en calidad. En la tabla 17 se muestra las actividades donde se reflejan estos desperdicios.

Tabla 17: Tipos de desperdicios

Tipo de desperdicio	Actividad
Movimientos innecesarios	Alimentación de tolva Cambio de malla Embalaje
Espera	Arranque de máquina (semanal) Cambio de malla (más de dos veces por turno)
Fallas de calidad	Línea de extrusión

Fuente: La empresa

Elaboración propia

Del cuadro anterior, la actividad a analizar será el cambio de malla; ya que presenta movimientos innecesarios y además detiene la línea de extrusión. Las variables que serán cuantificadas son: cantidad de reproceso por cambio de malla, número de cambio de mallas por turno, tiempo empleado en cada cambio.

Recolección de datos

En la tabla 18 se muestran las mediciones del tiempo y número de veces que se realiza el cambio de malla y las cantidades que se obtienen del reproceso.

Tabla 18: Mediciones sobre el cambio de malla y reprocesos por turno

Nº	Reproceso (Kg)	Nº de cambio de malla	Tiempo (min)
1	10.30	3	12.35, 13.10, 13.46
2	25.80	4	13.27, 12.67, 13.56, 14.38
3	15.40	2	14.47, 13.52
4	15.66	4	13.71, 14.89, 15.06, 12.84
5	12.30	3	13.03, 15.24 , 13.60
6	13.10	3	12.58, 13.52, 14.81
7	17.12	3	13.63, 12.08 , 12.17
8	8.00	3	12.92, 13.45, 12,66
9	19.70	2	12.64, 13.71

Fuente: La empresa

Elaboración propia

El menor tiempo observado para el cambio de malla fue de 12.08 min, el mayor tiempo de 15.24 y el tiempo promedio es de 13.46 min. Mientras que para el reproceso; la mayor cantidad observada es 25.80 Kg., la menor 8 Kg. y en promedio 15.26 Kg.

4.3.3 Situación actual de técnicas Lean

Actualmente la empresa no emplea ningún sistema de manufactura esbelta; sin embargo, es necesaria su implementación para formar una cultura enfocada en la calidad y cero desperdicios.

Situación actual de 5S

Aplicar las 5S en la planta de producción de zunchos permitirá mantener en orden los estantes localizados en el área, lo cual será importante para que las herramientas estén disponibles en los momentos de preparación de máquina.

En la actualidad, no se ha diseñado un lugar específico para las herramientas y repuestos que se encuentran en el área de la planta de zunchos produciendo demoras al momento de su búsqueda y exceso de movimiento de los operarios.

Por otro lado, la falta de limpieza en el área no motiva al personal a realizar un trabajo minucioso e incluso puede llegar a restar valor al producto. Por ejemplo: la falta de limpieza puede ocasionar que los rollos de zunchos de colores claros presenten manchas; lo cual inspirará desconfianza en los clientes.

Finalmente, el programa 5S es un requisito para adoptar herramientas más complejas de calidad; ya que, involucra al personal y desarrolla los puntos básicos para una cultura de calidad.

Situación actual de TPM

Con la implementación de las herramientas de mantenimiento productivo total se pretende reducir los tiempos muertos debido a paradas de máquina no previstas. Asimismo, es necesario que los

colaboradores de planta adquieran conocimiento sobre mantenimiento autónomo y reconozcan la importancia de los trabajos de mantenimiento.

- Incidencias

Actualmente, las paradas de producción debido a falla de máquinas equivalen a 120 min.

- Encargado de mantenimiento

La empresa no cuenta con un área dedicada exclusivamente a las tareas de mantenimiento; por lo cual la responsabilidad de mantener en óptimas condiciones la maquinaria recae en el Jefe de Planta; quien ocasionalmente requiere los servicios de proveedores.

- Mantenimiento preventivos

La empresa no cuenta con un plan anual de mantenimiento preventivo; por lo cual las fallas de máquina se atienden conforme se presenten.

CAPÍTULO V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis de datos

Las variables seleccionadas como críticas fueron las siguientes (Véase punto 4.1.2 Desarrollo de la etapa medir – Selección de las variables):

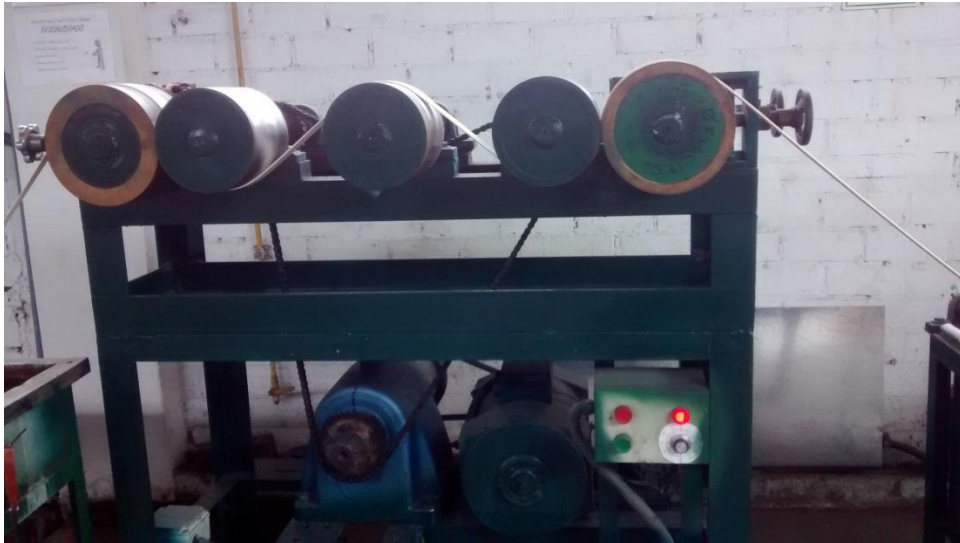
- Velocidad del conjunto de 05 rodillos jaladores (Véase figura 23)
- Velocidad del conjunto de 03 rodillos jaladores (Véase figura 24)
- Velocidad del rodillo de salida (Véase figura 25)

Estas tres variables deberán ser cuantificadas y analizadas con el objetivo de encontrar la relación que tienen con la variable de respuesta (ancho del zuncho); sin embargo, con los mecanismos actuales de la empresa esto no es posible.

Actualmente, la empresa controla las velocidades antes mencionadas mediante variadores de velocidad. Los operarios regulan la velocidad girando la perilla de izquierda a derecha o viceversa; sin embargo, no es posible determinar a qué velocidad está trabajando el sistema exactamente.

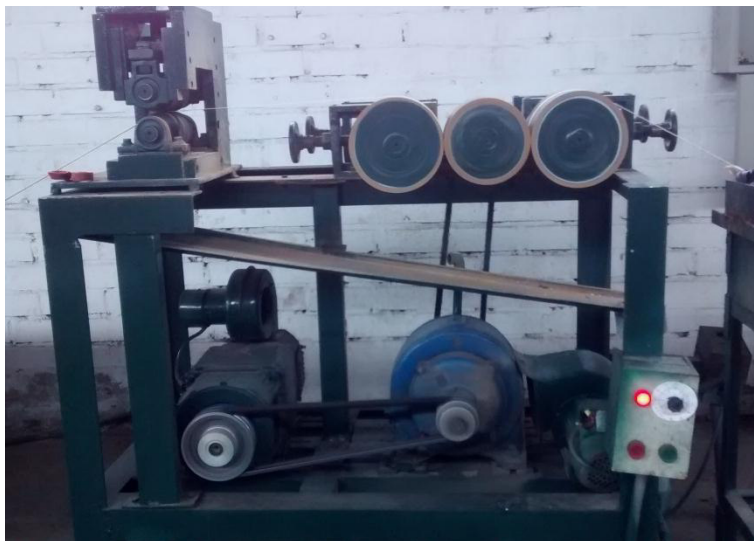
La obtención de estos datos son necesarios para continuar con el análisis estadístico del proceso; por lo cual, forma parte de las mejoras y recomendaciones, lo cual se describe en el siguiente capítulo.

Figura 23 Conjunto de cinco rodillos jaladores



Fuente: La empresa

Figura 24 Conjunto de tres rodillos jaladores



Fuente: La empresa

Figura 25 Rodillo de salida



Fuente: La empresa

5.2 Análisis de la evaluación organizacional

5.2.1 Análisis de los resultados de la encuesta

En los resultados obtenidos en el punto 4.2.2 se observa que en general la empresa obtuvo un puntaje de 121 puntos y; según la escala que se muestra en la tabla 15 Matriz de puntuación, el potencial de la empresa frente a la implementación del enfoque *Six Sigma* es alto. Sin embargo, es importante revisar cuales son los factores que obtuvieron menor puntaje (Véase tabla 19). Las mejoras propuestas se muestran en el siguiente punto.

Tabla 19: Factores de baja puntuación

FACTOR DE EVALUACIÓN	PUNTAJE
Competencia de la organización	
Factores relacionados al liderazgo, comunicación, comportamiento y conciencia	
19. La organización comunica a todos los niveles de la organización los objetivos y metas por lo menos dos veces por año.	2
Factores relacionados a la educación, capacitación y competencia de los expertos en Seis Sigma	
27. La organización se basa en iniciativas ya existentes, como TPM y 5S	1
Factores relacionados a equipos de mejora de proyectos y gestión de proyectos.	
30. La organización apoya un enfoque estructurado para la selección de proyectos de mejora y gestión.	2
Factores relacionados con las evaluaciones de desempeño en base a criterios de calidad, sistemas de información, de datos y medición.	
33. La organización cuenta con métricas de calidad acerca de sus procesos.	2

Fuente: La empresa

Elaboración propia

5.2.2 Planteamiento de las propuestas para mejorar la competencia organizacional

Reuniones mensuales de integración y comunicación

Propósito : comunicar e involucrar al personal de la empresa las metas del trimestre en curso.

Participantes : todo el personal

Duración : 1 hora

Frecuencia : mensual

Observaciones :

- Se realizará una presentación a cargo del gerente y administrador.
- Los puntos a tocar serán: situación actual de la empresa, expectativas para los próximos meses, estrategias, escuchar de sugerencias.
- Los empleados están en la capacidad de dar su opinión y hacer presente sus dudas.

Implementación del programa 5S

Se abordará en el punto 6.3.3

Conformación de Comité Kaizen

Propósito : apoyar el planeamiento y ejecución de proyectos de mejora en la empresa; a través, capacitaciones temas de mejora continua, motivación sobre ideas de mejora, conformación de equipos de trabajo, brindando las facilidades del caso.

Participantes : Administrador, jefe de producción y jefe de planta

Duración : 30 minutos

Frecuencia : semanal

Observaciones :

- El detalle del desarrollo de los talleres Kaizen se muestra en la tabla 20.

Tabla 20: Desarrollo de talleres Kaizen

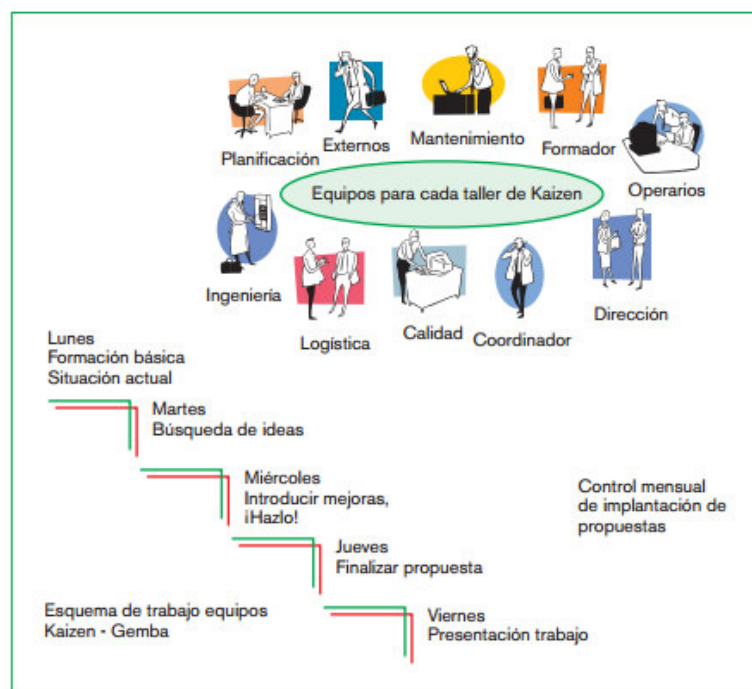
Denominación del taller	Talleres Kaizen
Objetivo	Fomentar la propuesta de ideas de mejora entre los empleados y asegurar que las mejoras ideas sean implementadas en la empresa.
Número de participantes	03 participantes
Duración de taller	01 semana. Los miembros participantes deben

	estar 100% avocados al taller.
Frecuencia	Primera semana de cada mes
Estructura	
- Planificación	Lunes y martes: se realiza el levantamiento de información, identificación de desperdicio, selección de objetivo y planteamiento de posibles alternativas.
- Análisis	Miércoles: selección de la idea de mejora a través de la evaluación mediante criterios establecidos.
- Gemba (término japonés que significa “ en el sitio de acción”)	Jueves y viernes: se simulará la idea elegida y se evaluará la viabilidad de la implementación.

Fuente: PARA, J. (2007). Kaizen: cuando la mejora se hace realidad. *Técnica Industrial*, pp. 30-35.

Elaboración propia.

Figura 26 Estructura del taller Kaizen



Fuente: PARA, J. (2007). Kaizen: cuando la mejora se hace realidad. *Técnica Industrial*, pp. 30-35.

Métricas de calidad

Propósito : establecer métricas de calidad con el objetivo de mejorar el nivel de satisfacción.

Participantes : jefe de producción, jefe de planta, operarios

Duración : 16 horas

Observaciones :

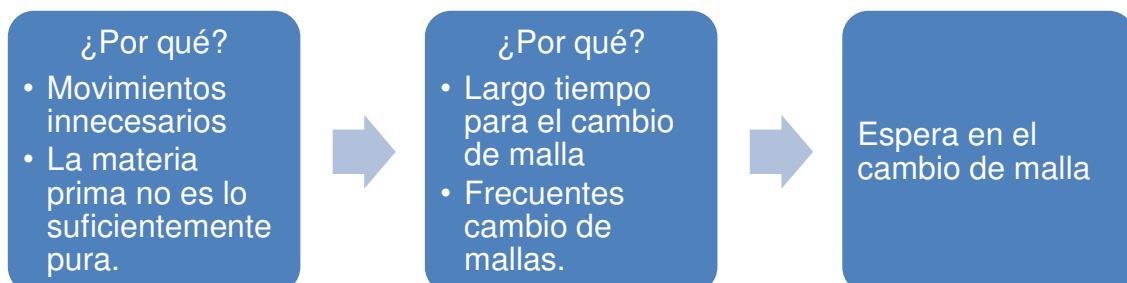
- Entre las métricas a establecerse se consideran: número de productos defectuosos por turno, tiempo para cambio de filtro y kilogramos de merma por turno.

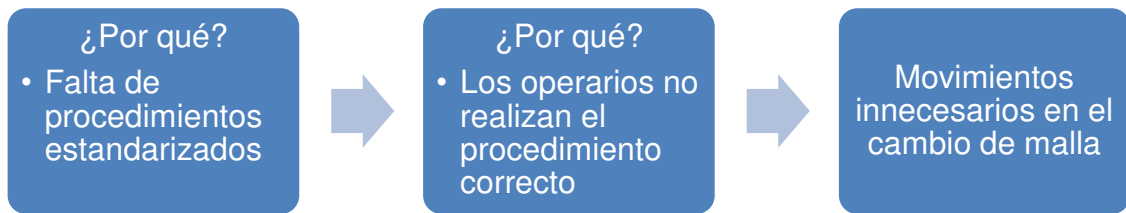
5.3 Análisis de resultados del diagnóstico de desperdicios y fuentes

5.3.1 Análisis de las fuentes de desperdicio

En la figura 26 se muestra el diagrama de los Por qué acerca de dos de los desperdicios presentes en el proceso de fabricación de zunchos (ver tabla 17). Se ha seleccionado la actividad del cambio de malla por tener presente dos tipos de desperdicios.

Figura 27 Diagrama de Por qué





Fuente: La empresa

Elaboración propia

5.3.2 Identificación de oportunidades

Se ha considerado establecer un procedimiento estándar para realizar el cambio de malla, lo cual permitirá reducir los movimientos innecesarios; y por ende, el tiempo de máquina parada. También ayudará a eliminar parte del desperdicio que genera un tiempo de ciclo mayor al *Takt Time*.

Asimismo, se aplicará la herramienta 5 S; ya que la empresa no cuenta con ningún sistema de calidad en curso; y, como una forma de fomentar la cultura de calidad en la empresa.

5.3.3 Planteamiento de las mejoras propuestas

Programa 5S

Se implementará el programa 5S con el objetivo de convertir el ambiente de trabajo en un área cuya disposición facilite las actividades que se llevan a cabo en ella. En un comienzo se tomará como piloto la planta de fabricación de zunchos; sin embargo, el programa sería beneficioso en cualquier área de la empresa.

a. Planificación del programa

Se brindará capacitación al personal que labora en la planta de zunchos y además al equipo que estará a cargo del programa. Dicho capacitación tendrá un espacio de 04 horas y se llevará a cabo en dos sesiones.

- *Plazo de implementación*

El plazo de implementación de las 03 primeras S es de 24 hrs. días, las etapas son las siguientes:

Actividades	Duración	Hrs / día
Seleccionar lo necesario	1 día	3 hrs
Organizar	2 día	2 hrs
Limpiar	1 día	2 hrs.
Estandarizar	2 día	2.5 hrs
Seguimiento	5 día	2 hrs

- *Recursos necesarios*

- ✓ Materiales: stickers rojos, carteles de señalización, artículos de limpieza, pintura
- ✓ Humanos: colaboración por parte de los operarios y jefe de planta, apoyo de la gerencia, inspector 5S.

b. Seiri (Seleccionar)

En la etapa de seleccionar se determinó los elementos que deben estar en la planta de zunchos y; acciones a tomar con respecto a los elementos que no fueron seleccionados. Los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- Se realizó un recorrido por el área de trabajo y se identificó

CARGO	FUNCIÓN DENTRO DE PROYECTO
Sub-gerente	Líder del proyecto.
Jefe de producción	Controlar el avance de las mejoras y su impacto en el área de producción.
Jefe de planta	Dirigir la implementación de las mejoras.
Operarios	Ejecutar las acciones de mejora.

dos oportunidades para aplicar las 5S: anaqueles ubicados en la esquina del área y repisa portaherramientas y, lugar de acopio de merma

- Se definieron los siguientes criterios de selección:

Tabla 21: Criterios para la fase de selección

	No necesario:	Necesario:
Utilidad para el proceso	No es utilizado en el proceso del área.	Se utiliza en el proceso
Frecuencia de uso	No se usó en el último mes de trabajo	Se usó en el último mes de trabajo
Cantidad necesaria	Excedente de lo que se necesita	Cantidad requerida en el proceso.

Elaboración propia

- Se colocó una etiqueta verde a los elementos que fueron definidos como “No necesario”.

Figura 28 Colocación de etiquetas verdes en artículos no necesarios



Fuente: la empresa

- Se evaluó los objetos seleccionados haciendo uso de la tarjeta que se muestra en la figura 28.

Figura 29 Formato de información de artículos

Información General	
Nombre del elemento:.....	Área:
Categoría	
Maquinaria:	Instrumento de medición:.....
Herramientas:	Repuestos:.....
Materia prima:	Producto terminado:.....
Producto en proceso:	Equipos de cocina:.....
Motivo	
No necesario:	Obsoleto:.....
Defectuoso:	Otros:.....
Plan de acción	
Botar:.....	Reubicar:.....
Vender:	Otros:.....

Elaboración propia

c. Seiton (Organizar)

Es importante poder sacar y reponer los artículos en sus respectivos lugares; por lo cual, se estableció lo siguiente:

Tratamiento para anaqueles

- Cada anaquel debe ser identificados con letras.
- Las filas de los anaqueles deben ser identificadas con números romanos.
- En caso se encontraran anaqueles con más de una columna, estas deben ser identificadas con números arábigos.

De esta forma será posible facilitar el retorno de herramientas a sus lugares y detectar la falta de algún artículo.

Figura 30 Señalización en anaqueles



Fuente: la empresa

Elaboración propia

Tratamiento para acopio de merma:

- La merma debe ser colocada en un contenedor con ruedas, el cual está ubicado dentro del área de zunchos. La figura 30 muestra una foto referencial de dicho contenedor.

De esta manera, se realizará el traslado de la merma a la planta donde es procesada con mayor facilidad.

Figura 31 Contenedor de acopio de merma



Fuente: <http://industriasrucsa.com/industrias/?q=image/tid/16>

d. Seiso (Limpiar)

Se ha establecido el programa de limpieza que se muestra en la tabla 22.

Tabla 22: Programa de limpieza

Artículos	Responsable	Turno	Frecuencia
Pisos	R. Chercca	1	Semanal
Tolva	B. Ramos	1	Diario
Tolva	O. Amasifuen	2	Diario
Anaqueles	J. Gutierrez	1	Semanal

Fuente: la empresa

Elaboración propia

e. Seiketsu (Estandarizar)

Será necesario integrar las actividades de las 5'S en el trabajo regular; para lo cual se propone lo siguiente:

- Establecer procedimientos de limpieza e integrarlos a los procedimientos de operación.
- Implementar auditorías de revisión.
- Evaluar los resultados semanalmente.

f. Shitsuke (Seguimiento)

Con el objetivo de fomentar el conocimiento de las 5S y no perder las expectativas en el proyecto, se propone colocar eslogans y posters, en los que se plasme los resultados obtenidos y las mejoras alcanzadas en relación a antes de la implementación del programa. Además es importante proporcionar recursos para hacer que la herramienta sea día a día mejor utilizada; tales como; canales de comunicación, juntas periódicas de seguimiento, etc.

g. Beneficios de la mejora

- La implementación del programa 5S permitirá reducir en el tiempo de recolección y traslado de merma; así como, el retiro y guardado de las herramientas.
- Involucrar a operarios en una cultura de orden y limpieza.

Implementación de manual de cambio de malla

a. Planteamiento del programa

La diferencia en el tiempo de experiencia de los operarios es bastante grande; lo cual se evidencia en su eficiencia. Debido a esto, es necesario estandarizar el proceso para que todos los operarios se nutran de las mejoras prácticas; a su vez, tener un estándar de producción e identificar sus caídas con facilidad.

- *Plazo de implementación*

El plazo de implementación es de 12 días, las etapas son las siguientes:

Actividades	Duración	Hrs / día
Observación el proceso	1 día	1 hr.
Documentación del proceso	2 día	1 hr.
Elaboración de instructivos de operación	5 día	1 hr.
Validación de los instructivos	2 día	1 hr
Implementación del procedimiento estandarizado	2 día	1 hr

- *Recursos necesarios*

Entre los recursos que serán necesarios, destacamos los siguientes:

- ✓ Tecnológicos y materiales: computadora, cronometro, impresora y cámara fotográfica.
- ✓ Humanos: colaboración por parte de los operarios y jefe de planta, apoyo de la gerencia.

b. Manual de cambio de filtro

En el Anexo N° 7 se presenta un manual elaborado para las actividades de cambio de filtro durante el proceso de elaboración de zunchos, el cual tiene por objetivo consolidar de manera secuencial, detallada y formal las actividades que deben realizarse durante esta actividad.

Asimismo, este documento es una herramienta útil para capacitar al personal nuevo, facilitando su incorporación al área de producción.

c. Beneficios esperados con la mejora

- Reducción del tiempo de cambio de filtro.
- Trabajo estandarizado para esta actividad.

CAPÍTULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Costeo de las mejoras propuestas

En la Tabla 23 se presenta el cuadro de recursos requeridos para la implementación de las mejoras utilizando *Lean Manufacturing* (5S) y *Six Sigma*.

Tabla 23: Recursos requeridos para la implementación de las mejoras

Descripción Cantidad	Duración	Cantidad	P. Unitario	Total	Mes
5S					
Implementación de programa (hrs)		24	40	960	1
Capacitación (horas)		4	40	160	0
Material visual durante todo el proyecto		1	500	500	0
Estrategia de sticker de colores		1	20	20	0
Estrategia de pintura (baldes)		2	40	80	0
Carteles de señalización		1	50	50	1
Seguimiento y control del programa (operarios)	Meses 2-12	44	17	748	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12
ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS					
Cronómetro		1	50	50	1
Diseño de instructivo para cambio de malla (hrs)		8	40	320	2
Validación del sistema (horas)		2	40	80	2
Capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento y los operarios de la línea de galvanizado		2	40	80	3
TECNICAS DE SEIS SIGMA					
Capacitación (horas)		10	40	400	1
Instalación de medidores de velocidad		3	150	450	1
Certificación de green belt al jefe de producción		1	12500	12500	1
Estimación del diseño de experimentos		1	2000	2000	1
				18398	

Elaboración propia

6.2 Evaluación económica

En este capítulo se realizará la evaluación económica-financiera de las mejoras propuestas por Six Sigma y Lean Manufacturing, respectivamente determinadas en la fase de análisis.

El proyecto Lean Six Sigma se ha enfocado en el proceso de producción de zuncho negro de 5/8 manual; sin embargo en la tabla 24 se observa que este tipo de zuncho representa el 59.22% de la producción total anual; sin embargo, las mejoras propuestas para este ítem son también aplicables para el resto de tipos de zunchos.

Tabla 24: Producción mensual de zunchos de polipropileno

Ancho nominal	Espesor nominal	Color	Producción (kg)	Producción (%)
1/2	Automático	De color	S/. 4,936.30	1.71%
1/2	Automático	Negro	S/. 4,471.50	1.55%
1/2	Manual	De color	S/. 12,420.00	4.30%
1/2	Manual	Negro	S/. 7,299.60	2.53%
3/4	Manual	Negro	S/. 588.00	0.20%
3/8	Manual	De color	S/. 2,221.60	0.77%
3/8	Manual	Negro	S/. 627.20	0.22%
5/8	Automático	De color	S/. 2,033.71	0.70%
5/8	Automático	Negro	S/. 48.78	0.02%
5/8	Manual	De color	S/. 83,156.23	28.79%
5/8	Manual	Negro	S/. 171,065.74	59.22%
TOTAL			S/. 288,868.66	100.00%

Elaboración propia

Fuente: La empresa

A continuación se explica el cálculo de estimación de ahorros:

Se tomó una muestra de 09 cambios de malla; de lo cual se tomó los datos de cantidad de reproceso al final de turno, número de cambios de malla y los tiempos que tomó cada uno.

Tabla 25: Tiempo por cambio de malla

N°	REPROCESO (KG)	N° DE CAMBIO DE MALLA	TIEMPO (MIN)
1	10.30	3	12.35, 13.10, 13.46
2	25.80	4	13.27, 12.67, 13.56, 14.38
3	15.40	2	14.47, 13.52
4	15.66	4	13.71, 14.89, 15.06, 12.84
5	12.30	3	13.03, 15.24 , 13.60
6	13.10	3	12.58, 13.52, 14.81
7	17.12	3	13.63, 12.08 , 12.17
8	8.00	2	12.92, 12.66
9	19.70	2	12.64, 13.71
Total	137.38	26	

De los datos obtenidos, se tiene que el promedio:

Número de cambios de malla promedio por turno	2.88 \cong 3
Tiempo promedio por cambio de malla	13.46 min
Cantidad de Kg reprocesados por cambio de malla	5.28 Kg

Fuente: la empresa
Elaboración propia

De la observación se determinó que el tiempo de cambio de malla se divide en dos actividades: cambio y calibración. En la tabla N° 26 se muestran los tiempos reales y los tiempos esperados luego de implementar las acciones propuestas. El tiempo actual para el cambio de malla es de 13.46 min; de los cuales 5 minutos son para realizar el cambio y 8.46 para calibrar nuevamente la línea de extrusión. Se asume que, con la aplicación del procedimiento estandarizado se reducirá el tiempo de operación a 03 min y; con la determinación de las velocidades adecuadas de los rodillos jaladores, el tiempo de calibración se reducirá a 4 min.

Tabla 26: Análisis de las actividades en el cambio de malla

Actividades del cambio de malla	Tiempo actual (min)	Descripción	Acciones Propuestas	Tiempo esperado (min)
Cambio manual	5	Es el tiempo que la máquina se encuentra parada para que se realice el cambio de malla.	Estandarizar el proceso	3
Calibración	8.46	Es el tiempo que se tiene la máquina en marcha emitiendo productos fuera de especificación. Mientras menos tiempo tome la calibración, menor es la cantidad de Kg.	Con la determinación de los valores óptimos de las variables que afectan al ancho del zuncho disminuirá el tiempo de calibración	4
Tiempo total de cambio de malla	13.46			7

Elaboración propia
Fuente: La empresa

Por otro lado, en la tabla 27 se muestra los Kg. De merma actual por cada cambio de malla y la cantidad de Kg. esperada luego de la reducción del tiempo de esta actividad. El promedio de Kg. De merma actual durante el cambio del malla se obtuvo de la tabla 25; posteriormente, se hace el cálculo la cantidad de merma actual en forma proporcional a la reducción de tiempo, lo se mostró en la tabla 26. Cabe señalar, que la solo se produce merma durante la actividad de calibración.

Tabla 27: Tiempo empleados durante el cambio de malla

Actividades del cambio de malla	Merma producida actual (Kg)	Merma esperada (Kg)
Cambio manual	0	0
Calibración	5.28	2.50
Total Kg de merma	5.28	2.50

Fuente: la empresa
Elaboración propia

Considerando 25 días de producción al mes, dos turnos por día y un estándar de 03 cambios de malla por turno; se tiene que los kg de merma esperada son S/. 374.74 Kg/mes.

Para estimar la reducción de los costos de producción defectuosa, se consideró que al ancho del zuncho se acote de 15.4 a 15.6; debido a la homogeneidad de las velocidades. Con este dato, se ha determinado como nuevo porcentaje de defectos 35.58%. Si se compara con la situación original del proceso, el porcentaje de defectos se ha reducido en 42.93%.

En la tabla 28 se muestra un resumen de las mejoras propuestas:

Tabla 28: Mejoras propuestas utilizando Lean Six Sigma

		Situación actual	Situación esperada
Six Sigma	DPPM (Defectos por millón de oportunidades)	785134.1	355831.3
Six Sigma	Velocidad de los rodillos jaladores	Indeterminada	Velocidad fija
Lean Manufacturing	Número de veces de cambio de malla por turno	Indeterminada	3
Lean Manufacturing	Herramientas	Sin ubicación determinada	Ubicación asignada
Lean Manufacturing	Reproceso	Sin ubicación determinada	Depósito de acopio adecuado
Lean Manufacturing	Actividad de cambio de malla	Actividad realizada con frecuencia y procedimiento a elección del operario	Procedimiento estandarizado

Fuente: la empresa
Elaboración propia

Para las mejoras propuestas con Six Sigma se han considerado algunos supuestos, debido a que sólo se realizó la etapa de definición y análisis. Los supuestos son los siguientes:

Estimación de ahorros generados

El costo promedio de reprocesar la colada generada durante el cambio de filtro es de S/. 1.45 por kilo y; el costo de reprocesar productos finales defectuosos es S/. 3.85 por kilo. Con las mejoras aplicadas se pretende reducir la colada a 374.74 kilos y; los productos defectuosos finales en 42.93% por mes. En la tabla 29 y 30 se muestra el ahorro que se pretende generar por meses.

Tabla 29: Ahorro en reproceso de colada esperado

Meses	Colada actual (Kg)	Costo de colada actual (S/.)	Costo esperado de colada (S/.)	Ahorro por reproceso de colada (S/.)
ENE	1218.79	S/. 1,767.25	S/. 543.37	S/. 1,223.88
FEB	3288.11	S/. 4,767.75	S/. 543.37	S/. 4,224.38
MAR	2674.55	S/. 3,878.10	S/. 543.37	S/. 3,334.73
ABR	2379.41	S/. 3,450.15	S/. 543.37	S/. 2,906.78
MAY	1562.47	S/. 2,265.58	S/. 543.37	S/. 1,722.20
JUN	1992.24	S/. 2,888.75	S/. 543.37	S/. 2,345.38
JUL	1473.71	S/. 2,136.88	S/. 543.37	S/. 1,593.51
AGO	1547.30	S/. 2,243.59	S/. 543.37	S/. 1,700.21
SEP	655.80	S/. 950.91	S/. 543.37	S/. 407.54
OCT	497.22	S/. 720.97	S/. 543.37	S/. 177.60
NOV	149.36	S/. 216.57	S/. 543.37	S/. -326.80
DIC	797.41	S/. 1,156.24	S/. 543.37	S/. 612.87
Total general	18236.37973	S/. 26,442.75	S/. 6,520.49	S/. 19,922.26

Fuente: la empresa
Elaboración propia

Tabla 30: Ahorro en reproceso de productos finales esperado

Meses	Productos defectuosos finales actual (Kg)	Costo de productos defectuosos finales actual (S/.)	Costo esperado de reproceso de productos defectuosos finales (S/.)	Ahorro por reproceso de productos defectuosos finales (S/.)
ENE		S/. -	S/. -	S/. -
FEB		S/. -	S/. -	S/. -
MAR	962.53	S/. 3,705.72	S/. 1,590.88	S/. 2,114.85
ABR	0.00	S/. -	S/. -	S/. -

MAY	0.00	S/. -	S/. -	S/. -
JUN	0.00	S/. -	S/. -	S/. -
JUL	861.21	S/. 3,315.65	S/. 1,423.42	S/. 1,892.23
AGO	0.00	S/. -	S/. -	S/. -
SEP	523.48	S/. 2,015.39	S/. 865.21	S/. 1,150.18
OCT	16.89	S/. 65.01	S/. 27.91	S/. 37.10
NOV	1266.48	S/. 4,875.95	S/. 2,093.26	S/. 2,782.69
DIC	4696.90	S/. 18,083.05	S/. 7,763.10	S/. 10,319.95
Total general	8327.47	S/. 32,060.78	S/. 13,763.78	S/. 18,297.00

Fuente: la empresa

Elaboración propia

En la tabla 31 se observa que el flujo neto del proyecto. Se ha considerado un costo de capital del 10%; con lo cual se obtenido como valor neto actual el monto de S/. 6,842. Asimismo, se observa que se tiene un TIR de 50%; lo cual quiere decir que si la empresa tiene un valor de Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) menor al TIR, el proyecto es aceptado

Tabla 31: Flujo neto del proyecto

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos (S/.)	0	1224	4224	5450	2907	1722	2345	3486	1700	1558	215	2456	10933
Egresos (S/.)	760	3910	1148	828	6748	748	748	748	748	748	748	748	748
SalDOS (S/.)	-760	-2686	3076	4622	-3841	974	1597	2738	952	810	-533	1708	10185
VAN (S/.)	6842												
TIR	50%												

Fuente: la empresa

Elaboración propia

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se recopiló los requisitos indispensables que una empresa necesita para hacer frente a la implementación de la metodología Lean Six Sigma. En primer lugar, se consideró información bibliográfica de la metodología DMAIC, de lo cual se extrajo ciertas características que el proceso debe cumplir; tales como, estar bajo control estadístico, seguir una distribución normal, tener un sistema de medición válido, entre otros. En segundo lugar, se recopiló artículos sobre implementaciones de Six sigma en diferentes empresas para contrastar los factores críticos considerados en cada uno; de lo cual se extrajo la información necesaria para elaborar un test. Por último, se consultó información sobre los tipos de desperdicios y sus formas de abordarlos.
2. Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la empresa; en el cual se encontró que la empresa no cuenta con parámetros de calidad definidos y que su producto no cumplía con los requerimientos del cliente.
3. Se aplicó las herramientas de calidad y mejora de procesos divididos en tres etapas de la investigación. En primer lugar, se verificó que el proceso cumpla con los requisitos para la aplicación de la metodología DMAIC; para esto se aplicó las herramientas matriz QFD, análisis modal de fallos y efectos, cálculo del tiempo takt y elaboración del mapa de valor, y gráficas estadísticas. En segundo lugar, se verificó que la organización esté preparada para hacer frente a la implementación de este enfoque; para esto, se evaluó a la organización mediante un test que permitió conocer la disposición del líder y facilitador del proyecto; así como, de la organización. Finalmente, se identificó las oportunidades de mejora Lean; para lo

cual, se utilizó la clasificación de los siete tipos de desperdicios, 5S y estandarización de procesos.

4. De los resultados obtenidos, se concluye que el proceso y la empresa cumplen los requisitos para hacer frente a la implementación de la metodología Lean Six Sigma.

En la primera etapa de la evaluación, se verificó que el proceso está bajo control y sigue una distribución normal; así como, que actualmente no cumple con los requerimiento del cliente. Sin embargo, es necesario que la empresa invierta en los dispositivos necesarios para medir las variables que intervienen en el proceso; con los cual será posible continuar con las siguientes tres etapas de la metodología DMAIC.

Con respecto a la segunda etapa, se determinó que la empresa está preparada para hacer frente a la implementación de esta metodología. Entre los puntos más bajos se encuentran la comunicación de objetivos a todos los niveles de la organización; el incentivo al uso de sistema de calidad como 5S y TPM y, enfoque estructurado para la selección de proyectos de mejora continua.

Finalmente, se observa que la empresa cuenta con diversas oportunidades lean, tales como, existencia de merma en el proceso, actividades innecesarias; entre otros. Para esto, se ha propuesto la implementación del programa 5S e instructivos de operación.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con las etapas de análisis, mejora y control de la metodología DMAIC.
2. Estandarizar los procedimientos de todas las actividades que intervengan en el proceso.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDE, P. (2009). *Calidad*. España: Ediciones Paraninfo.

BARBA, E., BOIX, F., CUATRECASAS, L. (2000). *Seis Sigma: una iniciativa de calidad total*. Barcelona: Gestión 2000.

BARRANTES, M. y SOCCONINI, L. (2011). *El proceso de las 5'S en acción (2ª. Ed)*. México DF: Servicios Editoriales 6Ns.

CASANOVAS, A. y CUATRECASAS, L. (2011). *Logística Integral: lean supply chain management*. Barcelona: Profit.

CERVERA, Josep. (2002). *La transición a las nuevas ISO 9000:2000 y su implantación: un plan sencillo y práctico con ejemplos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

CIMORELLI, S. (2013). *Kanban for the Supply Chain: Fundamental Practices for Manufacturing Management (2a. ed.)*. Estados Unidos: CRC Press.

CROCHRAN, C. (2016). *ISO 9001:2015 in Plain English*. Paton Professional.222

CUATRECASAS, L. (2000). *Herramientas de mejora de procesos: Seis Sigma AMFE*. Barcelona: Gestión 2000.

CUATRECASAS, L. (2010). *Lean management: la gestión competitiva por excelencia*. Barcelona: Profit.

CUATRECASAS, L. (2012). *Gestión de la calidad total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- DENTCH, M. (2016). *The ISO 9001:2015 Implementation Handbook*. ASQ Quality Press.
- ECKES, G. (2006). *El Six Sigma para todos*. Bogotá: Grupo Editorial Norma
- FONTALVO, T y VERGARA, J. (2010). *La Gestión de la Calidad de los Servicios ISO 9001:2008*. España: Eumed – Universidad de Málaga.
- GALGANO, A. (1995). *Los siete instrumentos de la calidad total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- GÓMEZ, F.; VILLAR, J. y TEJERO, M. (1997). *Cómo implantar y gestionar la calidad total* (2a. ed.). España: FC Editorial.
- GÓMEZ, F.; VILLAR, J. y TEJERO, M. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad* (2a. ed.). España: FC Editorial.
- GÓMEZ, F.; VILLAR, J. y TEJERO, M. (2003). *Seis Sigma* (2a. ed.). España: FC Editorial.
- GRIMA, P. y TORT-MARTORELL, J. (1995). *Técnicas para la gestión de la calidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- GUAJARDO, E. (2008). *Administración de la calidad total*. México: Editorial Pax México
- HAY, E. (1989). *Justo a tiempo (Just in Time): la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Bogotá: Norma
- JONES, D. y WOMACK, J. (2005). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Madrid: Gestión 2000.

- KOGYO, N. (1988). *Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects*. Portland: Productivity Press, A Division of Productivity, Inc.
- KUME, H. (1992). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Editorial Norma.
- MIRANDA, J. (2005). Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera-económica-social-ambiental. *MMEditores*, pp. 12-13.
- PARA, J. (2007). Kaizen: cuando la mejora se hace realidad. *Tecnica Industrial*, pp. 30-35.
- PÉREZ FERNÁNDEZ DE VELASCO, JOSE ANTONIO. (2010). *Gestión por procesos*. Material: ESIC Editorial.
- SANSALVADOR, M. (2015). *El coste de la calidad: ¿Qué es y cómo calcularlo?* España: Universidad Miguel Hernández
- SCHWARZ, Otto, Friedrich-Wolfhard EBELING y Brigitte FURTH (2003). *Procesamiento de los Plásticos*. Primera edición. Montevideo: Grupo Editorial Costa Nogal.
- SHINGO, S. (1990). *Una revolución en la producción: el sistema SMED* (2a. ed.). Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción.
- SOCCONINI, L (2008). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. (2ª ed). México DF: Grupo Norma.
- TOVAR, A. (2007). *CPIMC un modelo de administración*. México: Panorama Editorial

BIBLIOGRAFÍA EN LÍNEA:

Barahona Castillo, L.; Navarro Infante, J. *Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología lean six sigma*. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Recuperado el 16 de enero de 2015, desde <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4925>

Billmeyer, F. (1975). *Ciencia de los polímeros*. Recuperado el 10 de marzo de 2015, desde https://books.google.com.pe/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Buavaraporn, N. y Chen, L. (s.f). *An Investigation of Factors Affecting Lean Implementation Success of Thai Logistics Companies*. Recuperado el 12 de julio de 2015, desde <http://www.pomsmeetings.org/confpapers/043/043-0442.pdf>

Deros, B., Rahman, M. y Rose, A. (2014, Septiembre). *Critical Success Factors for Implementing Lean Manufacturing in Malaysian Automotive Industry*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 8(10). Consultada el 15 de julio de 2015, <http://maxwellsci.com/print/rjaset/v8-1191-1200.pdf>

Hilton, R. y SOHAL, A. (2012, Enero). *A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma*. Recuperado el 12 de julio de 2015, desde http://www.researchgate.net/publication/235288207_A_conceptual_model_for_the_successful_deployment_of_Lean_Six_Sigma

Laosirihongthong, T., Rahman, S. y Saykhun, K. (2005). *Critical factors for successful six-sigma implementation: an analytical hierarchy process (AHP) based*. Recuperado el 12 de julio de 2015, desde <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=3421&context=commpapers>

Ministerio de Fomento (2005). *Gestión por proceso (edición Mayo)*. España. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, desde <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/9541acde-55bf-4f01-b8fa-03269d1ed94d/19421/CaptuloIVPrincipiosdelagestindelaCalidad.pdf>

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. (2001). *Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española* (22a. ed). Recuperado el 06 de febrero de 2015, desde: www.rae.es/recursos/diccionarios/drae

Rey Peteiro, Domingo. (s.f.). *Todo sobre la Gestión por Proceso*. Recuperado el 12 de agosto del 2015, desde: <http://www.sinap-sys.com/es/content/todo-sobre-la-gestion-por-procesos-parte-i>

Sociedad Nacional de Industrias. (2014). *Resumen Ejecutivo sobre la Industria de Fabricación de Productos de Plástico*. Recuperado el 07 de marzo de 2015, desde: http://www.sni.org.pe/wpcontent/uploads/2014/03/RE_Industria_Plasticos_Feb2014.pdf

Vandenbrande, W. (s.f.). *Implementing Six Sigma in small and medium sized European companies*. Recuperado el 06 de septiembre de 2015, desde <http://www.qsconsult.be/>

Anexo 1: Encuesta de satisfacción

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN - MOLINOS PRETEL S.A.C.

Estimados clientes,
 Como parte de nuestro compromiso con la calidad y mejora continua, requerimos saber su opinión acerca de nuestro producto: ZUNCHOS PRECOPLAST.
 Agradeceremos su gentil respuesta.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ZUNCHOS

Marque con X una de las casillas para cada característica del zuncho PRECOPLAST

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Muy de acuerdo
Las dimensiones del zuncho son exactas					
La resistencia es la necesaria					
Los rollos son continuos, es decir, no presentan cortes					
El color de los zunchos es uniforme y adecuado					
El tiempo de entrega es adecuado					
El precio es adecuado					

¿Qué atributo del zuncho considera más importante?

Marque con una X.

	Dimensiones (ancho y espesor)
	Resistencia
	Peso
	Color
	Continuidad
	Otros

VOZ DEL CLIENTE

Permítanos conocer sus reclamos y sugerencias

¿Cuál es el problema más frecuente que has tenido con los zunchos Precoplast?

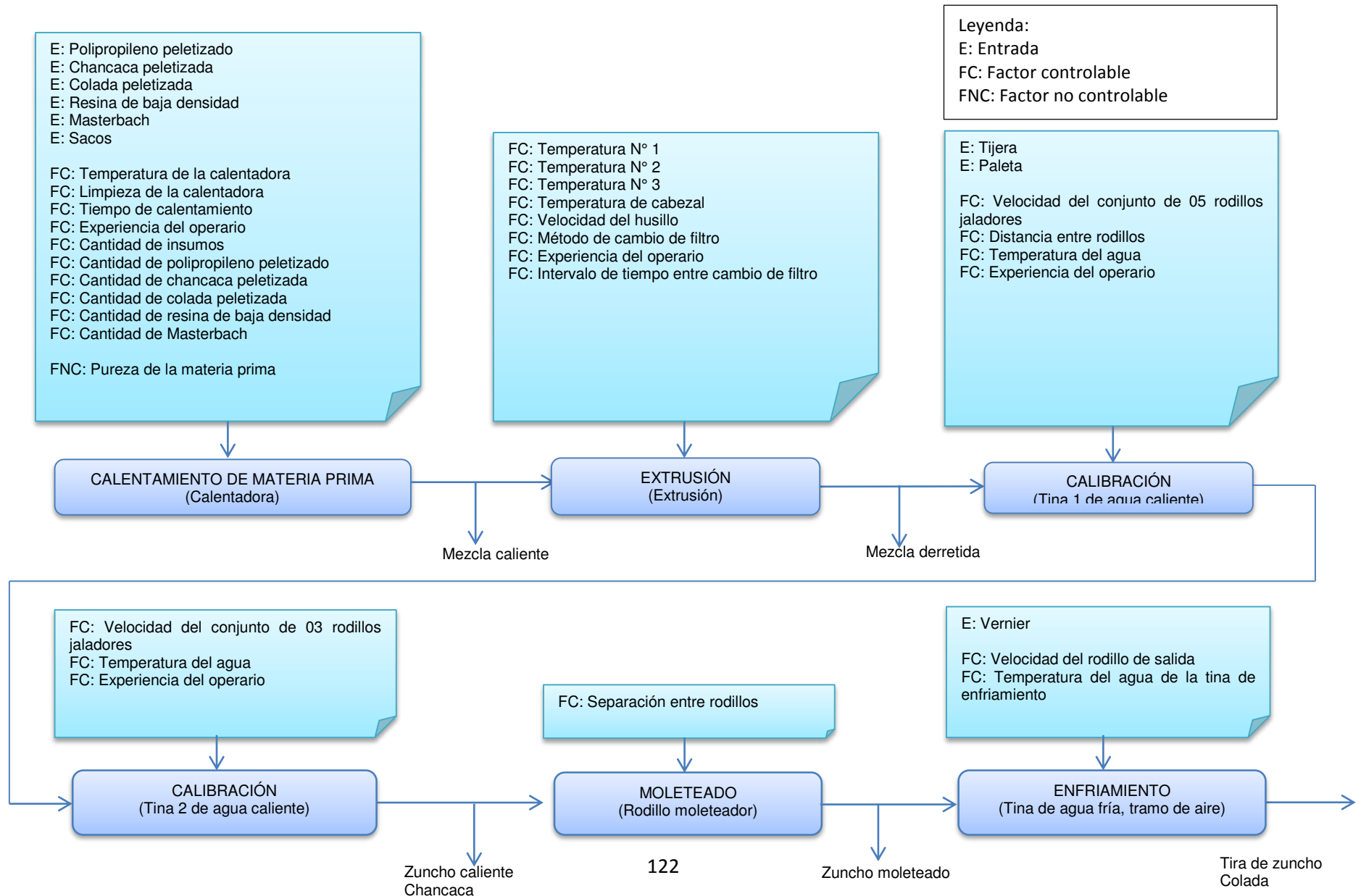
Marque con una X.

	Rotura
	Dimensión incorrecta
	Cortes (falta de continuidad)
	Color desgastado
	No he tenido problemas
	Otros

Anexo 2: Tabla de conversión de DPMO a nivel de sigma

Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities	Yield %	Sigma	Defects Per Million Opportunities
99.9997	6	3.4	93.32	3	66800
99.9995	5.92	5	91.92	2.9	80800
99.9992	5.81	8	90.32	2.8	96800
99.999	5.76	10	88.5	2.7	115000
99.998	5.61	20	86.5	2.6	135000
99.997	5.51	30	84.2	2.5	158000
99.996	5.44	40	81.6	2.4	184000
99.993	5.31	70	78.8	2.3	212000
99.99	5.22	100	75.8	2.2	242000
99.985	5.12	150	72.6	2.1	274000
99.977	5	230	69.2	2	308000
99.967	4.91	330	65.6	1.9	344000
99.952	4.8	480	61.8	1.8	382000
99.932	4.7	680	58	1.7	420000
99.904	4.6	960	54	1.6	460000
99.865	4.5	1350	50	1.5	500000
99.814	4.4	1860	46	1.4	540000
99.745	4.3	2550	43	1.32	570000
99.654	4.2	3460	39	1.22	610000
99.534	4.1	4660	35	1.11	650000
99.379	4	6210	31	1	690000
99.181	3.9	8190	28	0.92	720000
98.93	3.8	10700	25	0.83	750000
98.61	3.7	13900	22	0.73	780000
98.22	3.6	17800	19	0.62	810000
97.73	3.5	22700	16	0.51	840000
97.13	3.4	28700	14	0.42	860000
96.41	3.3	35900	12	0.33	880000
95.54	3.2	44600	10	0.22	900000
94.52	3.1	54800	8	0.09	920000

Anexo 3: Gráfico de entradas y salidas del proceso de calentamiento de materia prima y línea de extrusión



Anexo 4: Formato de registro de mediciones ancho de zuncho

HOJA DE MEDIDAS DE ANCHO DE ZUNCHOS			
Fecha		Turno	
Operario		Máquina	
Ancho nominal de zuncho (3/8, 5/8, 3/4, 1/2)			
N° de veces que se cambió el filtro durante el turno			

N°	Medida	N°	Medida
1		36	
2		37	
3		38	
4		39	
5		40	
6		41	
7		42	
8		43	
9		44	
10		45	
11		46	
12		47	
13		48	
14		49	
15		50	
16		51	
17		52	
18		53	
19		54	
20		55	
21		56	
22		57	
23		58	
24		59	
25		60	
26		61	
27		62	
28		63	
29		64	
30		65	
31		66	
32		67	
33		68	
34		69	
35		70	

Anexo 5: Registro de mediciones de ancho de zuncho

1	15.2	41	15.44	81	15.44	121	15.41	161	15.48	201	15.44	241	15.7	281	15.69
2	15.48	42	15.23	82	15.43	122	15.44	162	15.29	202	15.48	242	15.75	282	15.54
3	15.45	43	15.46	83	15.38	123	15.5	163	15.48	203	15.49	243	15.42	283	15.64
4	15.8	44	15.47	84	15.4	124	15.5	164	15.44	204	15.5	244	15.47	284	15.63
5	15.41	45	15.62	85	15.73	125	15.51	165	15.46	205	15.62	245	15.52	285	15.72
6	15.29	46	15.48	86	15.55	126	15.62	166	15.38	206	15.51	246	15.53	286	15.66
7	15.48	47	15.43	87	15.7	127	15.51	167	15.39	207	15.43	247	15.54	287	15.65
8	15.52	48	15.61	88	15.75	128	15.43	168	15.73	208	15.61	248	15.77	288	15.68
9	15.46	49	15.28	89	15.42	129	15.61	169	15.55	209	15.28	249	15.68	289	15.67
10	15.38	50	15.69	90	15.47	130	15.28	170	15.7	210	15.69	250	15.79	290	15.66
11	15.38	51	15.54	91	15.64	131	15.69	171	15.75	211	15.54	251	15.37	291	15.57
12	15.73	52	15.41	92	15.53	132	15.51	172	15.42	212	15.49	252	15.76	292	15.64
13	15.55	53	15.63	93	15.53	133	15.54	173	15.47	213	15.63	253	15.6	293	15.23
14	15.7	54	15.72	94	15.77	134	15.5	174	15.43	214	15.72	254	15.64	294	15.35
15	15.42	55	15.66	95	15.68	135	15.51	175	15.53	215	15.66	255	15.54	295	15.31
16	15.42	56	15.65	96	15.79	136	15.66	176	15.52	216	15.65	256	15.55	296	15.39
17	15.53	57	15.49	97	15.37	137	15.65	177	15.77	217	15.49	257	15.67	297	15.71
18	15.5	58	15.45	98	15.59	138	15.51	178	15.68	218	15.56	258	15.36	298	15.74
19	15.77	59	15.42	99	15.53	139	15.5	179	15.79	219	15.55	259	15.2	299	15.62
20	15.68	60	15.63	100	15.52	140	15.5	180	15.37	220	15.57	260	15.54	300	15.55
21	15.79	61	15.3	101	15.67	141	15.64	181	15.76	221	15.64	261	15.53		
22	15.37	62	15.35	102	15.36	142	15.64	182	15.65	222	15.25	262	15.58		
23	15.59	63	15.25	103	15.58	143	15.51	183	15.59	223	15.35	263	15.58		
24	15.86	64	15.31	104	15.59	144	15.3	184	15.6	224	15.31	264	15.32		
25	15.82	65	15.39	105	15.52	145	15.35	185	15.6	225	15.39	265	15.34		
26	15.67	66	15.74	106	15.44	146	15.4	186	15.67	226	15.71	266	15.56		
27	15.36	67	15.4	107	15.49	147	15.49	187	15.36	227	15.74	267	15.52		
28	15.43	68	15.48	108	15.24	148	15.51	188	15.46	228	15.46	268	15.33		
29	15.44	69	15.45	109	15.52	149	15.51	189	15.45	229	15.4	269	15.2		
30	15.6	70	15.47	110	15.51	150	15.24	190	15.52	230	15.45	270	15.18		
31	15.58	71	15.45	111	15.65	151	15.39	191	15.58	231	15.8	271	15.41		
32	15.44	72	15.8	112	15.58	152	15.71	192	15.49	232	15.54	272	15.44		
33	15.32	73	15.5	113	15.49	153	15.74	193	15.32	233	15.29	273	15.61		
34	15.34	74	15.25	114	15.32	154	15.39	194	15.34	234	15.48	274	15.62		
35	15.56	75	15.48	115	15.34	155	15.51	195	15.56	235	15.53	275	15.63		
36	15.52	76	15.55	116	15.56	156	15.5	196	15.52	236	15.46	276	15.62		
37	15.33	77	15.46	117	15.52	157	15.47	197	15.33	237	15.38	277	15.65		
38	15.46	78	15.56	118	15.33	158	15.52	198	15.45	238	15.4	278	15.43		
39	15.42	79	15.58	119	15.46	159	15.45	199	15.45	239	15.73	279	15.61		
40	15.41	80	15.54	120	15.18	160	15.8	200	15.41	240	15.55	280	15.28		

Anexo 6: Test de evaluación sobre el potencial de la organización frente a la implementación de la metodología Lean Six Sigma

FACTOR DE EVALUACIÓN	PUNTAJE
Competencia del líder del proyecto	
1. El líder del proyecto tiene capacidad de influenciar positivamente en los miembros de la organización.	
2. El líder del proyecto sabe comunicarse con el equipo efectivamente.	
3. El líder del proyecto tiene vocación orientada al cliente.	
4. El líder del proyecto tiene la capacidad para aprender y enseñar.	
5. El líder del proyecto tiene mentalidad orientada a resultados.	
6. El líder del proyecto es optimista.	
7. El líder del proyecto posee pensamiento lógico y habilidad para resolver problemas.	
8. El líder del proyecto posee un claro entendimiento de los objetivos y estrategias del negocio.	
9. El líder del proyecto posee habilidades matemáticas, estadísticas y analíticas.	
Competencia del facilitador del proyecto	
10. El facilitador del proyecto tiene capacidad para desarrollar implementación de estrategias.	
11. El facilitador del proyecto conoce sobre manejo de personas a todo nivel de la organización.	
12. El facilitador del proyecto posee capacidad para crear programas de capacitación para toda la organización.	
13. El facilitador del proyecto tiene habilidad para obtener y asignar recursos eficientemente.	
14. El facilitador del proyecto tiene habilidad para coordinar múltiples proyectos de la organización.	
15. El facilitador del proyecto posee capacidad para influenciar sobre los demás.	
16. El facilitador del proyecto tiene igual capacidad para influenciar que el líder de los equipos de trabajo.	
17. El facilitador del proyecto es capaz de entrar en la posición del líder del proyecto si es necesario.	
Competencia de la organización	
Factores relacionados al liderazgo, comunicación, comportamiento y conciencia	
18. La organización apoya el rol de facilitador y líder del despliegue de los proyectos.	
19. La organización comunica a todos los niveles de la organización los objetivos y metas por lo menos dos veces por año.	
20. La dirección está comprometida con las iniciativas de mejora.	

Factores relacionados a políticas, cultura y apoyo y estrategia de la organización	
21. La organización apoya el empoderamiento de los empleados	
22. La organización apoya las recompensas y el reconocimiento	
23. La organización motiva a los empleados a identificar oportunidades de mejora	
Factores relacionados a la educación, capacitación y competencia de los expertos en Six Sigma	
24. La organización apoya el desarrollo de habilidades en toda la organización	
25. La organización apoya el aprendizaje de calidad y la recopilación de conocimiento	
26. La organización apoya la orientación y tutoría de los demás.	
27. La organización se basa en iniciativas ya existentes, como TPM y 5S	
Factores relacionados a equipos de mejora de proyectos y gestión de proyectos.	
28. La organización promueve la participación en equipo y el entendimiento de la dinámica del equipo.	
29. La organización premia a las mejoras en equipo.	
30. La organización apoya un enfoque estructurado para la selección de proyectos de mejora y gestión.	
Factores relacionados con las evaluaciones de desempeño en base a criterios de calidad, sistemas de información, de datos y medición.	
31. La organización apoya la recolección de datos y medidas de desempeño.	
32. La organización apoya una mentalidad de cero defectos.	
33. La organización cuenta con métricas de calidad acerca de sus procesos.	
34. La organización apoya el enfoque en la mejora de los procesos	

Elaboración propia.

Anexo 7: Manual de procedimiento de cambio de filtro

	MOLINOS PRETEL S.A.C. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CAMBIO DE FILTRO	CÓDIGO	PROD_Z_M1
		VERSIÓN	1
		FECHA	18/07/2015
		HOJA	127 de 142

OBJETIVO DEL MANUAL

El presente manual tiene por objetivo consolidar de manera secuencial, detallada y formal las actividades que deben realizarse durante el cambio de filtro en el proceso de fabricación de zunchos de polipropileno.


Asimismo, este documento es una herramienta útil para capacitar al personal nuevo, facilitando su incorporación al área de producción.

ALCANCE

El manual está enfocado en la actividad del cambio de filtro que tiene presencia en la línea de extrusión del proceso de fabricación de zunchos y es realizado por los operarios de la planta.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Faja: elemento utilizado por el personal para proteger la zona lumbar de lesiones.
- Guantes: elementos utilizados para proteger la vista.
- Mascarilla: elementos utilizados para proteger las vías respiratorias.

	MOLINOS PRETEL S.A.C. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CAMBIO DE FILTRO	CÓDIGO	PROD_Z_M1
		VERSIÓN	1
		FECHA	18/07/2015
		HOJA	128 de 142

PROCEDIMIENTO DE CAMBIO DE MALLA

1. Detener el extrude. Para esto, presionar el botón Stop / Reset (A en la figura 1.1) del panel de pulsadores (B en la figura 1.1).




Figura 1.1 Vista del panel de pulsadores con máquina en marcha

- Luego de presionado el botón Stop / Reset se encenderá una luz roja sobre éste (ver figura 1.2)



Figura 1.2 Vista del panel de pulsadores con máquina parada

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jessica Gabriela Paz Rodríguez	Julio Revilla	Yolanda Rodríguez Condori

	MOLINOS PRETEL S.A.C. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CAMBIO DE FILTRO	CÓDIGO	PROD_Z_M1
		VERSIÓN	1
		FECHA	18/07/2015
		HOJA	129 de 142

Nota: La manipulación de las mallas debe realizarse haciendo uso de las EPPs detallados en la primera parte del instructivo.

1. Hacer salir la regla del cabezal. Para esto seguir los siguientes pasos:

- Encender el motor del cabezal: girar la perilla (C en la figura 1.3) a hacia la derecha hasta que esté en forma vertical (ver figura 1.4).



Figura 1.3 Vista lateral del tornillo



Figura 1.4 Posiciones de la perilla de encendido/apagado

- Mover la palanca hidráulica (A en la figura 1.3) hacia arriba. La regla del cabezal se desplazará hacia afuera (ver figura 1.5).
- Detener el motor del cabezal: girar la perilla hacia la izquierda hasta que esté en forma horizontal.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jessica Gabriela Paz Rodríguez	Julio Revilla	Yolanda Rodríguez Condori


	MOLINOS PRETEL S.A.C. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CAMBIO DE FILTRO	CÓDIGO	PROD_Z_M1
		VERSIÓN	1
		FECHA	18/07/2015
		HOJA	130 de 142




Figura 1.5 Vista del cabezal

2. Utilizando una espátula retirar la malla que se encuentra actualmente en el cabezal.



Figura 1.6 Vista del cabezal

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jessica Gabriela Paz Rodríguez	Julio Revilla	Yolanda Rodríguez Condori

	MOLINOS PRETEL S.A.C. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CAMBIO DE FILTRO	CÓDIGO	PROD_Z_M1
		VERSIÓN	1
		FECHA	18/07/2015
		HOJA	131 de 142

3. Dejar caer la malla al suelo.




Figura 1.5 Malla retirada

4. Colocar la nueva malla en el cabezal.



Figura 1.6 Colocación de malla en el cabezal

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jessica Gabriela Paz Rodríguez	Julio Revilla	Yolanda Rodríguez Condori

	MOLINOS PRETEL S.A.C. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CAMBIO DE FILTRO	CÓDIGO	PROD_Z_M1
		VERSIÓN	1
		FECHA	18/07/2015
		HOJA	132 de 142

5. Hacer que ingresar la regla del cabezal. Para esto seguir los siguientes pasos:
- Encender el motor del cabezal: girar la perilla hacia la derecha hasta que esté en forma vertical (ver figura 1.4)
 - Mover la palanca hidráulica hacia abajo. La regla del cabezal se desplazará hacia adentro.
 - Detener el motor del cabezal: girar la perilla hacia la izquierda hasta que esté en forma horizontal.
6. Poner en marcha el extrude. Para esto presionar el botón Run (A en la figura 1.7) del panel de pulsadores (B en la figura 1.7).



Figura 1.7 Vista del panel de pulsadores con máquina parada

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jessica Gabriela Paz Rodríguez	Julio Revilla	Yolanda Rodríguez Condori