

**Propuesta de mejoramiento de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la Empresa Metalmecánicas Muñoz S.A.S. basado en la metodología Seis Sigma.**

**Brisseth Garrido Figueroa**

**240895**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Industrial**

**Bucaramanga**

**2019**

**Propuesta de mejoramiento de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la Empresa Metalmecánicas Muñoz S.A.S. basado en la metodología Seis Sigma.**

**Brisseth Garrido Figueroa**

**240895**

**Directora: Ingeniera Marcela Villa Marulanda**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Facultad de Ingeniería**

**Ingeniería Industrial**

**Bucaramanga**

**2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

## **Agradecimientos**

Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar hasta aquí y obtener un logro más en mi vida, por darme la fuerza y el deseo para culminar este proyecto, por bendecirme con una experiencia más y por siempre ser mi apoyo, mi guía y mi gasolina.

Gracias a mis padres y hermana por apoyarme en todo momento, por creer en mí, por nunca dejarme sola en este largo camino y especialmente por tanto amor brindado.

Gracias a la ingeniera Marcela Villa por guiarme en este camino, por darme las herramientas y el conocimiento necesario para realizar este proyecto de grado, por todo el tiempo brindado y por tanta paciencia.

También agradecer al señor Alfredo Muñoz por permitirme entrar a su empresa y realizar este trabajo.

Finalmente agradecer a todas esas personas que de una u otra forma colaboraron en la creación de este proyecto. Muchas gracias.

## Contenido

Introducción.....	14
1. Descripción del Problema .....	16
1.1. Generalidades de la empresa .....	16
1.1.1 Empleados. ....	16
1.1.2 Datos. ....	16
1.1.3 Estructura organizacional.....	17
1.1.4 Misión. ....	17
1.1.5 Visión. ....	18
1.1.6 Política de calidad. ....	18
1.1.7 Objetivos de calidad.....	18
1.1.8 Productos y servicios. ....	19
1.1.9 Logo .....	20
1.2. Diagnóstico preliminar.....	20
1.2.1. Control de no calidad:.....	21
1.2.2. Seguimiento y control de los tiempos muertos entre proceso:.....	22
1.2.3. Flujo de proceso equilibrado .....	24
1.2.4. Respuesta a las dificultades dentro de los procesos.....	25
1.2.5. Programación de la producción .....	26
1.2.6. Métodos de trabajo estandarizado.....	26

1.2.7.	Mantenimientos correctivos y preventivos .....	27
1.2.8.	Adaptabilidad del operador a las necesidades de la empresa .....	27
1.3.	Planteamiento del Problema .....	28
1.4.	Fomulación del Problema.....	29
1.5.	Justificación.....	29
2.	Objetivos .....	31
2.1.	Objetivo general.....	31
2.1.1.	Objetivos específicos .....	31
3.	Metodología.....	32
3.1.	Objetivos estratégicos .....	32
3.2.	Área de estudio .....	33
3.3.	Unidad de selección .....	33
3.4.	Tamaño de muestra .....	34
3.5.	Identificación de la población.....	34
3.6.	Instrumentos de investigación .....	35
3.7.	Implicaciones éticas .....	35
3.8.	Alcances y limitaciones.....	36
3.8.1.	Alcance.....	36
3.8.2.	Limitaciones. ....	36
4.	Marco Teórico .....	37

4.1.	Six sigma .....	37
4.2.	Lean Manufacturing .....	39
5.	Marco Contextual.....	41
5.1.	Sector metalmecánico .....	41
5.2.	En el mundo.....	42
5.3.	En Colombia. ....	42
5.4.	En Santander.....	43
5.5.	En Barrancabermeja .....	44
6.	Implementación de la metodología lean six sigma .....	45
6.1	Fase 1: Definir .....	45
6.1.1.	Priorización: .....	45
6.1.2.	SIPOC. ....	47
6.1.3.	Diagrama de Pareto.....	52
6.1.4.	VOC (Voz del cliente). ....	54
6.1.5.	Matriz de despliegue de la función de calidad (QFD) .....	61
6.2.	Fase 2 medición .....	66
6.2.1.	Definición de unidad, oportunidades, defecto y métrica: .....	66
6.2.2.	Métricas de medición .....	67
6.2.3.	Tabla de registro: .....	67
6.2.4.	Validación de la medición: .....	69

6.2.5.	Síntesis de datos:.....	71
6.3.	Fase 3 Análisis: .....	73
6.3.1.	Resortes helicoidales.....	74
6.3.2.	Cabezales para sistemas de bombeo mecánico.....	78
6.3.3.	Camisas para campana-frenos de motos .....	82
6.3.4.	Síntesis cartas de control.....	86
6.4.	RECOMENDACIONES .....	87
6.4.1.	Diagrama de Ishikawa.....	87
6.4.2.	5 ¿Por qué? .....	88
6.4.3.	Lluvia de ideas:.....	89
7.	CONCLUSIONES .....	94
8.	Referencias .....	96
9.	Anexos.....	101
9.1.	Anexo 1 .....	101
9.2.	Anexo 2 .....	102
9.3.	Anexo .....	103



## **Listado de tablas**

Tabla 1 Comparación puntajes de Productos y servicios .....	46
Tabla 2 SIPOC Fabricación de toda clase de resortes en diferentes diámetro y longitudes. ....	47
Tabla 3 Creación de cabezales para unidad de bombeo.....	49
Tabla 4 Simbología del diagrama de proceso utilizada.....	51
Tabla 5 Etapas Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes.....	55
Tabla 6 Resultados cliente externo .....	56
Tabla 7 variables encuesta cliente interno.....	58
Tabla 8 Resultados cliente interno .....	60
Tabla 9 conclusión etapa definir .....	65
Tabla 10 síntesis de datos de resortes helicoidales .....	71
Tabla 11 Síntesis de dato de cabezales para unidades de bombeo mecánico.....	72
Tabla 12 Síntesis de datos de camisas para campana-frenos de motos.....	73
Tabla 13 5 ¿por qué?.....	89

## Tabla de Figuras

Figura 1 Estructura organizacional Metalmecánica Muñoz S.A.S .....	17
Figura 2 Logo Industria Metalmecánica Muñoz.....	20
Figura 3 las variables directas del proceso .....	21
Figura 4 Metodología del proyecto Lean Six Sigma .....	32
Figura 5 Mapa de proceso de la metodología Lean Six sigma articulada a las metas de la empresa .....	33
Figura 6 Diagrama de contenido del marco teórico.....	37
Figura 7 Diagrama de contenido del marco contextual. ....	41
Figura 8 Proceso de Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes .48	
Figura 9 Proceso de fabricación de cabezales para sistemas de bombeo .....	50
Figura 10 Partes de un cabezal .....	51
Figura 11 Diagrama de Pareto de la fabricación de piezas en diferentes materiales. ....	52
Figura 12 Camisas para campana-frenos de motos.....	53
Figura 13 Matriz de despliegue de la función de calidad (QFD).....	62
Figura 14 Comparación con la competencia directa.....	64
Figura 15 Definición de unidad, oportunidades, defecto y métrica. ....	66
Figura 16 tabla de recolección de datos .....	68
Figura 17 Resortes helicoidales Carta P.....	74
Figura 18 Resortes helicoidales Carta nP.....	75
Figura 19 Resortes helicoidales Carta C: .....	76
Figura 20 Resortes helicoidales Carta U .....	77
Figura 21 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta P .....	78

Figura 22 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta nP.....	79
Figura 23 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta C.....	80
Figura 24 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta U.....	81
Figura 25 Camisas para campana-frenos de motos Carta P.....	82
Figura 26 Camisas para campana-frenos de motos Carta nP.....	83
Figura 27 Camisas para campana-frenos de motos Carta C.....	84
Figura 28 Camisas para campana-frenos de motos Carta U.....	85
Figura 29 Diagrama de Ishikawa.....	88
Figura 30 Diagrama de procesos con controles.....	92

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** Propuesta de mejoramiento de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la Empresa Metalmecánicas Muñoz S.A.S. basado en la metodología Seis Sigma.

**AUTOR(ES):** Brisseth Garrido Figueroa

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR(A):** Marcela Villa Marulanda

### **RESUMEN**

INDUSTRIA METALMECÁNICA MUÑOZ S.A.S es una empresa del sector metalmecánico que se dedica, a la fabricación de piezas industriales y reconstrucción de partes y equipos, en el desarrollo de sus actividades tiene la necesidad de establecer nuevas estrategias organizacionales para elevar los niveles de productividad en la línea de producción, reduciendo tiempos, costos y desperdicios y así aumentar la rentabilidad. Para lograr esto se implementó la metodología mixta lean seis sigmas que analizo en la planta; en los puestos de trabajo más críticos, gestión que le permitió a la empresa utilizar los datos y la información para disminuir los defectos del proceso, mejorar la calidad.

### **PALABRAS CLAVE:**

seis sigma, lean manufacturing, sector metal-mecánico, metalúrgico

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** Proposal to improve prioritized production processes and maintenance service provision at Empresa Metalmecánicas Muñoz S.A.S. based on the Six Sigma methodology.

**AUTHOR(S):** Brisseth Garrido Figueroa

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR:** Marcela Villa Marulanda

### **ABSTRACT**

INDUSTRIA METALMECÁNICA MUÑOZ SAS is a company in the metal-mechanic sector that is dedicated to the manufacture of industrial parts and reconstruction of parts and equipment, in the development of its activities has the need to establish new organizational strategies to raise the levels of productivity in the line of production, reducing time, costs and waste and thus increase profitability. In order to achieve this, the mixed methodology read six sigma that I analyze in the plant was implemented; in the most critical jobs, management that allowed the company to use the data and information to reduce the defects of the process, improve quality.

### **KEYWORDS:**

six sigma, lean manufacturing, metal-mechanic, metallurgical sector

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## Introducción

La ingeniería industrial como base fundamental en el análisis, control y estandarización de procesos productivos, esta; ha estado en continuo desarrollo desde sus inicios hasta el día de hoy, la supervivencia, la competitividad en las empresas requiere actualización y mejora continua en cada una de las diferentes áreas a saber: líneas de producción, y de servicios administración, comercialización, que integradas poder lograr el óptimo beneficio entre los recursos humanos, materias primas y así alcanzar un incremento en competitividad.

Con la presente tesis se estudió y analizó la línea de producción y de prestación de servicios de mantenimiento de la empresa INDUSTRIA METALMECÁNICA MUÑOZ S.A.S del sector metalmeccánico en la ciudad de Barrancabermeja (Santander), ya que estos no estaban controlados y no contaban con algún tipo de seguimiento de la calidad y que, por las diversas devoluciones, retrasos, y aumentos de costos, ocasionaban un efecto negativo directo en la satisfacción del cliente.

La intención de este proyecto de grado fue conocer previamente la situación inicial de la línea de producción y de prestación de servicios de mantenimiento y plantear propuestas de solución para la disminución de los reprocesos, la reducción de defectos, la pérdida de materia prima en pro de aumentar la productividad de la empresa.

Por lo anterior se aplicó la metodología, Lean Six Sigma (LSS), basada en la filosofía del Lean Manufacturing cuya premisa es que todo puede hacerse mejor y Six Sigma metodología que apunta a la mejora de procesos para controlar los problemas de calidad en el proceso productivo. Por tal

motivo, y con el objetivo de corregir los defectos y las fallas de la línea de producción y de prestación de servicios de mantenimiento, optimizar los recursos en cuanto a la relación producto en proceso, agregar valor y reducción de tiempos muertos y sobrecostos y poder incrementar la satisfacción del cliente y en el área de producción donde se aplicará las actividades del acrónimo (DMAIC): Definir Medir, Analizar, para dejar propuestas de mejoras, se plantean formatos de control, para poder intervenir el proceso, que serán validadas en la medida que el propietario de la empresa las aplique la línea de producción seleccionada.

## **1. Descripción del Problema**

### **1.1. Generalidades de la empresa**

Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S es una empresa del sector metalmecánico, con una experiencia de 26 años en la fabricación de piezas industriales y reconstrucción de partes y equipos, especializada en reparación, mantenimiento, montaje y alineación de equipos rotativos y equipos estacionarios cumpliendo con los requisitos y especificaciones del cliente, buscando la satisfacción de sus necesidades y expectativas. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, s.f.).

#### **1.1.1 Empleados.**

Está conformada por 10 empleados: Gerente, secretaria / Auxiliar, Administrativo, Jefe de Producción, Operador Máquina –Herramienta, Soldador, Ayudante técnico, Representante de la Dirección - Coordinador de Sistemas de Gestión integral, Mecánico de mantenimiento de equipos industriales, Auxiliar contable, Brigadista. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, 2015, pág. 2).

#### **1.1.2 Datos.**

Calle 57 N. ° 32-23 Barrio Ciudad Bolívar

Teléfono: 7-6222907

Celular 310 7862233- 316 756 2419

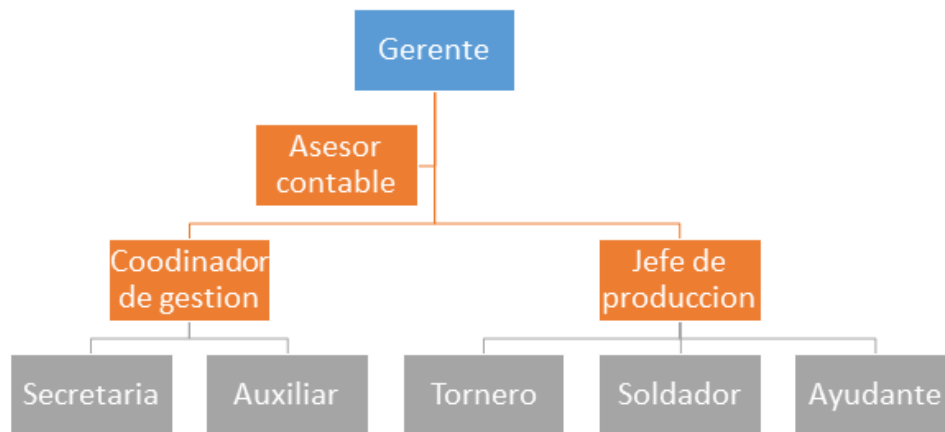
Radio: 805\*162

E-mail: indmunoz@hotmail.com



### 1.1.3 Estructura organizacional

Figura 1 Estructura organizacional Metalmeccánica Muñoz S.A.S



(Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, 2015, pág. 3)

### 1.1.4 Misión.

Fabricamos, Reconstruimos, Habitamos, Rectificamos productos para el sector metalmeccánico e industrias petroleras y mantenimiento de equipos industriales, cumpliendo con los requisitos del cliente y ofreciendo un continuo servicio de atención pre y post venta, para mejorar día tras día la organización. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, s.f.).

### **1.1.5 Visión.**

Expandir los productos a nivel nacional e internacional en el sector industrial, reduciendo costos de producción y un permanente desarrollo de Talento Humano, para asegurar mejor competitividad que garantice la satisfacción de la demanda. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, s.f.).

### **1.1.6 Política de calidad.**

Satisfacer a cabalidad los requisitos del cliente, cumpliendo con sus necesidades y expectativas, contando para ello con un recurso humano competente, maquinaria adecuada y proveedores calificados, que permitan garantizar la calidad de los trabajos y el mejoramiento continuo de los procesos. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, s.f.).

### **1.1.7 Objetivos de calidad.**

- Asegurar un alto nivel de satisfacción de los requisitos del cliente.
- Garantizar un alto cumplimiento en el plazo de entrega acordado en los trabajos realizados.
- Garantizar la competencia del Talento Humano.
- Mantener en adecuadas condiciones de uso la maquinaria de la organización.
- Asegurar un alto nivel de desempeño de los proveedores. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, 2015, pág. 3)

### **1.1.8 Productos y servicios.**

Los productos y servicios que ofrece la empresa son:

- Fabricación de piezas en diferentes clases de materiales
- Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes
- Fabricación de crossover
- Fabricación de cabezales para pozos
- Fabricación de templetes para sistema de bombeo mecánico
- Encamisado de cilindros compresores y motrices
- Mantenimiento general preventivo y correctivo de equipos industriales.
- Mantenimiento servicio de torno: fabricación y reconstrucción de partes industriales. Servicio de alisadora: mecanizado de piezas de mayor tamaño, con capacidad de recorrido transversal de 1500mm recorrido vertical cabezal 1500mm y una longitud de mesa de 3000mm
- Servicio de mandriladora portátil: mandrilado y soldadura de 22 a 400mm y perforación hasta 45mm.
- Servicio de babitado: proceso de recubrimiento para dar resistencia ante fricción.
- Servicio de torno petrolero: mecanizado de piezas con capacidad de 200mm entre puntos, 1300mm de volteo sobre bancada
- Servicio de torno vertical: mecanizado de piezas con capacidad de 1300mm de diámetro general preventivo y correctivo de equipos industriales. (Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S, s.f.).

### 1.1.9 Logo

Figura 2 Logo Industria Metalmecánica Muñoz



(Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S, 2015, pág. 2)

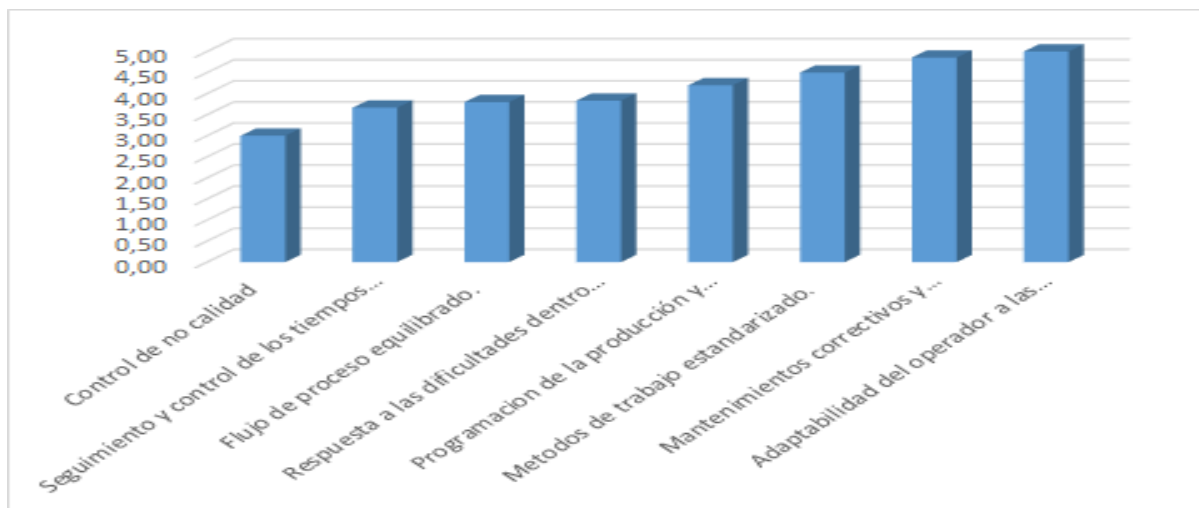
### 1.2. Diagnóstico preliminar

Es de vital importancia para una empresa conocer cuáles son las variables que están retrasando procesos y/o afectando el producto final. Para que una empresa logre ser competitiva debe estar en constante innovación y renovación, debe actualizarse en las metodologías de calidad existentes, con respecto a las líneas de producción y servicios de mantenimiento estos deben ser controlados de forma constante y que ayuden a la detección de los errores y de las fallas, antes que puedan afectar el cumplimiento de la demanda y la supervivencia de la organización.

En la búsqueda de información sobre las posibles falencias en el proceso de producción y de servicios de mantenimiento se recolectaron datos en planta mediante una entrevista al coordinador de gestión la cual constaba de cuarenta (40) preguntas y estas estaban evaluadas siendo el uno (1) el nivel más bajo y cinco (5) el mayor, en los cuales se apreciaron diversas variables directas e

indirectas del proceso, tales como: respuestas a las dificultades dentro del proceso, programación de la producción y de servicios, métodos de trabajo estandarizado, entre otros; dando a conocer que las variables con menores puntajes son: control de no calidad y seguimiento y control de los tiempos muertos entre procesos ver (figura 3).

Figura 3 las variables directas del proceso



Fuente, autora del proyecto.

Se observa en el análisis de la información recolectada, los valores que presentan un puntaje de 3,00 y 3,67 sobre el estándar 5, los cuales son:

### 1.2.1. Control de no calidad:

Teniendo en cuenta que la calidad hace referencia a la capacidad que tiene un objeto para cumplir las necesidades o requisitos de calidad, podemos decir que el control de la no calidad son herramientas o métodos empleados por las empresas para conocer en qué nivel los productos y/o servicios generados no cumplen con los requisitos mínimos del cliente.

La empresa carece de un equipo que pueda evaluar y/o identificar los errores que se presentan en la planta, generando productos defectuosos que en ocasiones se detectan al finalizar el proceso, lo que conlleva a reprocesos, pérdida de tiempo y materia prima, aumentando los costos finales del producto y/o servicio. De la misma manera la empresa carece de una metodología de detección de no conformidades y planes de acción para corregirlos, poniendo en riesgo el cumplimiento de la demanda.

En las áreas de producción y prestación de servicios cada producto y/o servicio es observado de manera superficial lo cual puede garantizar la identificación de las oportunidades para cambios de diseño, eliminar y/o reutilizar de manera que se pueda mejorar la productividad. Cada operador está facultado para detener la actividad en caso de encontrar algún error o defecto en estos, pero se realiza de manera esporádica.

### **1.2.2. Seguimiento y control de los tiempos muertos entre proceso:**

Sabiendo que los tiempos muertos entre procesos son aquellos en los que no se está realizando ningún trabajo útil, dado que esta variable nos arrojó un puntaje de 3,67 decimos que es de suma importancia el hacerles un seguimiento continuo para mantenerlos bajo control, ya que cualquier tiempo extra, personal adicional o material que se consume al realizar un producto o servicio sin agregarle valor final, generan una necesidad interna, por el no cumplimiento en el tiempo de entrega al cliente interno, a la vez que cada minuto no utilizado es un gasto no justificado para la empresa convirtiéndose en un desperdicio de recursos.

En Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S. las operaciones de cambio ya sean de recepción, envío, entre otras; los tiempos de arranque y demás están programados cronológicamente con antelación y los operarios están informados de estos y de que cada uno de los procedimientos deben ser registrados en su respectiva estación de forma visible. Con el fin de disminuir tiempos y tener un proceso más eficaz, cada uno de los encargados de las actividades está capacitado en procedimientos de reducir tiempos de instalación y están mejorando activamente el cambio sobre los métodos realizados.

La empresa cuenta con maquinaria actualizada y de muy alta calidad, éstas no son automatizadas por lo que deben ser controladas constantemente por operarios, quienes están capacitados para sus usos. A pesar de que los horarios de inicio de turno en la empresa son exactos, cada máquina es diferente generando que los tiempos de arranque varíen sin contar, con cualquier percance que llegue a suceder.

Por lo general un operario se puede encargar de una o más máquinas y aunque los procedimientos de arranque y apague son los mismos sí surge algún problema, se deben realizar nuevos y diferentes pasos para poder dar con la solución de este. Teniendo en cuenta todo lo anterior y sabiendo que es muy importante para la empresa la eficacia y la eficiencia de sus procesos de producción y servicios, no todas las veces se cumple con el cronograma planeado pues es complejo no contar con inconvenientes, además; la mano de obra es justo la necesaria por lo que cuando se presentan dificultades se ha recurrido al tiempo extra.

Vale la pena anotar que la empresa no lleva registro al respecto, por lo tanto, representa una oportunidad para implementar la metodología Lean Six Sigma, propuesta de este proyecto.

### **1.2.3. Flujo de proceso equilibrado**

El flujo de un proceso es la forma en la que se llevan a cabo todos los procedimientos de este, si están en completa armonía o no, se dice que el flujo de un proceso está equilibrado cuando los tiempos muertos son mínimos, no hay reprocesos y este se cumple en su totalidad si ninguna interrupción.

Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S. opera a partir de los tiempos de la necesidad del cliente, teniendo claro las fechas de entrega y el tiempo requerido en la operación, todos los empleados poseen esta información y se coordinan, para así de esta forma si hay cambios de demanda u otras variables se pueda cumplir con lo estipulado, la parte administrativa trabaja en pro a la operación para facilitar este, planificando las herramientas y los materiales requeridos para que no haya posibles faltantes de emergencia. Los procesos productivos, de entrada y salida, el montaje y empaque y demás se hacen pensando en el flujo de valor de la cadena para así tratar de obtener un resultado óptimo. De esta manera, tanto la parte productiva como administrativa están en proceso de coordinación, para minimizar los tiempos.



#### **1.2.4. Respuesta a las dificultades dentro de los procesos.**

La empresa Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S en todos los niveles de la organización mantiene una comunicación de alto nivel en temas relacionados con las metas y objetivos, ya que por lo menos dos veces al año da a conocer esta información a todos los miembros de la organización. Por esta misma razón cada uno de los empleados pueden describir con precisión las metas de la organización y el aporte que su cargo hace a la misma (manual de descripción de cargos y funciones).

Con el fin de que esta información se encuentre disponible y actualizada para todo el personal, los empleados reciben retroalimentación a través de un proceso formal relacionado con los problemas encontrados en los procesos descendentes o del cliente. Además, los empleados de la cadena de suministros y logística pueden abordar problemas de desempeño, calidad o seguridad a través del trabajo grupal el cual es animado por la gerencia de la empresa.

En cuanto al nivel de operaciones no todos los empleados aplican y controlan los parámetros comunes de calidad en cada puesto de trabajo, los cuales facilitan el monitoreo y mejora de los procesos de producción, por lo anterior se presentan problemas en la cadena de suministro y logística, lo que implica que el mismo error pueda ser cometido en repetidas ocasiones sin tener una solución que prevenga retrasos en la producción y logística de la empresa.

### **1.2.5. Programación de la producción**

En la parte operativa se habla de una secuencialidad en los procesos, los primeros repercutirán en los últimos, teniendo claro que solo se produce lo necesario para de esta forma tener el menor desperdicio posible.

El coordinador de gestión y el jefe de producción tienen conocimiento, experiencia y han sido entrenados en los principios y la implementación de sistemas de programación seguimiento y control de procesos, mano de obra de obra y materias primas, pero no ejercen el debido control y seguimiento por las diferentes ocupaciones del cargo.

### **1.2.6. Métodos de trabajo estandarizado**

Cada uno de los procesos que se realizan en la compañía se encuentran estandarizados. De esta manera se garantiza que cada uno de los productos cumpla con los requerimientos de calidad, se toma el tiempo en el que el producto será entregado al cliente y el tiempo de elaboración del mismo, con el fin de controlar el cumplimiento de la demanda de los productos y suplir esta. De igual manera, las operaciones frecuentemente repetidas sin valor añadido en la instalación tales como configuraciones, arranques, controles de calidad, mantenimiento preventivo, limpieza, entre otros, estos manuales están de manera visible en archivados en la oficina. Además, esto representa un beneficio al momento de capacitar a los nuevos integrantes del equipo.

### **1.2.7. Mantenimientos correctivos y preventivos**

Cada una de las máquinas y los equipos de la empresa cuentan con los botones de seguridad necesarios para mantenerlas fuera de funcionamiento cuando presenten algún tipo de avería, además; se encuentran organizadas de acuerdo a la línea de trabajo, cada uno de los equipos cuenta con la señalización pertinente, el registro de mantenimiento, este es constantemente actualizado, los cuales se hallan en un área visible, de manera que cada trabajador cuente con esta información y la use de forma preventiva.

Cada uno de los trabajadores también tiene responsabilidades en el mantenimiento preventivo de los equipos empleados en la línea de producción y en la prestación de servicios. En la empresa se destina un tiempo previamente establecido para realizar estas tareas de mantenimiento a las maquinarias, herramientas y equipos, el cual se centra en la minimización del tiempo de ocio, la maximización de la producción y la servucción.

### **1.2.8. Adaptabilidad del operador a las necesidades de la empresa**

Para evitar que la rotación de personal retrase los procesos de producción y/o servicios de mantenimiento de la empresa, cada uno de los operadores nuevos recibe un entrenamiento, los procesos de cada puesto de trabajo, tiene una programación definida, en algunas oportunidades por días o por semanas. De esta manera se presentan muy pocos defectos o lentitud en los procedimientos relacionadas con la productividad atribuida a este tipo de cambios.

La empresa Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S cuenta con el personal adecuado para la operación/proceso, y este mismo tiene la capacidad de controlar las variables de cada máquina según sea el producto dentro de la línea de producción y de servicios, pero estos no cuentan con todos los instrumentos y las herramientas modernas para el control y seguimiento de las fallas, defectos, además; de la responsabilidad por realizar varios oficios dentro de la línea de producción. La polifuncionalidad les ha permitido a los operarios poderse mover dentro las áreas de producción y servicios logrando así poder realizar dos o más tareas dentro del turno de trabajo.

Los empleados no llevan un registro y no poseen entrenamiento en el control de las fallas y/o defectos, su respectivo seguimiento, lo que trae como resultado el hecho de que el producto final sea no conforme, ocasionando: reproceso, pérdida de tiempo, materia prima, y por ende el aumento de los costos finales del producto. Además de eso, no se ha implementado ni desarrollado algún tipo de dispositivo o método de intervención para minimizar los defectos de producción. Metalmecánica Muñoz S.A.S carece de una metodología de detección de no conformidades y planes de acción para corregirlos, en las diferentes variables del proceso.

### **1.3. Planteamiento del Problema**

Metalmecánica Muñoz S.A.S necesita de una metodología de intervención en la calidad que le permita la optimización de recursos, agregando valor al producto y/o servicio, reduciendo los tiempos muertos y los sobrecostos e incrementando la satisfacción del cliente; tampoco cuenta con planes de acción que contengan las actividades para corregirlos, poniendo en riesgo el óptimo funcionamiento de los procesos de producción y de servicios. Generando la entrega de un producto

final que no cumple con los estándares de calidad estipulados por la empresa y las necesidades del cliente.

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿Cómo se podrían mejorar los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento para reducir las no conformidades en los productos y servicios ofrecidos por la Empresa Metalmecánicas Muñoz S.A.S. basado en la metodología Seis Sigma?

#### **1.5. Justificación**

La constante búsqueda del mejoramiento de los procesos y de la exigencia del cumplimiento con las exigencias del cliente externo, hace que empresas como Metalmecánica Muñoz S.A.S, deban tener una metodología que les permita tener un desempeño exitoso en sus procesos y minimizar los errores que ocurran en el desarrollo de los mismos. Adicionalmente, debido a que este sector de la Metalmecánica en Colombia es muy fuerte, la competitividad ha logrado crecer y es necesario tener un sistema de planeación de la producción eficiente y eficaz, que permita responder satisfactoriamente a los clientes en la totalidad de sus requerimientos: calidad, cantidad y tiempos de entrega.

Se hace fundamental entonces, contar con un método estandarizado del proceso de producción y de prestación de servicio de mantenimiento de la empresa metalmecánicas Muñoz S.A.S., con el

fin de reducir la variabilidad y diversidad en el proceso a fin de eliminar desperdicios y aumentar la eficiencia.

El concepto de calidad representa el grado de satisfacción de un producto y/o servicio y que reúna los requisitos mínimos y cumpla con las necesidades del cliente llamase interno y/o externo. La Calidad en la actualidad es una importante herramienta de gestión, que se emplea en todas las áreas de una organización como: Finanzas, Producción, Ventas, entre otras.

Actualmente, la metodología Lean Six Sigma (LSS), es una tendencia de trabajo práctico y moderno, que se convierte una estrategia de negocios pues permite incluir controles en busca de la mejora en los procesos operacionales, que es el objeto de este proyecto, coa ayudando de esta manera a verificar las necesidades y estándares de calidad, que exige el cliente en un determinado lapso de tiempo. Por lo anterior de no cumplir éstos, se corre el peligro de desaprovechar la demanda. En ese orden de ideas, se pretende con el presente trabajo el diseño de una propuesta para la implementación de la metodología.

Sin embargo, la necesidad de solucionar las no conformidades en la empresa ha permitido que se abra la puerta para incorporar esta metodología LSS, como un instrumento capaz de interesar positivamente en la resolución de problemas.

## **2. Objetivos**

### **2.1.Objetivo general.**

Proponer plan de mejoramiento de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la empresa Metalmecánicas Muñoz S.A.S a través de la metodología six sigma.

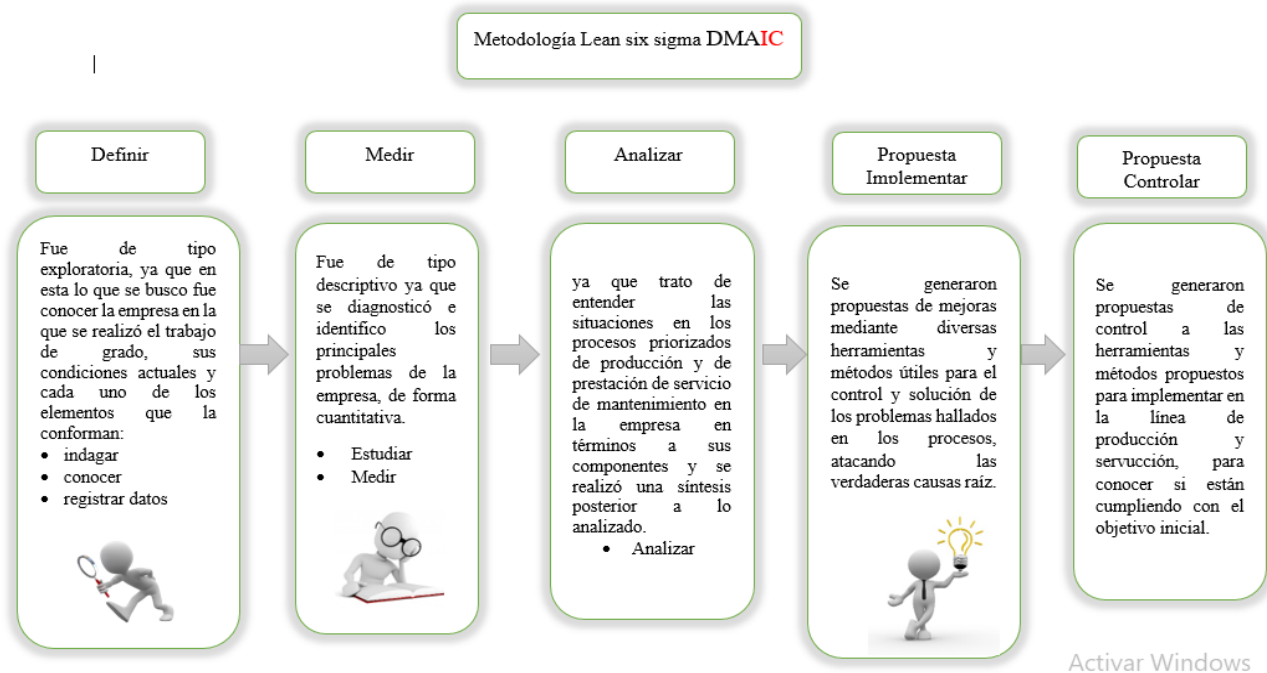
#### **2.1.1. Objetivos específicos**

- Identificar procesos de producción y de prestación de servicio de mantenimiento que tengan mayor prioridad para el análisis y la propuesta de mejoramiento.
- Definir las condiciones actuales de productividad o calidad de los procesos de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la empresa.
- Analizar los indicadores críticos de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la empresa.
- Determinar las principales causas raíz de las falencias identificadas en los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la empresa.
- Proponer soluciones a las causas raíz de los problemas de calidad de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en la empresa.

### 3. Metodología

Para lograr los objetivos trazados se siguió una metodología fundada en tres fases donde cada una de ellas tiene un nivel de complejidad y alcance diferentes. En la figura 4 se detallan las actividades desarrolladas y una breve descripción de cada una de ellas.

Figura 4 Metodología del proyecto Lean Six Sigma



Fuente. Autora del proyecto.

#### 3.1. Objetivos estratégicos

En aras de solucionar las expectativas de la gerencia para articular las políticas de calidad de la empresa con la elaboración del presente proyecto se realizo el siguiente mapa de proceso en el que se esboza la situación actual, con la propuesta dada y el resultado de la misma (Figura 5), permitiendo representar que el desarrollo del proyecto Lean Six Sigma contribuye al cumplimiento de las metas diseñadas por la empresa.



Figura 5 Mapa de proceso de la metodología Lean Six sigma articulada a las metas de la empresa



Fuente. Autora del proyecto.

### 3.2. Área de estudio

Una observación y toma de datos de los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento en Metalmecánica Muñoz S.A.S, empresa barranqueña dedicada a la fabricación de piezas industriales y reconstrucción de partes y equipos.

### 3.3. Unidad de selección

Se estudiarán los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento de la empresa.

### **3.4.Tamaño de muestra**

En este caso la empresa cuenta con 12 productos y servicios en total. Pero solo se realizará el trabajo de grado con los procesos priorizados de producción y de prestación de servicio de mantenimiento de la empresa.

### **3.5.Identificación de la población**

La población se identifica todos los productos y servicios que la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S. tiene:

- Fabricación de piezas en diferentes clases de materiales
- Fabricación de toda clase de Resortes de diferentes diámetros y longitudes
- Fabricación de crossover
- Fabricación de cabezales para Pozos
- Fabricación de Templetes para Sistema de bombeo mecánico
- Encamisado de cilindros Compresores y motrices
- Mantenimiento general preventivo y correctivo de Equipos Industriales.
- Mante Servicio de Torno: Fabricación y reconstrucción de partes industriales
- Servicio de Alisadora: Mecanizado de piezas de mayor tamaño, con capacidad de recorrido transversal de 1500mm recorrido vertical cabezal 1500mm y una longitud de mesa de 3000mm
- Servicio de Mandriladora portátil: mandrilado y soldadura de 22 a 400mm y perforación hasta 45mm.

- Servicio de Babbitado: proceso de recubrimiento para dar resistencia ante fricción.
- Servicio de Torno Petrolero: mecanizado de piezas con capacidad de 200mm entre puntos, 1300mm de volteo sobre bancada
- Servicio de Torno Vertical: mecanizado de piezas con capacidad de 1300 mm de diámetro general preventivo y correctivo de Equipos Industriales. (Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S, s.f.)

### **3.6. Instrumentos de investigación**

Para llevar a cabo el proyecto se realizarán diversas observaciones directas de los procesos productivos y operativos de la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S. Entrevistas a los encargados de los procesos objeto de análisis. Y diversas herramientas propias de Six sigma. La información recopilada se registrará constantemente de manera escrita.

### **3.7. Implicaciones éticas**

En las implicaciones éticas se aclara que el tratamiento que se le dará a la información brindada por la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S será solo con fines académicos y que no se utilizará para lucro personal o para informar a la competencia.

La información será tratada de acuerdo con los principios de libertad, legalidad, finalidad, veracidad, transparencia, acceso y circulación restringida, seguridad, confidencialidad, proporcionalidad, temporalidad y buena fe, disponiendo así de mecanismos adecuados para

eliminar la información personal cuando el titular de la misma lo solicite. (Estrategia segura Ltda., 2016)

### **3.8. Alcances y limitaciones**

#### **3.8.1. Alcance.**

El proyecto se llevó a cabo en la planta de producción de la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S. El concepto Lean Six Sigma permite y ayuda a entender los procesos productivos, identificar los posibles puntos de mejora, desde el punto de vista que puedan ser optimizados y con el objetivo de reducir el desperdicio generado en estos. Por lo anterior debe verse reflejado en la disminución de tiempos de producción, control y eliminación de los errores y/o desperdicios, formular propuestas de mejora y con la técnica de hacer mejor las cosas.

#### **3.8.2. Limitaciones.**

En el desarrollo de la metodología LSS es difícil integrar a los empleados involucrados del proceso de la empresa, para que en el proceso productivo la constituya como una función más de la labor propia de su oficio, que le dediquen el tiempo preciso para hacerlo, ya que en esta laboran empleados con diferentes perfiles y diferentes niveles de conocimiento, lo que entorpece la aplicación de esta, es importante que la implementación sea ejecutada por los empleados que tienen liderazgo y adecuado conocimiento del tema.

## 4. Marco Teórico

En la figura 6 se muestran las diferentes variables que se escogieron para llegar a tener la suficiente información y conocimiento del tema y poder presentar un análisis completo del proyecto, dando a conocer los temas a tratar en el marco teórico.

Figura 6 Diagrama de contenido del marco teórico



Fuente. Autora del proyecto.

### 4.1. Six sigma

Six Sigma, es un enfoque moderno de gestión de la calidad, con una orientación disciplinada del proceso productivo combinado con datos y la metodología que evalúa e incrementa las propiedades óptimas de los productos y/o servicios; ha llegado a convertirse en una técnica de referencia para satisfacer las necesidades de los clientes y al mismo tiempo alcanzar niveles casi de perfección.

La metodología Six Sigma tiene orígenes en la década de los años ochenta y tiene sus inicios en la compañía Motorola, para ese entonces el ingeniero Mikel Harry emprende la tarea de influir en la estructura administrativa para que se trabaje en las desviaciones de los procesos, como una estrategia de optimizarlos. Esta constancia por parte del ingeniero Harry con su estrategia se convirtió en el punto de inicio en busca de mejorar la calidad en la empresa, llamando la atención del entonces CEO de Motorola Bob Galvin., en el año 1981, y con el apoyo de Galvin, se comenzó una estrategia de gerencia administrativa y de producción en hacer énfasis no sólo en el análisis de la variación estándar, sino también en la mejora continua del proceso, estableciendo como meta en esa época obtener 3,4 defectos (por millón de oportunidades); algo casi imposible de creer y hacer ya que se acercaba al producto y/o servicio sin defectos y por ende la optimización del proceso.

Todo lo anterior fue el inicio que llevaron a Motorola a que, con los esfuerzos generados, le permitieron ganar el prestigioso premio nacional de Excelencia de los Estados Unidos, Malcolm Baldrige, que es otorgado por la Fundación para el premio Nacional de Calidad 1987. Como consecuencia la metodóloga que catapultó a la compañía, el nombre de Six sigma había salido a relucir en sector empresarial. Ocasionando así que otras compañías, encantadas por el éxito y los resultados logrados investigaran en aras de información e informes. Todo lo anterior ocasionó la creación del Instituto de Investigación Six sigma en 1990.

Esta historia exitosa en Motorola la conoció Lawrence Bossidy, que en el año 1991 después de trabajar con la empresa General Electric, recibe la dirección de la empresa Allied Signal para

evolucionarla de una empresa con problemas en todas las áreas a convertirla en una reconocida empresa exitosa. Durante la implementación de la estrategia de Six Sigma en la década de los años 90, Allied Signal acrecentó sus ventas y sus ganancias de manera trascendental. Con las bondades de esta estrategia otras empresas accedieron a desarrollar la metodología, entre ellas Texas Instruments, alcanzando el mismo logro que las anteriores citadas. Durante la mitad de la década de los años 90's para el año de 1995 General Electric GE, en cabeza Jack Welch, decide realizar una transformación de la compañía por el conocimiento y experiencia de otras empresas que lograron superar los márgenes de utilidad, dando lugar al mayor adelanto conocido a la fecha en este emporio empresarial. La decisión y osadía de Jack Welch convirtieron a GE en una "organización Seis Sigma", con resultados sorprendentes en todas sus divisiones.

Lean Six Sigma es la mezcla desarrollada de dos metodologías de gestión de calidad, como Lean Manufacturing Y Six Sigma, que al ser combinadas buscan la optimización de los procesos de producción, a través de la intervención y control de las variaciones de este, para lograr desarrollar en el proceso cumplir con los requerimientos del cliente, eliminar todo lo que no agrega valor. (Gutierrez Garza, 2004, págs. 11-12)

#### **4.2.Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing (LM) un conjunto de métodos desarrollados por la Compañía Toyota en la década de los años 50's, que se utiliza para mejorar y optimizar los procesos operativos, LM, se enfoca en reducir gastos que no agregan valor al producto y/o servicio, optimizar la producción,

aumentar la eficiencia del proceso, refrescar la relación con los proveedores, estandarizar el trabajo de los empleados, generar un ambiente de satisfacción de los empleados y de los clientes.

Lean Manufacturing su filosofía es establecer una de Mejora Continua de los procesos, que les permitan a las compañías que lo han implementado herramientas para sobrevivir en un mercado de tendencia global, que exige la más alta calidad, la entrega más rápida, con el más bajo precio y con cantidad requerida por el cliente, reducir los costos de producción, perfeccionar los procesos y excluir los desperdicios, en pro de mantener el margen de utilidad. (Padilla, 2010, págs. 64-69)

Por lo anterior, en la manera en que estas se implementan, integran en las políticas de las empresas que deciden tener una filosofía de calidad, los resultados en la línea de producción, logran resultados en la productividad, se diseña con la información obtenida mejores flujos de producción, eliminar desperdicios, el flujo de los procesos es más productivo, eliminación de los fallos en los procesos, el producto al controlar la inestabilidad en la línea la calidad de los mismos desde la perspectiva del cliente es más óptima.

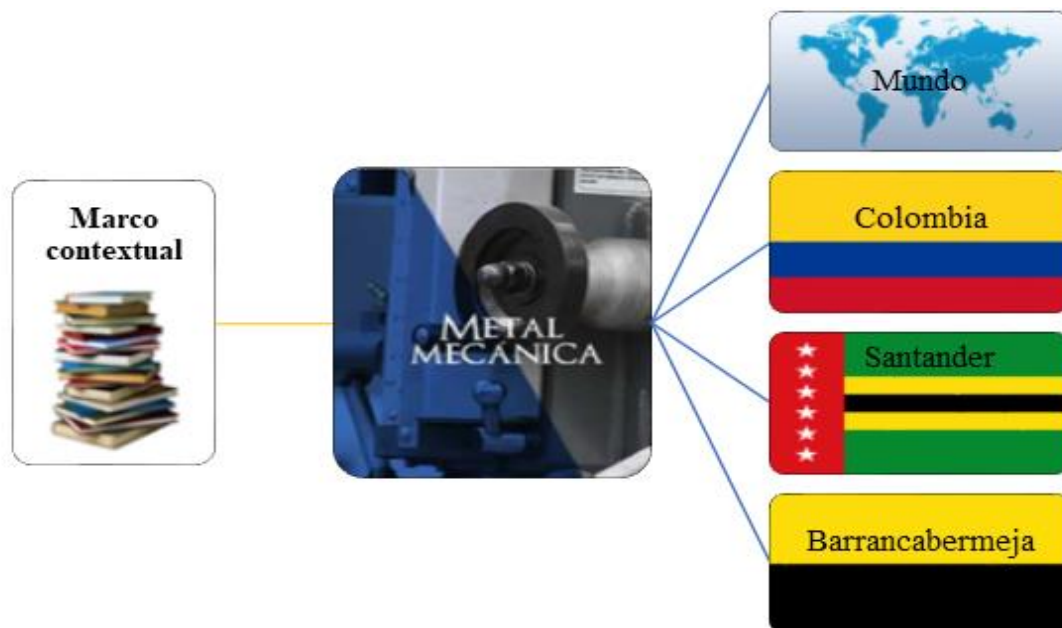
En observancia de lo anterior, la combinación de Lean Manufacturing y Six Sigma solucionan la necesidad de mejorar los métodos porque, Lean Manufacturing no puede por sí solo llevar un proceso a control estadístico, en cambio Six Sigma por sí solo no puede implementar técnicas de mejoras en prontitud del flujo de proceso, sin controlar el desperdicio



## 5. Marco Contextual

Por lo inicialmente citado, en la figura 7, el presente trabajo trato de demostrar la necesidad de tener implementada una estrategia de calidad a través de las dos metodologías, técnicas que podrían intervenir en pro de alcanzar mayores ventajas con respecto a los competidores tanto a nivel local.

Figura 7 Diagrama de contenido del marco contextual.



Fuente. Autora del proyecto.

### 5.1.Sector metalmecánico

La Industria Metalmeccánica comprende un diverso conjunto de actividades manufactureras que, en mayor o menor medida, utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación. Asimismo, forman parte de esta industria las ramas electromecánicas y electrónicas, que han

cochado un dinamismo singular en los últimos años con el avance de la tecnología. (Instituto de innovación y transferencia de tecnología, 2014)

### **5.2.En el mundo.**

Desde hace muchos años se han desarrollado materiales y herramientas con los metales y esto ha marcado el progreso de nuestra civilización. Hoy en día la industria metalmecánica debe adecuarse a las exigencias del mundo globalizado y al ver el singular potencial y la fuerza de la Industria Metalmecánica en los últimos años en nuestro país, decidí indagar en el tema y compartirles sobre lo que comprende este sector y su próspero alcance nacional e internacional. La manufactura de productos de metal ha tenido constante crecimiento gracias al impulso de sectores como el automotor y el aeronáutico. Sin embargo, para su completo desarrollo necesita de mayor tecnología, capacitación y educación orientada a la industria. (Martinez, 2013)

### **5.3.En Colombia.**

En Colombia, el Valle del Cauca ofrece las condiciones ideales para el establecimiento de empresas de este sector, ya que cuenta con un tejido empresarial en su mayoría industrial, representando con tal sólo el 1,9% del territorio el 13% de valor agregado industrial del país.

La amplia diferenciación de productos en el sector lleva a que haya una alta especialización de la industria en algunos bienes, por lo que la demanda restante debe abastecerse por medio de la importación. En el año 2011 se importaron 7,246 millones de dólares en productos del sector

metalmecánico y de maquinaria, por lo que existe un gran potencial de inversión para empresas especializadas del sector para llenar la brecha existente en la balanza comercial agregada.

Fuertes ventajas también en términos de ubicación y logística son fundamentales para un sector como el metalmecánico, ya que el 28% de las ventas totales se realizan en el exterior (sin incluir electrodomésticos, vehículos y autopartes). En el 2011 se exportaron más de 2,000 millones de dólares a 112 países lo que lo convierte en un sector experimentado en el comercio internacional. Después del ferroníquel, una de las exportaciones tradicionales de Colombia, esta concentración en mercados externos se presenta en manufacturas metálicas y en productos de valor agregado como maquinaria para la agroindustria, minería, y las industrias de plástico y vidrio. (Invest pacific, 2014)

#### **5.4.En Santander.**

A partir de las cuentas económicas del departamento de Santander del año 2005, se estima que la cadena metalmecánica aporta tan sólo el 1% del PIB. Este 1% a su vez se desagrega en un 83,52% correspondiente al eslabón de la “Industria metalmecánica”, en un 15,10% del eslabón de “Mantenimiento-reparación de maquinaria y equipo industrial” y en un 1,38% del eslabón “Comercio al por mayor y menor de metales y maquinaria y equipo” (Cámara de Comercio, 2017). Respecto al PIB industrial de Santander, la industria metalmecánica participa con el 2,25%. Dicha industria metalmecánica del departamento se compone en un 77,48% de industria “grande” referente a actividades tales como la “Fabricación de partes, piezas y accesorios (autopartes) para vehículos automotores y para sus motores” (que con un 54,91% corresponde a un poco más de la

mitad de dicho subsector), la “fabricación de maquinaria de uso general” (10,48%) y “la fabricación de maquinaria de uso especial” (10,31%) entre otras. La industria metalmecánica “pequeña” abarca el 22,52% restante y se compone principalmente de la “fabricación de otros productos elaborados de metal y actividades de servicios relacionados con el trabajo de metales” con un 50,61% de participación; la “fabricación de productos metálicos para uso estructural, tanques, depósitos y generadores de vapor” con un 19,57% y de las “industrias básicas de hierro y acero” con un 12,21%. (Alcaldía de Bucaramanga, 2015, págs. 16,17)

### **5.5.En Barrancabermeja**

El sector de metalmecánica de Barrancabermeja constituye quizás uno de Los Programas de Desarrollo Empresarial Sectorial, PRODES, más exitosos del país. Desde 1997, la contratación de varias pymes de la ciudad por parte de Ecopetrol para la provisión de partes y repuestos ha aumentado de apenas \$200 millones a casi \$8.000 millones. Liderados por Arsenio Jaraba, gerente de Talleres Unidos, los PRODES de Barrancabermeja utilizaron los conocimientos adquiridos con la estatal petrolera. Hoy, los tres PRODES de metalmecánica de la ciudad se han constituido en empresas que atienden negocios por fuera de Barrancabermeja para empresas como Col tejer y Cerrejón. Estos tres PRODES también se han unido con la Asociación Colombiana de Pequeñas Industrias Acopi para comercializar sus productos en el mercado nacional. Como comenta Silvia Ardila, directora de Acopi, Barrancabermeja, si bien hasta hace solo un año todavía había quienes dudaban de la a sociabilidad hoy nadie en esta ciudad puede dudar de este modelo. (Anónimo, 2003)

## **6. Implementación de la metodología lean six sigma**

### **6.1 Fase 1: Definir**

#### **6.1.1. Priorización:**

En el desarrollo del proyecto se decidió priorizarán los procesos según la relevancia de los productos y servicios relacionados que brinda la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S y así, de esta forma elegir el, o los que necesitan mayor atención. Para lo anterior se realizó una encuesta en donde se evaluaban los aspectos principales que podrían afectar en el rendimiento y/o la calidad del producto final, estos fueron: la materia prima, reproceso, desperdicios, maquinaria, herramientas, especificaciones técnicas, cualificación del operario, documentación pertinente, procedimientos, condiciones laborales y seguridad. La encuesta, ver anexo uno (1); cuenta con trece (13) preguntas cerradas y valoradas siendo el menor uno (1) y el mayor cinco (5), por cada uno de los productos, servicios que la empresa ofrece. Las cuales fueron realizadas a: los cinco (5) operarios, y a las dos (2) personas administrativas directas del proceso a saber: el coordinador de gestión y el jefe de producción. Los cuales son los que están en contacto inmediato con los posibles percances que puedan ocurrir en el área de producción. Para determinar cuál o cuáles productos o servicios eran los más críticos se ponderó la encuesta y se escogió el cuartil más bajo, siendo 3,9925 el valor obtenido. Por lo anterior los valores que estuvieran por debajo de ese rango serian objeto de análisis.

Tabla 1 Comparación puntajes de Productos y servicios

procesos	puntaje
Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes	3,71
Fabricación de cabezales para pozos	3,95
Fabricación de piezas en diferentes clases de materiales	3,97
Encamisado de cilindros compresores y motrices	4,00
Servicio de torno petrolero: mecanizado de piezas con capacidad de 200mm entre puntos, 1300mm de volteo sobre bancada	4,02
Mantenimiento servicio de torno: fabricación y reconstrucción de partes industriales. Servicio de alesadora: mecanizado de piezas de mayor tamaño, con capacidad de recorrido transversal de 1500mm recorrido vertical cabezal 1500mm y una longitud de mesa de 3000mm	4,05
Servicio de torno vertical: mecanizado de piezas con capacidad de 1300mm de diámetro y mantenimiento general preventivo y correctivo de equipos industriales.	4,05
Fabricación de crossover	4,07
Fabricación de templetas para sistema de bombeo mecánico	4,10
Servicio de babitado: proceso de recubrimiento para dar resistencia ante fricción.	4,12
Mantenimiento general preventivo y correctivo de equipos industriales.	4,13
Servicio de mandriladora portátil: madrinado y soldadura de 22 a 400mm y perforación hasta 45mm.	4,15
promedio	4,01

Fuente. Autora del proyecto.


En el anterior cuadro se identificaron los procesos que necesitaban mayor atención, por lo que se les consideraban prioridad para realizar el análisis y dar una propuesta de mejora, estos fueron el de Fabricación de toda clase de resortes, la fabricación de cabezales para unidades de bombeo mecánico y la fabricación de piezas en diferentes clases de materiales, los cuales obtuvieron puntajes finales de 3,71, 3,95 y 3,97 respectivamente. Debido a que se producen varias referencias de resortes se escogió, con la ayuda del coordinador de gestión de la empresa, los de clase helicoidal de compresión y extensión para las distintas ramas de la industria y el comercio en general, y para la fabricación de piezas en diferentes clases de materiales se realizó un Pareto con la información suministrada por la empresa, las referencias escogidas fueron los más vendidos en el año 2018.

### 6.1.2. SIPOC.

La herramienta Supplier, Input, Process, Output, Customer logra obtener una percepción global de cómo está los procesos escogidos para esto realizó una entrevista en la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S que fue contestada por el representante de la dirección y coordinador de sistemas de gestión integral en la cual se le preguntó por los materiales requeridos, proveedores, procesos de producción, principales clientes y fotos del producto final. De esta forma podemos definir el estado de cada uno de los escalones de la cadena de producción.

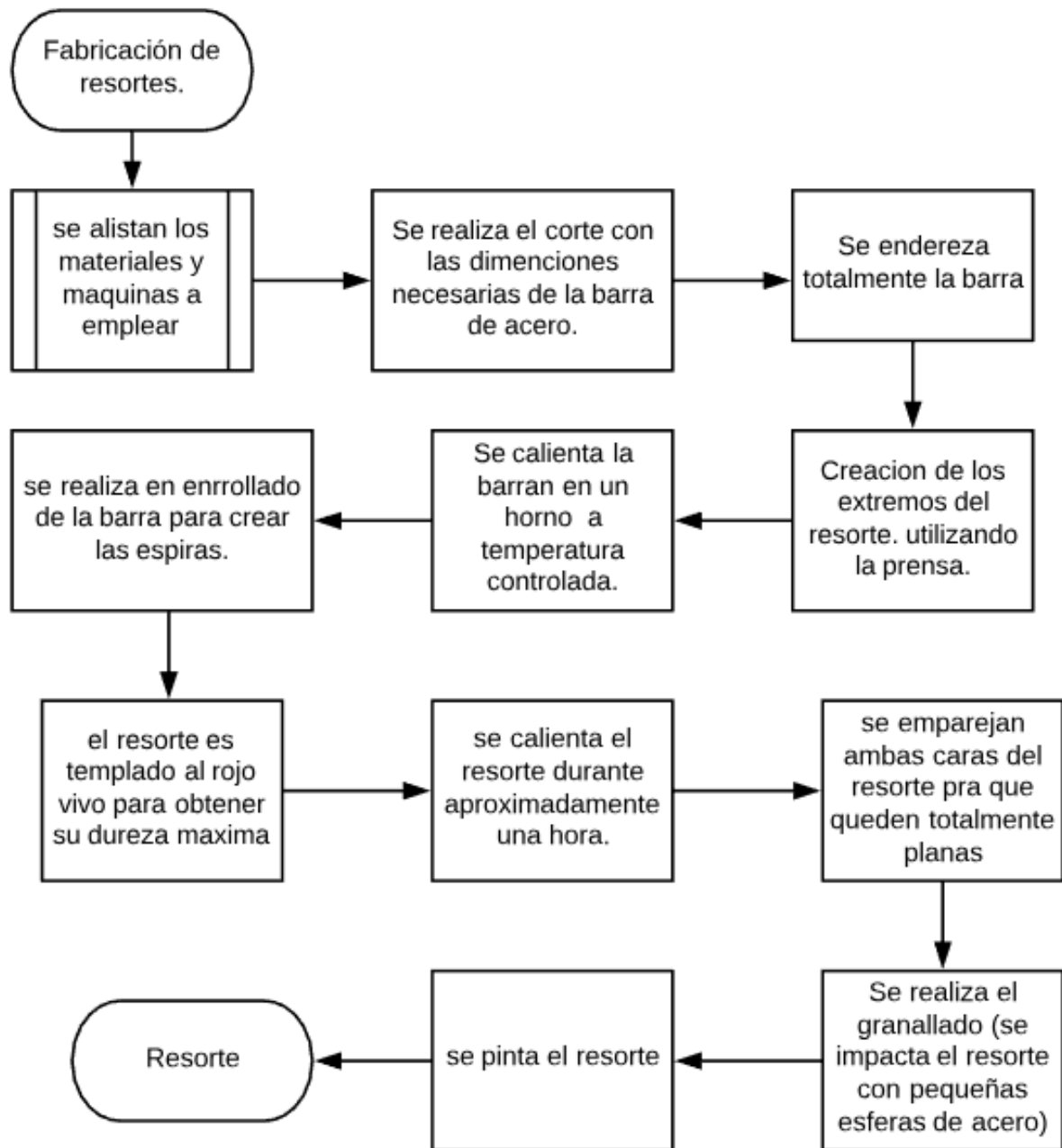
Se debe tener en cuenta que el resultado final de cada uno de estos escalones es la entrada del siguiente.

Tabla 2 SIPOC Fabricación de toda clase de resortes en diferentes diámetros y longitudes.

<b>Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes</b>				
<b>Suppliers</b>	<b>Inputs</b>	<b>process</b>	<b>output</b>	<b>customers</b>
<b>proveedores</b>	<b>entradas</b>	<b>procesos</b>	<b>salida</b>	<b>clientes</b>
Imporinox	Alambre en acero inoxidable	ver figura 8		comercio en general
Industria la nacional	Alambre de acero al carbón			particulares
				Industria automotriz agrícola e industrial.

Fuente. Autora del proyecto.

Figura 8 Proceso de Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes



Fuente. Autora del proyecto

Los empleados dieron a conocer que los aspectos que requieren de mayor atención en el proceso de creación de resortes son: la longitud total, la cantidad de espiras y la distancia entre estas, ya



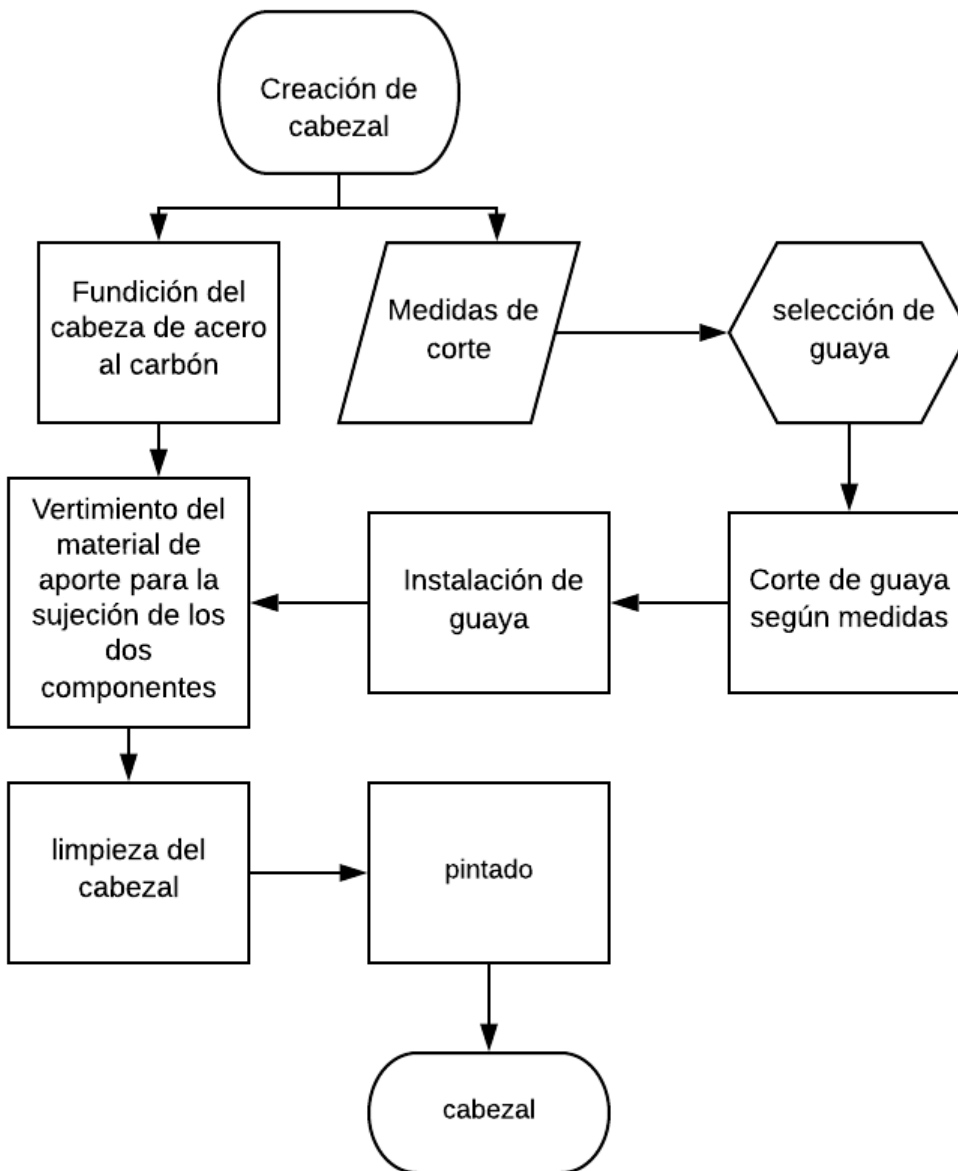
que estas cualidades son las que permiten amortiguar impactos y/o almacenar energía y devolverla cuando sea requerida dado que estas son las principales funciones de dichos productos.

Tabla 3 Creación de cabezales para unidad de bombeo

<b>Creación de Cabezales para unidad de bombeo</b>				
<b>Suppliers</b>	<b>Inputs</b>	<b>process</b>	<b>output</b>	<b>customers</b>
<b>proveedores</b>	<b>entradas</b>	<b>procesos</b>	<b>salida</b>	<b>clientes</b>
ACEFER	Acero al carbono AI SI 1030	Ver figura 9		Ecopetrol
	cable con alma de acero 6x19			

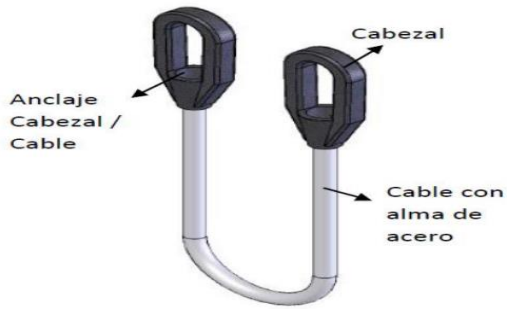
Fuete. Autora del proyecto.

Figura 9 Proceso de fabricación de cabezales para sistemas de bombeo



Fuente. Autora del proyecto.

Figura 10 Partes de un cabezal



(Colombia Patente n° 29890, 2013, pág. 6)

La principal función de los cabezales es interconectar el machín con la bomba en la unidad de bombeo mecánico y para esto necesita gran resistencia y fuerza, por lo que los empleados dieron a conocer que los aspectos que requieren de mayor atención en el proceso de creación de este producto son: la longitud del cable y la estructura interna del cabezal según las especificaciones del cliente.

Tabla 4 Simbología del diagrama de proceso utilizada

Simbología utilizada		
Símbolo	Nombre	acción
	Terminal	Inicio o fin del diagrama de procesos
	Entrada y salida	Datos de entrada y salida
	Proceso	Se refiere a todo cálculo o acción que se lleva a cabo.
	Decisión	Compara distintos datos generando opciones de salida si y no
	Procedimientos	Secuencia de acciones para cumplir determinado proceso.
	Línea de flujo de información	Marca el sentido en el que va la información.

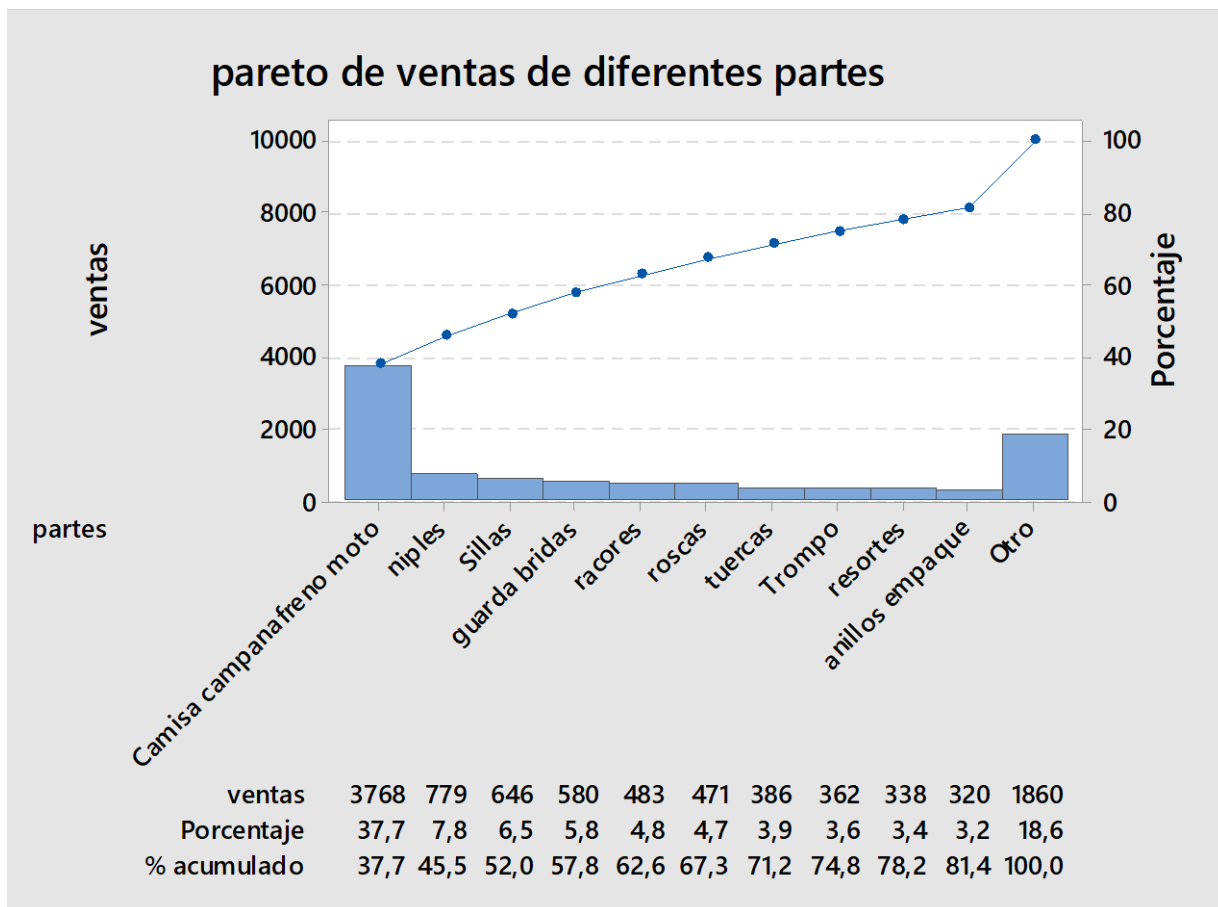
Fuente. Autora del proyecto.

### 6.1.3. Diagrama de Pareto.

Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, ya que se ordenan por orden de importancia a los diferentes ítems o problemas que se presentan en un proceso. Diciendo que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto. (Gutierrez pulido, Control estadístico de la calidad y seis sigma, 2013, pág. 136)

Para evaluar la fabricación de piezas en diferentes materiales se empleó un diagrama de Pareto con el registro de ventas de las partes pertenecientes a esta rama en el año 2018 y de esta forma trabajar con la que mayor incidencia tuvo. Este registro brindado por la empresa contenía el historial de ventas de las 38 clases de piezas en diferentes materiales.

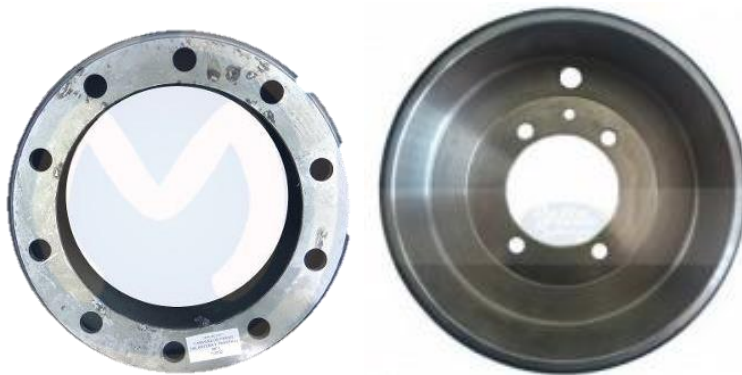
Figura 11 Diagrama de Pareto de la fabricación de piezas en diferentes materiales.



Fuente. Autora del proyecto.

El diagrama de Pareto nos muestra que las primeras 10 partes conforman el 80% de las ventas totales de este proceso, también el hecho de que solo las camisas para campana-frenos de motos abarcan el 37,7% del total de las ventas con una gran diferencia al segundo en la tabla que son los niples que tienen un puntaje de 7,8%. teniendo coherencia con la información suministrada por el coordinador de gestión de la empresa donde afirmaba que estas son las partes más vendidas diariamente dado que en la ciudad de Barrancabermeja el transporte público informal (motos) es bastante alto. Por esta razón se trabajará con este producto en específico, en representación del proceso de fabricación de piezas en diferentes materiales.

*Figura 12 Camisas para campana-frenos de motos*



Camisas

Campana-frenos de moto

(Clasf, 2019)

Sabiendo que las principales funciones de las camisas para campana-frenos son el mejorar la fricción de la banda de freno y alargar la vida útil de esta, los empleados dieron a conocer que los aspectos que requieren de mayor atención en el proceso de creación de dichas partes son: el largo, el diámetro y el ancho.

#### **6.1.4. VOC (Voz del cliente).**

La voz del cliente es conocer la imagen que tiene este de la empresa. Para definir el estado actual de la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S se priorizaron las variables que afectaban directamente a la calidad del producto ofrecido y para llevar a cabo esto se realizaron encuestas a los clientes tanto internos como externos de esta misma.

##### *Cliente externo*

##### *Diseño de la encuesta.*

En esta etapa se realizó una encuesta que fue aplicada a los clientes externos de la empresa, la cual constaba de 15 preguntas. Dicha encuesta fue realizada con un sistema de 13 respuesta múltiple y cerrada, con el fin de facilitar el análisis de estas y 2 con respuesta múltiple abierta con el propósito de abarcar todos los temas deseados, hallar la mejor respuesta posible y conocer la opinión del encuestado, basadas en **4 etapas:** producción, calidad, necesidades y preferencias.

Tabla 5 Etapas Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes.

Fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes	
Etapas	Preguntas
Producción	¿Con que frecuencia adquiere los productos?
	Las fechas de entrega se cumplen:
Calidad	¿Considera que la vida útil del producto es?:
	El cumplimiento de la función del producto es:
	¿Considera usted que los materiales empleados en la fabricación del producto son los mejores?
	¿cuál es el grado de satisfacción por el producto?
	La forma física y estética del producto es:
	¿Cómo califica el servicio brindado por Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S. durante todo el proceso de compra entrega?
Necesidades	¿Cómo considera el esfuerzo y capacidad por parte de la empresa para comprender sus necesidades?
	¿Considera usted que la empresa Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S cumple con las normas técnicas establecidas y los parámetros indicados?
	¿Cuál cree que es el principal aspecto por mejorar del producto o servicio?
Preferencias	¿Cómo es el nivel de confianza brindado por la empresa?
	¿Cómo considera las capacidades y conocimientos necesarios que tiene la empresa para la realización del producto?
	¿Cuál es su opinión en aspectos generales sobre Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S.?
	¿Aparte de Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S que empresa considera que cumple con sus expectativas? ¿Por qué?

Fuente. Autora del proyecto.

### Censo

Dado que la empresa Industria Metalmecánica Muñoz S.A.S. posee un solo punto de venta se llevó a cabo un censo (conteo total de una población a observar), a los 20 clientes fijos mensuales que compran este tipo de productos (resortes), estudio realizado durante los periodos de enero a abril del año 2018, además de ser corroborada la información por el coordinador de gestión de la empresa, objeto de análisis del presente proyecto. La estrategia utilizada fue la de llamar

telefónicamente a estos clientes, por parte de la secretaria de la empresa, y la autora del presente proyecto.

### ***Análisis de resultados.***

La encuesta fue aplicada a los 20 clientes de la empresa, dando a lugar a una confiabilidad de 100% en los resultados obtenidos. De esta forma se conoce la imagen percibida del cliente sobre el proceso (fabricación de resortes). Para analizar los resultados se realizó la siguiente tabla (ver tabla 6).

*Tabla 6 Resultados cliente externo*



Fuente. Autora de proyecto.



Como la tabla anterior lo indica la imagen que tiene el cliente del producto y la empresa es muy buena ya que el puntaje más bajo fue el de la comprensión de las necesidades con un 4,71 donde los resultados se medían de 1 a 5 siendo uno el menos satisfactorio y 5 el más satisfactorio. Otro dato que se pudo obtener de la encuesta fue que los clientes hacen una compra constante durante todo el año de una vez al mes. Por otro lado, también se pudo saber que su principal competencia directa es la empresa Nicrobarranca.

### *Cliente interno.*

#### *Diseño de la encuesta.*

Para el cliente interno de la empresa se realizó una encuesta, enfocada en los problemas o falencias halladas en la parte de priorización de productos, sabiendo que “Fabricación de toda clase de resortes de diferente diámetros y longitudes” fue el de menor puntaje, esta se basó exclusivamente en este producto. La encuesta constaba de 15 preguntas de respuesta múltiple cerrada con el propósito de abarcar todos los temas deseados, hallar la mejor respuesta posible y conocer la opinión del encuestado; basada en 5 variables: producción, calidad, defectos, programación de la producción, tiempos muertos.

Para analizar los resultados ver la siguiente tabla (tabla 7).

Tabla 7 variables encuesta cliente interno

Cliente interno	
VARIABLES	PREGUNTAS
Producción	¿De 1 a 5 que tan adecuadas son las áreas de trabajo?
	¿La maquinaria es aprovechada en su totalidad? Califíquese de 1 a 5.
	¿Se cumplen las normas de seguridad en la planta de trabajo? Califíquese de 1 a 5.
	¿La línea de producción presenta cuellos de botella? Califíquese de 1 a 5.
Calidad	¿Se produce de manera eficaz y eficiente con un menor uso de recursos? Califíquese de 1 a 5.
	¿Los conocimientos de trabajador se adecuan a las necesidades de producción? Califíquese de 1 a 5.
	¿Se tienen herramientas de control para garantizar el cumplimiento de la política de calidad? Califíquese de 1 a 5.
Defectos	¿Se tienen herramientas para controlar la calidad de la materia prima? Califíquese de 1 a 5.
	¿Se tienen herramientas para controlar la calidad del producto final de cada proceso? Califíquese de 1 a 5.
	¿Se tienen herramientas para controlar la calidad del producto final de la línea de producción? Califíquese de 1 a 5.
Programación de la producción	¿Las actividades de producción son planeadas permanentemente? Califíquese de 1 a 5.
	¿Se cumplen con los plazos de entrega establecidos? Califíquese de 1 a 5.
	¿La programación de la producción es efectiva? Califíquese de 1 a 5.
Tiempos muertos	¿Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo? Califíquese de 1 a 5.
	¿Se lleva un control de los tiempos de ocio de la maquinaria? Califíquese de 1 a 5.
	¿Existen alternativas de trabajos cuando se generan mantenimientos correctivos? Califíquese de 1 a 5.

Fuente. Autora del proyecto

La encuesta fue aplicada a: cinco (5) trabajadores directos del proceso y dos (2) empleados administrativos de la empresa ya que estos son los encargados de los procesos de producción de la empresa como tal, ocupando así la totalidad del cliente interno en el área de producción. Siendo estos los que conocen ante mano las verdaderas causas de los errores y estado actual de la empresa.

Para analizar los resultados obtenidos se hicieron tablas en las cuales se les asignaba un peso a cada posible respuesta y luego se multiplicaba por la cantidad de personas que la habían escogido para así obtener los resultados finales y poder compararlos.

Para analizar los resultados ver la siguiente tabla (tabla 7).

Tabla 8 Resultados cliente interno

Cliente interno		
Variables	resultados	análisis
Producción	<p>A bar chart with a vertical axis from 0 to 5.00. The horizontal axis lists four categories: Areas de trabajo (approx. 4.0), utilización Maquinaria (approx. 2.5), Seguridad en el trabajo (approx. 4.8), and cuellos de botella (approx. 3.5).</p>	El desaprovechamiento de la maquinaria es nociva para la empresa. Pero con respecto al presente proyecto, se identificó y se puede observar en el análisis que no toda la maquinaria produce en lapsos de tiempo.
Calidad	<p>A bar chart with a vertical axis from 0 to 4.00. The horizontal axis lists three categories: eficiencia en el proceso (approx. 4.0), conocimientos del operario (approx. 4.0), and Herramientas control políticas de ciudad (approx. 2.0).</p>	Poseer herramientas de control es vital en la línea de producción, como se observa en este análisis estos no son evaluados los resultados que le permitan a la empresa poder corregir las desviaciones y errores.
Defectos	<p>A bar chart with a vertical axis from 0 to 2.50. The horizontal axis lists three categories: Herramientas control materia prima (approx. 1.8), Herramienta control proceso (approx. 1.8), and Herramienta control producto final (approx. 2.4).</p>	Poseer una metodología desarrollada y herramientas de control para asegurar la calidad es vital en la línea de producción, como se observa en este análisis estos no son evaluados los resultados que le permitan a la empresa poder corregir las desviaciones y errores.
Programación de la producción	<p>A bar chart with a vertical axis from 3.60 to 4.60. The horizontal axis lists three categories: Planeacion de la produccion (approx. 4.6), Entregas (approx. 4.1), and Programacion de produccion (approx. 4.1).</p>	Es ineludible que contar con las herramientas que ayuden a garantizar un adecuado y exacta entrega entre producto y cliente, estas pueden sustentar el poder tomar decisiones en el momento preciso.
Tiempos muertos	<p>A bar chart with a vertical axis from 0 to 4.00. The horizontal axis lists three categories: Mantenimiento preventivo (approx. 4.0), tiempo de ocio (approx. 2.5), and mantenimiento correctivo (approx. 3.0).</p>	contar con una metodología para analizar los tiempos muertos de la maquinaria, las fallas en cada una de estas con el objetivo de analizar e identificar las principales variables que generan la mayor cantidad de tiempos muertos en la línea de producción y diseñar posibles soluciones que en la actualidad no se cuenta.

Fuente. Autora del proyecto.

### **6.1.5. Matriz de despliegue de la función de calidad (QFD)**

Para comparar los factores tanto internos como externos hallados en las entrevistas realizadas se hizo una matriz de despliegue de la función de calidad (QFD) (anexo 2) ya que es una herramienta que ayuda a relacionar los requerimientos del cliente con las formas en que se pueden atender (Guyieerez Pulido & De la vera Salazar, 2013, pág. 182), con este fin se pudo ver la relación que existe entre cada uno de estos factores y el poder que ejercen sobre otros. Dando a entender que influyen ya sea de forma directa o indirecta en el producto final y su calidad.

Se escogieron los diversos factores evaluando los resultados obtenidos en los anteriores ítems, de esta forma se tuvo en cuenta el punto de vista del cliente externo como la del interno creando una conexión en las fortalezas y falencias internas de la empresa con las demandas de sus compradores.

Las características escogidas como mas importantes para el cliente externo fueron: materia prima de calidad, buen aspecto físico del producto, resistencia, durabilidad, confianza, puntualidad en entrega, comprensión de las necesidades, precio justo, cumplimiento de su función y buen servicio de ventas. Por otra parte, las características escogidas del cliente interno fueron aquellas fortalezas que posee la empresa e influyen en las exigencias del comprador tales como herramientas, maquinaria, comunicación, cualificación, materia prima, planta física, estandarización, experiencia y procesos. La figura 13 muestra la relación existente y la influencia que ejercen los factores evaluados entre sí, priorizando cuales poseen mayor peso en las exigencias del mercado.

Para darle un valor a la relación e influencia entre los factores se les asigno un símbolo diferente a cada uno siendo ▲, O y ⊕ un nivel bajo, medio y alto respectivamente

Figura 13 Matriz de despliegue de la función de calidad (QFD)

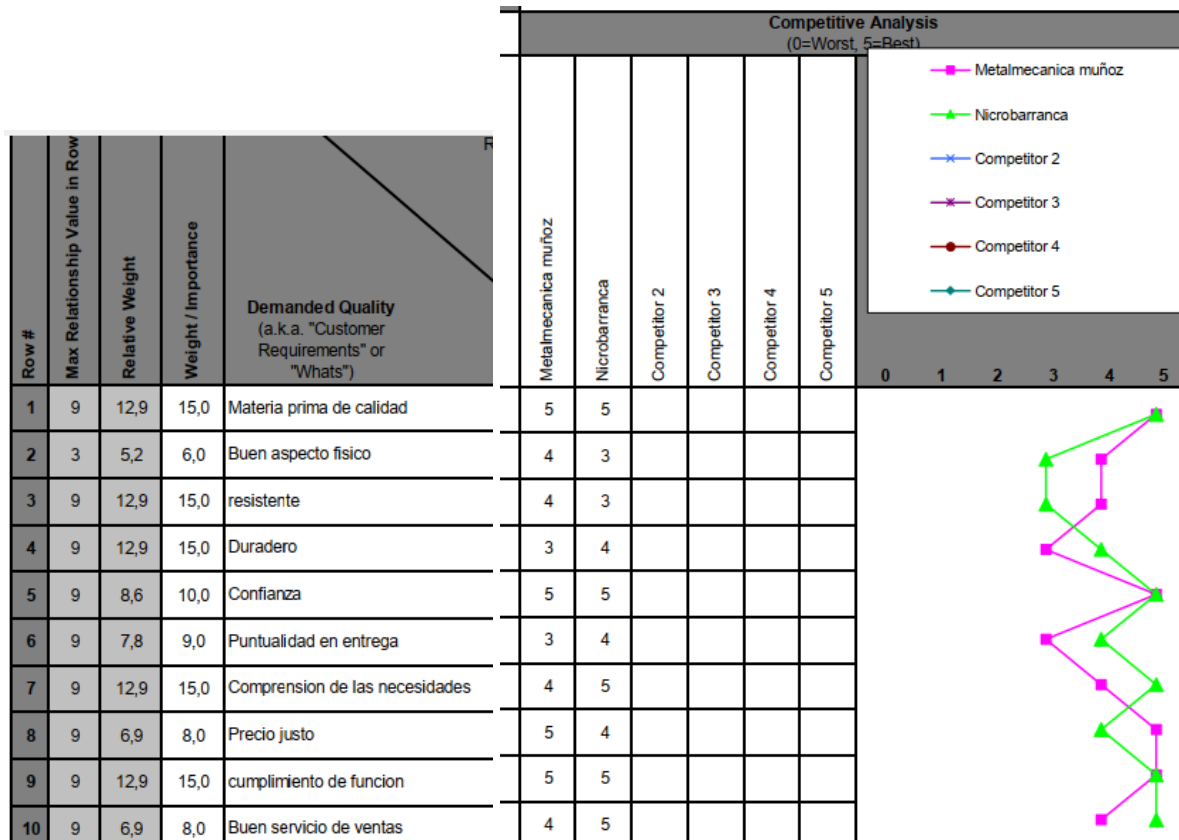
		Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Relative Weight	Weight / Importance	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")									
		Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Herramientas	Maquinaria	Comunicación	Cualificación	Materia prima	Planta física	Estandarización	Experiencia	Procesos
12,9	15,0	Materia prima de calidad			○		○			○	
5,2	6,0	Buen aspecto físico	○	○					○		○
12,9	15,0	resistente	▲	○	○	○	○		▲	○	○
12,9	15,0	Duradero	▲	○	○	○	○		▲	○	○
8,8	10,0	Confianza				○		○		○	○
7,8	9,0	Puntualidad en entrega			○	○			○	○	○
12,9	15,0	Comprensión de las necesidades			○	○				○	
6,9	8,0	Precio justo					○		○	▲	
12,9	15,0	cumplimiento de función			○	○					
6,9	8,0	Buen servicio de ventas			○					○	
		Target or Limit Value									
		Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	5	7	7	7	7	5	9	9	9
		Max Relationship Value in Column	3	3	9	9	9	9	3	9	9
		Weight / Importance	41,4	93,1	403,4	514,7	411,2	77,6	85,3	325,0	395,7
		Relative Weight	1,8	4,0	17,2	21,9	17,5	3,3	3,6	13,8	16,9

Fuente. Autora del Proyecto.

Como la matriz anterior indica, el peso relativo de cada factor interno fue: herramientas 1,8 maquinaria 4,0, comunicación 17,2, cualificación 21,9, materia prima 17,5, planta física 3,3, estandarización 3,6, experiencia 1,8 y proceso 16,9. Con lo cual se puede afirmar que para que la empresa metalmecánica Muñoz S.A.S pueda cumplir con las demandas de sus clientes el aspecto interno más importante a tener en cuenta es la cualificación de sus empleados, dando un segundo y tercer lugar a la materia prima y la comunicación interna en esta respectivamente y en un cuarto puesto a los procesos con los que llevan a cabo los productos y servicios que brindan, resaltando que la puntuación de cada uno de estos son muy cercanas por lo cual no se deben menos preciar. La experiencia que posee la empresa también juega un valor muy importante en este punto ya que influye en casi todas las exigencias del cliente. Por otro lado, se aprecia que los demás factores tienen una gran diferencia en los puntajes obtenidos con los anteriormente mencionados por lo que no afecta de la misma forma la calidad del producto final.

Teniendo en cuenta las herramientas de seis sigma anteriormente aplicadas se observó que la competencia es un factor externo muy importante y que la principal competencia directa de industria Metalmecánica Muñoz S.A.S es la empresa Nicrobarranca. En la siguiente figura (ver figura 14) se puede apreciar una comparación entre Nicrobarranca y Metalmecánica Muñoz S.A.S de los aspectos que requiere el cliente externo con la respectiva calificación de importancia para ellos y de esta forma poder ver en qué nivel en comparación a la competencia se encuentra la empresa.

Figura 14 Comparación con la competencia directa



Fuente. Autora del proyecto.

Por lo anterior se tuvo en claro que para el cliente los aspectos más importantes son la resistencia, la durabilidad, la comprensión de sus necesidades y que el producto cumpla realmente con su función; comparándolo con su principal competencia se observó que esta posee dos de estos puntos por encima de la empresa, aunque no es mucha la diferencia Metalmeccánica Muñoz posee dos puntos para mejorar.



Tabla 9 conclusión etapa definir

<p>Priorización</p>	<p>se identificaron 3 de los 12 procesos que realiza la empresa, los cuales necesitan de mayor atención. Para esto se tuvieron en cuenta diversos aspectos como materia prima, cantidad y frecuencia de reprocesos, maquinaria, herramientas, indicaciones dadas, cualificación del operario, documentación, procedimientos, condiciones laborales y seguridad en el trabajo; dando a conocer que los procesos de fabricación de toda clase de resortes, fabricación de cabezales para unidades de bombeo mecánico y fabricación de piezas en diferentes clases de materiales son aquellos que poseen menor puntaje ante los demás, por ende en los que se basó el proyecto</p>
<p>Cliente interno</p>	<p>En aspectos internos de la empresa se logró ver que a la maquinaria se le podría sacar mayor uso minimizando tiempo muertos y de mantenimiento tanto preventivo como correctivo y la empresa no cuenta con herramientas de control antes, durante ni después de la línea de producción, aunque al final de esta ejercen un análisis de calidad es muy subjetivo, por ende, no llevan un seguimiento de los defectos o problemas retrasando o impidiendo la mejora continua y el funcionamiento óptimo del proceso.</p>
<p>Cliente externo</p>	<p>La imagen que posee el cliente externo de la empresa es bastante buena dado que el producto es entregado en casi la totalidad de las veces en el tiempo estipulado, junto con las características específicas dadas por este mismo. Pero también indica que se puede mejorar.</p>
<p>Relación externo e interno</p>	<p>Teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las cualidades internas de la empresa se pudo deducir que la cualificación de los empleados es el factor que más influye en cumplir con los requisitos del comprador, este junto con la materia prima, la comunicación y los procesos son las bases para lograr la calidad en el producto final requerido.</p>

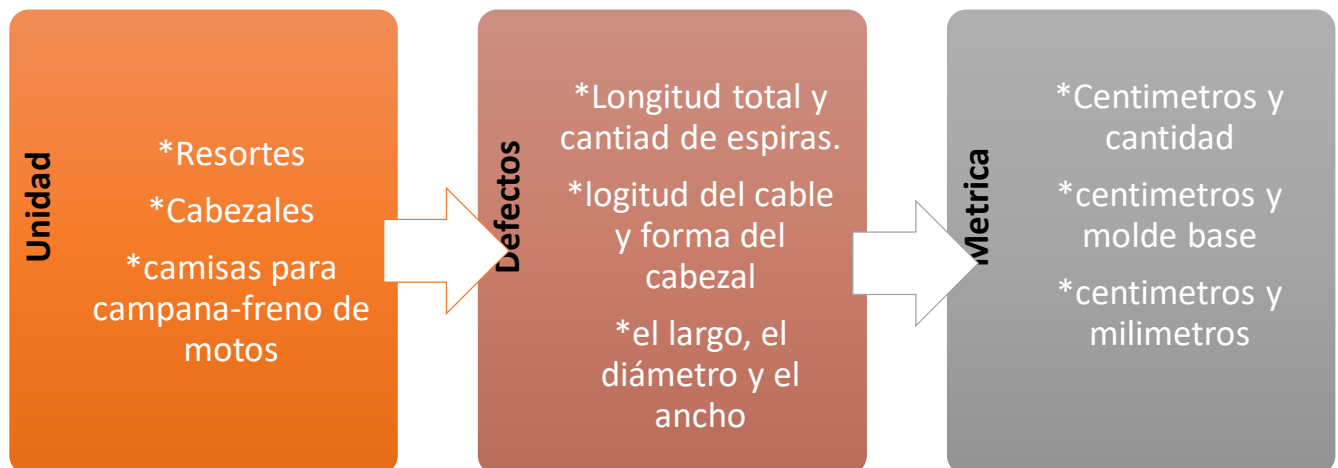
Fuente. Autora del proyecto.

## 6.2. Fase 2 medición

Después de tener claro cuáles son las características más importantes y delicadas de cada uno de los procesos escogidos: fabricación de resortes (la longitud total, la cantidad de espiras y la distancia entre estas), fabricación de cabezales para unidades de bombeo mecánico (la longitud del cable y la estructura interna del cabezal según las especificaciones del cliente), fabricación de camisas para campana-frenos de motos (el largo, el diámetro y el ancho), se buscaron cuáles eran las herramientas más adecuadas para realizar las mediciones de los parámetros que debían tener y se escogieron la cinta métrica, la regla clásica y el molde del cabezal, que actualmente utiliza la empresa como herramientas de medición. Luego de obtenido los resultados de la medición se emplearon herramientas estadísticas para identificar las principales causas de los errores.

### 6.2.1. Definición de unidad, oportunidades, defecto y métrica:

Figura 15 Definición de unidad, oportunidades, defecto y métrica.



Fuente. Autora del proyecto.

### **6.2.2. Métricas de medición**

Se utilizaron los siguientes parámetros para la recolección de la información y llevar a cabo la medición:

- ¿Qué se midió? Se registraron los defectos por unidad y las unidades defectuosas en determinados lotes de producción de los procesos escogidos (fabricación de resortes, fabricación de cabezales para unidades de bombeo mecánico, fabricación de camisas para campana-frenos de motos), evaluando Longitud total y cantidad de espiras de los resortes, longitud del cable y forma del cabezal y el largo, el diámetro y el ancho de las camisas para campana-frenos de motos.
- ¿Cómo se midió? Con tablas de registro de errores, reprocesos y unidades defectuosas en las líneas de producción de cada uno de los procesos.
- ¿Con que frecuencia se midió? Durante dos semanas de producción, de lunes a sábado (lunes a viernes mañana y tarde y sábados solo mañana), teniendo en cuenta que la realización de cada proceso la llevaba a cabo un operario diferente ya que estos poseen habilidades particulares referentes a maquinaria y procedimientos específicos.

### **6.2.3. Tabla de registro:**

Para llevar a cabo la recolección de información en los procesos seleccionados se creó una tabla (figura 16) para la toma de esta en la cual se registran los datos necesarios para el análisis estadístico de six sigma. Teniendo en cuenta los defectos por unidad y las unidades no aprobadas. El esquema de la tabla fue realizado como herramienta de control para que se pueda implementar en cualquier proceso de cualquier línea de producción.

Figura 16 tabla de recolección de datos

control producto final cliente interno									
Fecha: ___/___/___			Nombre del producto: _____						
Trabajador: _____			Cargo: _____						
No. Proceso	Descripción del proceso	maquina	Objetivos				Aprobado	Reproceso	Desechado
			Objetivos	margen de error	datos	cumplimiento de los objetivos			

Fuente. Autora del proyecto.

La herramienta está diseñada para recolectar los siguientes datos: fecha de realización del proceso, nombre del producto final que se va a fabricar, el nombre del trabajador que va a realizar el proceso, el cargo que este ocupa, el número del proceso que se va a evaluar en la línea de producción, una breve descripción de proceso a realizar, la maquinaria a emplear, los parámetros de calidad que debe tener el producto (objetivos), por ejemplo para la fabricación de resortes se midió la longitud total (30 cm), la cantidad de espiras (5) y la distancia entre estas (6 cm); el margen de error aceptable (en medidas exactas) para cada una de las características medidas, por ejemplo para la longitud total del resorte el margen de error es de +/- 1 cm (10 ml); los datos obtenidos del producto evaluado, en esta parte se escriben los datos reales encontrados, por ejemplo en la longitud total del resorte 30,6 cm; si cumplió o no el parámetro de calidad, en este caso como 30,6 cm está dentro del margen de error aceptado se dice que si cumplió con el parámetro por lo tanto esta característica del producto no defectuosa; si el producto es aprobado o no, si se le debe realizar un reproceso y por ultimo si es desechado.

#### **6.2.4. Validación de la medición:**

La medición se llevó a cabo en el lapso de dos semanas en las cuales se trabajó de lunes a viernes con producción en la mañana y en la tarde y los sábados solo en la mañana. Cada uno de los procesos escogidos fueron ejercidos por operarios diferentes por lo que se pudo llevar a cabo la medición de los tres al tiempo.

#### ***Población:***

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio en los lotes de producción N° 21034, N° 21035 y N°21035 de resortes helicoidales de los cliente Refinpetrol Colombia S.A.S y Consorcio Turnarounds Alliance; en el lote N° 53630 de cabezales para unidades de bombeo mecánico del cliente Ecopetrol S.A. y en los lotes N° 38910, N° 38911, N° 38912 y N° 38913 de camisas para campana-frenos de motos de clientes minoristas ya que estos últimos se producen semanalmente (información suministrada por el coordinador de gestión de la empresa). Para hallar la cantidad a medir de cada uno de los procesos seleccionados se habló con el coordinador de gestión de la empresa, el cual brindo información de ventas de cada uno de estos, diciendo que en el año se vende un promedio de: 60 unidades de cabezales para unidades de bombeo, dividido en 2 pedidos al año, para esta ocasión Ecopetrol realizo una compra de 32 unidades por lo que se estimó un tiempo de producción de 9 días de trabajo; 6975 unidades de resortes, divididos en los diferentes compradores que tiene la empresa, con una capacidad de producción estimada de 26 resortes diarios y 3768 unidades de camisas para campana-frenos de motos distribuidas en compradores minoristas, con una capacidad de producción estimada de 12 camisas diarias. En este caso se realizó un muestreo para hallar el tamaño correcto de la muestra a evaluar en los dos últimos procesos. Para ello se utilizó la siguiente formula de muestreo:

En donde

k= nivel de confianza,

N= tamaño de la población.

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

e = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

n= tamaño de la muestra

Formula 1 Estimación de la muestra

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q}$$

Dicha información fue registrada por la autora de este proyecto, calculando el tamaño de la muestra con un nivel de confianza (k) 1,65, una probabilidad de éxito (p) de un 90%, una probabilidad de fracaso (q) del 10%, un error admisible (e) del 5% y un tamaño de población (N) de 3768 para las camisas y de 6975 para los resortes. Para obtener un tamaño de muestra de 252 camisas y 260 resortes.

Sabiendo que la empresa tiene una capacidad diaria de producción estimada de 12 camisas y 26 resortes se calculó un tiempo de producción de casi 4 semanas de trabajo para las camisas y 2 semanas de trabajo para los resortes. En este caso Refipetrol Colombia S.A.S. y Consorcio Turnarounds Alliance realizaron un pedido de 300 unidades las que estaban programadas para producirse en 2 semanas y media de trabajo y de las cuales solo se tomaron datos durante las primeras dos semanas ya que en este tiempo se alcanzó a completar el tamaño de la muestra deseada.

### 6.2.5. Síntesis de datos:

Empleando la tabla realizada anteriormente se recolectaron datos de cada uno de los procesos escogidos (ver anexo 3) durante el tiempo necesario para lograr las cantidades estipuladas en el ítem anterior. Posterior a esto se sintetizó toda la información recolectada en 3 tablas catalogadas según el proceso observado, donde las jornadas de trabajo equivalen a una mañana o una tarde de trabajo en la empresa, cada color diferente en estas significa una semana de medición. Las síntesis de los datos se pueden ver a continuación:

Tabla 10 síntesis de datos de resortes helicoidales

Resortes helicoidales							
Jornada de trabajo	Unidades medidas	Defecto encontrados	Cantidad de defectuosos	Jornada de trabajo	Unidades medidas	Defecto encontrados	Cantidad de defectuosos
1	13	6	1	12	13	5	0
2	13	3	0	13	13	1	1
3	13	4	0	14	13	4	1
4	13	5	1	15	13	2	0
5	13	6	0	16	13	7	2
6	13	7	1	17	13	7	1
7	13	7	1	18	13	8	1
8	13	8	1	19	13	4	0
9	13	9	3	20	13	3	1
10	13	3	0	total	260	105	16
11	13	6	1				

Fuente. autora el proyecto.

Tabla 11 Síntesis de dato de cabezales para unidades de bombeo mecánico

Cabezales para unidades de bombeo mecánico							
Jornada de trabajo	Unidades medidas	Defecto encontrados	Cantidad de defectuosos	Jornada de trabajo	Unidades medidas	Defecto encontrados	Cantidad de defectuosos
1	2	3	1	12	2	1	0
2	2	1	0	13	2	0	0
3	2	1	0	14	2	0	0
4	2	0	0	15	2	1	1
5	2	0	0	16	2	0	0
6	2	0	0	total	32	12	2
7	2	0	0				
8	2	2	0				
9	2	1	0				
10	2	1	0				
11	2	1	0				

Fuente. Autora del proyecto.



Tabla 12 Síntesis de datos de camisas para campana-frenos de motos

camisas para campana-frenos de motos							
Jornada de trabajo	Unidades medidas	Defecto encontrados	Cantidad de defectuosos	Jornada de trabajo	Unidades medidas	Defecto encontrados	Cantidad de defectuosos
1	6	2	0	23	6	6	1
2	6	2	0	24	6	3	0
3	6	4	1	25	6	3	0
4	6	4	1	26	6	1	0
5	6	5	1	27	6	1	0
6	6	3	0	28	6	3	0
7	6	6	1	29	6	2	0
8	6	3	0	30	6	4	1
9	6	1	0	31	6	2	0
10	6	1	0	32	6	1	0
11	6	0	0	33	6	1	0
12	6	0	0	34	6	5	1
13	6	1	0	35	6	0	0
14	6	2	0	36	6	0	0
15	6	5	1	37	6	1	0
16	6	4	0	38	6	1	0
17	6	7	1	39	6	0	0
18	6	4	0	40	6	1	0
19	6	8	2	41	6	0	0
20	6	5	1	42	6	0	0
21	6	2	0	total	252	106	12
22	6	2	0				

Fuente. Autora del proyecto.

### 6.3. Fase 3 Análisis:

#### *Cartas de control:*

Una carta de control es una gráfica que sirve para observar y analizar la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo (Gutierrez pulido & De la vara salazar, Control

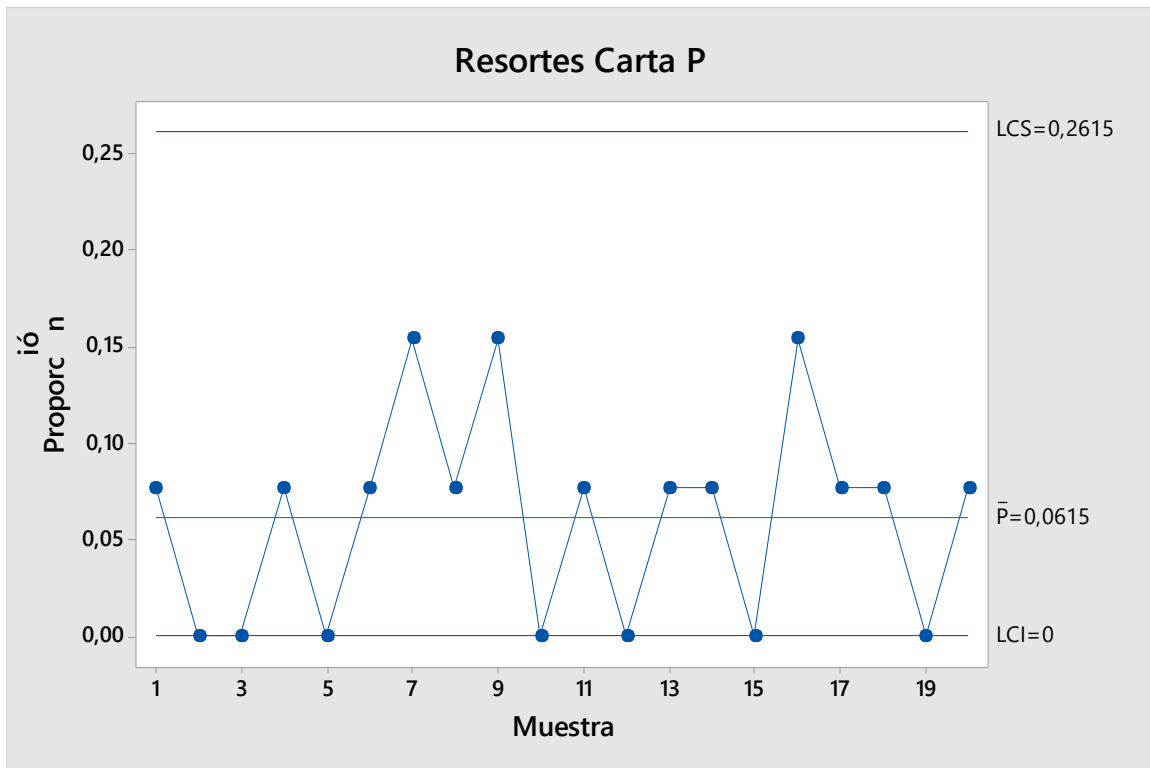
estadístico de la calidad y seis sigma, 2013, pág. 176). Mediante el programa Minitab se hallaron las cartas de control con los datos obtenidos en la medición de los procesos seleccionados, estas cartas son una herramienta que permite detectar cambios en los estos.

Se llevaron a cabo las cartas de control por atributo ya que se tomaron cada uno de los parámetros de calidad que no se cumplían como defectos hallados y si fue aprobado o no el producto final. de esta forma se analizaron los datos según el proceso medido, sus defectos y las unidades defectuosas generadas.

### 6.3.1. Resortes helicoidales

#### 6.3.1.1. Proporción de defectuosos Carta P:

Figura 17 Resortes helicoidales Carta P



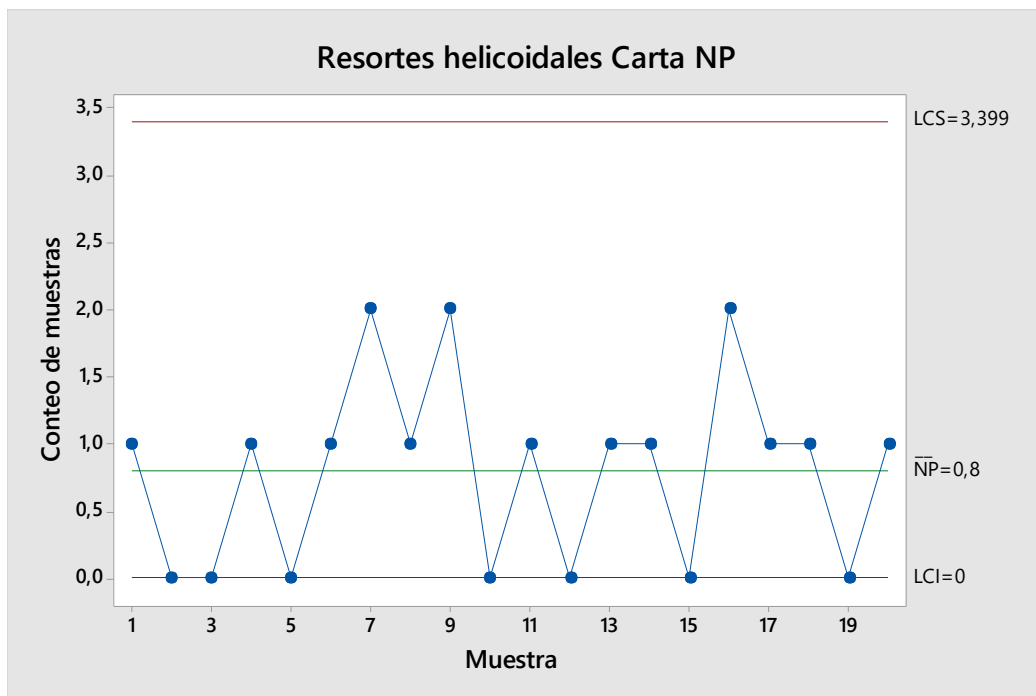
Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza la proporción de las unidades defectuosas por lote medido, generando límites que indican si el proceso está o no bajo control. En este caso la totalidad de las proporciones hallado se encuentran ubicada dentro de los limites generados LCS (0,2615) y LCI (0), también se puede observar que la proporción promedio por lote producido es de P (0,0615). Todo esto quiere decir que por cada 13 resortes fabricados se espera que el porcentaje de unidades defectuosas varíen entre 0 y 26,15% con un promedio de 6,15%.

Este análisis nos indica que el proceso se está comportando como se planeaba mas no que este rindiendo de la mejor forma, que independientemente si la cantidad de defectuosos aumenta o disminuye, mientras se encuentre entre los límites establecidos, estará actuando de la forma que se esperaba por lo tanto el número de perdidas seria controlable.

### 6.3.1.2. Numero de defectuosos Carta nP

Figura 18 Resortes helicoidales Carta nP

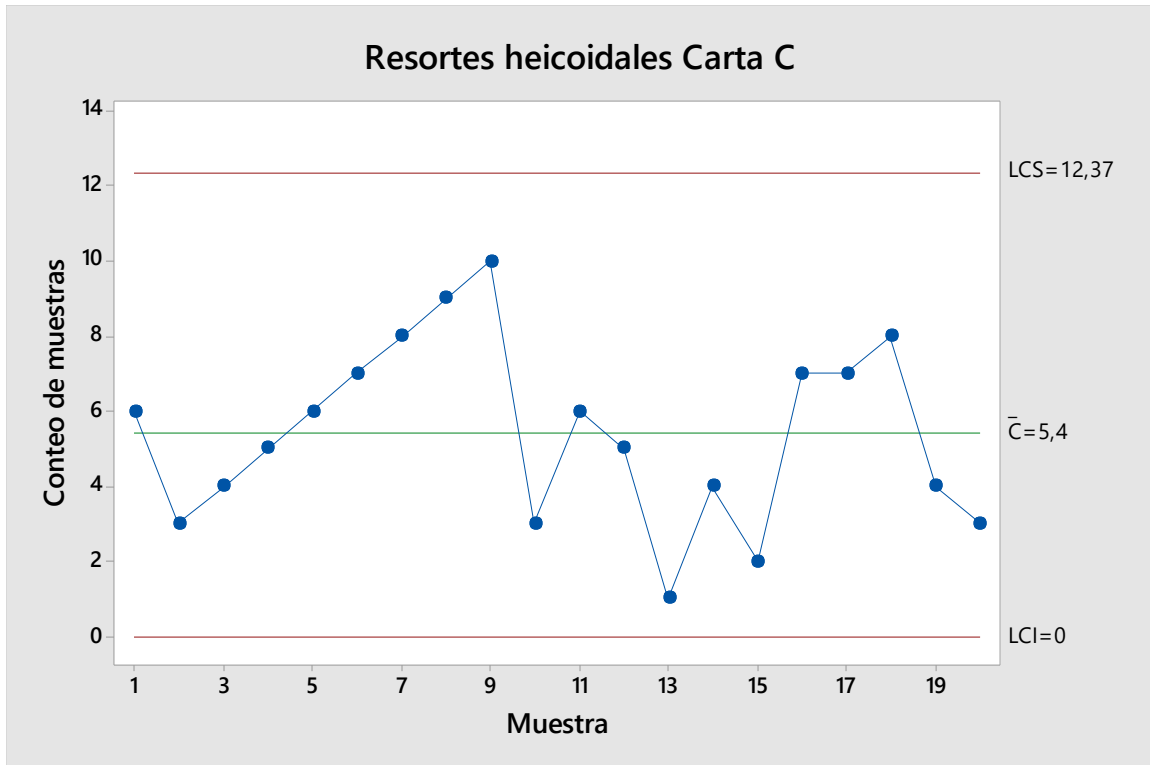


Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza la cantidad de unidades defectuosas por lote producido que son aceptadas en el proceso, generando unos límites que indican si este está o no bajo control. En el presente caso la totalidad de unidades defectuosas halladas se encuentran ubicadas dentro de los límites generados LCS (3,399) y LCI (0), también se puede observar que la cantidad promedio por lote es de  $n\bar{P}$  (0,8). Todo esto quiere decir que por cada 13 resortes fabricados se espera que el número de unidades rechazadas varíen entre 0 y 3,399 con un promedio de 0,8. Esta carta confirma lo anteriormente dicho en la carta P dado que si se saca la proporción hallada previamente a la cantidad total de productos evaluados se obtiene el número hallado en esta. Vale la pena aclarar que esta carta se utiliza cuando la cantidad de unidades por lote es constante.

### 6.3.1.3. Numero de defectos Carta C:

Figura 19 Resortes helicoidales Carta C:



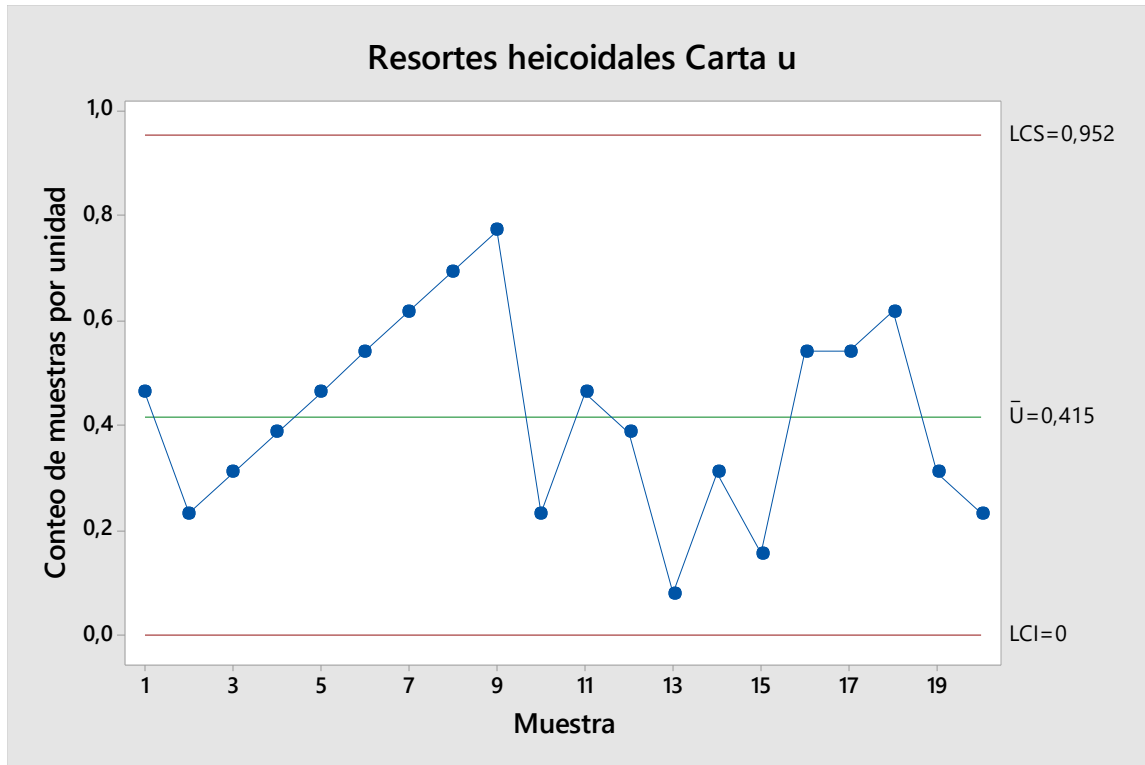
Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza la variabilidad de defectos por lote de producción, creando límites que indican si el proceso está o no bajo control, también ayuda a detectar y prevenir situaciones anormales en el desarrollo de este, provocando en la empresa una mejor visión del tamaño e importancia del problema y también permite estudiar el impacto que tendrán las posibles acciones de mejora.

En este caso la totalidad de defectos hallados se encuentran ubicadas dentro de los límites generados LCS (12,37) y LCI (0), también se puede observar que la cantidad promedio por lote es de  $\bar{C}$  (5,4). Todo esto dice que por cada 13 resortes fabricados se espera que el número de defectos varíen entre 0 y 12,37 con un promedio de 5,4. Vale la pena aclarar que esta carta se utiliza cuando la cantidad de unidades por lote es constante.

#### 6.3.1.4. Numero de defectos por unidad Carta U:

Figura 20 Resortes helicoidales Carta U



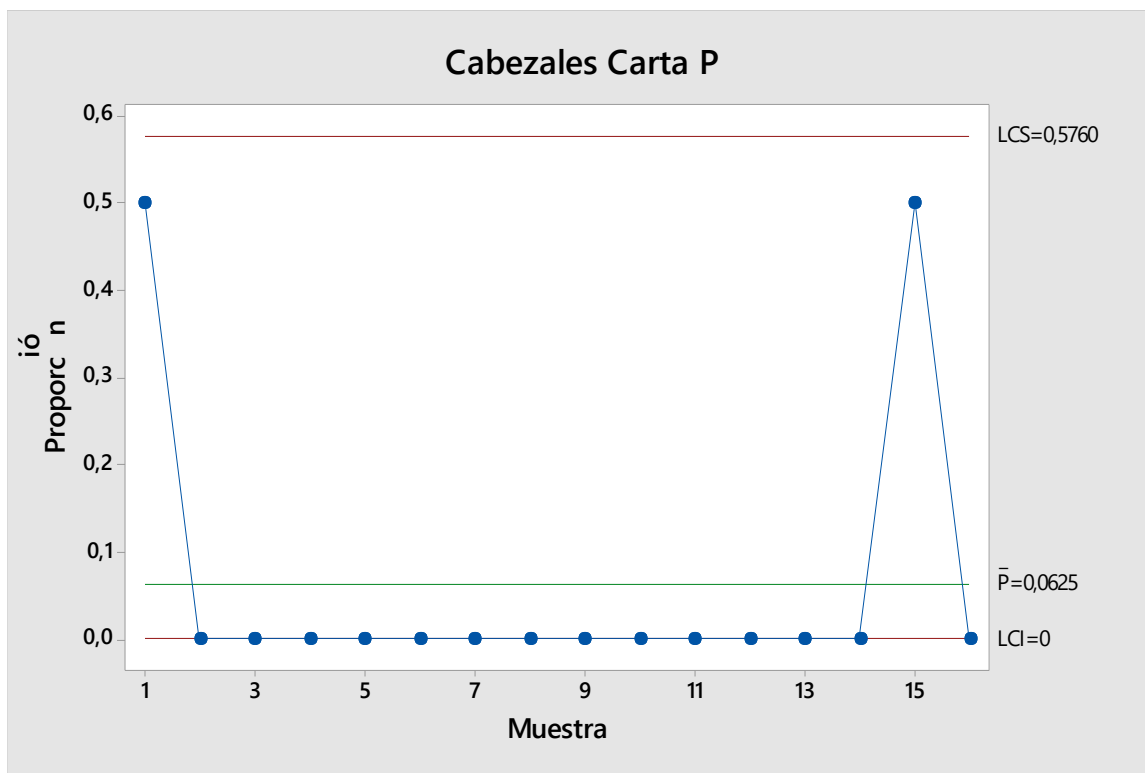
Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza el promedio de defectos encontrados por unidad producida, asignando límites que indican si el proceso está o no bajo control. En este caso el promedio de defectos hallados por unidad producida se encuentra ubicado dentro de los límites LCS (0,954) y LCI (0), también se puede observar que la cantidad promedio por lote es de  $\bar{C}$  (0,415). Diciendo que por cada resorte fabricado se espera que el número de defectos varíen entre 0 y 0,954 con un promedio de 0,415.

### 6.3.2. Cabezales para sistemas de bombeo mecánico

#### 6.3.2.1. Proporción de defectuosos Carta P:

Figura 21 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta P



Fuente. Autora del proyecto.

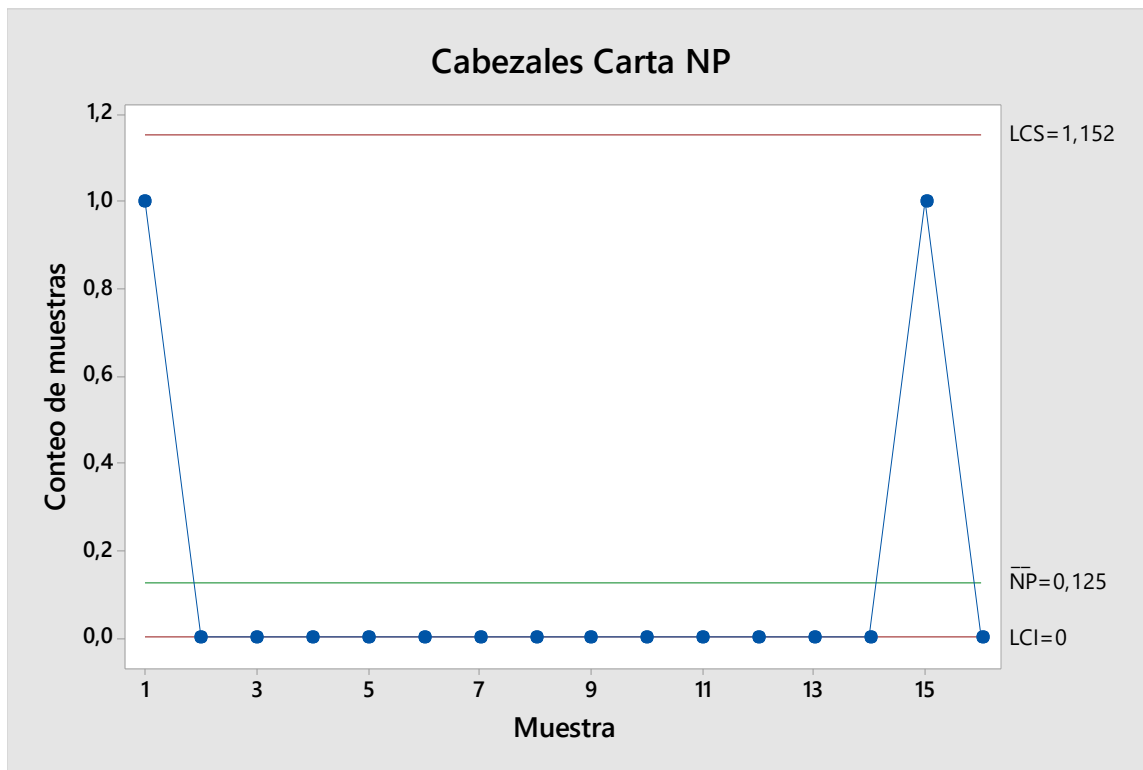
Esta carta analiza la proporción de las unidades defectuosas por lote medido, generando límites que indican si el proceso está o no bajo control. En este caso la totalidad de las proporciones halladas se encuentran ubicadas dentro de los límites creados LCS (0,5760) y LCI (0), también se

puede observar que la proporción promedio por lote producido es de  $P(0,0625)$ . Todo esto quiere decir que por cada 2 cabezales fabricados se espera que el porcentaje de unidades defectuosas varíen entre 0 y 57,6% con un promedio de 6,25%.

Este análisis nos indica que el proceso se está comportando como se planeaba mas no que sea optimo, que independientemente si la cantidad de defectuosos aumenta o disminuye mientras se encuentre entre el rango establecidos el proceso estará actuando de la forma que se esperaba por lo tanto el número de perdidas seria controlable.

### 6.3.2.2. Numero de defectuosos Carta nP:

Figura 22 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta nP



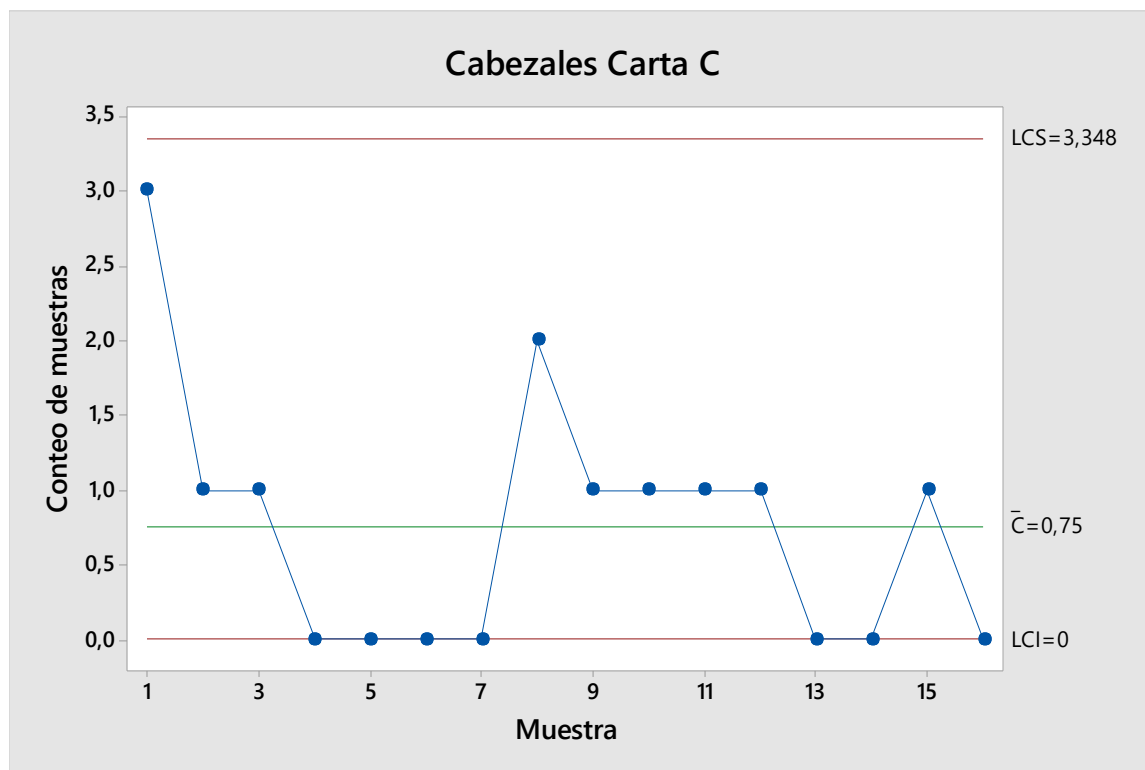
Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza la cantidad de unidades defectuosas por lote producido que son aceptadas en el proceso, generando un rango que indica si el proceso está o no bajo control. En este caso la

totalidad de unidades defectuosas halladas se encuentran ubicadas dentro de los límites generados LCS (1,152) y LCI (0), también se puede observar que la cantidad promedio por lote es de  $n\bar{P}$  (0,125). Afirmando que por cada cabezal fabricado se espera que el número de unidades rechazadas varíe entre 0 y 1,152 con un promedio de 0,125. Esta carta confirma lo anteriormente dicho en la carta P dado que si se saca la proporción hallada previamente a la cantidad total de productos evaluados se obtiene el número generado en esta. Vale la pena aclarar que esta carta se utiliza cuando la cantidad de unidades por lote es constante.

### 6.3.2.3. Numero de defectos Carta C:

Figura 23 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta C



Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza la variabilidad de defectos por lote de producción, creando límites que indican si el proceso está o no bajo control, también ayuda a detectar y prevenir situaciones anormales en



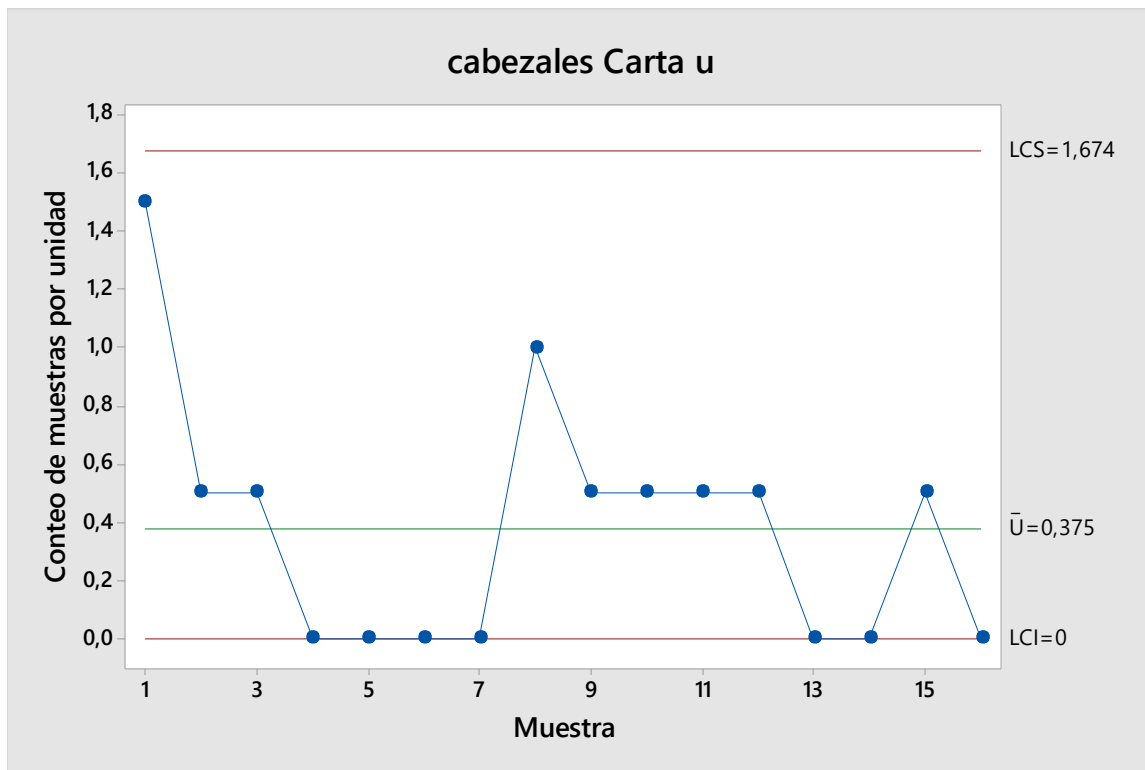
el desarrollo de este, provocando en la empresa una mejor visión del tamaño e importancia del problema y permite estudiar el impacto que tendrán las posibles acciones de mejora.

En este caso la totalidad de defectos hallados se encuentran ubicadas dentro de los límites LCS (3,348) y LCI (0), también se puede observar que la cantidad promedio por lote es de  $\bar{C}$  (0,75).

Todo esto quiere decir que por cada 2 cabezales fabricados se espera que el número de defectos varíen entre 0 y 3,348 con un promedio de 0,75. Vale la pena aclarar que esta carta se utiliza cuando la cantidad de unidades por lote es constante.

#### 6.3.2.4. Numero de defectos por unidad Carta U:

Figura 24 Cabezales para sistemas de bombeo mecánico Carta U



Fuente. Autora del proyecto.

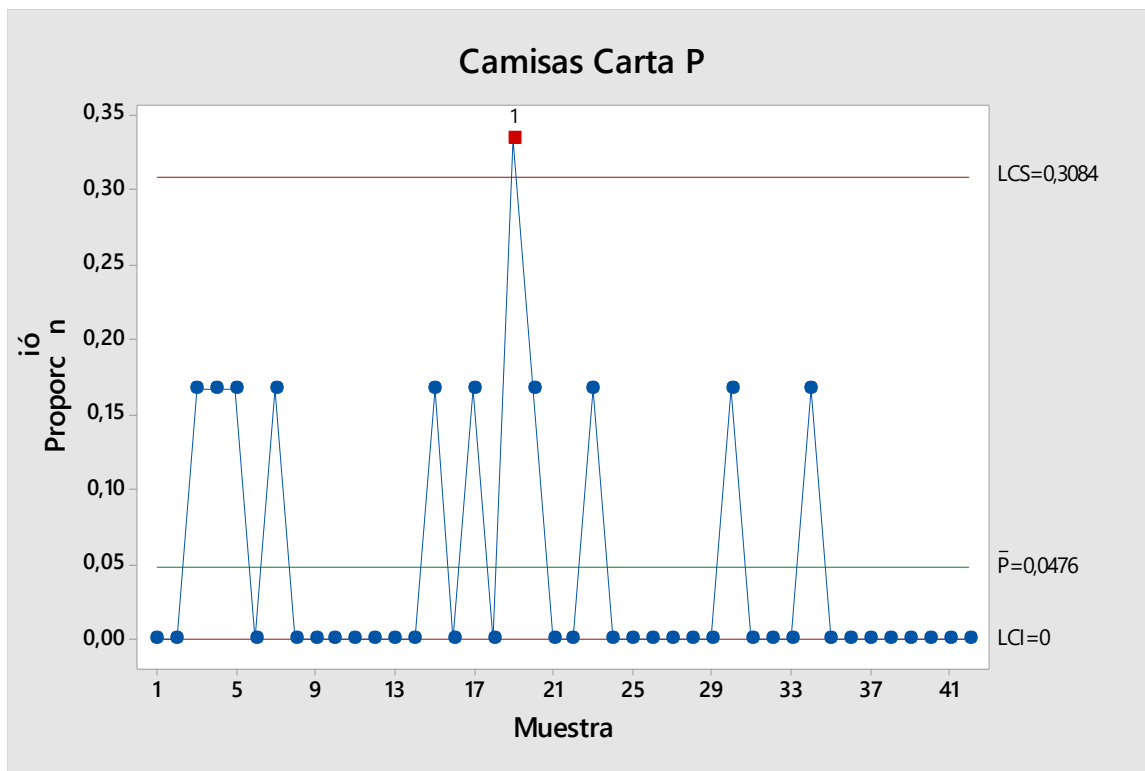
Esta carta analiza el promedio de defectos encontrados por unidad producida, dando un rango que indica si el proceso está o no bajo control. En este caso el promedio de defectos hallados por unidad

producida se encuentra ubicado dentro de los límites LCS (1,674) y LCI (0), también se puede observar que la cantidad promedio por lote es de C (0,375). Dando a entender que por cada cabezal fabricado se espera que el número de defectos varíe de 0 a 0,1,674 con un promedio de 0,375.

### 6.3.3. Camisas para campana-frenos de motos

#### 6.3.3.1. Proporción de defectuosos Carta P:

Figura 25 Camisas para campana-frenos de motos Carta P



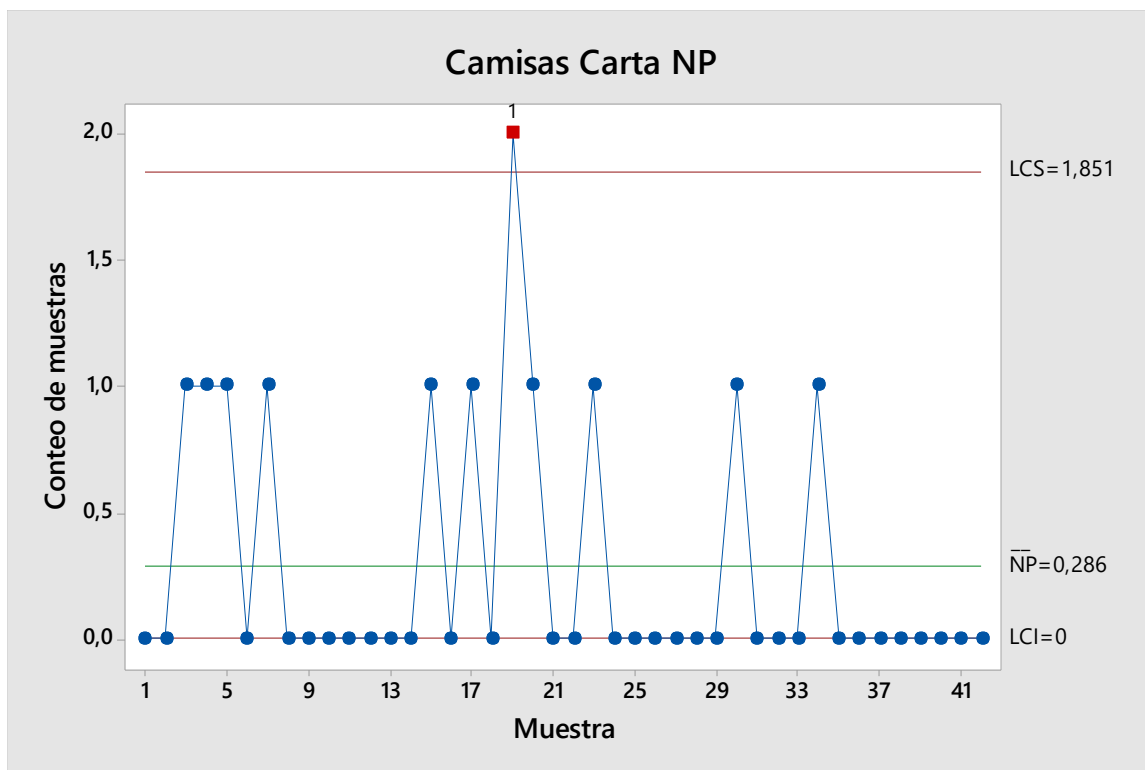
Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza el porcentaje de las unidades defectuosas por lote medido, creando un rango que indica si el proceso está o no bajo control. En este caso la mayoría de las proporciones se encuentran ubicadas dentro de los límites generados LCS (0,3084) y LCI (0), excepto una que está por encima del superior diciendo que dicho proceso no se encuentra bajo control. Si este estuviera controlado la gráfica indicaría que por cada 6 Camisas para campana-frenos de motos fabricados

se esperaría que el porcentaje de unidades defectuosas vararía entre 0 y 30,84% con un promedio de 4,76%. Pero en este caso, no se puede controlar la proporción de unidades defectuosas que podría haber por lote. Se debe realizar un análisis más profundo para identificar el o los factores que llevaron a cabo que las unidades defectuosas se incrementaran.

### 6.3.3.2. Numero de defectuosos Carta nP:

Figura 26 Camisas para campana-frenos de motos Carta nP



Fuente. Autora del proyecto.

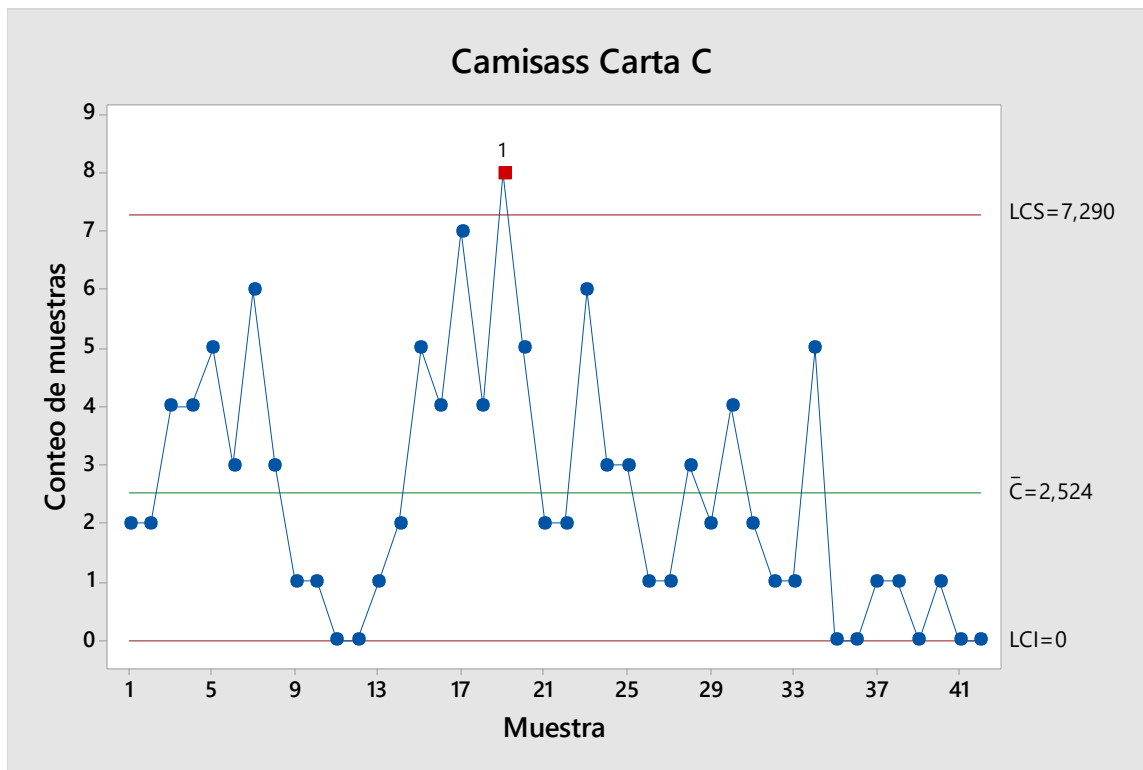
Esta carta analiza la cantidad de unidades defectuosas por lote que son aceptadas en el proceso, generando límites que indican si este se encuentra o no bajo control. En este caso la mayoría de las unidades están ubicadas dentro de dio rango LCS (1,851) y LCI (0), excepto una que se encuentra por encima del superior, diciendo que el proceso no se encuentra bajo control. Si este estuviera controlado la gráfica indicaría que por cada 6 Camisas para campana-frenos de motos

fabricadas se esperaría que el número de unidades rechazadas variaría de 0 a 1,851 con un promedio de 0,286. Pero en este caso no se puede estimar la cantidad de unidades defectuosas que podría haber por lote. Se debe realizar un análisis más profundo para identificar el o los factores que llevaron a cabo que el proceso de disparar y generara errores de esa magnitud.

Esta carta confirma lo anteriormente dicho en la carta P dado que si se saca la proporción hallada previamente a la cantidad total de productos evaluados se obtiene el numero generado en esta. Vale la pena aclarar que esta carta se utiliza cuando la cantidad de unidades por lote es constante.

### 6.3.3.3. Numero de defectos Carta C:

Figura 27 Camisas para campana-frenos de motos Carta C



Fuente. Autora del proyecto.

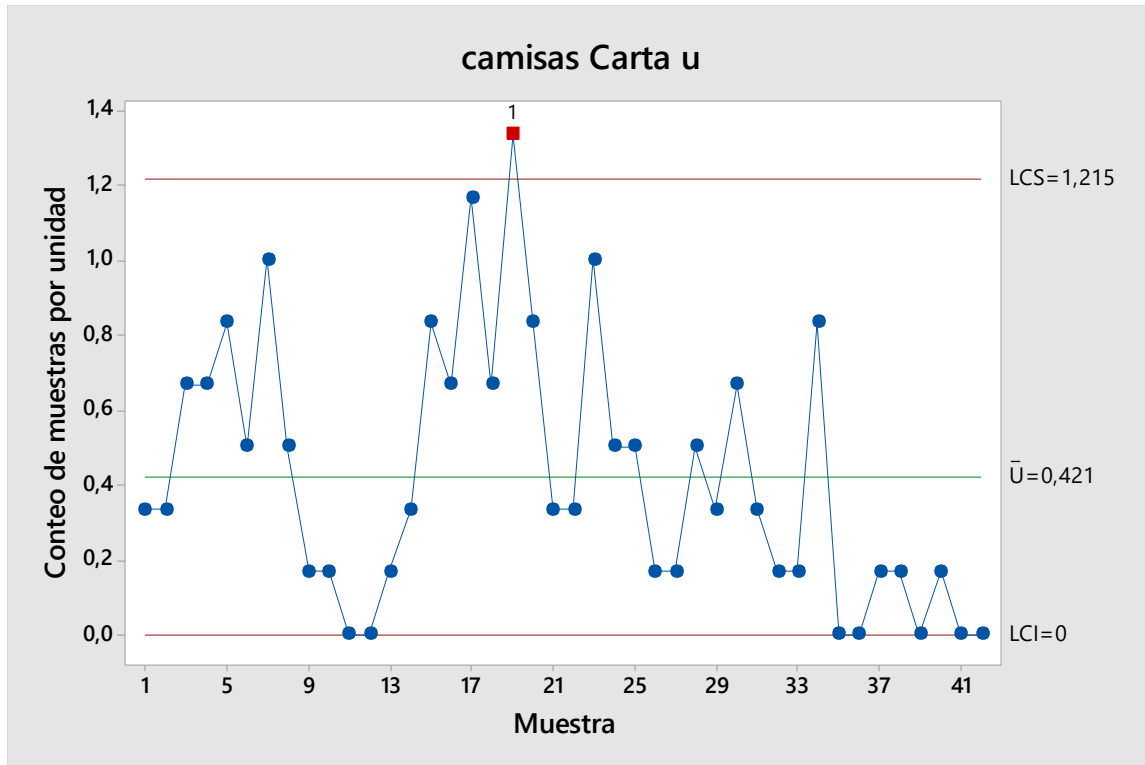
Esta carta analiza la variabilidad de defectos por lote de producción, creando límites que indican si el proceso está o no bajo control, también ayuda a detectar y prevenir situaciones anormales en

el desarrollo de este, provocando en la empresa una mejor visión del tamaño e importancia del problema y también permite estudiar el impacto que tendrán las posibles acciones de mejora.

En este caso la mayoría los de defectos hallados se encuentran ubicadas dentro de los límites generados LCS (7,290) y LCI (0), excepto uno que se encuentra por encima del superior diciendo que el proceso no está bajo control. Si este estuviera controlado la gráfica indicaría que por cada 6 camisas para campana-frenos de motos fabricadas se esperaría que el número de defectos variara entre 0 y 7,290 con un promedio de 2,524. Pero dado que no se encuentra controlado es incierto conocer el comportamiento del proceso. Vale la pena aclarar que esta carta se utiliza cuando la cantidad de unidades por lote es constante.

#### 6.3.3.4. Numero de defectos por unidad Carta U:

Figura 28 Camisas para campana-frenos de motos Carta U



Fuente. Autora del proyecto.

Esta carta analiza el promedio de defectos encontrados por unidad producida, creando límites que indican si el proceso está o no bajo control. En este caso la mayoría del promedio de los defectos hallados por unidad producida se encuentra ubicado dentro de los límites LCS (1,215) y LCI (0), sin embargo, uno se encuentra por encima del superior diciendo que este no se encuentra controlado por ende es incierto cuál será su comportamiento futuro. Si el proceso estuviera bajo control se podría decir que por cada camisa de campana-freno para motos fabricada se esperaría que el número de defectos vararía entre 0 y 1,215 con un promedio de 0,421.

#### **6.3.4. Síntesis cartas de control**

Teniendo en cuenta las herramientas estadísticas usadas mediante el programa Minitab se puede decir que los procesos de fabricación de resortes y cabezales poseen un proceso controlado a los cuales se le pueden sacar un pronóstico de gastos, materia prima, tiempos y demás factores que ayuden a planificar el comportamiento futuro de la empresa; no obstante la cantidad de defectos y unidades defectuosas para cada uno de estos podría reducirse para así lograr un mejoramiento continuo dado que el valor de estas oscila entre un 38% y 42 % y un 5% y 6% del total producido respectivamente.

Hablando sobre el proceso de fabricación de camisas para campana-frenos de motos el panorama es diferente, ya que este no está controlado teniendo picos que se salen de los límites estipulados, lo que hace impredecible el comportamiento futuro de esta línea de producción y por ende difícil sacar un pronóstico de los factores necesarios para llevarlo a cabo.

## **6.4. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones dadas en esta parte del proyecto van dirigidas a las fases de implementación y control de la metodología Six sigma.

Para esta fase se emplearon tres métodos diferentes para determinar las posibles causas de los errores producidos y generar herramientas para la solución de estas. Los tres métodos empleados fueron el diagrama de Ishikawa o de causa y efecto mezclado con el 5 ¿Por qué? y la lluvia de ideas:

### **6.4.1. Diagrama de Ishikawa**

En este método grafico lo que se hizo fue relacionar el problema hallado con las posibles causas de este mismo, manejando las seis (6) Ms como lo son el método, la mano de obra, la maquinaria, los materiales, la medición y el medio ambiente. Dicho grafico fue completado con información suministrada por dos trabajadores de la empresa junto con la autora del proyecto, los cuales debatieron las posibles causas raíces del problema principal. Para realizar el grafico se utilizó el programa Minitab.

El principal problema hallado fue que el proceso de la fabricación de camisas para campana-freno de motos no está bajo control, generando una cantidad más alta de lo debido de defectos y por ende unidades defectuosas.

Figura 29 Diagrama de Ishikawa



Fuente. Autora del proyecto.

Según el diagrama de Ishikawa y las personas involucradas en la creación del mismo la principal causa del no control del proceso de fabricación de camisa para campana-frenos de motos es la inexistencia de herramientas de revisión para las mediciones al finalizar cada parte de este.

#### 6.4.2. 5 ¿Por qué?

Los 5 ¿Por qué? Es una técnica para hallar la verdadera causa de un problema, una forma de encontrar la relación entre la causa y el efecto de determinado resultado. Consiste en realizar 5



veces la pregunta ¿Por qué? Ante un problema para así llegar al fondo y encontrar la verdadera causa de este. En la siguiente tabla se muestra el desarrollo de la herramienta donde se trata de encontrar la causa raíz del problema hallado anteriormente: la inexistencia de herramientas de control para las mediciones en cada etapa del proceso de fabricación de camisa para campana-frenos de motos.

Tabla 13 5 ¿por qué?

5 ¿Por qué? De no control del proceso de fabricación de camisas para campana-frenos de motos						
Problema	1 ¿Por qué?	2 ¿Por qué?	3 ¿Por qué?	4 ¿Por qué?	5 ¿Por qué?	conclusión
Inexistencia de herramientas de control para las mediciones	Por falta de conocimiento de la existencia de dichas herramientas	por falta de investigación sobre como mejorar la calidad del producto	No hay un área en la empresa encargada de la calidad del producto	Porque no tienen conocimiento de que el proceso puede llegar a ser mejor	porque ignorar que existe un error en la línea de producción	la ignorancia por parte de la empresa de la existencia de un error en la línea de producción de camisas para campana-frenos de motos debido a que no tienen herramientas de control para las mediciones de dicho proceso, generando que esté fuera de los márgenes de calidad.

Fuente. Autora del proyecto.

### 6.4.3. Lluvia de ideas:

La lluvia de ideas es una técnica que sirve para que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten posibles soluciones sobre una situación en particular. En este caso se reunieron el coordinador de gestión de la empresa, un operario de planta y la autora del proyecto con el fin de proponer diferentes métodos, herramientas y soluciones al problema hallado anteriormente. Para esto cada participante aportó ideas, las cuales creían eran posibles soluciones al problema principal, luego se debatieron todas en el grupo, se ordenaron por similitud y se

escogieron las más adecuadas. La situación tratada en esta fue: la ignorancia por parte de la empresa de la existencia de un error en la línea de producción de camisas para campana-frenos de motos debido a que no tienen herramientas de control para las mediciones de dicho proceso, generando que esté fuera de los márgenes de calidad a continuación las ideas escogidas por el grupo:

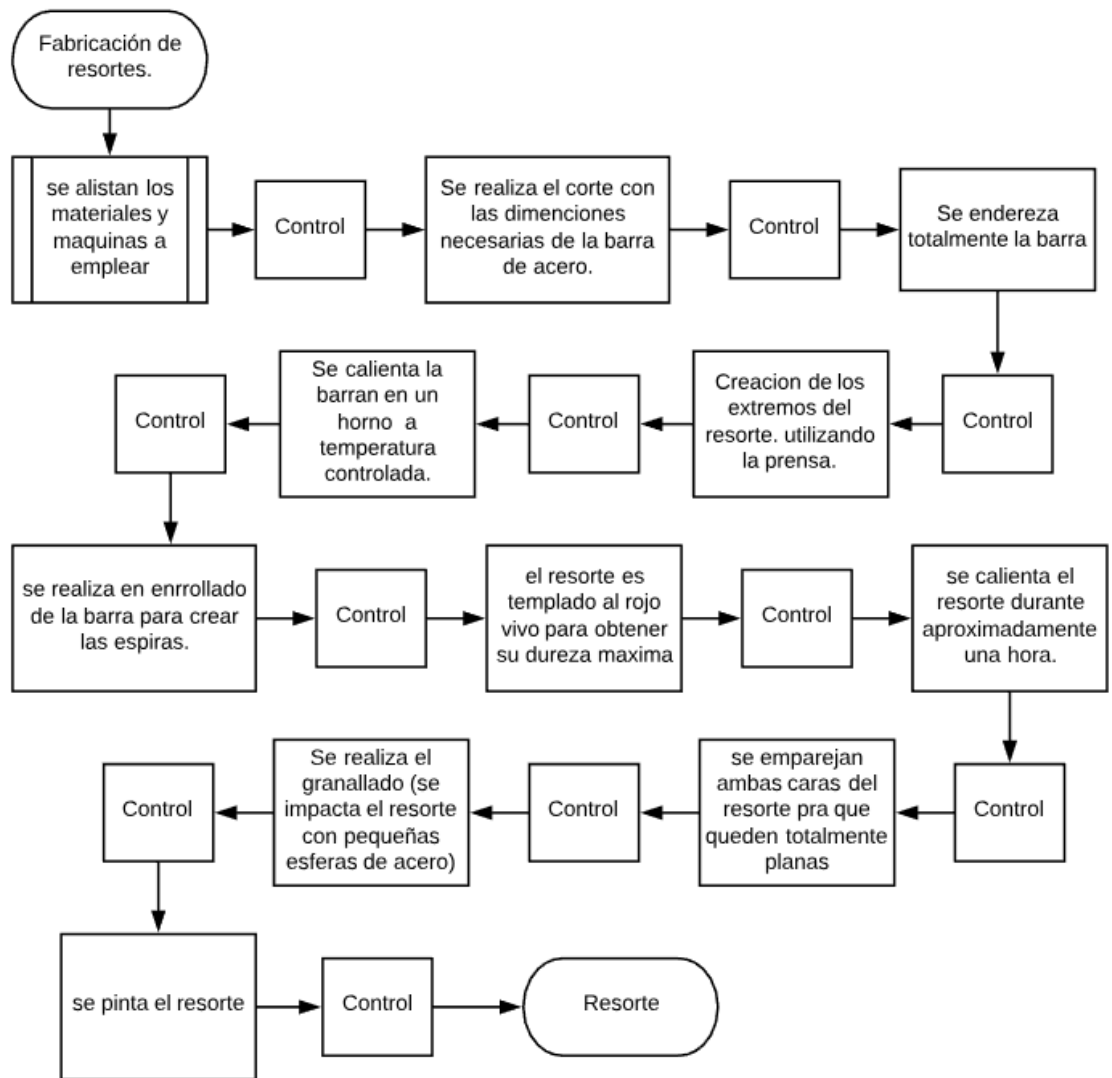
1. Capacitar al personal en el área de calidad para que así estos posean conocimiento sobre las diversas herramientas existen en el control de los procesos.
2. Designar personal encargado directamente con el área de calidad de los procesos, productos y servicios que posee Metalmecánica Muñoz. Para que de esta forma la empresa este enfocada en el cumplimiento de sus objetivos de calidad, dándole un puesto prioritario.
3. Actualizar constantemente los conocimientos del personal acerca de herramientas, métodos y metodologías existentes sobre el control de calidad para productos y servicios.
4. Aumentar en tiempos determinados los objetivos de calidad de cada uno de los productos y servicios brindados. Para de esta forma ir desarrollando gradualmente una mejora continua en aspectos generales y específicos de la empresa.
5. Implementar hojas o formatos de verificación en cada etapa del proceso, controlando toda la logística desde la entrada de la materia prima hasta la entrega del producto final al

cliente. De esta forma se generan menor cantidad de errores, reprocesos, atrasos y desperdicios.

6. Realizar rondas de supervisión a los empleados, procesos y resultados en los puestos de trabajo por parte de los encargados de llevar el control de calidad e cada uno de los procesos realizados en la empresa.
7. Generar evaluaciones periódicas de las herramientas, métodos y metodologías de control empleadas en los procesos, productos y servicios de la empresa con el fin de supervisar su buen funcionamiento.
8. Implementar la herramientas, métodos y metodologías escogidas tanto a los pequeños como grandes procesos que se ejecutan en la empresa.
9. Crear un plan de auditorías internas donde se evalúen las zonas de trabajo, el uso de implementos de seguridad, el uso de las nuevas herramientas de control, entre otros aspectos importantes de la línea de producción, permitiendo normalizar las actividades que se lleven a cabo en cada una de ellas, certificando una mejora continua en temas de calidad.
10. Al finalizar cada semana hacer retroalimentaciones de lo obtenido en el transcurso de esta, evaluando los logros, perdidas, reprocesos, errores, y demás aspectos de la producción, para así tener una mejoría continua.

La siguiente figura (figura 30) es un ejemplo de cómo debería quedar cada uno de los procesos que se realizan en la empresa según las ideas de solución dadas anteriormente. Vale la pena aclarar que lo correcto sería aplicar las soluciones a todos los procesos de la empresa tanto administrativos como de producción.

Figura 30 Diagrama de procesos con controles



Fuente. Autora del proyecto.

Ya implementadas dichas recomendaciones se le sugiere a la empresa volver a realizar las mediciones de los datos en los mismos procesos y en otros diferentes para así, de esta forma comparar los resultados obtenidos en la actualidad con los pasados y determinar el avance que se lleva hasta el momento en la meta de mejora continua y de esta forma saber si funcionaron las herramientas, métodos y metodologías propuestas en el trabajo.

## 7. CONCLUSIONES

Este trabajo de grado se presentó de manera práctica; siguiendo las fases que requiere la metodología Lean Six Sigma, las técnicas principales, no sólo estadísticas, sino también desde el punto organizacional en la línea de producción, para conocer, entender y poder aplicarla en la empresa.

En la etapa de definir se identificó la situación inicial de la empresa, donde se vio que de los 11 procesos que esta brinda 3 necesitaban atención con urgencia, estos fueron la fabricación de toda clase de resortes de diferentes diámetros y longitudes, la fabricación de cabezales para unidades de bombeo mecánico y la fabricación de piezas en diferentes clases de materiales. Mediante herramientas como SIPOC, la voz del cliente, diagrama de Pareto y la matriz de despliegue de la función de calidad (QFD) se encontró que para el cliente hay aspectos en especial de los productos que influyen más en su concepto de calidad, tales como: materia prima de calidad, buen aspecto físico del producto, resistencia, durabilidad, confianza, puntualidad en entrega, comprensión de las necesidades, precio justo, cumplimiento de su función y buen servicio de ventas. Y que la empresa tiene características que influyen directamente en creación dichos aspectos, las más importantes son la cualificación de sus empleados, la materia prima, la comunicación interna y el cómo llevan a cabo los procesos. También se identificaron cuáles son las características que requieren de mayor atención en el proceso de creación de los diferentes productos escogidos.

En la etapa de medición, a través de tablas de registro se tomó información de los tres productos seleccionados en la fase de definición (resortes helicoidales, cabezales para posos y camisas para campana-freno de motos), el objetivo principal de esta toma de datos fue la cantidad de defectos y

defectuosos obtenidos al final de cada línea de procesos, para esto se sacaron muestras significativas de la producción anual.

Dado que la información obtenida en la fase de medición fue tomada como atributos se hallaron cartas de control para cada uno de los procesos, con la ayuda del programa Minitab, y se pudo observar que las líneas de producción de fabricación de resortes y cabezales se encontraban bajo control, pero la de fabricación de camisas no, creando una incógnita de ¿Por qué? Dicho proceso no estaba controlado. Por otro lado, los tres procesos evaluados indican que hay una brecha de mejora, dado que las cantidades de defectos y productos defectuosos podrían bajar.

Conociendo toda la información anterior y mediante herramientas y métodos como el diagrama de Ishikawa, la lluvia de ideas y los 5 ¿Por qué? la autora del proyecto junto con dos trabajadores de la empresa encuentran la posible causa raíz que fue la ignorancia por parte de la empresa de la existencia de un error en la línea de producción de camisas para campana-frenos de motos debido a que no poseían herramientas de control para las mediciones de dicho proceso lo que generó que estuviera fuera de los márgenes de calidad y generan diversas alternativas de soluciones que pueden ser implementadas en la empresa, también el cómo podrían evaluar en un futuro si dichas herramientas están funcionando de forma adecuada o no.

A pesar de que la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S tiene una muy buena imagen ante el cliente externo y se encuentra bien posicionada en el comercio barranqueño, tiene aspectos internos que puede mejorar ampliamente, para así, de esta forma obtener mejor ganancia, rendimiento y mayor productividad, para esto se le aplicó y ofreció la metodología lean seis sigma con varias de sus herramientas.

## 8. Referencias

- Abella, M. M. (2003). *Mantenimiento industrial*. Leganés.
- Alba, N. O., & Cano, E. C. (2012). *Metodología lean seis sigma aplicado a un proceso de manufactura*. universidad EAN, posgrado, Bogota D.C.
- Alcaldia de Bucaramanga. (diciembre de 2010). *Estudio Sector metalecanico*. Obtenido de [http://www.imebu.gov.co/web32/documentos/observatorio/mercado\\_trabajo/Estudio%20Sector%20Metalmecanico.pdf](http://www.imebu.gov.co/web32/documentos/observatorio/mercado_trabajo/Estudio%20Sector%20Metalmecanico.pdf)
- Alcaldia de Bucaramanga. (Diciembre de 2015). *Estudio sector metalmecanico*. Obtenido de Plan desarrollo de la alcaldia: [http://www.imebu.gov.co/web32/documentos/observatorio/mercado\\_trabajo/Estudio%20Sector%20Metalmecanico.pdf](http://www.imebu.gov.co/web32/documentos/observatorio/mercado_trabajo/Estudio%20Sector%20Metalmecanico.pdf)
- anaya tejero, j. j. (2015). *logistica integral la gestion operativa de la empresa*. Madrid: Esic.
- Anónimo. (2003). Prodes Metalmecánica Barrancabermeja. *Dinero*, 1.
- Arce Castro, B. A., & Calves Hernandez, S. (septiembre de 2008). *La evauacion de las cadenas de valos como estrategia para la competitividad de la pymes*. Obtenido de <http://www.eumed.net/rev/tecsistecat/n5/acch.pdf>
- Arevalo lizaro, M. E. (12 de agosto de 2014). *Diez pasos de Motorola para la mejora de procesos #SixSigma*. Obtenido de <https://arevalomaria.wordpress.com/2014/08/12/diez-pasos-de-motorola-para-la-mejora-de-procesos-sixsigma/>
- camara de comercio. (diciembre de 2005). *Caracterizacion de las cadenas productivas de manufactura y servicios en Bogota y Cundinamarca*. Obtenido de [http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2886/623\\_2006\\_4\\_11\\_11\\_6\\_19\\_Caracterizacion\\_de\\_las\\_cadenas\\_productivas\\_DEF.pdf?sequence=1](http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2886/623_2006_4_11_11_6_19_Caracterizacion_de_las_cadenas_productivas_DEF.pdf?sequence=1)



Clasf. (2019). *clasf*. Obtenido de <https://www.clasf.com.ar/campana-de-freno-delantera-trasera-cargo-1722-en-argentina-6464577/>

Dinero. (30 de 3 de 2007). Seis SIGMA. Rumbo a la perfección. *Dinero*, 1.

Estrategia segura Ltda. (2016). *Estrategias documentales*. Obtenido de Política de tratamiento de la información:  
<http://www.estrategiasdocumentales.com/subpagina.asp?codigo=22&/politica-de-tratamiento-de-la-informacion>

Estrategia Segura Ltda. (2016). *Estrategias Documentales*. Obtenido de Política de Tratamiento de la Información:  
<http://www.estrategiasdocumentales.com/subpagina.asp?codigo=22&/politica-de-tratamiento-de-la-informacion>

gonzales moreno, l. d., & mayorga bastidas, l. p. (2015). *alejandria*. Obtenido de [http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_30417.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_30417.pdf)

Guarin Corredor, J. A. (2010). *Implementacion del programa informatico gmao como herramienta integrada de planificacion avanzada indispensable en la gestion de la cadena de suministros para el centro de servicios Marina real Juan Carlos de la empresa Fulton servicios integrales S.A.* Obtenido de [http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_19096.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_19096.pdf)

Gutiérrez Garza, G. (2004). *Aterrizando Seis Sigma : Del Concepto a la Práctica. -- 2a.ed. .* Mexico: Ediciones Regiomontanas S.A.

Gutierrez Garza, G. (2004). *Aterrizando seis sigma: del concepto a la practica.-- 2a ed.* Mexico: Ediciones regiomantanas S.A.

- Gutierrez pulido, H. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. Ciudad de Mexico: mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de c.v.
- Gutierrez pulido, h., & de la vara salazar, r. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. Mecica D.F.: Mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de c.v.
- Guyieerez Pulido, H., & De la vera Salazar, R. (2013). *Control estaístico de la calidad y seis sigma*. Ciudad de Mexico: Mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de c.v.
- Incontec internacional. (2015). *NTC-ISO 9000*. Bogota D.C.: incontec.
- Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S. (2015). *Manual de funciones*. Sistema de Gestion Integrado, Barrancabermeja.
- Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S. (2015). *Procedimiento y sistema de cabezales para unidades de bombeo mecanico*. Barrancabermeja.
- Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S. (2015). *Procedimiento y sistema de cabezales para unidades de bombeo mecanico*. barrancabermeja.
- Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S. (2017). *Union temporal mecanizados regional central*. Barrancabermeja.
- Industria Metalmeccanica Muñoz s.a.s. (s.f.). *Industria Metalmeccanica Muñoz s.a.s*. Obtenido de <http://www.indmunoz.com/Acerca-de-Nosotros.php>
- Industria Metalmeccanica Muñoz S.A.S. (s.f.). *Industria Metalmeccanica Muñoz s.a.s*. Obtenido de <http://www.indmunoz.com/Acerca-de-Nosotros.php>
- Instituto de innovacion y transferencia de tecnologia. (2014). *open innovation*. Obtenido de <https://www.innovationmtycic.org.mx/sectoreconomico?id=1424793234386>
- Instituto de innovacion y transferencia de tecnologia. (2014). *Open innovation Monterrey*. Obtenido de <https://www.innovationmtycic.org.mx/sectoreconomico?id=1424793234386>

Invest pacific. (2014). *inves Pacific*. Obtenido de <http://www.investpacific.org/es/sectores-de-inversion.php?id=431>

Invest Pacific. (2014). *Inves Pacific*. Obtenido de <http://www.investpacific.org/es/sectores-de-inversion.php?id=431>

Inza, A. U. (2006). *Manual basico de logistica integrall*. Dias de santos.

Karakhan, A. (2017). *Six Sigma & Construction Safety: Using the DMAIC Cycle to Improve Incident Investigations*. Professional Safety. 62 6.

Kaushik, V. K., & Parkash, S. (2011). *Supplier performance monitoring and improvement (SPMI) through sipoc analysis and PDCA model thi ISO 9001 QMS in sports goods manufacturing industry*. Logforum, 7(4),.

López Mortarotti, E., I., Sanchez-Varretti, O, F., García, & D, G. (s.f.). *edutecne*. Obtenido de implementación del método antierrores: poka yoke: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2013/trabajos/COA12\\_TC.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA12_TC.pdf)

lopez, A. m. (2013). *Colombia Patente n° 29890*.

Martinez, M. (20 de Mayo de 2013). *revista manufactura MFM*. Obtenido de <http://www.mfm.com.mx/metal-mecanica-un-sector-consolidado/>

Martínez, M. (20 de mayo de 2013). *revista manufactura MFM*. Obtenido de <http://www.mfm.com.mx/metal-mecanica-un-sector-consolidado/>

Monsalve, J. (27 de 04 de 2018). Resortes. (B. G. Figueroa, Entrevistador)

Muñoz López, A. (octubre de 2017). (B. Garrido Figueoa, Entrevistador)

Muñoz, A. (s.f.). *Industria Metalmeccanica Muñoz*. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PORTAFOLIO%202017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PORTAFOLIO%202017%20(1).pdf)

- Padilla, L. (15 de enero de 2010). *Revista ingeniería primero*. Obtenido de Lean manufacturin manufactura esbelta/agil: [http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin15/URL\\_15\\_MEC01.pdf](http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin15/URL_15_MEC01.pdf)
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (202). *Las claves de seis sigma : La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial*. Madrid: McGraw-Hill.
- Ponce, D. (2014). *qualiplus*. Obtenido de Copyright: <http://qualiplus.com.br/es/project/caso-de-exito-con-six-sigma-plus/>
- Procolombia. (2015). *Oportunidades de Negocio en Sector Metalmecánica*. Obtenido de <http://www.procolombia.co/node/2050>
- Retos en Supply Chain. (15 de octubre de 2014). *Retos en Supply Chain*. Obtenido de <http://retos-operaciones-logistica.eae.es/logistica-interna-en-el-negocio-tu-fuente-de-ventaja-competitiva/>
- Reyes, F. S., & Martinez, J. D. (2013). *Propuesta de mejoramiento de la logistica de produccion Ficas LTAD. apoyado e la metodologia lean seis sigma*. Universidad pontificia bolivariana, escuela de admnistracion e ingenierías, Piedecuesta.
- Transgesa. (13 de septiembre de 2016). *Logistica interna, que es y cuando emplearla*. Obtenido de <http://www.transgesa.com/blog/logistica-interna-que-es/>

## 9. Anexos

### 9.1. Anexo 1

#### Priorización de proceso de la empresa Metalmecánica Muñoz S.A.S.

##### Fabricación de piezas en diferentes clases de materiales

¿La calidad de la materia prima utilizada en el proceso es?:

Excelente\_\_\_ Bueno\_\_\_ Regular\_\_\_ Malo\_\_\_ Muy malo\_\_\_

¿Con que frecuencia se deben reprocesar productos?

Siempre\_\_\_ Casi siempre\_\_\_ A veces\_\_\_ casi nunca\_\_\_ Nunca\_\_\_

¿Con que frecuencia se deben reprocesar productos por materia prima?

Siempre\_\_\_ Casi siempre\_\_\_ A veces\_\_\_ casi nunca\_\_\_ Nunca\_\_\_

¿El nivel de desperdicio de materia prima en el proceso es?:

\_\_\_ No hay ningún desperdicio, la materia prima se usa en un 100%

\_\_\_ Se desperdicia muy poco. \_\_\_ El desperdicio es moderado. \_\_\_ El desperdicio es alto.

\_\_\_ El desperdicio es demasiado alto.

¿Con que frecuencia presenta algún inconveniente la maquinaria utilizada en el proceso?

Siempre\_\_\_ Casi siempre\_\_\_ A veces\_\_\_ casi nunca\_\_\_ Nunca\_\_\_

¿Las herramientas utilizadas son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?

Totalmente de acuerdo\_\_\_ De acuerdo\_\_\_ Poco de acuerdo\_\_\_ No de acuerdo

Las especificaciones técnicas recibida para llevar a cabo el proceso son claras y precisas

Siempre\_\_\_ Casi siempre\_\_\_ A veces\_\_\_ casi nunca\_\_\_ Nunca\_\_\_

Las especificaciones técnicas recibida para llevar a cabo el proceso es suficiente (completa)

Siempre\_\_\_ Casi siempre\_\_\_ A veces\_\_\_ casi nunca\_\_\_ Nunca\_\_\_

¿Considera que tiene la cualificación adecuada para llevar a cabo el proceso?

Totalmente de acuerdo\_\_\_ De acuerdo\_\_\_ Poco de acuerdo\_\_\_ No de acuerdo

¿Cada cuánto se realiza la documentación pertinente al proceso hecho?

Siempre\_\_\_ Casi siempre\_\_\_ A veces\_\_\_ casi nunca\_\_\_ Nunca\_\_\_

¿Qué tan adecuados son los procedimientos empleados para realizar el proceso?

Totalmente de acuerdo\_\_\_ De acuerdo\_\_\_ Poco de acuerdo\_\_\_ No de acuerdo

Las condiciones laborales al momento de llevar a cabo el proceso son:

Excelentes\_\_\_ Buenas\_\_\_ Regulares\_\_\_ Malas\_\_\_ Muy malas\_\_\_

¿Existe la seguridad necesaria para que el operario realice su trabajo adecuadamente?

Totalmente de acuerdo\_\_\_ De acuerdo\_\_\_ Poco de acuerdo\_\_\_ No de acuerdo



9.3. Anexo

control producto final cliente interno									
Fecha: 29/04/19			Nombre del producto: Resortes helicoidales						
Trabajador: Jonathan Carreño			Cargo: TORNERO						
No. Proceso	Descripción del proceso	maquina	Objetivos			cumplimiento de los objetivos	Aprobado	Reproceso	Desechado
			Objetivos	margen de error	datos				
1	Creación Resorte.	Horno	30cm largo	1 cm	30,8	X	X		
			5 espiras	1/2 espira.	5				
			6cm espiral	0,2 cm	6,2				
2	Fabricación Resorte	Horno	30cm	1	31,1	X		X	
			5 es	1/2	5				
			6cm	0,2	6,1				
3	Fabricación Resorte	Horno	30	1	30,2	X	X		
			5	1/2	5				
			6	0,2	6,1				
4	Fabricación resorte.	Horno	30	1	29,9	X	X		
			5	1/2	5				
			6	0,2	7				
5	Fabricación resorte	Horno	30	1	30,4	X	X		
			5	1/2	5				
			6	0,2	6,1				
6	F. Resorte	Horno	30	1	29,4	X	X		
			5	1/2	5				
			6	0,2	6				
7	F. Resorte	Horno	30	1	30,1	X	X		
			5	1/2	5				
			6	0,2	6				
8	F. Resorte	Horno	20	1	29,1 <del>30,1</del>	X	X		
			5	1/2	5				
			6	0,2	6				