

**SEP**

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNÓLOGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
**Instituto Tecnológico de Apizaco**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DMAIC PARA LA REDUCCIÓN  
DE DESPERDICIO EN SEMIRREMOLQUES DE VOLTEO 30M3”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA**

PRESENTA:

**ING. GERARDO DANIEL RUANO VAZQUEZ**

DIRECTOR:

**M.C. CRISANTO TENOPALA HERNÁNDEZ**

CO-DIRECTOR

**DRA. ALEJANDRA TORRES LÓPEZ**

APIZACO, TLAXCALA.

SEPTIEMBRE DE 2016

Apizaco, Tlax., **15 de Agosto de 2016**

No. OFICIO: DEP/264/16

ASUNTO: Se Autoriza Impresión de Tesis de Grado.

**ING. GERARDO DANIEL RUANO VÁZQUEZ**  
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO  
EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA  
No. de Control: **M09370176**  
PRESENTE.

Por este medio me permito informar a usted, que por aprobación de la Comisión Revisora asignada para valorar el trabajo, mediante la Opción I Tesis de Grado por Proyecto de Investigación, de la Maestría en Ingeniería Administrativa, que presenta con el tema: "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO EN SEMIREMOLQUES DE VOLTEO 30 M3" y conforme a lo establecido en el Procedimiento para la Obtención del Grado de Maestría en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo le emite la:

#### AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar un ejemplar del mismo debidamente encuadernado y seis copias en CD en formato PDF, para presentar su Acto de Recepción Profesional a la brevedad.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo,

**ATENTAMENTE**

PENSAR PARA SERVIR, SERVIR PARA TRIUNFAR



**DR. JOSÉ FEDERICO CASCO VÁSQUEZ**  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.



Secretaría de Educación Pública  
Instituto Tecnológico de Apizaco  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación

WCV/ALC/inebr

Consecutivo



Apizaco, Tlax., 08 de Agosto de 2016

ASUNTO: Aprobación del trabajo de Tesis de Maestría.

**DR. JOSE FEDERICO CASCO VASQUEZ**  
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACION,  
PRESENTE.

Por este medio se le informa a usted, que los integrantes de la **Comisión Revisora** para el trabajo de tesis de maestría que presenta el **ING. GERARDO DANIEL RUANO VAZQUEZ**, con número de control **M09370176**, candidato al grado de **Maestro en Ingeniería Administrativa** y egresado del Instituto Tecnológico de Apizaco, cuyo tema es: **"PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL MODELO DMAIC PARA LA REDUCCION DE DESPERDICIO EN SEMIREMOLQUES DE VOLTEO 30 M3"**, fue:

**APROBADO**

Lo anterior, al valorar el trabajo profesional presentado por el candidato y constatar que las observaciones que con anterioridad se le marcaron así como correcciones sugeridas para su mejora ya han sido realizadas.

Por lo que se avala se continúe con los trámites pertinentes para su titulación.

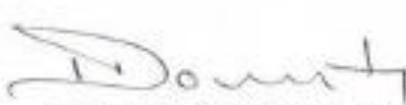
Sin otro particular por el momento, le envié un cordial saludo.

LA COMISION REVISORA

  
M.C. CRISANTO TENOPALA HERNÁNDEZ

  
DRA. ALEJANDRA TORRES LOPEZ

  
DR. JORGE LUIS CASTAÑEDA GUTIERREZ

  
DR. HECTOR DOMINGUEZ MARTINEZ

C. p. - Interesado

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar porque me ha permitido culminar este gran paso en mi vida profesional, por iluminar mi camino y darme la sabiduría necesaria para hacer lo correcto, le doy gracias por la paciencia y la fe que mantuvo firme en estos dos años de estudio.

A mis Padres Laura y Daniel, que han sido un pilar importante en mi vida y un ejemplo a seguir, agradezco el apoyo que me han brindado en este trayecto y en especial estos años de preparación, por motivarme e impulsarme a conseguir mis sueños, a ellos dedico este esfuerzo.

A mis hermanos Mich y Fer, que han estado a mi lado y con paciencia han compartido este proceso, agradezco el cariño que me brindan y la compañía que representan en este importante logro.

A mi hija Bibiana, porque ha sido el motor de mi superación, porque le da sentido a todo lo que hago y su sola presencia me alienta a esforzarme y ser un mejor ser humano, mejor profesionista y mejor Padre.

A María, por ser mi fiel compañera durante este proceso, por compartir su vida a mi lado en esta nueva etapa, agradezco la paciencia y palabras de aliento que me motivaron en este tiempo de estudio, pero sobre todo por su incondicional apoyo.

A mis maestros, M.C. Crisanto y Dra. Alejandra, quienes me guiaron y compartieron sus conocimientos para poder llegar a cumplir mi objetivo, les agradezco la paciencia que tuvieron conmigo en estos dos años de Maestría y por el esfuerzo que imprimieron en mí.

Al Dr. Jorge Castañeda, por su amistad incondicional y apoyo que recibí durante mi estadía en esta maestría, le agradezco por todos los buenos momentos que compartió conmigo, por la paciencia que me tuvo y por motivarme a realizar esta Maestría.

# Índice

Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras .....	vii
INTRODUCCIÓN.....	i
i.- Antecedentes del problema .....	i
ii.- Planteamiento del problema.....	iii
iii.- Justificación de estudio.....	v
iv.- Objetivos de la investigación .....	vi
v.- Alcances y limitaciones.....	vi
vi.- Hipótesis.....	vii
vii.- Preguntas de investigación .....	vii
CAPITULO 1 FUNDAMENTOS .....	1
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	1
1.1.1 Six Sigma (DMAIC) .....	1
1.1.2 Reducción de costos .....	4
1.2 MARCO TEÓRICO .....	6
1.2.1 Seis Sigma .....	6
1.2.2 Mejora de proceso y Calidad.....	7
1.2.3 El método DMAIC para el mejoramiento de la calidad en el proceso .....	8
1.2.3.1 Definir .....	9
1.2.3.2 Medir .....	12
1.2.3.3 Analizar .....	15
1.2.3.4 Mejorar .....	17
1.2.3.5 Controlar.....	19
Reducción de costos .....	20
1.3 MARCO CONTEXTUAL.....	22
1.3.1 La Empresa.....	22
1.3.2 La Organización .....	22
1.3.3 Clientes.....	23

1.3.4 Proveedores .....	23
1.3.5 Competidores .....	23
1.3.6 Instalaciones y medios operativos.....	24
1.3.7 Tipo de distribución .....	25
1.3.8 Maquinaria y equipos.....	26
1.3.9 Materia prima e insumos .....	26
1.3.10 Recursos Humanos.....	27
1.3.11 El producto .....	27
1.3.12 Control de calidad .....	28
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	29
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA .....	33
3.1 DEFINIR .....	33
3.2 MEDIR .....	37
3.3 ANALIZAR .....	43
3.4 MEJORAR .....	46
3.5 CONTROL.....	53
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	59
CONCLUSIÓN .....	64
Recomendaciones.....	66
Trabajos futuros.....	67
Bibliografía.....	68

## Índice de Tablas

Tabla 1 Esperanza de vida según la edad de los negocios por sector económico .....	ii
Tabla 2 Diagrama SIPOC (Fuente: Elaboracion propia).....	11
Tabla 3 Porcentaje de secciones (Fuente: elaboración propia).....	34
Tabla 4 Análisis de 5 ¿Por qué? (Fuente: Elaboración propia) .....	45
Tabla 5 Causas potenciales de desperdicio (Fuente: Elaboración propia) .....	45
Tabla 6 Diseño factorial (fuente: Elaboración propia) .....	47
Tabla 7 Ahorro de plantilla propuesta (Fuente: Elaboracion Propia).....	50
Tabla 8 Comparación de análisis Cp y Cpk del proceso de corte de costados inferiores ....	61
Tabla 9 Comparación de análisis Cp y Cpk del proceso de corte de costillas estructurales	62

## Índice de Figuras

Figura 1 Esperanza de vida según la edad del negocio (Fuente: INEGI, 2014).....	ii
Figura 2 Semirremolque tipo volteo 30m <sup>3</sup> (Fuente. CyRVR) .....	iv
Figura 3 Precio de venta de semirremolque (Fuente. Elaboración propia) .....	v
Figura 4 Ciclo de mejora continua (Fuente: Elaboración propia) .....	6
Figura 5 Efecto de la calidad sobre la rentabilidad (Fuente: Elaboración Propia).....	8
Figura 6 Ciclo DMAIC (Fuente: Elaboración Propia) .....	9
Figura 7 Diagrama de proceso (Fuente: Elaboración propia).....	11
Figura 8 Gráfico de capacidad del proceso .....	13
Figura 9 Índice de capacidad Real de Proceso .....	14
Figura 10 Diagrama Ishikawa (Fuente: elaboración propia) .....	16

Figura 11 Diagrama Pareto (Fuente: Emprende PYME) .....	17
Figura 12 Método 5´s (Fuente: Elaboración propia) .....	18
Figura 13 Modelo de Juram (Fuente: J.M. Juram) .....	22
Figura 14 Estado de tlaxcala.....	23
Figura 15 Layout (Fuente: CyRVR).....	24
Figura 16 Metodología (Fuente: elaboración propia) .....	29
Figura 17 Histórico de ventas (fuente: CyRVR) .....	33
Figura 18 Sección de semirremolque (fuente: CyRVR).....	34
Figura 19 Cantidad de lámina y placa adquirida por Semirremolque (Fuente: Elaboración propia).....	35
Figura 20 Directriz de proyecto (Fuente: Elaboración Propia) .....	36
Figura 21 SIPOC (Elaboración Propia) .....	37
Figura 22 Utilización de placa c-3/16 por Semirremolque (Fuente: Elaboración propia) ...	38
Figura 23 Costado inferior (Fuente: Elaboración Propia) .....	38
Figura 24 Costilla lateral estructural (Fuente: Elaboración Propia).....	39
Figura 25 Plantilla de corte para costado inferior (cotas en centímetros) (Fuente: CyRVR) .....	39
Figura 26 Plantilla de corte para costilla estructural (cotas en centímetros) (Fuente: CyRVR).....	40
Figura 27 Pareto de desperdicio de lámina y placa (Fuente: Elaboración propia) .....	41
Figura 28 Análisis de capacidad de proceso para costados inferiores (Fuente: Software estadístico).....	42
Figura 29 Análisis de capacidad de proceso para costados inferiores (Fuente: Software estadístico).....	43

Figura 30 . Ishikawa (Fuente: Software estadístico) .....	44
Figura 31 Diseño factorial. (Fuente: Software estadístico) .....	48
Figura 32 Diseño factorial de interacción. (Fuente: Software estadístico).....	49
Figura 33 Reestructuración y rediseño de plantilla de corte (fuente: elaboración propia)...	51
Figura 34 Desajuste de cuchilla (Fuente: Elaboración Propia) .....	52
Figura 35 Capacitación de personal (fuente: CyRVR).....	53
Figura 36 Carta de control para costados inferiores (Fuente: elaboración propia) .....	54
Figura 37 Carta de control para costillas estructurales Fuente: elaboración propia.....	55
Figura 38 Hoja de control de materia prima (Fuente: elaboración propia) .....	56
Figura 39 Bitácora de mantenimiento (Fuente: elaboración propia).....	57
Figura 40 Formato diario de inspección (Fuente: elaboración propia) .....	58
Figura 41 Formato inspección corte y doblez (Fuente: Elaboración propia) .....	59
Figura 42 Pareto final de desperdicio de lámina y placa (Fuente: Software Estadístico) ....	60
Figura 43 Análisis de capacidad del nuevo proceso de corte para costados inf. (Fuente: Software Estadístico).....	61
Figura 44 Análisis de capacidad del nuevo proceso de corte para costillas est. (Fuente: Software Estadístico).....	62

# INTRODUCCIÓN

## i.- Antecedentes del problema

La competencia hoy en día es una constante a la que se enfrentan empresas de todo tipo ya sea el caso de empresas de clase local, nacional y/o mundial sin importar que se trate de productos o servicios.

El proceso productivo está referido a la utilización de recursos operacionales que permiten transformar la materia prima en un resultado deseado, que bien pudiera ser un producto terminado.

En cualquier tipo de institución o negocio se tiene al menos la noción de lo que significa una estructura, que puede ser orgánica y/o funcional, con la que se establece la posición de los miembros y participantes de la misma y se identifican las actividades o tareas que le corresponden a cada miembro de la organización, pero esto no es suficiente, las organizaciones deben evolucionar, puesto que ahora no es necesaria la acción individual, sino del conjunto de participantes, y esto se da cuando se los involucra en una acción conjunta, que englobe en el desenvolvimiento de un proceso determinado. (Pesántez, octubre - 2009)

De acuerdo a los datos recabados, el 95.2% de las empresas en el país son pequeñas y medianas. Las PYMES como en toda economía juegan un rol importante para el desarrollo de cada país, de las 4 millones de empresas que existen en el país, generan una fuerza laboral formal del 72%, que a su vez es el 52% del producto interno bruto del país. (INEGI, 2014)

La importancia económica de este sector, es más que obvia, sin embargo, al ser un sector de la economía muy disperso y diversificado, aún sigue existiendo mucha volatilidad en la creación y crecimiento de estas empresas. El índice de mortandad de las pymes es alarmante, ya que por cada 100 pymes que se abren en el país solo 34 sobreviven a unos años de operaciones. (INEGI, 2014)

Tabla 1 Esperanza de vida según la edad de los negocios por sector económico

Edad de los negocios	Manufacturero	Comercio	Servicios privados no financieros	Total en años
0	9.5	6.6	8.0	7.7
1	9.9	6.9	8.4	8.1
5	11.6	8.8	10.2	9.9
10	14.2	11.7	13.0	12.7
15	17.3	15.7	16.5	16.3
20	21.1	21.0	21.0	20.9
25	22.0	21.0	21.0	22.0

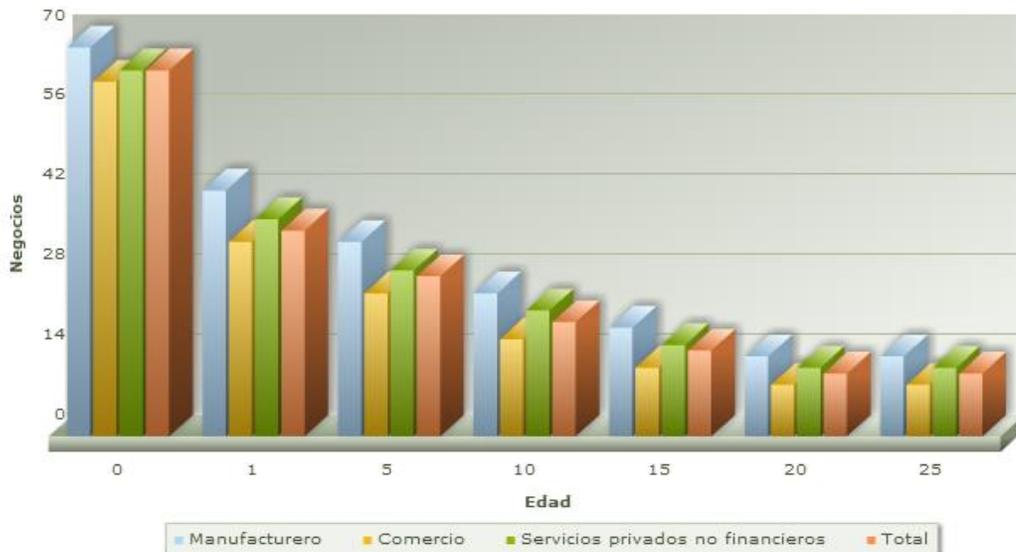


Figura 1 Esperanza de vida según la edad del negocio (Fuente: INEGI, 2014)

El número de años que en promedio se espera sobrevivan los negocios a partir de una edad alcanzada. Así, un negocio de 25 años de edad del sector Servicios privados no financieros tiene una esperanza de vida de 21 años más.

Una de las principales causas que genera la mortandad de las pymes son los altos costos de producción en los cuales incurren, esto debido a una mala determinación tanto de recursos como de personal. Para el sector de la industria metal-mecánica es de suma importancia tener controlado el aspecto de los costos dentro de sus procesos de transformación, pues estos

juegan un rol importante dentro de la cadena de valor y que a su vez permiten una mayor rentabilidad y competitividad en el mercado actual.

En las Pymes, el desvío de rentabilidad o altos costos se debe a la falta de formalización de los procesos del negocio, los cuales no se limitan únicamente a los procedimientos del área de producción. Para reducir gastos es importante analizar los procesos de diferentes áreas y estar abiertos a perfeccionarlos, porque siempre hay alternativas para mejorar. (Sánchez, 2010)

En la mayoría de las empresas, los costos más elevados son considerados estratégicos: la nómina y los costos de producción. Mientras que los costos de operación, al representar sólo entre 10 y 15% de los ingresos de una empresa, no son vistos como un rubro del que pudiera derivarse un ahorro considerable. Pues una reducción de 20% en los gastos operativos de una empresa puede incrementar sus ingresos netos hasta en un 40 por ciento. (Perales, 2014)

## ii.- Planteamiento del problema

Las industrias generan gastos excesivos e innecesarios a partir de una mala determinación de producción, como resultado se obtiene desperdicio, tiempos muertos que no le generan un plus al producto, sino que lo encarece enviándolo un rango menos en la cadena de la competitividad global.

A través del tiempo se ha observado que una problemática sobre altos costos directamente ligada al sector industrial de transformación, ya que 6 de cada 10 empresas que se abren en México son de giro industrial y los altos costos de producción generan un índice de mortandad elevado.

La presente investigación, se trabaja con la empresa de transformación metalmecánica denominada Cajas y Remolques de Volteo Ruano (CyRVR), ya que presenta actualmente una desventaja competitiva en los últimos años con respecto a las ventas de su competidor más semejante.

Los altos costos de producción generan una desventaja competitiva que impactan directamente sobre el precio de venta, generando un área de oportunidad para la empresa.

De acuerdo con información obtenida por la empresa CRVR, se toma para el caso de estudio el semirremolque de volteo de 30m<sup>3</sup>, ya que es uno de sus productos más rentables pero que ha tenido una desventaja competitiva con respecto a las ventas del segundo semestre del 2014.



Figura 2 Semirremolque tipo volteo 30m<sup>3</sup> (Fuente. CyRVR)

El costo total de fabricación para el semirremolque representa el 72% del precio de venta (Figura 3), dejando muy poco margen de utilidad para su comercialización. Es por eso que se genera una nueva oportunidad de mejora para la empresa y que puede ser utilizada para el sector de la industria de transformación.

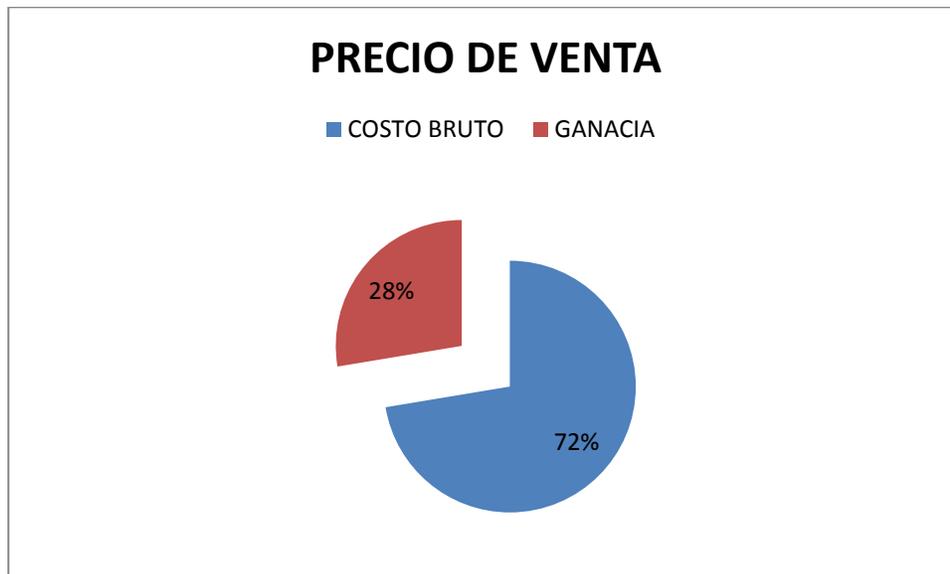


Figura 3 Precio de venta de semirremolque (Fuente. Elaboración propia)

De acuerdo a las estadísticas de la empresa, sus ventas han caído considerablemente producto de esta situación, por lo que la empresa tlaxcalteca busca establecer una mejora de calidad que le permita disminuir sus costos de producción, impactando fuertemente en el área competitiva y como resultado posicionarse nuevamente en el mercado actual consolidándose como empresa líder en la zona centro del país.

### iii.- Justificación de estudio

La investigación en curso nos permitirá analizar el impacto que genera la aplicación de herramientas de calidad implementadas directamente sobre procesos productivos dentro de la industria de transformación, de esta manera se podrán identificar oportunidades de mejora inmersos en ciertos puntos de la fabricación de sus productos.

El realizar este tipo de investigaciones no solo se favorecerá a las empresas de transformación metal-mecánica, sino también al ramo industrial en general; la cual ayudará a ampliar su visión dentro de su misma cadena de producción y generar un mayor rendimiento que les asegure una estabilidad en el proceso, dando como resultado una disminución significativa en los costos de fabricación de sus productos.

Para el caso de la empresa CyRVR, no solo será útil para un solo producto, sino que podrán implementar la metodología a aplicar en esta investigación para todos y cada uno de los productos que manufactura, siendo el semirremolque un pilar importante dentro de la organización.

Este proyecto favorecerá a la industria de transformación metal-mecánica dando un nuevo enfoque de crecimiento dentro de las organizaciones, quienes a su vez impactaran positivamente sobre proveedores de las diferentes materias primas y refacciones, consumidores finales y por supuesto las áreas operativas de los distintos sectores que forman parte de la misma empresa y quienes también serán favorecidos con las mejoras implementadas derivado de esta investigación.

#### iv.- Objetivos de la investigación

##### **Objetivo General.**

Optimizar el proceso productivo de semirremolques 30m<sup>3</sup> a través de la reducción de desperdicio mediante la aplicación y desarrollo de la metodología DMAIC de Seis Sigma

##### **Objetivos específicos**

- Determinar las variables críticas que permitan conocer la influencia que tienen en el proceso de producción del semirremolque de 30m<sup>3</sup>.
- Identificar las etapas críticas para la reducción de costos del proceso en la fabricación del semirremolque de 30m<sup>3</sup>.

#### v.- Alcances y limitaciones

##### Alcances

- ✓ Desarrollo del modelo DMAIC a partir de la información proporcionada por CRVR.
- ✓ Determinar los factores que den valor al producto desde el inicio del proceso de producción hasta la entrega final al cliente
- ✓ Proporcionar argumentos y procedimientos a seguir para la reducción de costos a partir del análisis de la metodología aplicada

## Limitaciones

- ✓ La investigación será realizada bajo las condiciones de infraestructura actual de la empresa
- ✓ La profundidad del proyecto girara entorno a la disponibilidad y condiciones de ventas del producto a estudiar.

## vi.- Hipótesis

La metodología DMAIC a través de su implementación en el proceso de manufactura, ayudará a reducir costos de producción en un margen del 8% mediante el aumento en sus niveles de eficiencia en la producción del semirremolque de 30m<sup>3</sup>

## vii.- Preguntas de investigación

¿Es la metodología DMAIC la herramienta adecuada para analizar y determinar una reducción de costos en el proceso productivo de este producto?

¿El enfoque de reducción de costos plateado permitirá una mayor rentabilidad de la empresa?

¿Será óptimo el implementar esta herramienta en el proceso de producción del producto?

# CAPITULO 1 FUNDAMENTOS

## 1.1 ESTADO DEL ARTE

El estado de arte es una de las primeras etapas a desarrollarse dentro de una investigación según Tamayo (2001), es una modalidad de la investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado, ya que la función de este apartado es buscar y recopilar información reciente de tema que se pretende investigar.

### 1.1.1 Six Sigma (DMAIC)

García (2011), llevo a cabo un estudio, donde a partir de la metodología DMAIC aplicada a una empresa automotriz, donde se tenía como objetivo reducir los costos de producción, así como la reducción del producto no conforme. El desarrollo del proyecto fue exitoso, se redujo 13% del producto no conforme en el área de pintura, esto mejoró el rendimiento del proceso al pasar de un nivel sigma 2.4 a un nivel 3.6, fue así como se disminuyó la variación de proceso haciéndolo más confiable para el cliente, además las acciones que se implementaron fueron muy creativas para minimizar la inversión necesaria. Esto ayudo a la empresa aumentando el nivel de seis sigma de la organización y a mejorando su imagen como un proveedor importante dentro de su mercado.

LOYOLA (2010) aplica el modelo DMAIC en la empresa MADECOR SA DE CV, con el objetivo de disminuir la variabilidad de un proceso de fabricación de muebles y aumentar tanto la productividad como la competitividad, obteniendo como resultado una mejora en la capacidad de proceso de 1.31, ubicándola a un nivel Sigma de 5.2, lo que significa que el objetivo trazado fue alcanzado, además de que la empresa se vio beneficiada en los siguientes aspectos:

1. Se dejó de generar tiempo extra y re trabajos para corregir la falla, además, se eliminaron los gastos de traslado, ya que si el producto presentaba la falla con el distribuidor o el usuario final, la empresa debería de asumir el gasto de transporte para corregirla.

2. La credibilidad y confianza con el cliente (distribuidor o usuario final) se vio beneficiada, ya que el producto no presenta más este defecto.
3. La empresa empieza a utilizar las diferentes herramientas de Seis Sigma para empezar a corregir fallas en otros productos y procesos.

Con esto el autor demuestra que haciendo uso de las herramientas de la metodología DMAIC se pueden obtener buenos resultados y así aumentar la productividad y la competitividad de las empresas, sin importar si ésta es una grande o mediana empresa, como bien lo menciona parte de los beneficios del Seis Sigma.

El autor DOMINGUEZ (2006) en su trabajo de investigación SEIS SIGMA HACIA LA CUMBRE DE LA CALIDAD evalúa y analiza el rendimiento que se puede obtener aplicando la metodología Seis Sigma en las empresas, comenta que Seis sigmas aporta así mismo un enfoque hacia la acción, no trata sólo de análisis y estudio, sino que se orienta a la práctica, y ello se logra a través del establecimiento de objetivos muy específicos (metas), concreción de las acciones que se van a llevar a cabo, establecimiento de métricas, desarrollo de cronogramas y su seguimiento y la mira puesta siempre en los resultados. De la misma forma, fortalece la capacitación y el entrenamiento de la gente involucrada en el trabajo de mejoramiento y la dedicación de tiempo al desarrollo de los proyectos, todo encaminado al logro de resultados específicos. Estos se alcanzan también por la concentración que la técnica hace en los puntos críticos, los denominados pocos elementos vitales, que obviamente son los tributarios vigorosos a los resultados.

MERLI (2012) menciona en su publicación “Gestión de calidad y seis sigma” que para que los productos y servicios sean competitivos es necesario asegurar la calidad en los respectivos procesos productivos. La gestión de la calidad basada en la metodología seis sigma es una estrategia de mejora continua de los procesos; su objetivo es localizar y eliminar las causas raíces de los errores, defectos y retrasos en dichos procesos, centrándose en los aspectos críticos de satisfacción para el cliente. Se trata de una metodología sistemática y cuantitativa, basada en herramientas y pensamiento estadísticos, orientada a mejorar los

resultados de los procesos en tres áreas: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

AGUILAR (2009) menciona La metodología Seis Sigma se ha empezado a utilizar en algunas empresas de manufactura establecidas en México como una alternativa para mejorar la productividad y costos por su simplicidad, ya que utiliza el sentido común y trabajo en equipo, sin complicaciones matemáticas.

Después de comparar y analizar en algunas empresas el sistema tradicional de manufactura con el de Seis Sigma, el autor encontró que este último logró reducciones en:

- 50% o más del espacio utilizado para manufactura.
- La distancia entre los procesos tuvo una disminución considerable.
- 30% en promedio del costo de todos los inventarios.
- Tiempo de entregas desde el pedido hasta la entrega del producto terminado en promedio fue del 50%.
- 50% en promedio del tiempo de ciclo de manufactura.
- 100% del tiempo de preparación de cambio de modelo.
- Costo del producto en promedio 30%.
- Costo de herramientas para un nuevo producto en promedio 30%.
- Defectos 50% en promedio

IZA (2012) Comenta dentro de su publicación la mejora de calidad dentro de la empresa INVELIGENT donde aplica la metodología seis sigma como una estrategia para incrementar la satisfacción del cliente mediante la reducción y eliminación de defectos a partir de una mejor prestación de servicios, la cual se logra con la minimización de la variabilidad de los procesos.

El autor argumenta que la implementación de Seis Sigma tiene como objetivo mejorar la calidad de los productos Software a través de la aplicación de las mejores prácticas en los procesos. Seis Sigma es una metodología de gestión de calidad combinado con herramientas

estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de los procesos mediante decisiones acertadas, logrando así que la empresa comprenda las necesidades de sus clientes, y de esta manera logre aumentar la satisfacción del cliente tanto externo como interno mediante el mejoramiento de la calidad por medio de la reducción de defectos, su meta de desempeño son los procesos y productos libres de defectos.

El autor ALMUDEBER (2012) Utiliza la metodología DMAIC enfocándose en los procedimientos clave que afecten al rendimiento empresarial, para ello, mide estos procesos recogiendo todos los datos útiles y necesarios, para el autor, Six Sigma pretende eliminar todos los defectos, alcanzar la mayor calidad posible y gestionarla a lo largo del tiempo, demostrando, que esta no es únicamente una filosofía para multinacionales o grandes empresas.

Para (Behara, 2007) dentro de su publicación “Customer satisfacción measurement and analysis using Six Sigma” centra su investigación, en la consecución primordial para la obtención de la satisfacción del cliente, expresando el afán del principal objetivo de Six Sigma como único y verdadero fin de la filosofía de trabajo.

#### 1.1.2 Reducción de costos

DOMINGUEZ (2011) publica en su investigación que a través de una adecuada planeación experimental de reducción de costos se alcanzan importantes ahorros económicos. Esto se da en el contexto de los procesos que ya están operando, sin embargo en la investigación y desarrollo tecnológico, la planeación experimental es una auxiliar para que un ingeniero logre una mayor competitividad con el desarrollo de nuevos productos. Además el autor comenta que ayudará, a las personas que se involucren en los procesos, a conocer más sobre los factores que impactan en la calidad de los productos o procesos; luego de usar esta experiencia para mejorarla calidad y hacer los cambios con el fin de prevenir problemas y reducir la variación. En ese sentido el ciclo de mejora y la planeación experimental son métodos importantes para contribuir al aprendizaje de los ingenieros que están el área de ID de una empresa. Donde además se deben considerar nuevos materiales, nuevas técnicas de producción y nuevas tecnologías.

MORILLO (2001) publica en su investigación de reducción de costos para la industria que, cuando se manejan un margen de utilidades con unos ingresos constantes (ventas de difícil incremento o precios fijados por la competencia) la única alternativa viable es disminuir los costos, para mejorar la rentabilidad económica, hacia la búsqueda de un apalancamiento financiero positivo y un incremento en la rentabilidad financiera. La reducción de costos también es una salida para las empresas industriales, que siempre tienen altos niveles de activos, es decir, deben controlar sus costos para contrarrestar la baja rotación de activos y obtener una rentabilidad económica más elevada.

El autor menciona puntos clave para una mayor eficacia en la reducción de costos dentro de la organización, las cuales son:

- La eliminación de las actividades que no agregan valor a los productos, no apreciadas por los clientes o no esenciales para la marcha de la organización.
- La reducción de tiempo y esfuerzo necesario para desempeñar las actividades.
- La racionalización las actividades costosas, idear maneras mejores de hacer las cosas.
- El análisis de las actividades significativas que proporcionen oportunidad de agregar valor.
- La comparación de las actividades con las de otras compañías o de otras áreas de la empresa, aun cuando existan algunas actividades que agregan valor no significa que incrementen calidad o que sean eficientes.

NEVARES (2008) cometa en su publicación que, el abatimiento de costos en la industria de transformación puede ocurrir a partir de una mayor eficiencia en el uso de los recursos, nuevas técnicas productivas, cambios organizacionales, mejoras en las redes de comunicación e intercambio de información entre los miembros de la empresa, procesos de aprendizaje, fusiones y acuerdos de cooperación con otros agentes económicos, economías de escala.

## 1.2 MARCO TEÓRICO

### 1.2.1 Seis Sigma

Seis sigma nos ayuda a comprender profunda y claramente los procesos, de tal manera que puedan ser mejorados, al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de costos, asegurándose de que el costo de productos o servicios sean competitivos. En otras palabras podemos decir que seis sigma es un enfoque cuantitativo de la calidad, una filosofía de trabajo y una estrategia de negocio, bajada en el enfoque hacia el cliente e impulsada por el ahorro en costos y el mejoramiento sustancial en el desempeño del proceso que permite eliminar la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados.

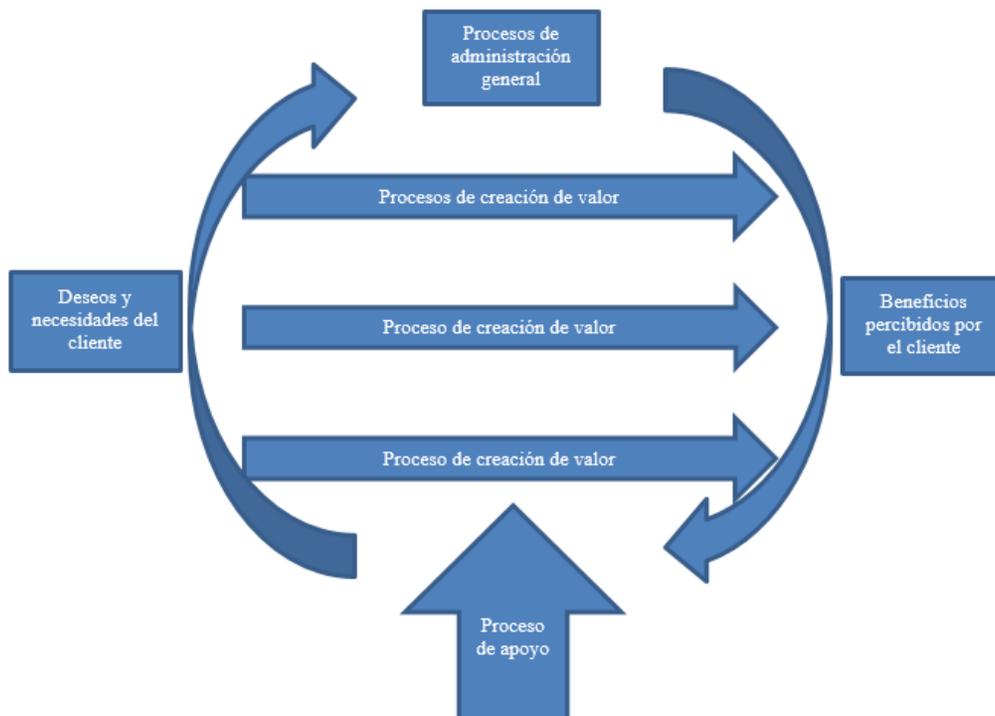


Figura 4 Ciclo de mejora continua (Fuente: Elaboración propia)

Este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero defectos y puede ser aplicado no solo a los procesos de manufactura, sino también en procesos transaccionales y comerciales de cualquier tipo, como por ejemplo: en servicios financieros, logísticos, mercantiles entre otros muchos. Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías en su mayoría estadísticas para eliminar la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente.

El término seis sigma fue introducido por MOTOROLA en los años 80's como una estrategia de negocios y mejoramiento de la calidad, la cual ha sido ampliamente difundida y adoptada por muchas empresas de clase mundial.

### 1.2.2 Mejora de proceso y Calidad

De acuerdo con Collier la mejora de procesos difícilmente se realiza a partir de la nada; por el contrario, es resultado del rediseño de procesos ya existentes (2009:281). Es importante mencionar que dicha mejora busca:

- Elevar el nivel de ingresos de la compañía al tener procesos más eficientes (reducción de defectos y mermas), permitiendo además la posibilidad de adquirir mejor tecnología.
- Aumentar la agilidad de respuesta ante posibles cambios en la demanda y las expectativas del cliente.
- Elevar la calidad del producto o servicio al cliente reduciendo el porcentaje de defectos, errores, fallas o mal servicio.
- Reducir las actividades que no generen valor agregado o disminuir los costos con el empleo de mejor tecnología.
- Reducción en el tiempo de flujo del proceso al eliminar esperas o movimientos innecesarios.

Se debe tener en cuenta que la primera instancia de la mejora se da con la cuantificación del desempeño real para poder realizar comparaciones con rendimientos pasados y analizar los impactos obtenidos. Sin embargo, lo ideal es finalmente compararla con el rendimiento de empresas reconocidas por sus mejores prácticas.

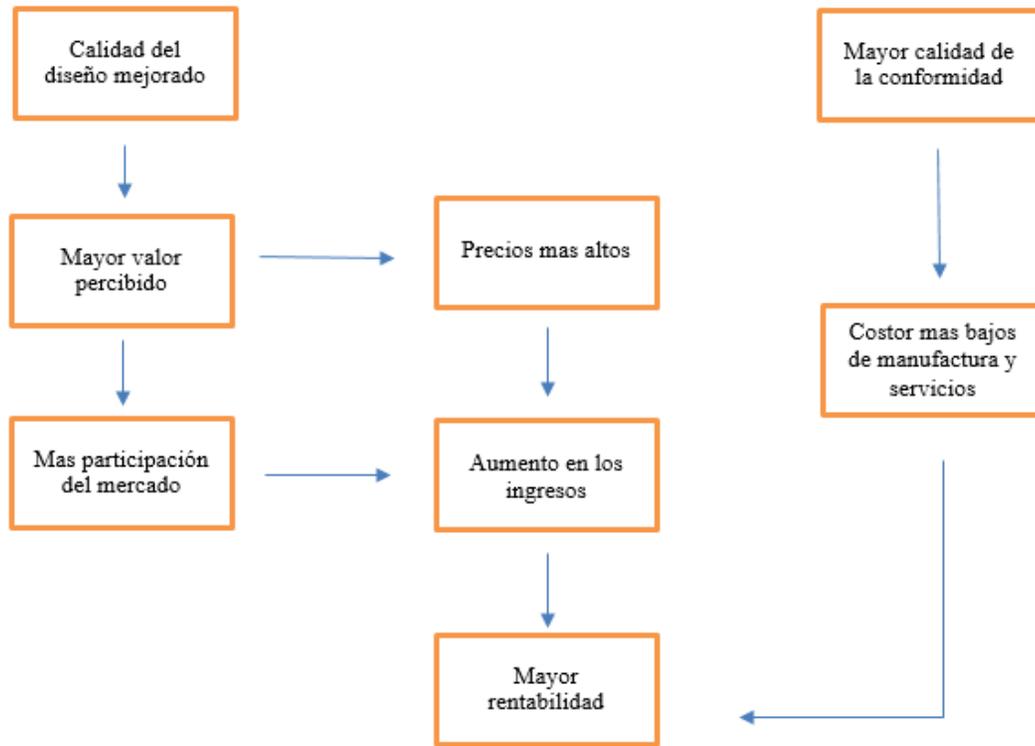


Figura 5 Efecto de la calidad sobre la rentabilidad (Fuente: Elaboración Propia)

### 1.2.3 El método DMAIC para el mejoramiento de la calidad en el proceso

La metodología DMAIC es una herramienta muy potente que garantiza que los proyectos Seis Sigma sean abordados con rigor y que estos alcancen los resultados proyectados. Se definen los conceptos teóricos relacionados a la metodología DMAIC que serán utilizados en el planteamiento de las propuestas de mejora para los procesos en estudio.

Para poder realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización, es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado.



Figura 6 Ciclo DMAIC (Fuente: Elaboración Propia)

DMAIC consiste de 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) ilustrado en la figura 1. Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora.

### 1.2.3.1 Definir

En la primera etapa se define claramente en qué consiste el proyecto, buscando la satisfacción del cliente, se comprende y define el proceso actual. Con el fin de enfocar adecuadamente el proyecto, identificar oportunidades rápidas de mejora y establecer los objetivos de mejora de acuerdo con las necesidades y buscando la satisfacción del cliente.

Diagrama SIPOC

**SIPOC** (Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas, Clientes) es un mapa de proceso que se usa en la fase de Definir de la metodología DMAIC. En este mapa se representan los procesos principales del negocio y se identifican las posibles medidas (Barba, 2000)

Se deben realizar una serie de preguntas que serán reflejadas en el cuadro SIPOC. Estas preguntas están relacionadas a conocer más sobre el proceso y a encontrar la parte del negocio que debe ser mejorada con el proyecto. A continuación se muestran las preguntas que el autor propone.

¿Para qué parte interesada del negocio existe este proceso primario?

¿Qué valor agrega el proceso?

¿Cuál es la salida del proceso?

¿Quién es el dueño del proceso?

¿Quién suministra los insumos en el proceso?

¿Cuáles son las entradas del proceso?

¿Qué recursos usa este proceso?

¿Qué pasos crean valor en el proceso?

¿Existen subprocesos?

Al responder estas preguntas y plasmarlas en un formato estándar se crea la matriz SIPOC.

Para empezar a crear el mapa SIPOC el autor propone los siguientes pasos:

- Crear un mapa general del proceso
- Identificar las salidas del proceso
- Identificar el cliente que recibirá las salidas.

Tabla 2 Diagrama SIPOC (Fuente: Elaboración propia)

Proveedor(es): (Proporcionan los recursos requeridos)	Entrada(s): (Recursos que requiere el proceso)	Especificaciones de las Entrada(s):	Proceso: (Descripción de la actividad)	Salida(s): (Productos del proceso)	Especificaciones de las Salida(s):	Cliente(s): (Los que establecen las especificaciones de las salidas)
<p>f) ¿Quién suministra cada entrada?</p>	<p>e) ¿Qué entradas se requieren para habilitar este proceso?</p>	<p>g) ¿Qué es lo que el proceso espera de cada entrada?</p>	<p>a) ¿Cuándo empieza el proceso? ↓ ¿Qué es el proceso? ↓ ¿Cuándo termina el proceso?</p>	<p>b) ¿Cuáles son las salidas?</p>	<p>d) ¿Qué es lo que el cliente espera para cada salida?</p>	<p>c) ¿Quién es el cliente de cada salida?</p>

Diagrama de Proceso

El Diagrama de Proceso es una herramienta que refleja una secuencia completa de lo que sucede desde el comienzo hasta el final del proceso. En él se debe identificar los parámetros de proceso y las características del producto. Se debe identificar aquellos parámetros que son controlables, críticos y de ruido.

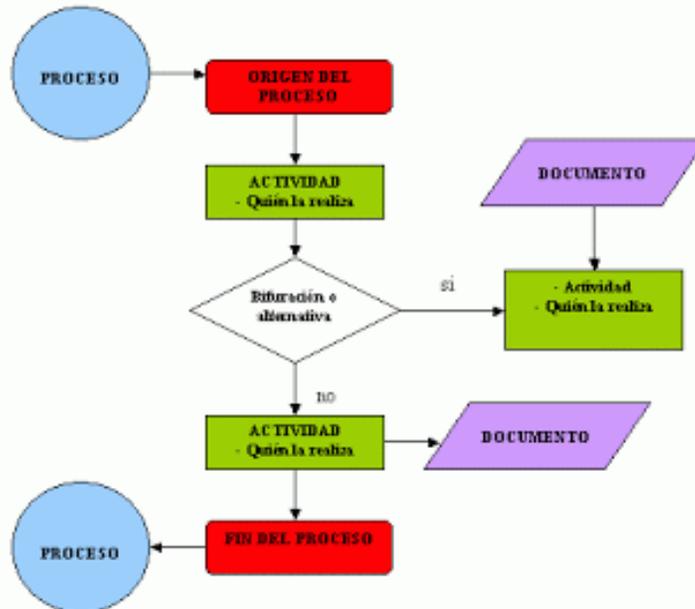


Figura 7 Diagrama de proceso (Fuente: Elaboración propia)

Un parámetro controlable es aquel que se puede modificar y que afecta directamente al proceso. Por otro lado, un parámetro de ruido es aquel que no se puede controlar directamente. Además, se identifican aquellos parámetros que son críticos para el proceso. Estos parámetros son identificados por expertos del proceso (Breyflogle, 2003)

### Voz del Cliente (VOC)

La "voz del cliente" es el término utilizado para describir las necesidades o requisitos establecidos y no declarados de los clientes. La voz del cliente se puede capturar en una variedad de formas: debate directo o entrevistas, encuestas, grupos de enfoque, las especificaciones del cliente, la observación, los datos de garantía, informes de campo, los registros de quejas, etc. (Breyflogle, 2003)

#### 1.2.3.2 Medir

Una vez definido el problema a atacar, se debe de establecer que características determinan el comportamiento del proceso (ECKES, 2003)

Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos y/o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño), y que parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño.

A partir de estas variables se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, es decir que tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente.

Bersback opina que esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y como se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y que variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene

el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente? Entre las herramientas más comúnmente usadas en esta fase se encuentran:

### Capacidad de Proceso

Se entiende por capacidad de proceso a la uniformidad del mismo. Es decir, el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente. Para esto, se sugiere que los límites de tolerancia natural del proceso estén dentro de los límites de especificación del cliente. (MONTGOMERY, 2006)

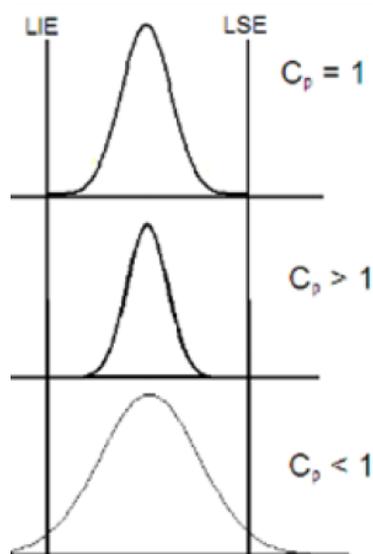


Figura 8 Gráfico de capacidad del proceso

Para evaluar la capacidad de un proceso se requiere dos condiciones:

- El proceso debe estar bajo control estadístico, es decir que los datos no estén fuera de los límites de control
- La distribución de los datos debe ser Normal

A continuación se presentarán algunos índices para medir la capacidad de los procesos.

Índice de Capacidad potencial del Proceso ( $C_p$ )

$$C_p = \text{Rango de especificaciones} / \text{Rango del proceso a corto plazo} = (LES - LEI) / 6(\sigma)$$

En este índice se computa la tolerancia natural del proceso como  $6\sigma$ . Además, compara las tolerancias de las especificaciones con la tolerancia natural del proceso y se interpreta de la siguiente manera:

Si  $C_p > 1$ , el proceso se considera potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones y genera un porcentaje de defectuosos menor a 0.27 % (Vazquez, 2003)

Si  $C_p = 1$  el proceso es a penas capaz.

Si  $C_p < 1$  el proceso no es potencialmente capaz.

### Índice de Capacidad Real (Cpk)

El índice de capacidad real se usa cuando el promedio del proceso no se encuentra centrado entre los límites de especificaciones. Este índice compara la mínima distancia entre la media y los valores máximos y mínimos de las especificaciones sobre tres veces la desviación estándar.

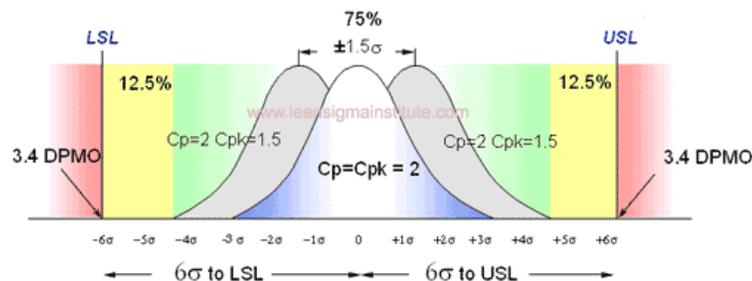


Figura 9 Índice de capacidad Real de Proceso

### Transformación Box-Cox

Un camino para resolver la no normalidad de los datos y la heterocedasticidad (no homogeneidad de las varianzas) es utilizando la transformación Box-Cox. Esta transformación convierte las observaciones no normales en normales. La transformación se presenta a continuación:

### 1.2.3.3 Analizar

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC.

En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis a los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso.

Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso. Las preguntas a contestar durante esta etapa son: ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad (variabilidad del proceso) y cuáles podemos controlar? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones? Entre las herramientas más comúnmente usadas se encuentran:

#### Diagrama causa efecto

El diagrama causa efecto, también conocido como diagrama Ishikawa, es un esquema que muestra las causas probables que están ocasionando un problema (VAZQUEZ, 2003)

El diagrama de Ishikawa (figura 7) se debe utilizar para:

- Identificar características y parámetros claves.
- Identificar las diferentes causas que afectan a un problema
- Entendimiento de un problema por parte del grupo de trabajo

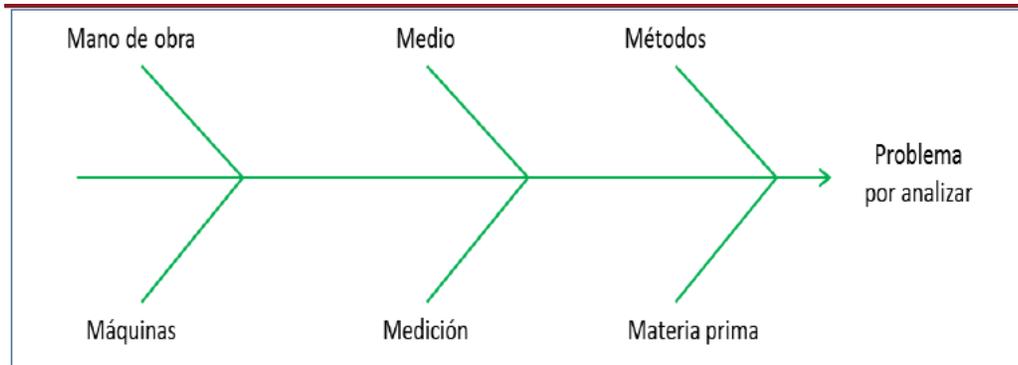


Figura 10 Diagrama Ishikawa (Fuente: elaboración propia)

El diagrama causa efecto está ligado con uno o más factores (6 Ms) y que participan de todo proceso productivo

- Métodos: son los procedimientos que se llevan a cabo en el proceso productivo.
- Mano de obra: personal que realiza las actividades en la compañía.
- Materia prima: material necesario la fabricación del producto.
- Medición: herramientas para estimar el funcionamiento adecuado de los procesos
- Medio: las condiciones en el centro de trabajo.
- Maquinaria y equipo: dispositivos que permiten la elaboración del producto

Su elaboración se basa en el proceso de generación de ideas por medio de tormenta de ideas, que puede realizarse de la siguiente manera:

- Cada miembro que pertenece al equipo de trabajo debe generar una idea en cada oportunidad que le corresponda de una manera ordenada y ágil. Paralelamente un integrante del equipo de trabajo debe cumplir el papel de secretario, con el fin de que pueda anotar las ideas que se van obteniendo.
- Una vez que ha finalizado el proceso de tormenta de ideas se debe suprimir ideas repetitivas.
- Se debe analizar si las ideas conseguidas hasta el momento están vinculadas al problema analizado.
- Se ordenan las ideas en el diagrama Ishikawa.

## Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta que se utiliza para poder identificar aquello que es vital en el tema de estudio. Este concepto es conocido también como la regla 80-20. Según Krajewski esta regla se interpreta de la siguiente manera: el 80 % de alguna actividad es causada por el 20 % de los factores que la componen.

En otras palabras, existen unos pocos elementos que interpretan la mayoría de los efectos de una actividad. Es importante identificar esos pocos elementos que tienen la mayor influencia en el proceso, sistema, tarea, etc. (KRAJEWSKI, 2008)

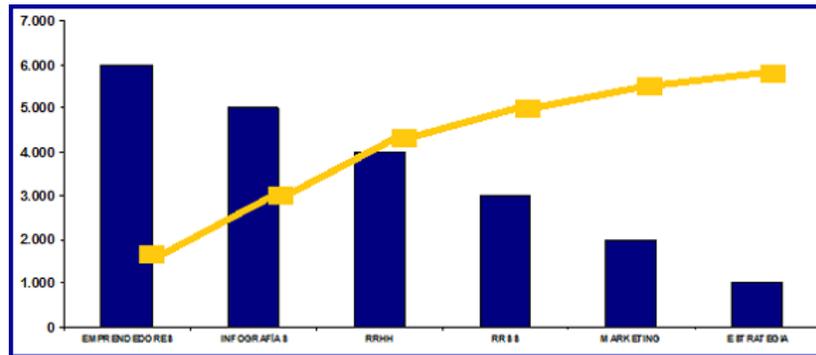


Figura 11 Diagrama Pareto (Fuente: Emprnde PYME)

### 1.2.3.4 Mejorar

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso.

La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa en donde se entregan soluciones al problema.

Entre las herramientas más comúnmente utilizadas en esta fase se encuentran:

## 5'S

De acuerdo con Breyfogle esta metodología una vez implementada busca la mejora continua y estandarización de las actividades (BREYFOGLE, 2003)

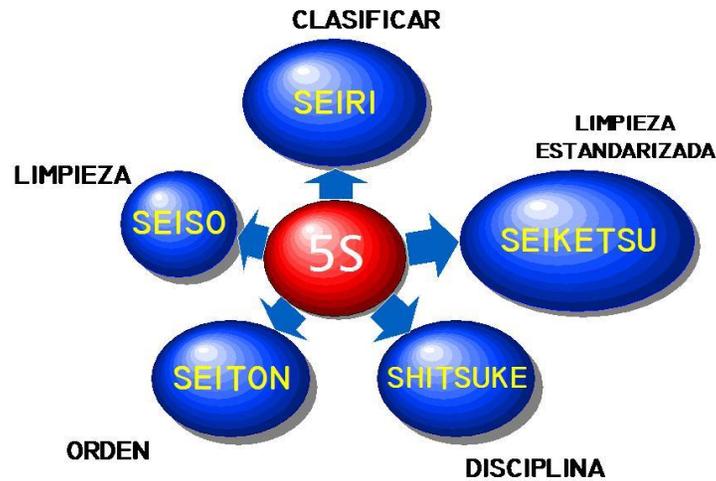


Figura 12 Método 5's (Fuente: Elaboración propia)

Para su implementación se deben seguir de forma correlativa los siguientes pasos

- I. Seiri (seleccionar): se seleccionan aquellas herramientas y materiales necesarios de aquellos que no lo son.
- II. Seiton (organizar): se organizan los elementos previamente identificados con la finalidad que cada uno de los ítems tenga un lugar conocido, permitiendo así su fácil identificación y acceso.
- III. Seiso (limpiar): se ejecuta la limpieza del área de trabajo de forma permanente. Esta limpieza involucra la limpieza de máquinas, instalaciones y equipo involucrado en el área.
- IV. Seiketsu (estandarizar): se implementan lineamientos para mantener un área de trabajo limpia, ordenada y agradable para los trabajadores. Pueden utilizarse procedimientos y plantear normas sencillas que permitan recordar el concepto de orden y limpieza.

- V. Shitsuke (seguimiento): se realiza un seguimiento de los cuatro pasos antes descritos con la finalidad de incentivar un hábito en la conducta del trabajador y su constante participación.

#### 1.2.3.5 Controlar

Una vez que encontrada la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar como asegurar que la solución pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo.

Para esto debe de diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente.

Las preguntas a responder en esta etapa son: ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto? Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados? ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso? Para responder a estas preguntas se requerirán de ciertas herramientas tales como el control estadístico mediante gráficos comparativos y diagramas de control y técnicas no estadísticas tales como la estandarización de procesos, controles visuales, planes de contingencia y mantenimiento preventivo, herramientas de planificación, etc.

#### Cartas de Control por Variables

De acuerdo con Montgomery existen características de la calidad que pueden ser representadas en valores numéricos. A estas características particulares de la calidad se les denomina variables. Cabe indicar que al ser características de la calidad que pueden variar, se les debe monitorear constantemente con el fin de asegurar el control del proceso analizado.

Para este control se utiliza gráficos de control por variables que pueden ser:

- Carta de control para la media: permite controlar el promedio del proceso o nivel promedio de calidad en la característica analizada.

- Carta de control para el rango (R): permite monitorear la variabilidad del proceso en estudio.

### Reducción de costos

Hoy día muchas empresas hablan de “Reducir sus Costos Operacionales” e inician la búsqueda de alternativas para lograr ese objetivo. En general hay una idea de las metas que se quieren alcanzar que, de una forma u otra, se visualizan principalmente desde el punto de vista económico.

Cuando se buscan alternativas notamos que se habla de “ahorros”, “reducir costos”, “eliminar”, “minimizar inventario”, etc. De igual forma si analizamos las áreas donde usualmente se focalizan estos esfuerzos para lograr resultados veremos que es frecuente que los mismos se circunscriban a tres áreas principales:

1. *Recursos Humanos*: Se parte de la premisa de que al reducir la nómina (número de empleados) automáticamente tendremos el control (y reducción) de los costos operacionales.
2. *Inventario*: Se sugiere que los niveles de inventario altos son la causa principal de los costos operativos.
3. *Eficiencia*: Se propone que el aumento de la eficiencia asegura la reducción de los costos.

Aun cuando estas tres áreas son parte importante e inciden (y reflejan) directamente en nuestros costos operacionales existen otros tópicos que deben ser considerados al hablar de reducir costos. Matemáticamente reducir (recursos humanos, inventario, ineficiencia) significa que gastamos menos en nuestros procesos operativos.

El artículo descrito por los autores (Pheng & Hui, 2004) “Implementing and Applying Six Sigma in Construction”, que mediante un caso práctico desarrollado junto al Instituto de la Vivienda y Desarrollo de Singapur, crean los pasos para desarrollar un plan de trabajo en la construcción de viviendas. El autor se centra especialmente en los agentes intervinientes,

implementa una prueba piloto que incluye los acabados interiores de obra. Este proyecto piloto alcanzo una mejora de su Sigma del 2,66 con el que se parti6, hasta el 3,95, que viene a significar hacer lo correcto el 99% del tiempo trabajado.

El autor (Moreano, 2011) comienza realizando la metodologfa DMAIC en la elaboraci6n de queso fresco, pero tambi6n realiza un an6lisis de los costos de la ausencia de calidad en comparaci6n con los gastos que ocasiona la implementaci6n de Seis Sigma en una planta procesadora, concluyendo que La integraci6n de la estadfstica al proceso de producci6n mediante estudios de reproducibilidad, repetitividad, estabilidad y capacidad, permiti6 tener un control m6s estricto de la calidad y con la ejecuci6n de la prueba piloto se mejor6 la calidad microbiol6gica del producto y la limpieza de las instalaciones de procesamiento adem6s con la mejora del proceso de producci6n de queso fresco se lograr6 reducir a6n m6s la contaminaci6n y se mejorar6 la calidad a un nivel de excelencia.

#### Costos de calidad

Los costos de calidad, seg6n Montgomery, son aquellos vinculados con la producci6n, identificaci6n, evitaci6n o reparaci6n de productos que no cumplen con las especificaciones que se requieren y su cuantificaci6n buscar6 identificar posibilidades de mejora y con ello la reducci6n de los costos de calidad (Montgomery, Control estadfstico de la calidad, 2004)

Dichos costos se clasifican en:

- Costos de prevenci6n, son aquellos costos que se incurren en el 6rea de dise1o y producci6n con la finalidad de prevenir posibles fallas del producto.
- Costos de valuaci6n, son aquellos costos que se incurren al realizar auditorfas que permitan confirmar que un producto, componente o material se encuentra en las condiciones id6neas y de acuerdo con los est6ndares establecidos.
- Costos de fallas internas, ocurre cuando el producto, componente o material no cumple las especificaciones de calidad establecidas y dichas fallas se identifica antes de entregar el producto al cliente.
- Costos de fallas externas, se incurre cuando el producto no cumple con su fin establecido de una manera id6nea luego de ser entregado al cliente.



Figura 13 Modelo de Juram (Fuente: J.M. Juram)

## 1.3 MARCO CONTEXTUAL

### 1.3.1 La Empresa

En este capítulo se describe la organización en la cual se desarrolla el estudio. Para esto, se realiza una descripción de la empresa, se describe su infraestructura, maquinaria y equipos, materia prima e insumos, recursos humanos. Además, se listan los productos elaborados por la empresa, se describe la forma en que la empresa realiza el control de calidad a sus productos.

### 1.3.2 La Organización

La empresa en estudio pertenece al sector industrial de transformación metal-mecánica y se dedica principalmente a la fabricación de cajas y remolques para el transporte pesado. Cuenta con más de 25 años en el medio, periodo que le ha permitido consolidarse como una de las empresas líderes en su rubro en el Estado de Tlaxcala

La empresa cuenta con una sola planta, que se ubica en Carretera México-Veracruz Km 113 s/n San Lorenzo Tlacualoyan Yauhquemehcan Tlaxcala, que es donde se realizan todas las operaciones de transformación de la materia prima.

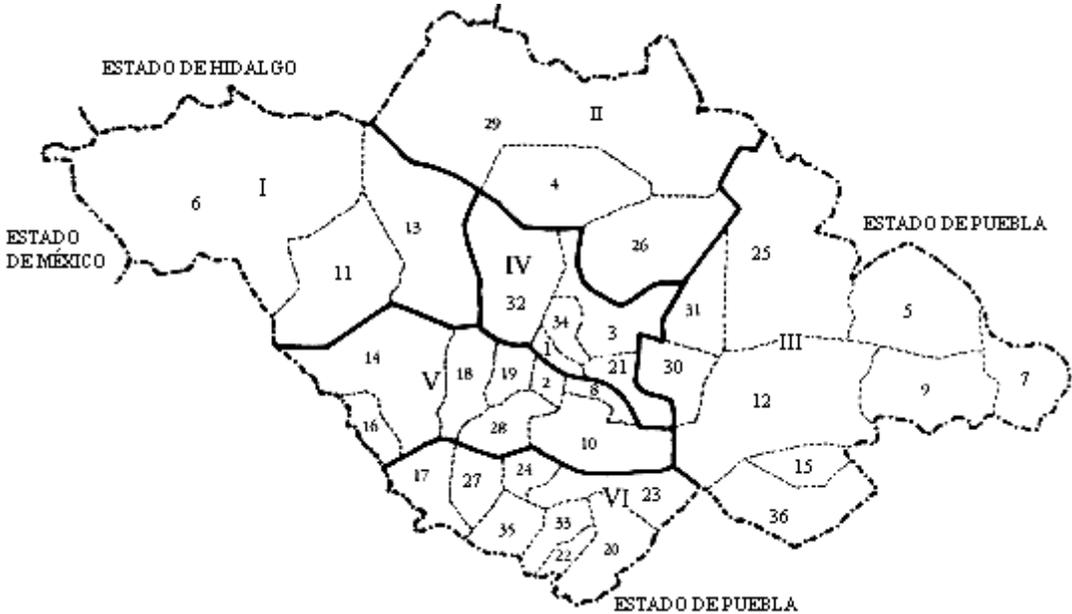


Figura 14 Estado de tlaxcala

### 1.3.3 Clientes

Cuenta con clientes dentro del ámbito gubernamental en diversos estados de la República Mexicana, también presta servicios para distintos sindicatos de transportes de equipo de carga y empresas privadas en general. Además de ofrecer productos nuevos también se enfoca hacia los mantenimientos integrales en general dentro del ramo del transporte pesado

### 1.3.4 Proveedores

Son aquellas entidades que abastecen a la empresa de requerimientos de material, insumos y servicios en el momento apropiado, con el fin de que el desempeño sea adecuado y eficiente.

### 1.3.5 Competidores

Son aquellas empresas que ofrecen productos y servicios similares al de esta misma empresa. Entre los competidores se puede encontrar a las siguientes empresas:

- Corpus Crhisty SA de CV.
- Altamirano SA de CV
- De Lucio SA de CV
- Freuheuf SA de CV
- Mundo Global SA de CV
- Cajas y Carrocerías Muños
- Industrias Magaña SA de CV
- Hidromex SA de CV
- Entre otros

### 1.3.6 Instalaciones y medios operativos

Planta o fábrica

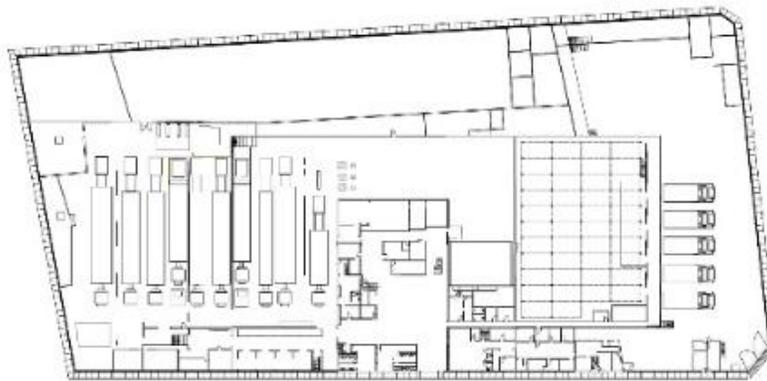


Figura 15 Layout (Fuente: CyRVR)

La planta está construida en su mayoría por concreto y acero y tiene una extensión aproximada de 5530 m<sup>2</sup>. Es preciso indicar que la planta se divide en:

- Área de almacenaje de materia prima lamina y placa: en esta área se reciben y almacenan los insumos tales como: hojas de lámina y placas de diversos calibres que van desde el más delgado C-14 hasta el más grueso C-1 ½. De este almacén abastece al área de corte y dobléz.
- Área de corte y dobléz: en este departamento de hace la transformación del acero según la especificación del producto a realizar. Este es el punto inicial de la cadena de valor
- Área de perfiles: en esta sección se almacenan cortan y distribuyen los diferentes tipos de perfiles en acero estructural que son requeridos para los diferentes productos a fabricar
- Área de ensamble: en esta área se sueldan y ensamblan las partes y refacciones del producto y se dejan listas para la aplicación de soldadura general.
- Área de acabado: en esta zona se realiza el proceso de limpieza y detallado, donde se prepara el producto semi-terminado para que se le pueda aplicar el esmalte acrílico y posteriormente las refacciones y accesorios aledaños al producto.
- Área administrativa: en esta zona se encuentra el personal administrativo de distintas áreas como contabilidad, recursos humanos, recepción, etc.
- Comedores: en esta zona se les brinda el espacio para que puedan ingerir alimentos dentro de los descansos que maneja la empresa

### 1.3.7 Tipo de distribución

La planta tiene un tipo de distribución por proceso, ya que han ubicado sus centros de trabajo según la función desempeñada por cada uno de estos. Según Muther la distribución por proceso es aquella en que las operaciones del mismo proceso están agrupadas (1977: 25 pp).

### 1.3.8 Maquinaria y equipos

A continuación se describirán las principales máquinas y equipos.

- Montacargas: la empresa cuenta con un montacargas para poder almacenar y descargar la materia prima al ser almacenada
- Dobladora de cortina: cuenta con 3 dobladoras de cortina que son diferenciadas por la capacidad de doblez
- Cizalla.: cuenta con una cizalla de cortina que puede llegar a cortar hasta 5/16 de espesor en lámina lisa.
- Pantógrafo. Las empresa cuenta con un pantógrafo digital el cual recorta refacciones según el diseño y dimensiones especificadas
- Sierra cinta. Maquina especializada para el corte de perfil estructural de todo tipo
- Planta de soldadura Miller: cuenta con 9 plantas de soldadura por proceso Mig en micro alambre
- Polipastos: cuenta con 3 polipastos o grúas viajeras que facilitan la manipulación de los productos dentro de las distintas áreas de la empresa
- Equipo de oxicorte: cuenta con 5 equipos de oxicorte a base de gas butano

### 1.3.9 Materia prima e insumos

#### Materia prima

A continuación se indicará la materia prima más importante que se utiliza para la fabricación de sus productos.

- Acero estructural A-36: este tipo de acero tiene una especificación distinta a los demás aceros comunes por su contenido de carbono, la nomenclatura nos indica que soporta hasta 36 mil PSI por cada Plg<sup>2</sup>, haciéndolo un material altamente resistente y a la vez noble para ser sometido a procesos de rolado y doblado.

Insumos.

Se describe los insumos utilizados por la empresa en su proceso de transformación.

- Mezcla Infra 80-20 : gas industrial para la aplicación de soldadura con composición de 80% argón y 20% oxígeno
- Discos de desbaste: discos rotatorios de desbaste fabricados y extruidos en fibra de vidrio tramado
- Micro alambre Miller: soldadura tipo micro labre de 0.035mm de espesor con conductor interno especial para fundir
- Gas butano: gas butano compuesto principalmente por butano normal (60%), propano (9%), isobutano (30%) y etano (1%).
- Primer estructural: esmalte acrílico anticorrosivo que ayuda a evitar la oxidación del acero
- Pintura acrílica: esmalte de línea automotriz secado rápido de distintos colores.
- Carda trenzada: cepillo de alambre rotatorio que permite retirar las impurezas producto de la aplicación de la soldadura.

#### 1.3.10 Recursos Humanos

La empresa cuenta con 35 trabajadores en su planta. De los cuales 25 son destinados para el área de producción. La empresa labora de acuerdo con la siguiente especificación:

- Área de producción y administrativo opera en un horario de lunes a sábado en un solo turno de producción de 8 hrs

#### 1.3.11 El producto

Los productos desarrollados por la empresa son en su mayoría estándares del mercado, pero también tiene la capacidad de realizar fabricaciones especiales de acuerdo con las exigencias del cliente. A continuación se presenta una lista de los productos elaborados por la empresa:

- Carrocería de volteo de 3m<sup>3</sup>
- Carrocería de volteo de 6m<sup>3</sup>
- Carrocería de volteo de 7m<sup>3</sup>
- Carrocería de volteo de 14m<sup>3</sup>
- Carrocería de volteo de 16m<sup>3</sup>
- Plataforma 2 y 3 ejes de 40 ft
- Góndolas tipo volteo de 24m<sup>3</sup>
- Góndolas tipo volteo de 30m<sup>3</sup>
- Dolly tipo A
- Recolectores de basura de 10 a 25 yds<sup>3</sup>
- Rampas de diferentes capacidades
- Remolques para camioneta

#### 1.3.12 Control de calidad

De acuerdo con la política de la empresa el control de calidad se realiza continuamente en el proceso productivo. Es decir, en las áreas de corte, doblado, ensamble y terminado se efectúan inspecciones al producto, con la finalidad de evitar reprocesos y en consecuencia mayores costos de producción.

Hay tres métodos para realizar el control de calidad en la empresa los cuales son:

- Método por muestreo: utilizado en el área de corte y de doblado, es de forma visual, para ello se asignan a los colaboradores más experimentados, ya que son ellos los que conocen las fallas más recurrentes en el proceso productivo.

- Método inspección al 100%: utilizado en el área de ensamble y terminado, donde los productos son inspeccionados en su totalidad por los operarios expertos designados.
- Inspección de metales: utilizado en el área de terminado, se busca detectar alguna grieta o malformación de la soldadura en alguna parte del proculo.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

En esta parte se describen los pasos metodológicos para el logro de los objetivos y valoración de la hipótesis de la presente investigación. A continuación se presenta mediante un diagrama la metodología de selección del modelo y posteriormente se detalla cada uno de sus componentes.

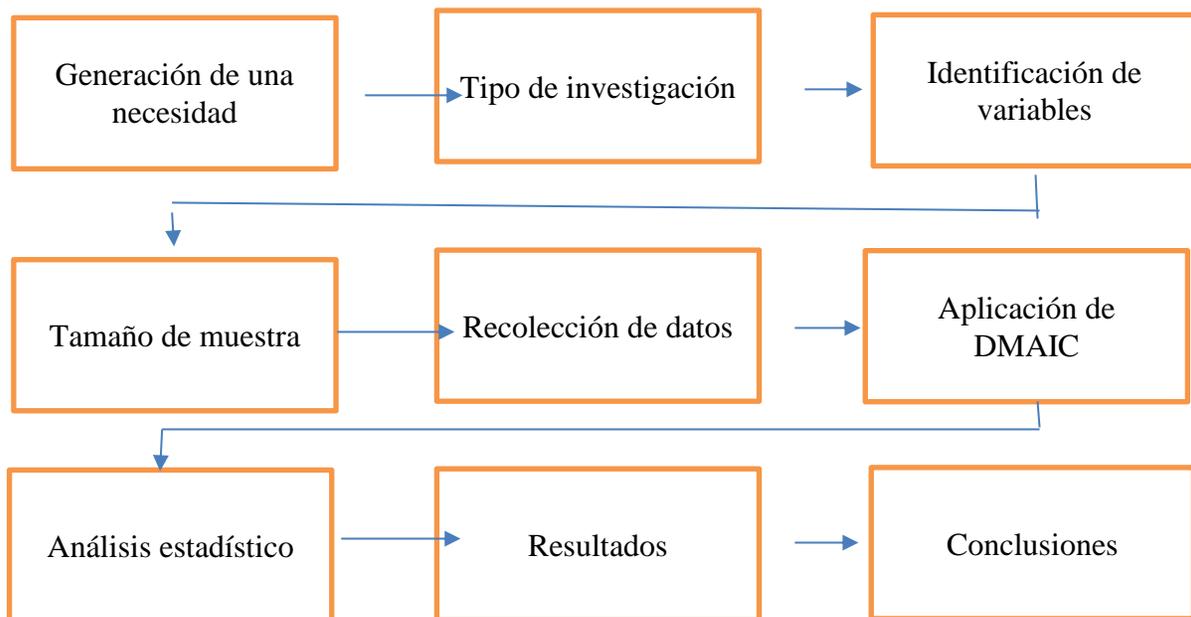


Figura 16 Metodología (Fuente: elaboración propia)

**Generación de una necesidad.** Para efectos de esta investigación se analizan los productos que se fabrican de línea en la empresa CyRVR, con la finalidad de familiarizarse con los nombres, especificaciones y descripciones de la gran familia de productos de la compañía. De acuerdo con la información financiera proporcionada por la empresa, podemos conocer cuál es su producto líder en ventas y que para la organización representa mayor

utilidad, de tal manera que se pueda entender el impacto de crecimiento al realizar cualquier tipo de mejora dentro de su línea productiva.

### **Tipo de investigación.**

**Experimental:** debido que es el método que permitirá fundamentar la investigación, ya que nos impulsa a determinar el mejor diseño de la misma y el mejor método de recolección de datos, puesto que sobre la aplicación del modelo DMAIC en este tipo de procesos existen pocos estudios y pocas empresas que las aplican, únicamente existen guías que permitirán su estudio.

**Diseño factorial:** ya que nos ayudara a comprender el efecto de dos o más variables independientes respecto de una única variable dependiente.

### **Identificación de variables**

Variable independiente: Reducción de costos, utilización de materiales y administración de M.O.

Variable dependiente: Desperdicio, re-trabajo

### **Tamaño de muestra**

Para el caso práctico de esta investigación, el tamaño de la muestra lo tomaremos como el número de semirremolques de volteo de 30m<sup>3</sup> fabricados en la empresa, necesarios para que los datos obtenidos sean representativos de la población, para este caso la ecuación 1 para poblaciones finitas mostrada a continuación, de acuerdo con Hernández (2010).

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

Donde:

n = Población

Z= Coeficiente de confianza aceptable

p = probabilidad a favor

q = probabilidad en contra

e = error admisible

### **Técnica de muestreo aleatorio simple**

Consta de elegir una muestra aleatoria, se espera conseguir que sus propiedades sean extrapolables a la población. Este proceso permite ahorrar recursos, y a la vez obtener resultados parecidos a los que se alcanzarían si se realizase un estudio de toda la población.

**Recopilación de la información.** Se realiza la búsqueda de literatura relacionada con la aplicación de DMAIC, tratando de ubicar información con aplicaciones prácticas realizadas, cabe mencionar que en la mayoría de los artículos encontrados no se exponen cifras ni datos íntimos de las organizaciones, por lo que en algunas investigaciones se omiten ciertas herramientas y controles estadísticos.

**Metodología DMAIC.** Se aplica esta metodología al proceso actual, se describen y especifican cada una de sus fases: definir, medir, analizar, implementar, controlar. Mediante esto se pretende generar una oportunidad de mejora que permita el crecimiento de la compañía, así como la competitividad en su mercado, para poder posicionar la empresa como una de las mejores en su ramo.

**Definir:** En esta primera etapa se clarifica el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales, y las personas que intervienen en el proyecto.

**Medir:** En esta etapa se entiende con mayor detalle el proceso, se valida el sistema de medición de las métricas involucradas y se establece la línea base.

**Análisis:** En esta etapa se identifican las X potenciales que están influyendo en los problemas de Y, ya que a partir de esto es posible identificar las pocas X vitales.

**Mejora:** El objetivo de esta etapa es proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíz, es decir, asegurarse de corregir o reducir el problema.

**Control:** en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas.

**Proceso.** Para poder entender la forma en que se fabrican sus productos, es necesario conocer los procesos principales por los cuales es transformado el producto hasta llegar a ser un

producto terminado, es de mucha importancia conocer el proceso productivo, ya que el análisis y objeto de estudio está muy ligado a las características existentes de su proceso.

**Materia prima.** Parte fundamental en la fabricación del producto es conocer los materiales con los que se fabrica; las cantidades, costos y especificaciones técnicas y normativas que deben cumplir para poder formar parte del producto terminado.

**Mano de obra.** Es importante conocer el procedimiento mediante el cual se fabrica el producto, inspeccionar y analizar cada una de las acciones que realizan los operarios de tal manera que se pueda entender mejor el proceso de fabricación.

**Tamaño de la muestra:** Para esta fase se realizó un muestreo considerando como población el total de semirremolques fabricados por la empresa en los últimos 3 años, para lo cual aplicamos la fórmula de poblaciones finitas

## CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

### 3.1 DEFINIR

La problemática que muestra la organización, de acuerdo con los estudios de mercado realizados por la misma, determina que cuenta con un precio de venta elevado en su principal producto que es el semirremolque de volteo 30m<sup>3</sup>, en un 9% con respecto a su competidor más cercano de la zona (comparado con el mismo producto), esto a su vez genera una desventaja comercial que se ve reflejada en sus ventas anuales del producto, e impactando fuertemente en la organización.

De acuerdo con datos de la empresa en el año 2014 el histórico de ventas ha disminuido considerablemente en comparación a los últimos 2 periodos (Grafica 1)

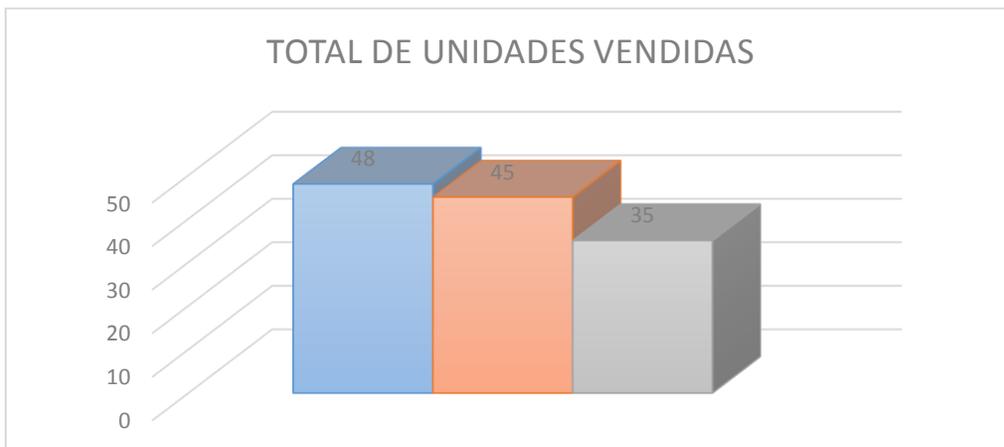


Figura 17 Histórico de ventas (fuente: CyRVR)

Para esta fase se realizó un muestreo considerando como población el total de semirremolques fabricados por la empresa en los últimos 3 años, para lo cual aplicamos la fórmula de poblaciones finitas

Donde:

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

$N = \text{Total de la población}$

$Z_{\alpha} = 1.96$  al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

$p = \text{proporción esperada (en este caso } 5\% = 0.05)$

$q = 1 - p$  (en este caso  $1 - 0.05 = 0.95$ )

$d = \text{precisión (en esta investigación es } 5\%).$

$$N = \frac{128(1.96)^2 (0.05 \cdot 0.95)}{(0.05)^2 * (128 - 1) + (1.96)^2 (0.05 \cdot 0.95)} = 55 \text{ unidades}$$

Con este análisis estadístico podemos conocer y determinar la muerte del total de la población, para el caso de los semirremolques de volteo, se tiene una muestra de 55 unidades las cuales serán medidas en sus diferentes aspectos críticos, y así poder evaluar de manera estadística a la población de unidades que se están fabricando con características similares.

Un semirremolque está formado por 5 principales secciones que integran al producto, y cada uno forma parte importante dentro de la cadena de valor, independientemente de los diferentes implementos que se le puedan agregar al semirremolque (Tabla 2)



Figura 18 Sección de semirremolque (fuente: CyRVR)

Tabla 3 Porcentaje de secciones (Fuente: elaboración propia)

Accesorios	Perfil	Acero	Mano de obra	consumibles
------------	--------	-------	--------------	-------------

---

54%

9%

23%

11%

3%

---

La primera sección accesorios no puede ser reemplazada, ya que está regulada y reglamentada bajo normas específicas de fabricación dictadas por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes dentro de su norma 035 para semirremolques de carga.

La segunda sección corresponde a la materia prima principal del proceso productivo. El acero estructura A-36 es el componente vital del producto y corresponde a un 23% del costo total del semirremolque.

Se realiza una gráfica de barras (Grafica 5) con la especificación de la lámina y placa general que se adquiere para la fabricación del semirremolque con su equivalente en costo.

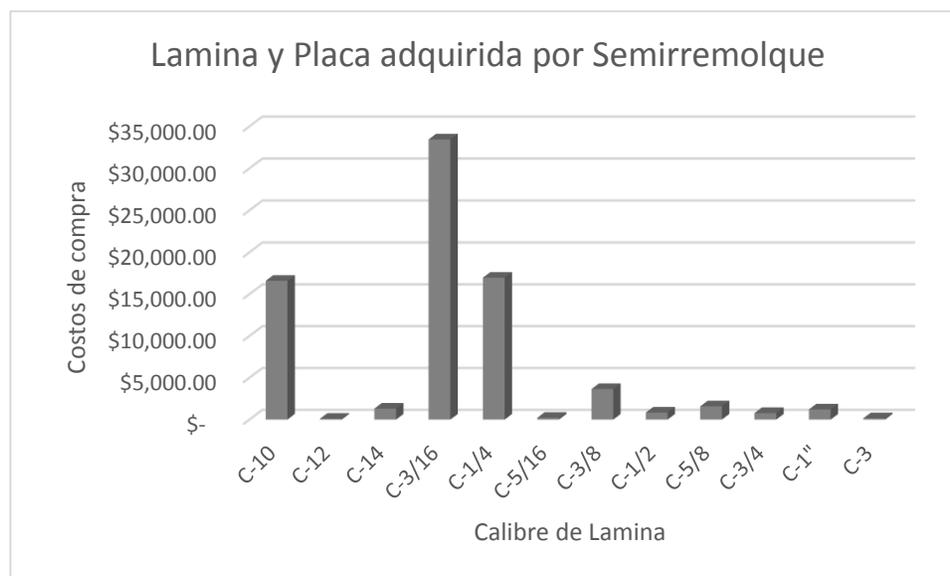


Figura 19 Cantidad de lámina y placa adquirida por Semirremolque (Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo con la información obtenida, la materia prima que representa un costo considerable dentro del proceso productivo es la placa c-3/16, con un costo de adquisición de \$33,500.00 pesos.

Directriz del proyecto

Una vez determinadas las oportunidades, principalmente reducción de pérdidas, y el área de trabajo en la cual se desarrollará el proyecto, se realizó un project charter (Diagrama 3), esta indica el nombre del proyecto, los alcances, metas estimadas a cumplir, nombres del equipo de trabajo, clientes (gerentes del negocio), recursos disponibles y plazos de cada etapa, esta es una herramienta importante de comunicación y referencia para el proyecto.

<b>Directriz de proyecto</b>			
<b>Título del proyecto</b>	Reducción de costos mediante la disminución de desperdicio en la fabricación de semirremolques, aplicando la metodología DMAIC		
<b>Problema establecido</b>		<b>Departamentos</b>	
Durante el los periodos 2012,2013 y 2014, las ventas de semirremolques se han reducido en un 27%		Corte	
		Doblez	
		Trazado	
<b>Importancia</b>		<b>Metas</b>	
La disminución de ventas en los ultimos periodos a generado una perdida de 4.2 mdp, según los indices de ventas en historicos.		Reducción del 65% de desperdicio en lámina y placa dentro del procrso productivo del semirremolque tipo volteo equivalente a \$331,650.00 pesos por periodo	
<b>Áreas involucradas</b>		<b>Entregables</b>	
Departamento de Trazado, Corte y Doblez de lamina y placa		Entrenamiento de personal, mejoras técnicas del proceso	
<b>Recursos</b>		<b>Personal</b>	
Equipo interdisciplinario		Gerente de Fca.	
Consultor		Depto. de CyD	
Requerimientos de entrenamiento		Operarios directos	

Figura 20 Directriz de proyecto (Fuente: Elaboración Propia)

## SIPOC

En la siguiente figura (diagrama 4) se aprecia un análisis SIPOC para la línea de fabricación corte y doblez de lámina y placa, donde se describen los componentes principales del proceso, proveedores para cada etapa que corresponden a materias primas que inician desde su estado bruto y sufren transformaciones en cada etapa del proceso, salidas y consumidor final.

Con estos antecedentes se define la primera etapa de esta metodología aplicada para el caso de esta investigación.

S	I	P	O	C
PROVEEDOR	INSUMO	PROCESO	RESULTADO	CLIENTE
ALMACEN DE LAMINA Y PLACA	4 751 Kg	Traslado	Costillas laterales	mesa de dobléz de lamina y placa para cajón y tren de arrastre
	24 pzas	↓	Cabezales	
	Lamina calibre 10	Despunte	Costados inferiores	
	14 pzas	↓	Piso	
	Placa calibre 3/16"	Medición y trazado	Costados sup	
ALMACEN DE PERFIL ESTRUCTURAL	1 527 kg	↓		escantillón (plantilla) de cajón y tren de arrastre
	20 pzas	Corte perimetral	Cargadores	
	Perfil estructural	↓	Largueros	
	7 pzas	Identificación	Puentes	
	Tubos y barras	↓	Almas de tren	
	huecas	Traslado	Postes	

Figura 21 SIPOC (Elaboración Propia)

### 3.2 MEDIR

Plan de recolección de datos.

De acuerdo a la información recabada, se identifica un alto consumo de placa calibre 3/16, ya que representa el 80 % de la placa que ingresa en el proceso de corte y dobléz del acero. Se hace la identificación sobre la utilización del material dentro del proceso.

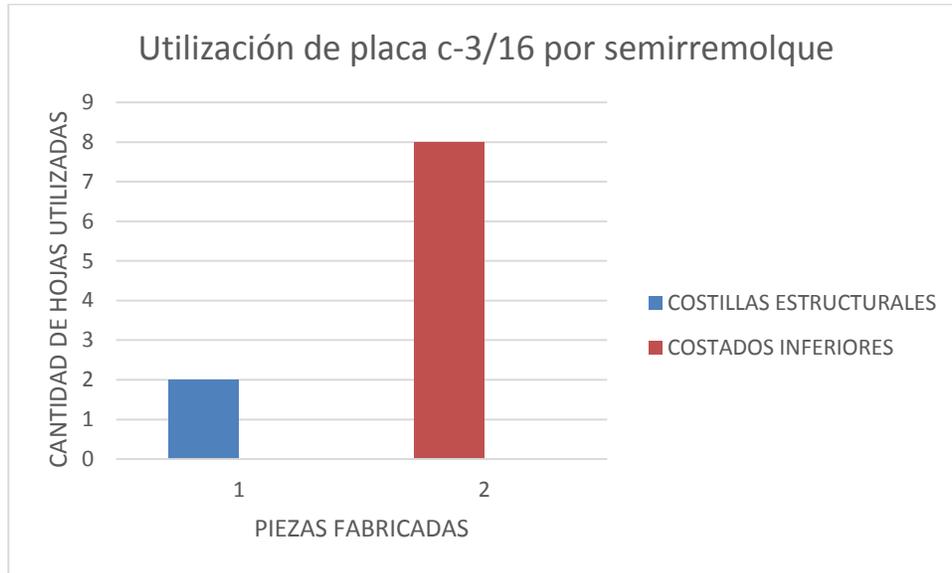


Figura 22 Utilización de placa c-3/16 por Semirremolque (Fuente: Elaboración propia)

De acuerdo a la información anterior, con la placa c-3/16 se fabrican dos componentes importantes: los costados inferiores y costillas estructurales.

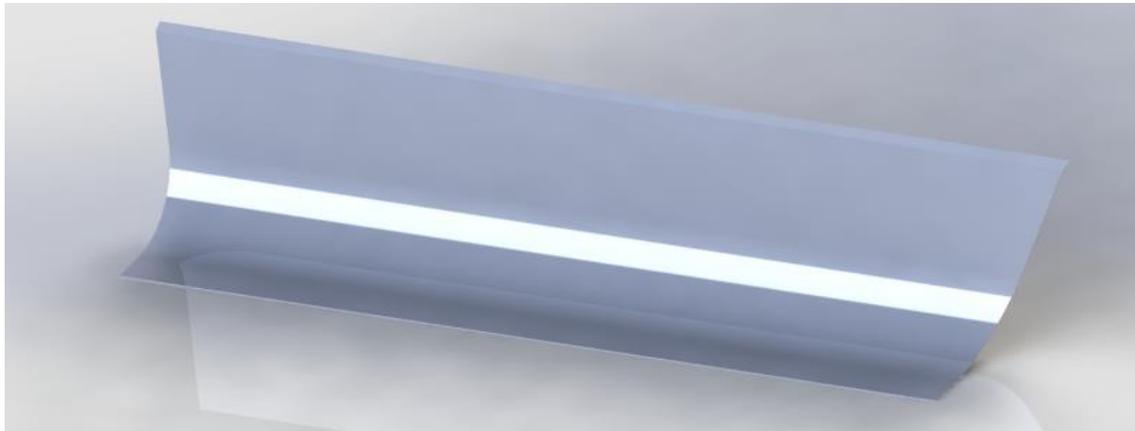


Figura 23 Costado inferior (Fuente: Elaboración Propia)

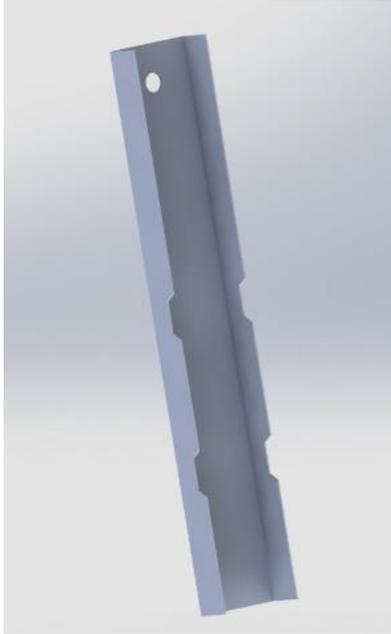


Figura 24 Costilla lateral estructural (Fuente: Elaboración Propia)

Actualmente un semirremolque cuenta con 8 costados inferiores (4 izquierdos y 4 derechos) los cuales teóricamente deben tener dimensiones de: 225 cm de largo x 76.3 cm de ancho, con una tolerancia en el corte de  $\pm 1.5$  cm y repartidos cada uno en una hoja de placa calibre 3/16 con dimensiones de 122 cm de ancho x 244 cm de largo. La medida de la placa es un estándar de venta, ya que son medidas más comerciales y con especificación directa desde la planta de fundición. A continuación se presenta la plantilla de corte del costado inferior.

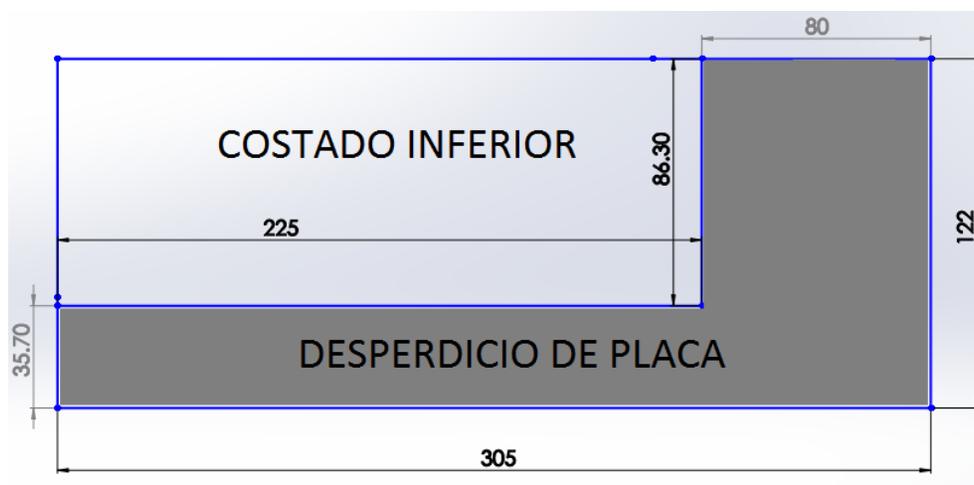


Figura 25 Plantilla de corte para costado inferior (cotas en centímetros) (Fuente: CyRVR)

Las costillas estructurales forman parte fundamental del semirremolque, ya que este cuenta con 10 costillas simétricas de 38.8 cm de ancho x 146 cm de largo repartidas uniformemente a lo largo del semirremolque. Están colocadas y distribuidas en una hoja estándar calibre 3/16 de 122cm de ancho x 305 cm de largo, con una tolerancia + - de 1 cm, de las cuales salen 6 piezas en una sola hoja, adquiriendo una segunda hoja para los complementos (4 piezas faltantes). A continuación se presenta la plantilla de corte de la costilla estructural.

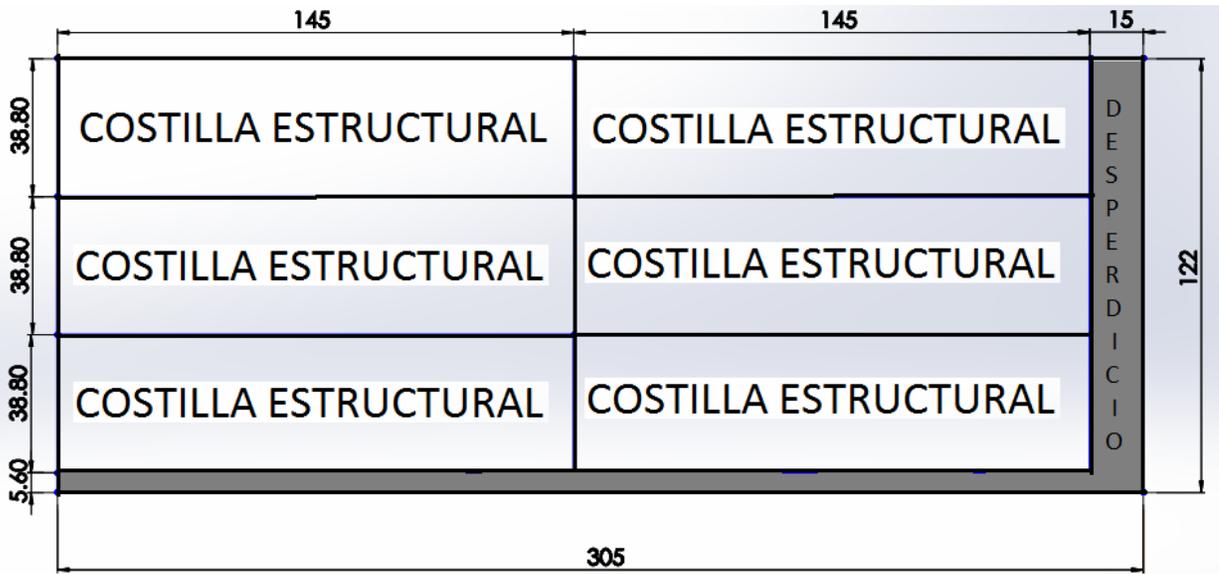


Figura 26 Plantilla de corte para costilla estructural (cotas en centímetros) (Fuente: CyRVR)

De acuerdo con los análisis de la inspección actual del proceso de corte y doblado de lámina y placa (diagrama 6), se observa un alto índice de desperdicios en el calibre 3/16 de placa que ingresa directamente al proceso de producción, para las cuales se enfoca la atención y se inspecciona para comprender mejor el tratamiento que se le da a dicha materia prima.

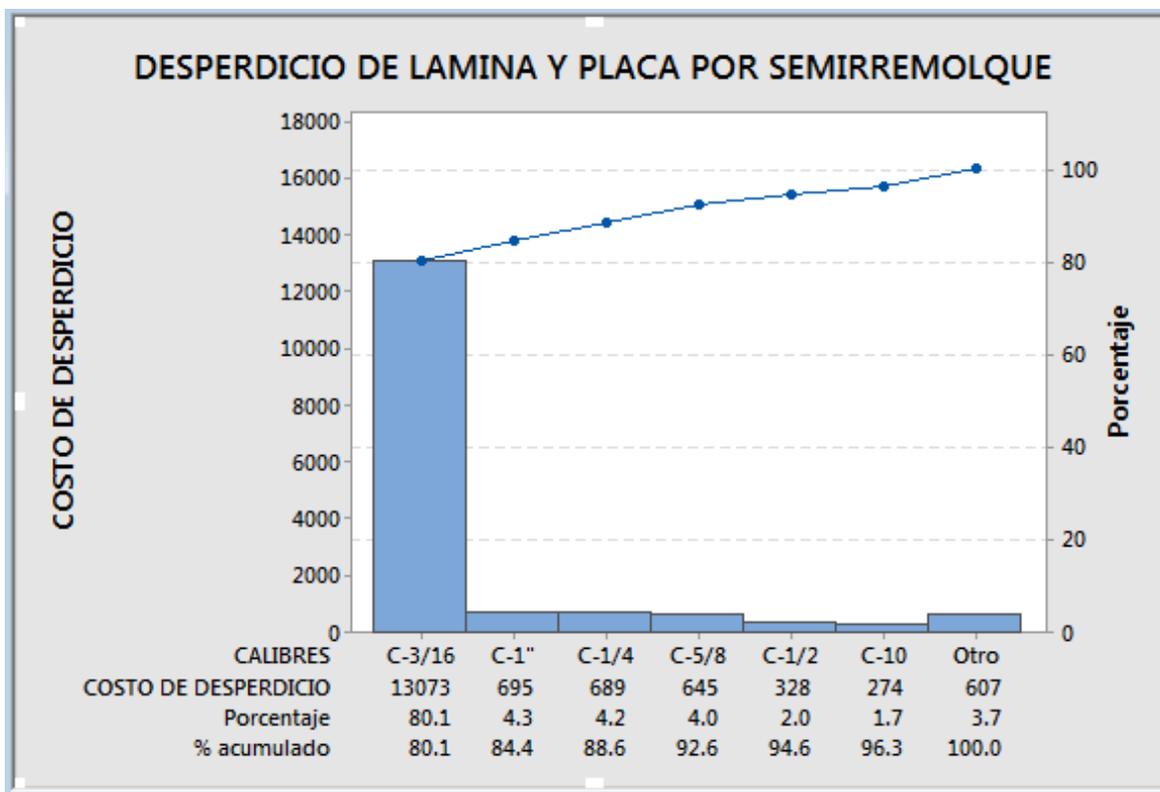


Figura 27 Pareto de desperdicio de lámina y placa (Fuente: Elaboración propia)

Actualmente en el proceso de corte del costado inferior se está dejando una holgura en el ancho de la pieza de 9 cm aproximadamente por motivos de “re-ajuste” para efectos del proceso de ensamble, ya que al no cuadrar y distribuir el piso del semirremolque ensamblado en la sección cajón hay variaciones de medidas que son corregidas y reajustadas por parte del operario ya sea cortando o dejando el excedente de material y poder dejar el costado con un Angulo de 90° respecto del piso.

Este excedente y sobrante de material es contabilizado como desperdicio “natural” de proceso, ya que no puede ser utilizado en ningún producto alterno del mismo semirremolque, ya que las dimensiones con las que cuenta dicho sobrante no cumple con ninguna de las requeridas por las demás piezas de ensamble.

Actualmente a la costilla estructural se le da una tolerancia mayor a la permitida de aproximadamente 7 cm, esto es generado por la falta de estandarización del largo en costados inferiores, forzando a las costillas estructurales a compensar la altura requerida y haciendo

cortes perimetrales en las puntas de las piezas. Al analizar la segunda hoja, se puede observar que hay un mayor desperdicio de materia prima que impacta fuertemente en los costos del producto.

Capacidad del proceso para costados inferiores (condición inicial); en la que se analiza la situación actual del proceso de fabricación del costado inferior

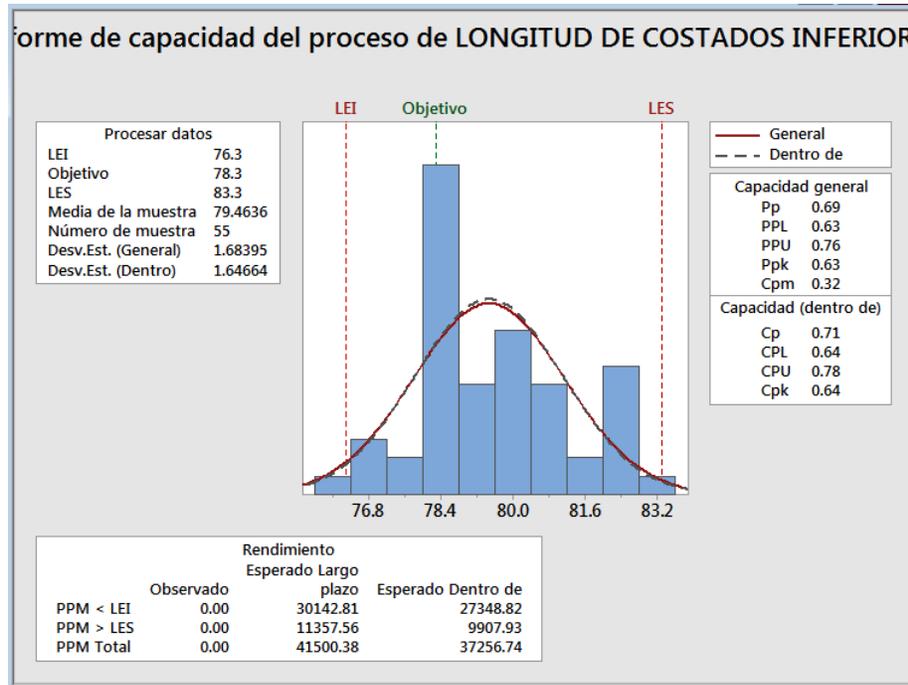


Figura 28 Análisis de capacidad de proceso para costados inferiores (Fuente: Software estadístico)

Con lo anterior podemos determinar que tanto la capacidad de proceso, como la capacidad real en la fabricación de costados inferiores: son deficientes ya que no cumplen con los estándares aceptables del control estadístico de la calidad. En otras palabras se cuenta con un Cp de 0.71 no cumpliendo con un  $Cp > 1.33$ , originando costados fuera de tolerancias. En cambio el Cpk tiene un valor de 0.64 por lo que tampoco cumple con  $Cpk > 1$ , esto quiere decir que el proceso no se ajusta adecuadamente a las tolerancias. Como conclusión el proceso no es capaz debido a que tiene amplias variaciones naturales del proceso. Así mismo cuenta con variaciones en tolerancias de especificación de la repartición y desarrollo de la materia prima.

Capacidad del proceso para costillas estructurales (condición inicial); en la que se analiza la situación actual del proceso de fabricación de la costilla estructural.

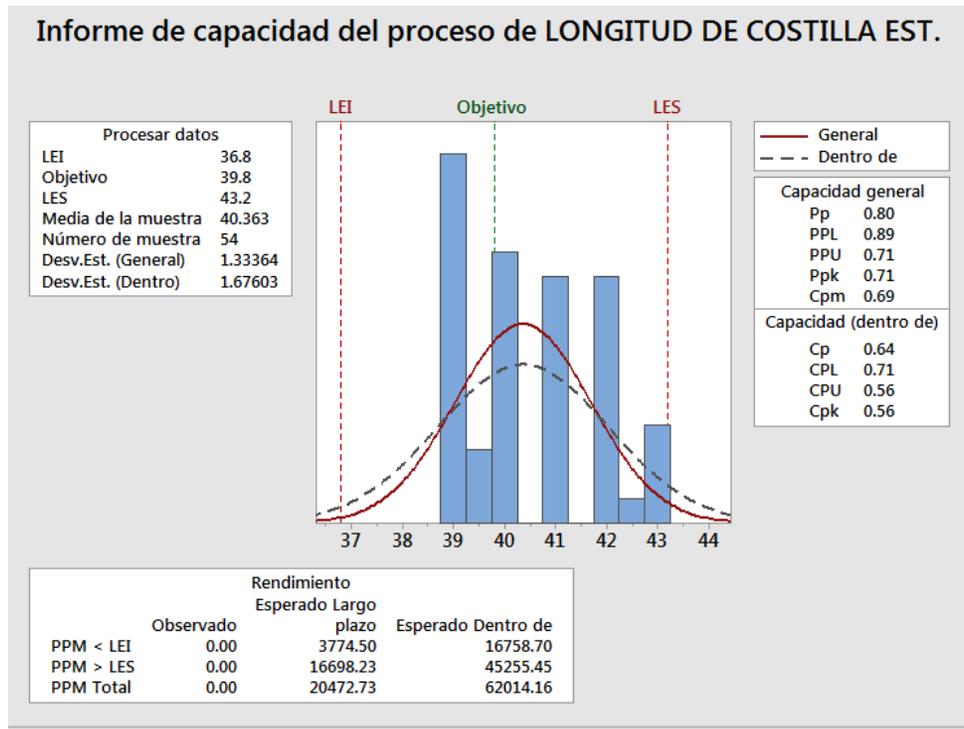


Figura 29 Análisis de capacidad de proceso para costados inferiores (Fuente: Software estadístico)

Con lo anterior podemos interpretar que tanto la capacidad de proceso, como la capacidad real de la fabricación de costillas estructurales: son deficientes ya que no cumplen con los estándares aceptables del control estadístico de la calidad. En otras palabras se cuenta con un Cp de 0.64 no cumpliendo con un  $Cp > 1.33$ , originando costillas estructurales fuera de tolerancias. En cambio el Cpk tiene un valor de 0.56 por lo que tampoco cumple con  $Cpk > 1$ , esto quiere decir que el proceso no se ajusta adecuadamente a las tolerancias. Como conclusión el proceso no es capaz debido a que tiene amplias variaciones naturales del proceso. Así mismo cuenta con variaciones en tolerancias de especificación de la repartición y desarrollo de la materia prima.

### 3.3 ANALIZAR



Causa	Porque? 1		Porque? 2		Porque? 3		Porque? 4		Porque? 5
Material fuera de especificación	mal corte en cizalla	v	mal despunte de placa	v	mal trazo de dimensiones	v	mal cuadrado de hoja completa	v	material descuadrado
Material mal trazado	medidas incorrectas	v	mal manejo de plantillas	v	mala distribución de plantillas	v	plantillas inapropiadas	v	
Mal corte de cuchilla	cuchilla descalibrada	v	desgaste en cuchilla	v	falta de mantenimiento	v	plan de inspección de maquinaria	v	
Inspección de corte	poca severidad en inspección	v	falta de interés de operarios	v	poca supervisión	v	capacitación inadecuada	v	

Tabla 4 Análisis de 5 ¿Por qué? (Fuente: Elaboración propia)

Para esta fase y tomando en cuenta las causas que ya se han determinado en las fases anteriores, se procede a tabular y ponderar las causas potenciales y tomar medidas de acción que beneficien y aporten una mejora considerable al proceso ya descrito (tabla 4).

Tabla 5 Causas potenciales de desperdicio (Fuente: Elaboración propia)

#	Descripción	Nivel de impacto	nivel de esfuerzo	#	Descripción	Nivel de impacto	nivel de esfuerzo
1	Rectificado de plantillas para corte de lámina y placa	10	4	6	Inspección de material al recibirlo	4	2
2	Estandarización de lámina y placa	8	3	7	Realizar auditorías al proceso de trazado de material	6	4
3	Reemplazar material de plantillas de corte	9	7	8	Modificar el método de cuadrado de lamina	7	9

4	Calibración de cuchillas de corte	7	8	9	Selección de material con despunte	4	9
5	Concientizar y capacitar al personal sobre el corte y dobléz del material	6	3				

En la tabla anterior se muestra una matriz de prioridad para la implementación de mejoras, y de acuerdo al concentrado anterior las mejoras: 1, 3, 4,6 y 9 son las que presentan focos de atención y en la cuales se deben centralizar esfuerzos.

Los criterios de la selección para las acciones correctivas fueron dos: que fueran efectivas y además no representara una alta inversión. Para la implementación de cada mejora se asignó un responsable. En esta fase se hace un análisis preliminar del desarrollo actual de la placa directamente para los calibres: 3/16. Con la cual se analiza y optimiza el acomodo y distribución de material de tal manera que sea evidente la reducción del desperdicio dentro de este proceso. Se presenta un análisis del plano actual del acomodo de la materia prima vs la nueva distribución de la materia prima, haciendo el cálculo y la tabulación del resultado tangible de reducción de desperdicio

### 3.4 MEJORAR

#### Diseño factorial (identificación de las variables vitales)

Para el caso de esta investigación, es necesario identificar las variables que son vitales dentro del proceso de corte de la placa c-3/16. La técnica por excelencia es el diseño factorial, que se enfoca en estudiar el efecto individual de interacción de dos o más factores sobre una o más variables de respuesta.

Para este apartado, se ha consensado y rediseñado plantillas de corte con diferentes atributos, como lo es dos tipos de lámina que se diferencian en el largo y ancho perimetral, así como la distribución de dos tipos de plantilla de acuerdo al acodo de las secciones.

Para este caso de estudio, la reducción de desperdicio de la placa c- 3/16, se centra en el análisis del corte de costados inferiores y costillas estructurales, se intenta re-diseñar una nueva plantilla de corte que disminuya el desperdicio de la materia prima, en este caso se evalúan las siguientes condiciones:

Tabla 6 Diseño factorial (fuente: Elaboración propia)

Medida de lamina Plantilla	(1) 4'X10'	(2) 3'X10'
A	NIVEL ALTO	NIVEL BAJO
A	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO
B	NIVEL ALTO	NIVEL BAJO
B	NIVEL BAJO	NIVEL ALTO

Para la tabla anterior (tabla 5) “A” representa el aprovechamiento de la lámina de acuerdo a las dimensiones que se están solicitando, mientras que “B” representa el nivel de eficiencia en la plantilla de corte.

Mediante la utilización del Software estadístico, se corren los resultados de estas cuatro condiciones de prueba en orden aleatorio, para así poder determinar cuál es la opción más viable en el rediseño de la plantilla de corte.

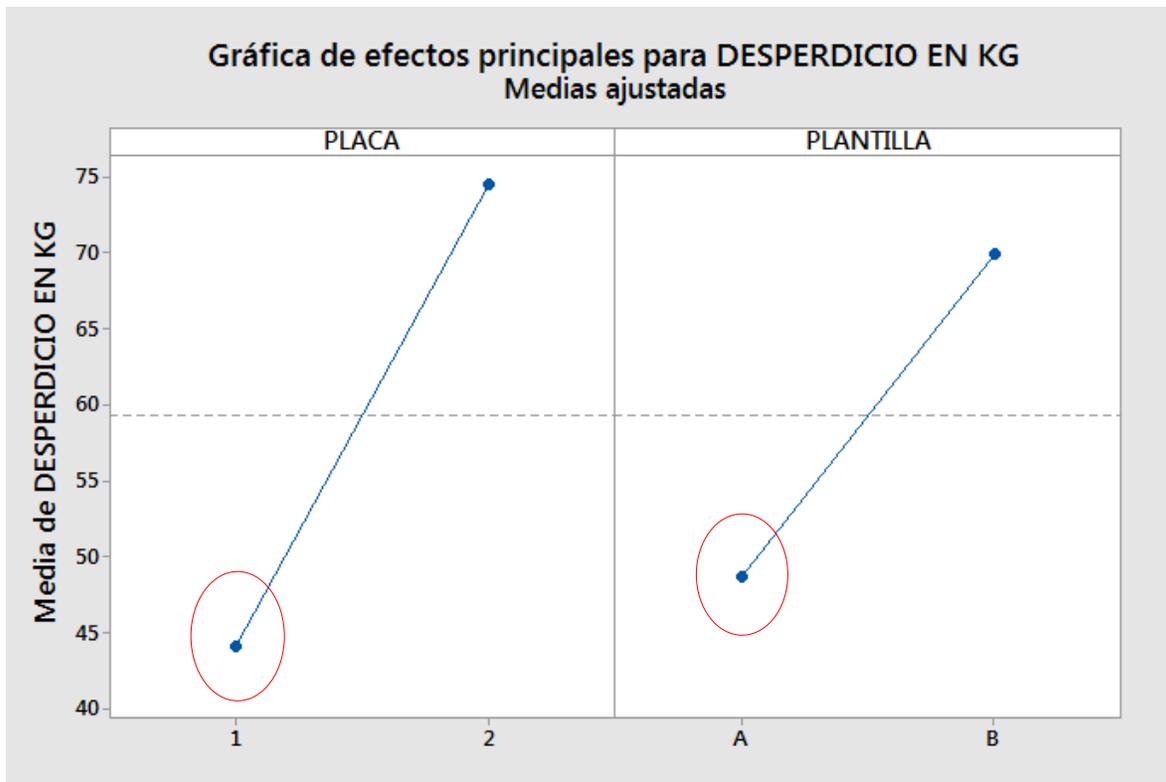


Figura 31 Diseño factorial. (Fuente: Software estadístico)

De acuerdo a la primer tablas del análisis de diseño factorial y para el caso de reducción de desperdicio, podemos observar una tendencia favorable hacia la placa #1 que corresponde a las dimensiones 4'x10', y a la plantilla de corte y distribución de material A.

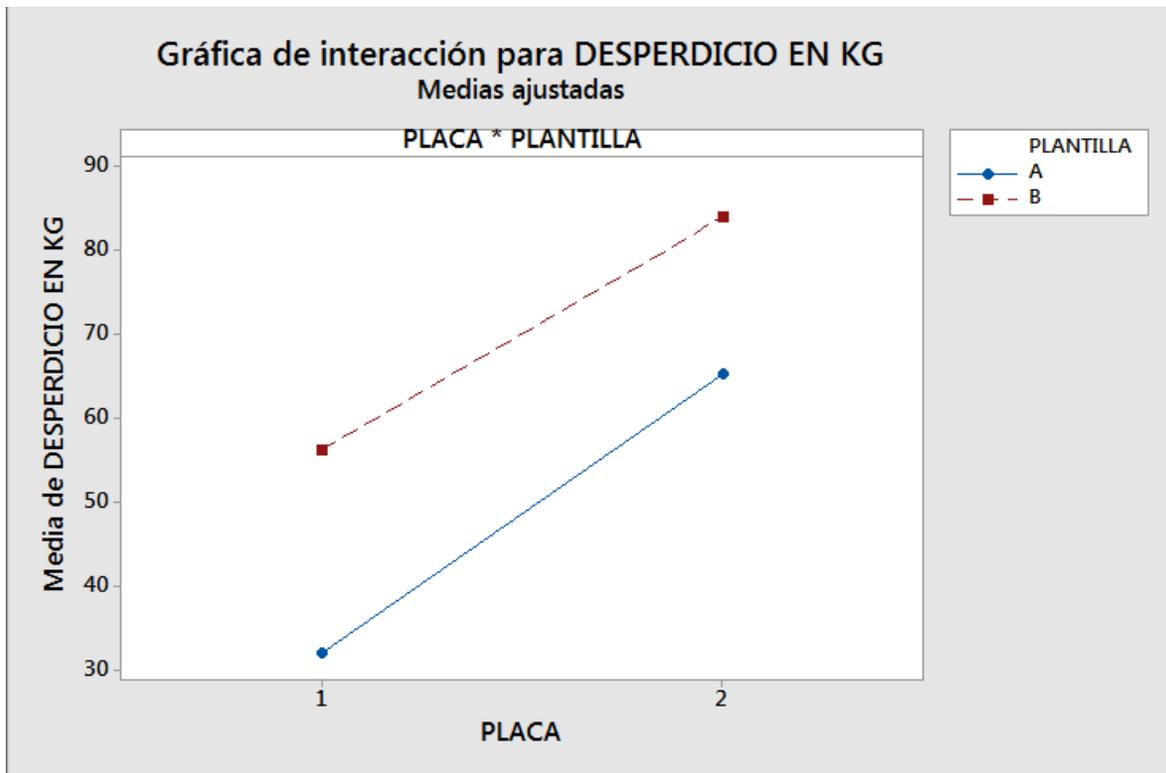


Figura 32 Diseño factorial de interacción. (Fuente: Software estadístico)

Con la gráfica de interacción, podemos interpretar que los puntos 1 y A, se encuentran en una tendencia favorable hacia el no desperdicio, ya que el objetivo del rediseño de la nueva plantilla es reducir el desperdicio de la placa c-3/16 dentro del proceso de corte.

El análisis estadístico anterior nos recomienda establecer como plantilla predeterminada “1 A” que traducido al lenguaje de trabajo, corresponde a la nueva plantilla propuesta y en conjunto con una hoja de placa calibre 3/16 más grande en dimensiones proporcionales a las que se ha estado trabajando comúnmente dentro del proceso productivo. Esto favorece el proceso de corte, ya que el aprovechamiento de la materia prima es mucho mayor y el desperdicio se reduce muy notablemente.

### Mejora 1.0

Con el análisis realizado en la nueva distribución de la placa calibre 3/16 se calcula y muestra un ahorro considerable en la fabricación de costillas estructurales y costados inferiores, ya que se aprovecha una lamina

Tabla 7 Ahorro de plantilla propuesta (Fuente: Elaboración Propia)

Versión	Aplicación	Q T Y	Tipo	Calibre	Dimensiones en cm	Kg	Costo	Total	Desperdicio	Total ahorro
Dist. de material antigua	Costados	8	Placa	3/16	305x122	141	\$2,530.95	\$20,247.6	\$6,199.95	---
	Costillas	3	placa	3/6	305x122	141	\$2,530.95	\$7,592.85	\$3,095.05	----
Propuesta actual	Combinado	8	placa	3/16	305x122	141	\$2,530.95	\$20,247.6	\$310.20	<b>\$8,947.8</b>

La tabla anterior demuestra que al hacer una reestructuración en la plantilla de corte se obtiene un ahorro tabulado muy considerable, ya que permite y propicia la reducción del desperdicio y por ende una ventaja comercial al poder disminuir los costos de producción del semirremolque de volteo. Se puede observar en la tabla anterior (Tabla 4) una evidente reducción de desperdicio de la placa calibre-3/16, comparándola con las versiones de plantillas anteriores.

### Mejora 2.0

Para la mejora en la recepción de la materia prima, se implanta un proceso de inspección de materia prima cuando se recibe directamente del proveedor, en presencia del representante de la descarga, se mide físicamente el largo y ancho de la placa C-3/16 que es la que presenta un menor margen de error permitido. Para esto se hace un formato de control, donde el encargado de la inspección llena las hojas de acuerdo con cada orden de compra surtida por parte de la empresa acerera

### 3. Reestructuración y rediseño de plantilla de corte

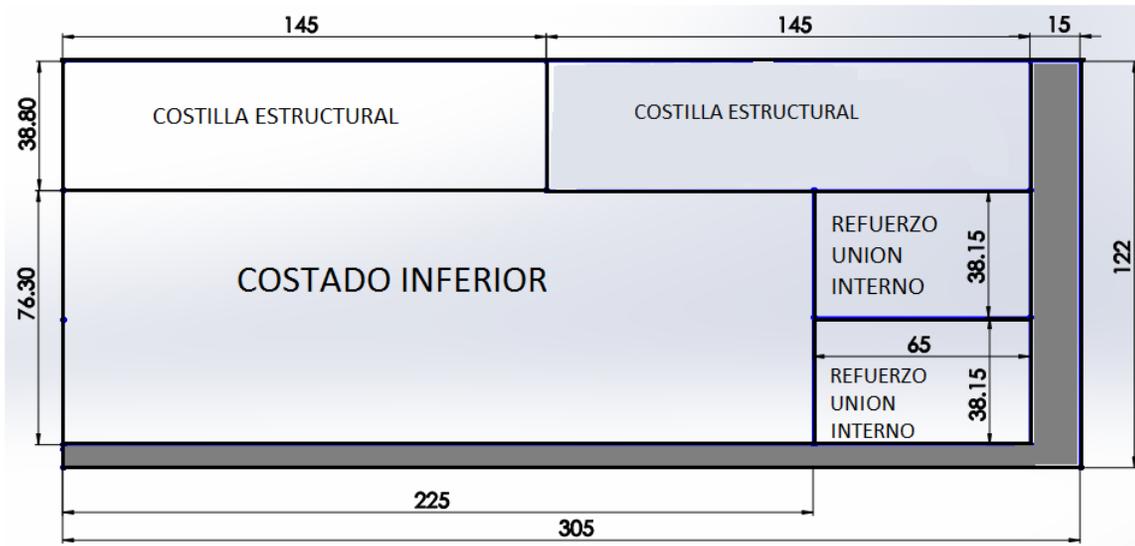


Figura 33 Reestructuración y rediseño de plantilla de corte (fuente: elaboración propia)

Se hace el rediseño de la plantilla principal de corte, mediante un análisis de materiales, en consenso con los representantes del departamento de corte y doblado, creando una plantilla estándar (Figura 16), que podrá cumplir con las especificaciones para el proceso productivo del semirremolque y además que siga con esta tendencia de reducción de desperdicio.

#### Mejora 4.0

Se estableció la frecuencia de calibrado de las cuchillas de corte directamente sobre la cortadora cizalla, se hizo la medición durante un mes de trabajo continuo, midiendo el desgaste diariamente.

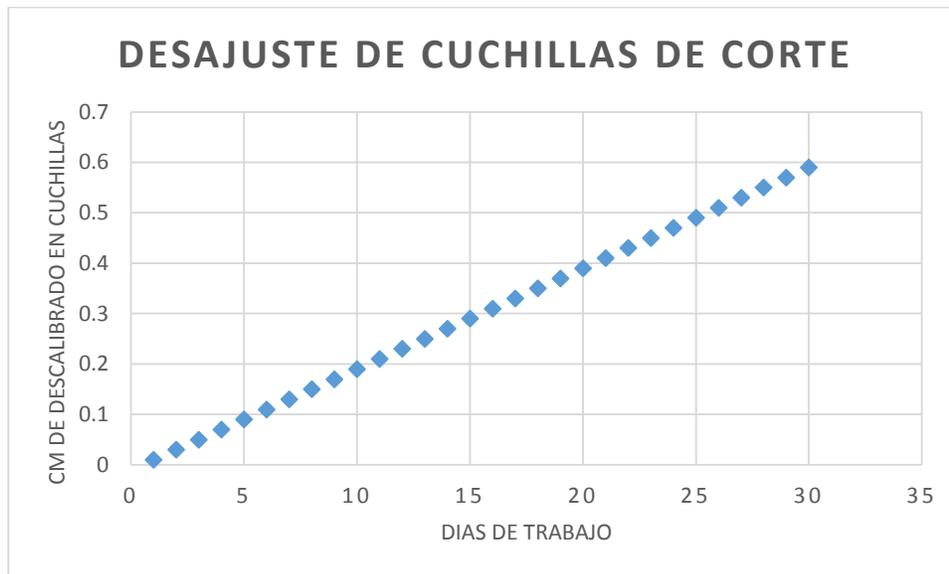


Figura 34 Desajuste de cuchilla (Fuente: Elaboración Propia)

Como lo muestra la tabla anterior, se recomienda que el re-calibrado de las cuchillas se realice de 0.3 a 0.6 cm de error en el corte, o en su defecto cada 30 días de trabajo ya que esto representa que se estén cortando piezas con irregularidad y puedan presentar un re trabajo en el área de ensamble.

Otra de las mejoras presentadas, es la realización de auditorías dentro del proceso de corte y despunte de material, lo cual se hizo y verifico en 5 semirremolques a los cuales se les aplicaron las nuevas mejoras asignadas a los procesos, se realizó un nuevo estudio de cp y cpk para evaluarlos directamente.

Se midieron las especificaciones con las que estaban saliendo los costados inferiores y costillas estructurales de cada semirremolque (5 semirremolques), cada unidad lleva 10 costillas estructurales y 8 costados inferiores, de los cuales se muestra en análisis a continuación.

Se realizan grupos de capacitación e involucramiento de los operarios que intervienen directamente en el departamento, para poder hacer e implementar todas las mejoras en el departamento.



Figura 35 Capacitación de personal (fuente: CyRVR)

Una de las mejores estrategias tomadas, es el involucramiento del personal ya que se logra tener un departamento más compacto, pues la comunicación es mayor y la coordinación del trabajador con el área de trabajo es mucho más concreta.

### 3.5 CONTROL

En esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Las acciones de control se dan en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo. En particular, se implementaron medidas para controlar de manera adecuada la variable principal (desperdicio) en las condiciones de operación propuestas y en función del tipo de plantilla y lámina requerida. Además se modificaron los procedimientos de trabajo correspondientes.

En cuanto a los cambios relacionados con el monitoreo del proceso, también se implementaron cartas de control de medias y rangos, basadas en 5 muestras, para monitorear el comportamiento del proceso. Se observa un comportamiento en control estadístico tanto de la media como de la variabilidad del proceso, lo que contrasta con la situación inicial del proceso que se mostró en la fase de medición.

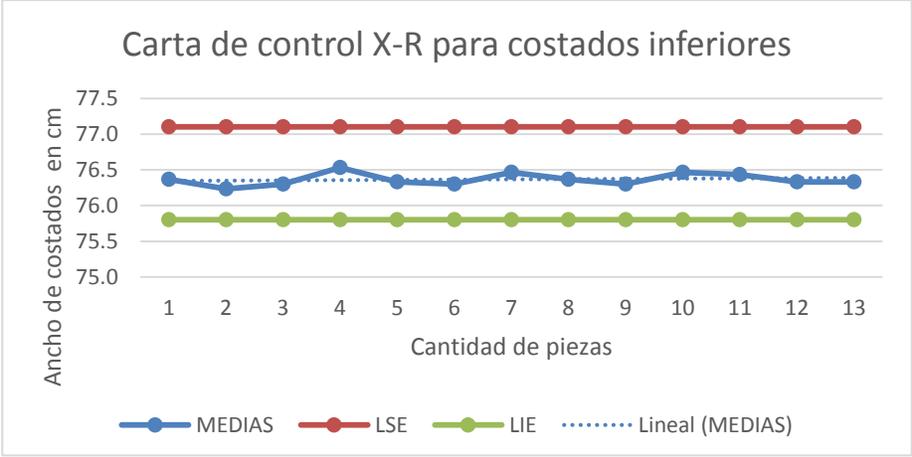


Figura 36 Carta de control para costados inferiores (Fuente: elaboración propia)

Esta carta de control muestra las condiciones actuales en las que el proceso está trabajando los costados inferiores, sabiendo que se ha implementado acciones en cuanto a corte y trazado de material se refiere, mostrando que las unidades fabricadas presentan una tendencia central con respecto a la tendencia lineal. Esto quiere decir que los costados inferiores están siendo más uniformes en cuanto a corte y trazado de material.

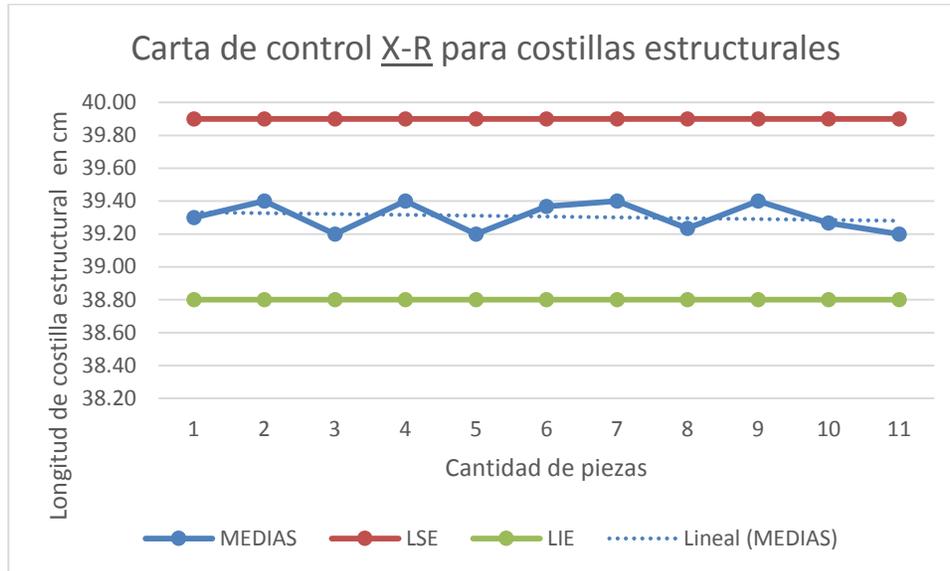


Figura 37 Carta de control para costillas estructurales Fuente: elaboración propia

Por otra parte la carta de control para costillas estructurales es positiva, ya que nos permite visualizar una mejora muy significativa en el proceso, las modificaciones en el método de trazado y corte de la placa se pueden observar y traducir estadísticamente, ya que nuestras medias de las piezas medidas presentan una tendencia más centralizada con respecto nuestros límites de especificación.

Como parte de la fase de control se hace el seguimiento mediante indicadores, hojas de control específicas para cada actividad en la cuales se enumeran las actividades de revisión tanto críticas como no críticas, a manera de ir las supervisando.





**CAJAS Y REMOLQUES DE VOLTEO RUANO S.A. DE C.V.**  
**BITÁCORA DE SERVICIO MANTENIMIENTO PREVENTIVO**



DEPARTAMENTO		DATOS DE MAQUINARIA			SERVICIO	
DEPARTAMENTO: _____		MARCA: _____			ORD. SERVICIO: _____	
SECCION: _____		SERIE: _____			FECHA COMIENZO: _____	
FECHA: _____		SECCION: _____			FECHA TERMINO: _____	
		OBSERVACION: _____				
NUM.	DESCRIPCION	ESTADO DE PIEZA			REFACCION	
		REVISION			CANT	CONCEPTO
<b>a) Cizalla (cortadora)</b>						
1	Llenado de caja(aceite)	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
2	Bandas tensoras	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
3	Reten de usillos	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
4	Mangueras	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
5	Lubricación de usillos	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
6	Manómetro de grados	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
7	Bulbo de aceite	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
8	Dados de troquel	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
-	Accesorios generales	CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
-		CORRECTO	PINTO	CAMBIO		
<b>h) Otros y Observaciones</b>						

\_\_\_\_\_  
SUPERVISOR

\_\_\_\_\_  
ENCARGADO DE PISO

Figura 39 Bitácora de mantenimiento (Fuente: elaboración propia)

- Formato diario de inspección para mantenimiento autónomo que cada operador debe ejecutar, esto se hace con la finalidad de involucrar más al operador a inspeccionar

su maquinaria (cizalla de corte), y poder detectar anomalías oportunamente (Figura 20).

		<b>CAJAS Y REMOLQUES DE VOLTEO</b> <b>RUANO S.A. DE C.V.</b>	
		<b>FORMATO DIARIO DE INSPECCION</b>	
<b>ORDEN INTERNA DE SERVICIO</b>			
Opeador		Nivel de aceite	
Fecha Elaboración		Lubricacion	
Maquina		Bancada	
Depto		Cuchilla	
Hora		Motor	
		Otros	
<b>Observaciones Generales</b>			
<b>Operador</b>		<b>Supervisor</b>	
<hr/> <b>NOMBRE Y FIRMA</b>		<hr/> <b>NOMBRE Y FIRMA</b>	
Carretera México - Veracruz km 113 s/n San Lorenzo Tlacualoyan, Yauhquemehcan Tlax. CP. 90450 Tel. (241) 418- 0020 / 418- 2920 / 418-3787 <a href="http://www.ruano.mx">www.ruano.mx</a>			

Figura 40 Formato diario de inspección (Fuente: elaboración propia)

Se realiza un formato mediante el cual se llevara un control periódico del proceso de corte y dobléz de lámina y placa (Figura 21), esto con la finalidad de poder mantener en proceso

centralizado dentro de las especificaciones de cada uno de los productos fabricados en este departamento y mantener una filosofía de mejora continua de este departamento, ya que es uno de los principales de la compañía

Cajas y Remolques de Volteo Ruano										
FORMATO PARA INSPECCION DE CORTE Y DOBLEZ DE LAMINA Y PLACA										
Nombre del operario:	ARMANDO PADILLA					Semana inicial:				No. Orden
Nombre del responsable:						Semana final:				
DETALLE	CUADRADO DE M.P.		DESPUNTE		TRAZADO		CORTE		DOBLEZ	
SECCION										
PIEZA										
CONFORME	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
SECCION										
PIEZA										
CONFORME	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
SECCION										
PIEZA										
CONFORME	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
										Total de horas programadas
OBSERVACIONES										

Figura 41 Formato inspección corte y doblez (Fuente: Elaboración propia)

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Luego de la implementación de todas y cada una de las fases de este proyecto, las pérdidas por desperdicio de materia prima disminuyeron \$8,900.00 pesos por semirremolque fabricado en promedio, además desaparecieron los retrabamos existentes que se generaban en el trazado y despunte de material al ser procesado.

En la siguiente gráfica de Pareto aprecia las pérdidas por calibres de materias primas luego de la implementación de las mejoras. Si bien se mantiene el mismo orden que la condición inicial, las cantidades finales disminuyeron en el calibre 3/16 que corresponde a la placa estructural.

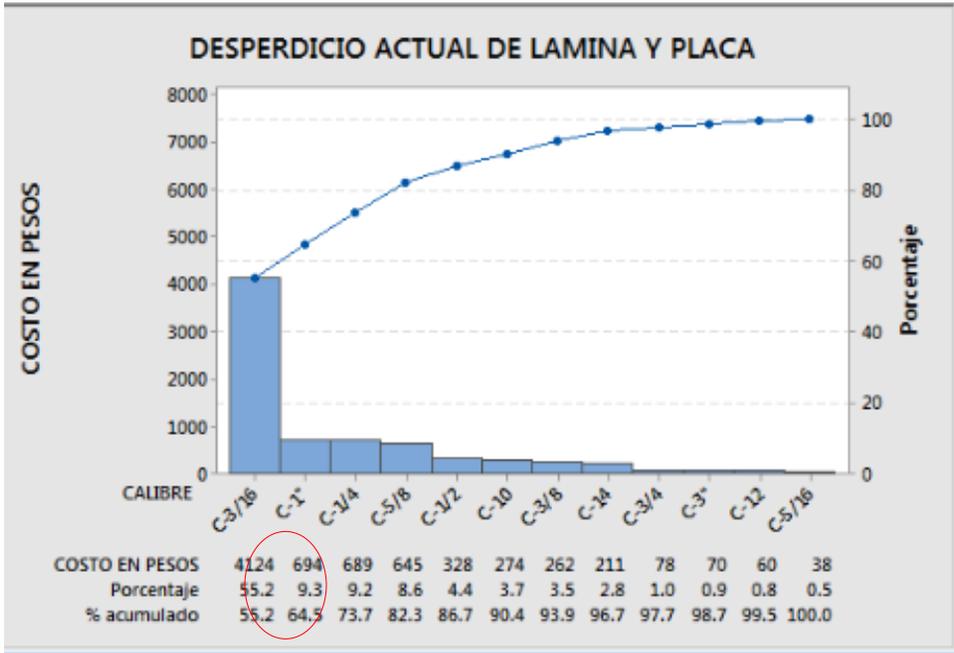


Figura 42 Pareto final de desperdicio de lámina y placa (Fuente: Software Estadístico)

Hubo una reducción de considerable del 68% para el calibre c-3/16 que corresponde a la fabricación de costados inferiores y costilla estructural, por lo que resume en un ahorro de \$313,180.00 pesos por periodo estimado.

Se realizaron mediciones a 5 semirremolques a los cuales les fue aplicado el nuevo método de trazado y cortado, se analizaron mediante la utilización del software MINITAB para poder

determinar el análisis de capacidad actual del proceso, midiendo nuevamente los costados inferiores y costillas estructurales de cada uno de los 5 semirremolques.

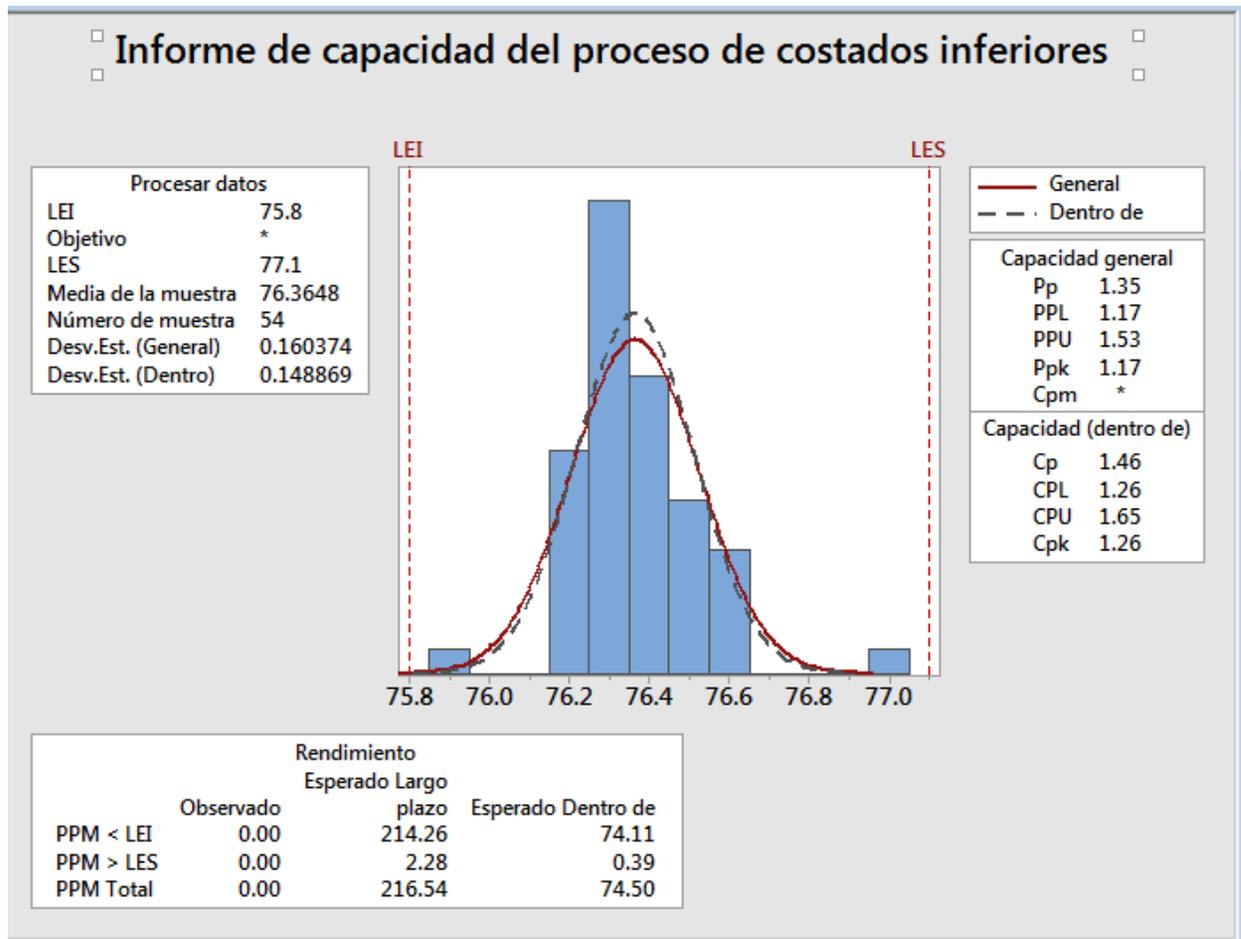


Figura 43 Análisis de capacidad del nuevo proceso de corte para costados inf. (Fuente: Software Estadístico)

Tabla 8 Comparación de análisis Cp y Cpk del proceso de corte de costados inferiores

<b>Antes</b>	<b>Después</b>
<b>Cp. 0.71</b>	<b>Cp. 1.46</b>
<b>Cpk. 0.64</b>	<b>Cpk. 1.26</b>

**(Fuente: elaboración propia)**

De acuerdo al análisis realizado en la capacidad del proceso anteriormente 7 de cada 10 piezas fabricadas presentaban condiciones fuera de especificación y representaba algún tipo de re trabajo en la elaboración de costados inferiores, actualmente y con base al análisis de

capacidad aplicado al fin del desarrollo de las fases anteriores se tiene una mejora en calidad y aprovechamiento de la materia prima, ya que 3 de cada 10 costados llegan a presentar alguna medida fuera de especificación, estadísticamente se puede deducir que se tiene un proceso adecuado y estable para el trabajo, ya que arroja un  $cp=1.46$  de un proceso más controlado y estandarizado, comparado con el inicial. Por situaciones de mejora requiere de la continuidad de los procesos y de la supervisión del responsable del departamento, para poder tener un control total en la fabricación de los costados inferiores.

Informe de capacidad del proceso de costilla estructural.

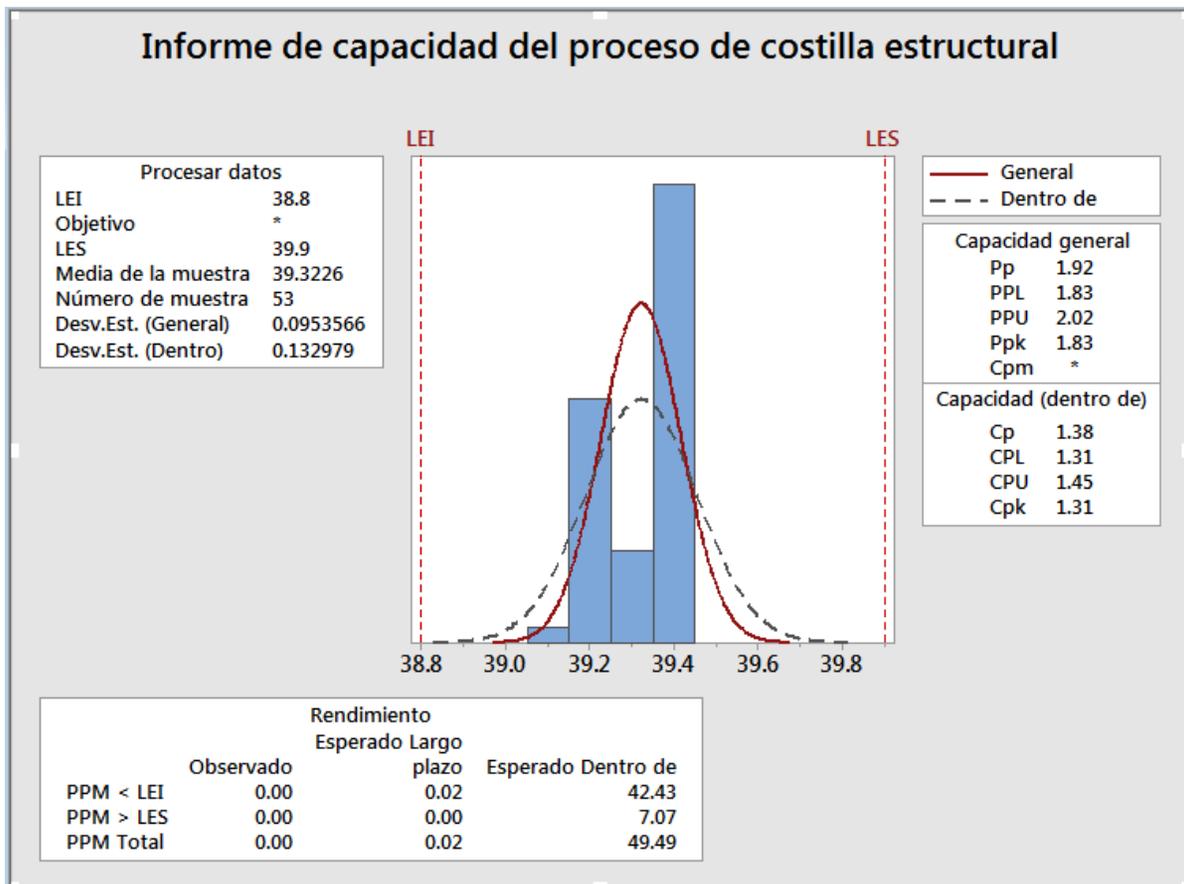


Figura 44 Análisis de capacidad del nuevo proceso de corte para costillas est. (Fuente: Software Estadístico)

Tabla 9 Comparación de análisis Cp y Cpk del proceso de corte de costillas estructurales

Antes	Después
<b>Cp. 0.64</b>	<b>Cp. 1.38</b>
<b>Cpk. 0.56</b>	<b>Cpk. 1.31</b>

(Fuente: elaboración propia)

De acuerdo al análisis realizado en la capacidad del proceso anteriormente 8 de cada 10 piezas fabricadas presentaban condiciones fuera de especificación y representaba algún tipo de re trabajo en la elaboración de costillas estructurales, actualmente y con base al análisis de capacidad aplicado al fin del desarrollo de las fases de la metodología utilizada se tiene una mejora en calidad y aprovechamiento de la materia prima, ya que 3 de cada 10 costillas llegan a presentar alguna medida fuera de especificación De acuerdo al análisis realizado en la capacidad del proceso de la elaboración de costillas estructurales, se puede deducir que se tiene un proceso adecuado para el trabajo ya que el  $cp=1.38$ , hay mejoras considerables en comparación con el  $cp$ . Inicial del proyecto, pero requiere de la continuidad de los procesos y de la supervisión del responsable del departamento, para poder un control total en el departamento completamente. Por otra parte también podemos definir que un  $cpk=1.31$  óptimo, lo que nos indica que nuestro proceso está fabricando piezas que cumplen con las especificaciones pertinentes al proceso.

Es importante mencionar y reconocer que el esfuerzo aplicado por los departamentos que se involucraron en esta investigación. El adoptar e implementar una filosofía de mejora no es tarea fácil, ya que los resultados son producto de la participación y constancia del personal que intervino directamente en el proceso.

Partiendo de lo anterior, se llega a la conclusión de que el enfoque aplicado para la reducción de desperdicio mediante la utilización de la metodología DMAIC es positivo y nos permite medir un cambio radical cuantificable, ya que satisface los objetivos planteados de nuestra investigación, pero lo más importante fue el involucramiento de la gerencia, ya que son los principales impulsores y promotores del cambio.

Como conclusión general, toda implementación debe tener un procedimiento y secuencia que permita el crecimiento, es decir coordinada mediante un modelo que nos permita alcanzar objetivos específicos de mejora, la naturaleza de DMAIC es que con el mínimo de recursos las empresas puedan aumentar el valor y reducir los costos, actualmente las empresas necesitan ser más rentables y poder reducir sus costos de producción. Para el caso de la empresa Cajas y Remolques de Volteo Ruano SA de CV, este trabajo es pieza fundamental

en el eslabón de crecimiento, porque sirve como guía y podrá ser aplicada en los diferentes productos que la empresa actualmente fabrica.

## **CONCLUSIÓN**

En este trabajo se ha mostrado la validez y utilidad de una de las metodologías más completas y de mayor impacto en la industria como lo es la metodología DMAIC, que se enfoca a los procesos de reestructuración productiva y mejora continua. A partir de esta investigación se ha demostrado la perspectiva y el cambio interno de la empresa Cajas y Remolques de Volteo Ruano SA de CV, en las relaciones laborales, productivas y administrativas. Sin embargo, analizando la complejidad de los cambios productivos internos, es importante dar seguimiento y mantener una disciplina laboral.

Este trabajo analizó la rentabilidad total del semirremolque 30m<sup>3</sup> enfocándose en factores como reducción de costos y aprovechamiento de recursos dentro de la organización. Los departamentos que experimentaron cambios importantes contribuyendo a la reducción de costos fueron: corte y doblado de lámina y placa. Los resultados expuestos confirman la idea de que el proceso de crecimiento depende en gran medida a estos departamentos. Una mayor reducción de costos tiende a generar crecimiento importante dentro de la actividad industrial y propiciando la competitividad comercial.

La evidencia presentada mostró que los departamentos antes mencionados no contaban con condiciones favorables en el ahorro de los costos de producción, actualmente el cambio aplicado por la metodología DMAIC permitirá mejorar la productividad de la organización, implicando un proceso más endeble y que puede ser bajo condiciones propias adecuadas al proceso.

En cumplimiento al objetivo general, se realizó una reestructuración del proceso productivo para el semirremolque de 30m<sup>3</sup>, favoreciendo áreas y departamentos que presentaban una oportunidad de mejora, esto obtuvo como resultado un ahorro en el desperdicio de la placa C-3/16 considerable de \$8, 947.80 pesos por unidad fabricada y \$313,

173.00 pesos por las 35 unidades que en promedio fabrica la empresa anualmente. Esto es evidencia de la aportación que se hace al implementar metodologías completas como lo es DMAIC, enfocadas a cambios radicales respetando una de sus fortalezas como lo es el respaldo y mejora hacia procesos ya existentes.

En relación a los objetivos específicos planteados al principio de esta investigación, se aplicaron diferentes herramientas que nos permitieron conocer e identificar las variables críticas que afectan directamente el proceso productivo del semirremolque como lo es el desperdicio y la inestabilidad del proceso. Así mismo se analiza e identifican las etapas críticas para la reducción de costos como el proceso de trazado, distribución y corte de la materia prima principal, siendo los costados inferiores y costillas estructurales las secciones más sensibles en el proceso productivo, con las cuales se trabajó en esta investigación y se pudo controlar de manera satisfactoria incrementando la rentabilidad del departamento completo.

De acuerdo con la hipótesis planteada al inicio de este trabajo de investigación, la empresa contaba con un costo de fabricación de \$270,000.00 pesos por unidad, generando una desventaja competitiva dentro del mercado. Al implementar la metodología DMAIC se busca una reducción de al menos 6% el costo de fabricación para cada unidad producida, por semirremolque fabricado. Al enfocar la metodología en esta meta, se analizan las causas potenciales y se centran las herramientas adecuadas para cada una de las fases de DMAIC, obteniendo como resultado un ahorro de \$9 mil pesos por unidad, incrementando la rentabilidad del producto y mejorando el desempeño del departamento de corte y doblaje, esto a su vez genera una ventaja comercial real, ya que se puede proponer un precio de venta atractivo por debajo del rango establecido por el mercado.

En respuesta a las preguntas de la investigación, la metodología DMAIC es potencialmente apta y adecuada para modificar procesos existentes de tal manera que se adaptó a las necesidades requeridas para el proyecto, utilizando cada una de las herramientas enfocadas a la reducción del desperdicio y que al final se traduce a una reducción de costo que beneficia a toda la cadena de valor, ya que permite y da pie a la competitividad comercial mediante

una mayor rentabilidad del producto. Es óptimo implementar DMAIC en procesos críticos, para el caso de esta empresa que presentaba problemas en la parte de la transformación de la materia prima, ha sido fundamental su interacción mediante cada una de sus diferentes fases a este proceso productivo, ya que no solo ha mejorado el proceso, sino que también ha cambiado la forma de visualizar la calidad con la que por años se han elaborado los componentes del semirremolque de volteo, mejorándolos y haciendo más eficiente la utilización de los recursos existentes.

De la misma manera, puede decirse que los resultados de este trabajo en la reducción de costos pueden suponer una mejor estructura organizacional puesta en marcha en la empresa, uso de técnicas de trabajo nuevas, mejores habilidades de los trabajadores y una mejor relación laboral interdisciplinaria. Interviene también la forma en que se difunden las nuevas técnicas de producción, que frecuentemente varían entre empresas e industrias y se sujeta a las condiciones económicas que conforman el entorno en el que se desenvuelven ambas. En general, las empresas propensas a introducir innovaciones lo hacen esperando obtener mayores beneficios, reducir costos, reemplazar maquinaria y equipo, y ofrecer mejores precios al consumidor, pero para el caso de esta empresa todos estos cambios y mejoras se han podido realizar tomando en cuenta la situación actual de la empresa, contemplando los recursos disponibles pero mejorando los procesos existentes actuales.

## **Recomendaciones**

La mejora continua es el conjunto del arduo trabajo en equipo y la constante supervisión e interés por parte de los directivos, ya que las acciones aplicadas para la presente investigación tienen que ser constantes, medidas y analizadas, con el fin de identificar nuevas oportunidades de mejora. Cajas y Remolques de Volteo Ruano SA de CV presenta una ventaja territorial de mercado y eso debe fortalecer su posición y motivar a la organización a seguir siendo un líder que visión en la expansión de mercado, dando a sus clientes ese voto de confianza para con su producto, demostrando que la calidad es continua y las miras de crecimiento son constantes. El estar inmerso en un mercado tan noble y expansivo debe crear en la organización confianza y motivación, involucrando a todos los sectores jerárquicos de

la organización y demostrar porque la empresa tiene como fortaleza sus 50 años de experiencia en el ramo de la transformación metalmecánica

## **Trabajos futuros**

El presente proyecto es solo una previa encaminada al abanico de oportunidades de mejora que tiene la empresa, ya que puede ser pieza clave en la implementación de cualquiera de sus demás productos de línea con los que cuentan, como ya se ha mencionado anteriormente, DMAIC en una metodología noble que permite integrarse a procesos existentes y que no representa un costo significativo en sus fases de mejora, siendo esto un pilar importante en la organización con opción de aplicarse a los distintos departamentos y secciones de trabajo para los demás productos fabricados en esta organización.

## Bibliografía

- Aleu, f. g. (2013). *Seis sigma en la organizacion*. Madrid: Enked.
- Ballesta, J. P. (8 de febrero de 2002). *5campus.com*. Recuperado el 22 de mayo de 2015, de <http://ciberconta.unizar.es/leccion/anarenta/analisisR.pdf>
- BARBA, E. (2000). *Seis sigma una iniciativa de calidad*. Barcelona: Gestion.
- Barba, E. B. (2000). *Seis Sigma. Una iniciativa de calidad*. Barcelona: Gestión.
- Blanco, C. L. (2004). *Probabilidad*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Breyfogle, F. W. (2003). *Implementin six sigma smarter solution using statistical methods*. new jersey: john wiley & sons inc .
- Canavos, G. (2008). *Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y métodos*. México: McGraw-Hill. .
- Collier, D. (2009). *Administracion de operaciones: bienes , servicios y cadenas de valor*. mexico: cengage learning.
- Eckes, G. (2003). *Six sigma for everyone*. new jersey: john wiley & sons inc.
- Eckes, G. (2005). *El Six Sigma para todos*. Bogotá: Norma. .
- Escalante Vázquez, E. J. (2008). *Seis-Sigma Metodología y Técnicas.*, México: LIMUSA.
- F.M., J. J. (2005). *Análisis y Planeación de la Calidad*. México: McGraw-Hill.
- Galgano, A. (2005). *Los 7 Instrumentos de la Calidad Total*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- INEGI. (15 de Noviembre de 2014). [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx). Recuperado el 3 de Agosto de 2014, de [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx): <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/investigacion/Experimentales/Esperanza/default.aspx>
- Ingle, S. &. (2009). *Six Sigma. Black Belt implementation*. McGraw-Hill.
- Jackson, J. &. (2012). *quential Multivariate Procedures with Quality Control*. USA: Krishnaiah.
- Kogio, N. (1991). *Poka yoke mejorando la calidad del producto evitando los defectos .* madrid: tecnologias de gerencia y produccion.

- Krajewski, L. (2008). *Administración de operaciones: proceso y cadena de valor*. naucalpan de juarez: pearson.
- Lamprecht, J. A. (2004). *El Six Sigma Desmistificado. Como implantar un sistema Six Sigma*. MEXICO: PANORAMA.
- Lowenthal, J. N. (2002). *Guía para la aplicación de un proyecto Seis Sigma*. ESPAÑA: FC EDITORIA.
- Martinez, j. m. (2007). *Metodología avanzadas para la mejora*. España: Diaz de Santos.
- Martinez, R. (2008). *ráficos de control de la media y el rango Winsorizados*. Universidad Nacional de Colombia: Santa fe de Bogotá.
- Miranda Rivera, L. N. (2007). *Seis Sigma. Guía para principiante*. México: PANORAMA.
- Montgomery, D. (2004). *Control estadístico de la calidad*. limusa: WILEY.
- Montgomery, D. (2006). *Control estadístico de la calidad*. mexico: limusa wiley.
- Montgomery, D. (2009). *Diseño y Análisis de Experimentos*. México.: Limusa.
- Montgomery, D. C. (2010). *Control estadístico de la calidad*. México.: Iberoamérica,.
- Moreano, A. (3 de marzo de 2011). Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una Línea de. *Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una Línea de*. Guayaquil, Ecuador : Litoral (ESPOL) .
- Nava Carbellido, V. M. (2006). *¿Qué es la calidad? Conceptos, gurús y modelos*. Mexico: Limusa.
- Palom Izquierdo, F. J. (2007). *Círculos de Calidad. Teoría y Práctica*. México: Marcombo.
- Pande, P. S. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?* España: , McGraw Hill,.
- Pande, P. S. (2002). *Las Claves de Seis SIGMA*. MEXICO: McGraw Hill.
- Pande, P. S. (2005). *The SIX SIGMA WAY*. . USA: McGraw Hill.
- Pande, P. S. (2012). *The Six Sigma Way Team Field book An Implementation Guide for Process Improvement Teams*. USA: McGraw-Hill.
- Peña Sánchez de Rivera, D. (2010). *Estadística Modelos Y Métodos*. México: Alianza Editorial textos.
- Perales, S. (18 de Ferbrero de 2014). *Alto nivel*. Recuperado el 17 de Marzo de 2015, de Alto nivel: <http://www.altonivel.com.mx/6337-aprende-a-reducir-tus-costos.html>
- Pesántez, C. C. (octubre - 2009). *“LA ADMINISTRACIÓN POR PROCESOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS*. Quito, Ecuador.

- Pizdek, T. (2003). *The six sigma handbook*. New York: MC Graw Hill.
- Reverte. (2012). *proyectos seis sigma camino a la excelencia operacional*. Mexico: Santillan.
- Sánchez, B. B. (2010). *Baja los costos de operación de tu empresa. alto nivel*.
- Sons, S. K. (2005). *Multivariate Quality Control, in Encyclopaedia of Statistical Sciences 6*.  
New York: Alt, F. B.
- Tennant, G. (s.f.). *Six Sigma: Control Estadístico de procesos y Administración Total de la Calidad en Manufactura y Servicio*.
- Uncan Acheson, J. (2012). *Control de Calidad Y Estadística Industrial*. México: Alfaomega.
- VAZQUEZ, E. E. (2003). *SEIS SIGMA METODOLOGIA Y TECNICAS*. MEXICO:  
LIMUSA.
- Vazquez, E. e. (2008). *seis sigma metodologia y tecnicas*. Mexico: Limusa.
- Vilar Barrio, J. F. (2009). *Las 7 Nuevas Herramientas para la mejora de la Calidad*. España:  
Fundación CONFEMETAL Editoria.
- Wetheril, G. &. (2010). *Statiscal Process Contro*. Chapman And Hall.
- Y, F. C. (2009). *Multivariate Profile Charts for Statiscal Process Control*. USA:  
Technometrics.