



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA, EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE RADIADOR DE COBRE DE VEHÍCULO LIVIANO, COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE DICHO PROCESO EN EL TALLER DE RADIADORES PORTOCARRERO**

**José Angel Cueva Juárez**

Asesorado por el Msc. Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA, EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE RADIADOR DE COBRE DE VEHÍCULO LIVIANO, COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE DICHO PROCESO EN EL TALLER DE RADIADORES PORTOCARRERO**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ANGEL CUEVA JUÁREZ**

ASESORADO POR EL MSC. ING. VÍCTOR MANUEL RUIZ HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

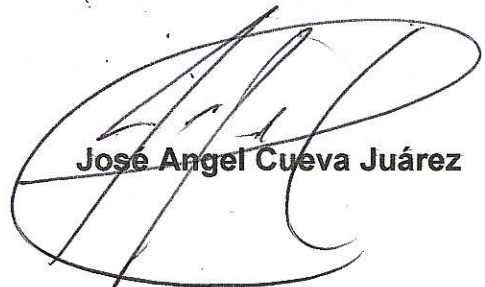
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jeréz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA, EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE RADIADOR DE COBRE DE VEHÍCULO LIVIANO, COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE DICHO PROCESO EN EL TALLER DE RADIADORES PORTOCARRERO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 14 de septiembre de 2012.



**José Angel Cueva Juárez**

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0033-2013

Guatemala, 04 de febrero de 2013.

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **José Ángel Cueva Juárez** con carné número **2008-15419**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

*Victor Manuel Ruiz Hernandez*  
"Id y enseñad a todos"  
INGENIERO MECANICO  
COLEGIADO No. 4620

Msc. Ing. Victor Manuel Ruiz H.  
Asesor (a)

*César Akü Castillo MSc.*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073

Msc. Ing. César Augusto Akü Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios

*Mayra Virginia Castillo Montes*  
Directora

Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la



REF.DIR.EMI.048.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA, EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE RADIADOR DE COBRE DE VEHÍCULO LIVIANO, COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE DICHO PROCESO EN EL TALLER DE RADIADORES PORTOCARRERO**, presentado por el estudiante universitario **José Angel Cueva Juárez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

/mgp



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

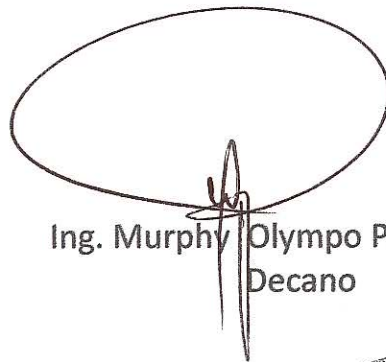


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 119.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA, EN EL PROCESO DE LIMPIEZA DE RADIADOR DE COBRE DE VEHÍCULO LIVIANO, COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE DICHO PROCESO EN EL TALLER DE RADIADORES PORTOCARRERO**, presentado por el estudiante universitario: **José Angel Cueva Juárez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 20 de febrero de 2013

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por guiar mis pasos a lo largo de mi vida, por ser fuente de sabiduría a través de mi juventud.
- Mis padres** Marco Tulio Cueva y María del Rosario Juárez por brindarme amor y apoyo incondicional, por ser mi motivación para salir adelante.
- Mi novia** Brenda Portocarrero, por su tiempo, su dedicación, su amor sin límites, por darme fuerzas para sacar lo mejor de mí.
- Mis hermanos** María Nineth y Juan José Cueva Juárez, por su paciencia, por ser hermanos ejemplares y únicos.
- Mi abuela** Myrna López, por estar siempre pendiente de mis proyectos y mis sueños, por ser mi segunda madre.
- Mis amigos** Cecilia Caan, Luna León y Bonifacio Lechuga, por su amistad y cariño durante el tiempo que han estado conmigo.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme enseñado que la perseverancia es clave para el éxito, por hacerme ver que se puede brillar no importando el origen de la persona.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haber sido mi lugar de desarrollo personal y profesional a lo largo de 4 años.
<b>Cargo Expreso</b>	Por haberme abierto las puertas del mundo laboral y darme un espacio en tan prestigiosa organización.
<b>Andrés Porras</b>	Por ser un ejemplo a seguir en mi vida, por enseñarme que es ser un líder de verdad.
<b>Víctor Ruiz</b>	Por aceptar ser asesor del presente trabajo de investigación.
<b>Radiadores Portocarrero</b>	Por darme la oportunidad de realizar la presente investigación en sus instalaciones.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Antecedentes de la empresa.....	1
1.2. Actividad principal.....	1
1.3. Situación actual.....	1
1.4. Antecedentes de la Metodología Seis Sigma.....	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Delimitación del problema.....	8
3.2. Unidad de análisis.....	9
3.3. Ámbito geográfico.....	10
3.4. Período histórico.....	10
4. ALCANCES.....	11
5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
5.1. Limpieza y soldadura de radiadores.....	13

5.2.	Limpieza y soldadura de radiador de cobre modelo 22R para vehículo Toyota.....	14
5.3.	Materiales utilizados en el proceso.....	15
5.3.1.	Gas propano.....	15
5.3.2.	Oxígeno.....	16
5.3.3.	Refrigerante.....	17
5.3.4.	Estaño.....	18
5.4.	Proceso administrativo.....	18
5.5.	Control de calidad.....	19
5.5.1.	Filosofía Seis Sigma.....	19
5.5.2.	Principios de Seis Sigma.....	22
5.5.3.	Indicador de desempeño de procesos.....	23
5.5.4.	Metodología de mejora continua.....	25
5.5.5.	Grupos Kaizen.....	26
5.5.6.	Sistemas de gestión de calidad.....	27
5.5.7.	Norma ISO 9001:2000.....	28
5.5.8.	Aseguramiento de calidad.....	29
5.5.9.	Muestreo de aceptación de materia prima.....	29
5.5.10.	Muestreo de aceptación de producto en proceso y terminado.....	30
5.5.11.	Control de variables.....	30
5.5.12.	Herramientas de control.....	32
5.5.13.	Métodos de control.....	32
5.5.14.	Análisis de datos.....	32
5.5.15.	Control de la producción.....	33
5.5.16.	Planificación de la producción.....	34
5.5.17.	Programación de la producción.....	35
5.5.18.	Indicadores de control de la producción.....	36
6.	HIPÓTESIS.....	39

7.	BOSQUEJO PRELIMINAR DE TEMAS.....	41
8.	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	43
8.1.	Aplicación de la estrategia Seis Sigma en Radiadores Portocarrero.....	43
8.2.	La metodología.....	44
8.3.	Las herramientas.....	46
8.4.	Los resultados.....	46
8.5.	Las fases detalladas de la Metodología Seis Sigma.....	47
9.	RESULTADOS ESPERADOS.....	49
10.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	51
11.	RECURSOS.....	53
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	55



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Filosofía Seis Sigma.....	20
2.	Los defectos como cola de una distribución normal.....	24
3.	Soldador con experiencia de 5 años.....	45
4.	Operario definiendo los puntos donde se necesita soldadura.....	48

### TABLAS

I.	Proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano.....	14
II.	Especificaciones gas propano.....	16
III.	Especificaciones gas propano.....	16
IV.	Especificaciones del estaño.....	18
V.	Fases de la Metodología Seis Sigma.....	47
VI.	Actividades planificadas.....	51





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>g</b>	Gramo
<b>L</b>	Litro
<b>mpa</b>	Megapascal
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetro
<b>μ</b>	Mu
<b>σ</b>	Sigma



## **GLOSARIO**

<b>AMFE</b>	Análisis Modal de Fallas y Efectos.
<b>ANOVA</b>	Análisis de Varianza por sus siglas en inglés.
<b>CEO</b>	Director ejecutivo de una organización por sus siglas en inglés.
<b>DMAMC</b>	Metodología para desarrollar proyectos Seis Sigma, la cual consiste en Definir, Medir, Analiza, Mejorar y Controlar.
<b>DPMO</b>	Número de Defectos por Millón de Oportunidades.
<b>Kaizen</b>	Estrategia de mejora continua desarrollada por la empresa japonesa Toyota.
<b>QFD</b>	Despliegue de la función de calidad por sus siglas en inglés.



## RESUMEN

El proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano, es la principal actividad en el taller de Radiadores Portocarrero; de manera resumida este consiste en: quitar el radiador del vehículo, quitar el estaño del tanque superior, limpiar internamente el radiador, volver a soldar el tanque al radiador, limpiar externamente, sellar las fugas del radiador, pintar y colocar de nuevo al vehículo. Así mismo, existen diferentes tipos de vehículos: vehículos livianos, camionetas agrícolas, entre otros. Con fines de delimitación del problema se ha optado por trabajar con los radiadores de vehículos livianos, por su abundancia y por su facilidad de trabajo con los mismos.

La falta de calidad en el proceso ha llevado a la empresa a pérdidas económicas tales como: devoluciones, reposición de material, insatisfacción y pérdida de los clientes; como respuesta a esta problemática, se plantea la Metodología Seis Sigma la cual consiste en: definir la causa principal de la falta de calidad en el proceso, establecer la frecuencia de las fallas definidas en el proceso, analizar cada una de las fallas que se presentan, generar propuestas de mejora en la empresa y por último controlar que las propuestas implementadas tengan el resultado deseado. La aplicación de esta metodología, tiene como objetivo mejorar la calidad en el proceso anteriormente descrito.





# OBJETIVOS

## General

Diseñar la implementación de la metodología Seis Sigma en el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano, para incrementar la satisfacción de los clientes del taller de Radiadores Portocarrero.

## Específicos

1. Establecer los parámetros de calidad en el servicio de limpieza de radiador de vehículo liviano.
2. Medir los niveles actuales de satisfacción de los clientes, al finalizar el proceso de limpieza de radiador de vehículo liviano.
3. Analizar los procesos operativos del taller Radiadores Portocarrero, para identificar mejoras en el proceso que permita, incrementar los niveles de satisfacción de los clientes.
4. Implementar un modelo de control estadístico de calidad, que se adapte a las condiciones y necesidades del taller Radiadores Portocarrero y permita identificar las desviaciones en los parámetros de calidad establecidos.



## INTRODUCCIÓN

Radiadores Portocarrero S.A. es una empresa líder en la reparación de radiadores. Fue constituida en febrero de 1986, con el objetivo principal de ofrecer al mercado guatemalteco reparaciones de radiadores de vehículos tanto livianos como de carga pesada. El vehículo consta de diferentes sistemas, dentro de estos tenemos: sistema eléctrico, sistema neumático y sistema de enfriamiento; este último es que regula el calentamiento de los vehículos.

El sistema de enfriamiento consta de las siguientes partes: radiador de agua, ventilador (algunos mecánicos le llaman turbina), mangueras, termostato, poleas y bandas, aletas en el cilindro, bulbo de temperatura, radiador de aceite y tolva. Cada una de estas partes cumple una función muy específica y a la vez conlleva diferentes procesos para ser reparados o cambiados en el momento de dar problema. Como se menciona anteriormente el vehículo cuenta con dos tipos de radiadores: el radiador de agua y el radiador de aceite, sin embargo, ambos cumplen con la función de intercambiadores de calor. Radiadores Portocarrero, busca solucionar el problema del calentamiento proveyendo al cliente de opciones para reparar el radiador, dentro de estas opciones tenemos el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano.

Para evaluar los procesos de fabricación o prestación de servicios existen diferentes metodologías de calidad tales como: Círculo de Deming, 5S, entre otras. Para este proceso se ha decidido utilizar la metodología Seis Sigma con el objetivo de facilitar la aplicación de aquellos cambios necesarios para proporcionar a la empresa las herramientas para optimizar el proceso;

puesto que la metodología Seis Sigma es aplicada a todas aquellas empresas cuyo objetivo sea la mejora de procesos, mediante la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos y fallas en el producto o servicio que se entrega al cliente. La meta de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3 o 4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), entendiéndose como defecto cualquier evento en que un producto o servicio no logra cumplir los requisitos del cliente.

Para la mejora de calidad, las fases principales que propone esta metodología son:

- Fase 1. Definir: durante esta etapa el investigador deberá tomar decisiones, observar los diferentes diagramas del proceso, así mismo aquellos presupuestos diseñados para solventar la problemática de la falta de calidad.
- Fase 2. Medir: durante esta etapa se deberá de definir cuáles son las variables que se medirán y analizarán.
- Fase 3. Analizar: durante la tercera parte de la metodología se debe de estar consciente de cuál es la variable que se define para realizar los gráficos de control, que sirven en todo el contexto del trabajo.
- Fase 4. Mejorar: este cuarto punto quizá sea el más importante, puesto que refleja de manera real y física, una vez medido y definido donde están los riesgos, donde están aquellos importantes puntos de mejora. En esta fase se deben de aplicar y tratar de lograr la mejora.

- Fase 5. Controlar: consistirá en determinar el resultado de las mejoras aplicadas al proceso.

Con el Diseño de la investigación del diseño de la Metodología Seis Sigma, en el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano, como una estrategia para la mejora de la calidad de dicho proceso en el taller de Radiadores Portocarrero, se tiene como objetivo encontrar la manera de que el personal de la empresa se identifique con los cambios para que a este proyecto se le dé seguimiento y se busquen otros puntos críticos donde sean necesarias las mejoras.





# **1. ANTECEDENTES**

Previo al desarrollo del siguiente diseño de investigación es necesario definir el contexto bajo el cual se estará trabajando. A continuación se describen los antecedentes, tanto de la empresa en la cual se estará aplicando la metodología, como de la Metodología Seis Sigma en sí.

## **1.1. Antecedentes de la empresa**

Radiadores Portocarrero S.A. fue constituida en febrero de 1986, con el objetivo principal de ofrecer al mercado guatemalteco reparaciones de radiadores de vehículos tanto livianos como de carga pesada; al mejor precio y con un trabajo garantizado al utilizar técnicas de mejora, análisis y control del trabajo que se realiza.

## **1.2. Actividad principal**

Radiadores Portocarrero S.A. se dedica principalmente a la reparación de radiadores de distintitos materiales, formas y tipos de vehículos.

## **1.3. Situación actual**

Radiadores Portocarrero, es una empresa que lleva 26 años en el mercado. La calidad ha sido lo único que ha mantenido a la empresa en el mercado durante todos estos años, siendo la filosofía de gerencia general; hacer las cosas bien desde el inicio. La falta de calidad afecta todas y cada una de las áreas de una empresa, en Radiadores Portocarrero, se ha observado

que la característica de algunos empleados es el desconocimiento de los parámetros de calidad definidos por los clientes o por la misma empresa.

La falta de calidad se ve reflejada en la empresa principalmente por los reclamos de los clientes, así mismo también se observa en los desperdicios de materia prima y las cantidades de insumos utilizados en el área de taller, por la falta de técnica y entrenamiento en cómo hacer el proceso. La calidad, es un tema que muchas empresas nacionales como internacionales deben tomar en cuenta, ya que es un requisito para ser preferidos por los clientes.

La competencia reportada para Radiadores Portocarrero al inicio de su trayectoria, no era de tantas proporciones, como lo es ahora. La manera de trabajar es empírica; lo cual lleva a una indeleble falta de calidad en los servicios prestados.

#### **1.4. Antecedentes de la Metodología Seis Sigma**

Radiadores Portocarrero, es una empresa de renombre en Guatemala, sin embargo, sus procesos no están basados en ningún tipo de metodología que permitan una mejora continua. Los problemas de calidad reportados en la empresa, han llevado a la necesidad de la búsqueda de un sistema que permita la implementación de parámetros que garanticen la calidad, en donde eliminar los problemas que llevan a la empresa a una falta de calidad sea el principal objetivo.

Esta metodología se considera conveniente para Radiadores Portocarrero, principalmente por las diversas aplicaciones que reportan mejoras significativas en los sistemas de servicio; se puede mencionar la tesis del ingeniero: Jacob Tolamatl Michcol (diciembre 2011) en la cual hace una aplicación de la

metodología mencionada en una microempresa del ramo automotriz, haciendo énfasis en reducir y eliminar los defectos de un proceso, otro ejemplo de la aplicación de Seis Sigma es la tesis titulada: Disminución de la variación de un proceso de producción de muebles con Seis Sigma, realizada por el M.A. José Antonio Varcia de Loyola (diciembre 2011), en la cual hace énfasis en la eficacia de la metodología Seis Sigma para la solución de problemas. De manera similar, se menciona el trabajo realizado por: Víctor Hugo Cuevas (2008), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala. Implementación de la metodología Seis Sigma, en los procesos de producción y propuesta de un programa de mantenimiento autónomo, en la empresa NIASA.



## **2. JUSTIFICACIÓN**

La empresa Radiadores Portocarrero, ha trabajado y servido a guatemaltecos desde hace más de 25 años; sin embargo, las operaciones se siguen realizando de manera empírica, lo cual paulatinamente ha abierto brechas a la falta de calidad y la falta de optimización de los procesos, ya que en la mayoría de éstos se pueden encontrar deficiencias, que llevan a la empresa a dar un servicio sin las características puntuales que el cliente espera. Altos porcentajes de desperdicio, falta de orden en la distribución de material, falta de inventarios de mercadería existente, ausencia de capacitación en los empleados, falta del manual del proceso, falta de especialización en cada departamento, son algunas de las fallas en las que se incurre en la empresa.

Con la implementación de la metodología Seis Sigma, se plantea elevar el nivel de calidad y la eficiencia en cada una de las áreas del proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano que permitirá levantar un informe con métodos mejorados, manuales con programas permanentes de capacitación y diseño de las propuestas de control de calidad para la empresa. Se busca además, renovar la gestión de calidad para aumentar la satisfacción de los clientes, la eficiencia de los recursos utilizados en la empresa, con el objetivo de mejorarla calidad en los procesos que permitirá a Radiadores Portocarrero asegurar un espacio en el mercado con una demanda potencial de aproximadamente 10 millones de vehículos.





### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Radiadores Portocarrero, es una empresa líder en el mercado de sistemas de enfriamiento en los vehículos. El vehículo consta para su eficiente funcionamiento de diferentes sistemas como: el sistema eléctrico, sistema neumático y sistema de enfriamiento; es este último el cual regula el calentamiento de los vehículos. Cada una de estas partes cumple una función muy específica y a la vez conlleva diferentes procesos para ser reparados o cambiados en el momento de dar problema. En Radiadores Portocarrero, uno de los principales procesos que se realiza para solucionar el problema de calentamiento de los vehículos es: la limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano.

Con las observaciones realizadas en la empresa se determinó que uno de los primeros problemas, es la falta de calidad en el proceso de limpieza de soldadura de cobre de vehículo liviano. Dentro de las importantes situaciones que llevan a la falta de calidad tenemos:

- Falta de verificación de la calidad de la materia prima
- Falta de organización para enlistar a los proveedores de la empresa
- Falta del material idóneo para realizar el trabajo
- Falta de inventario de material y materia prima
- Altos porcentajes de desperdicio de insumos como: gas y oxígeno

- Falta de orden en la distribución de material
- Falta de inventarios de mercadería existente
- Ausencia de capacitación en los empleados
- Falta de manual del proceso
- Falta de puntualidad en las entregas de los pedidos
- Falta de especialización en cada departamento, ejemplo: departamento de limpieza, de soldadura y de pintura no se encuentran definidos.

Todas las anteriores causas se resumen en un solo efecto, pérdidas económicas para la empresa.

### **3.1. Delimitación del problema**

Existen diferentes tipos de radiadores, radiadores de cobre, de aluminio, de cobre-aluminio, cobre-plástico, aluminio-plástico, entre otros. Así mismo, existen diferentes tipos de vehículos, tales como: livianos, agrícolas, tractores, camiones, cabezales, entre otros, todos con radiadores de diferentes cualidades y capacidades. Por lo tanto, y con fines de realizar esta investigación, se tomará como muestra un radiador de vehículo liviano, los cuales son normalmente llamadas tipo sedán. Así mismo, ha de utilizarse radiadores de cobre, puesto que son con el tipo de radiador que más recursos se utiliza.

El problema de investigación planteado se formula de la siguiente manera:

- ¿En qué medida la implementación de la metodología Seis Sigma en el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano permite, incrementar los niveles de satisfacción de los clientes del taller de Radiadores Portocarrero?

Los problemas específicos que pretende resolver la investigación son:

- ¿Cuáles son los parámetros de calidad que perciben los clientes, en el servicio de limpieza de radiador de vehículo liviano?
- ¿Cuáles son los niveles actuales de satisfacción de los clientes al finalizar, el proceso de limpieza de radiador de vehículo liviano?
- ¿Cuáles son las etapas del proceso que necesitan ser mejoradas para, lograr incrementar los niveles de satisfacción de los clientes?
- ¿Qué modelo de control estadístico de calidad se adapta a las necesidades de Radiadores Portocarrero?

### **3.2. Unidad de análisis**

Cantidad de reclamos de clientes internos y externos.

- Clientes internos: todos y cada uno de los colaboradores de la empresa. Dentro de estos clientes también se encuentran los proveedores.
- Clientes externos: son aquellos, que vienen a la empresa en busca de los servicios.

### **3.3.      Ámbito geográfico**

La investigación se realizará en las instalaciones de Radiadores Portocarrero en la Avenida Centroamérica 13-56 zona 3, Escuintla, Escuintla.

### **3.4.      Período histórico**

La realización del informe final de Protocolo de tesis de la Maestría en Gestión Industrial se realizará en el periodo de enero a diciembre 2013.

## 4. ALCANCES

Los alcances del presente protocolo de tesis están aplicados principalmente a nivel nacional y en diferentes áreas siendo estas:

- Plantas y talleres que trabajan de manera empírica tales como talleres de radiadores.
- Análisis en los procesos de la limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano en los talleres de Radiadores Portocarrero.
- Prácticas y procesos de calidad tanto a nivel de diversificado, pregrado y posgrado.
- Temas para proyecto de investigación y profundización del tema en Radiadores Portocarrero.
- Aplicaciones de la metodología Seis Sigma, tanto en el área mecánica como en el área administrativa.
- Una prueba más de la eficiencia de la metodología Seis Sigma de mejora continua en los procesos.



## **5. MARCO TÉORICO Y CONCEPTUAL**

A continuación se describe el proceso de limpieza de soldadura de limpieza de radiador de vehículo liviano, así como la teoría que define la Metodología Seis Sigma como una herramienta de mejora de la calidad en los procesos.

### **5.1. Limpieza y soldadura de radiadores**

El sistema de enfriamiento en los automóviles es parte esencial en el funcionamiento y vida del motor. El sistema de enfriamiento protege al vehículo del calentamiento extremo generado por el motor y lo mantiene operando en el rango apropiado de temperaturas. Al mantener el sistema de enfriamiento libre de óxido, incrustaciones y contaminantes, evitamos el deterioro y cambio de partes dañadas, por lo que la limpieza y mantenimiento son parte esencial para mantener y alargar la vida del radiador.

Existe diversidad de tipos y estilos de radiadores en el mercado, esto depende del tipo de vehículo que se tenga, también los servicios varían dependiendo del estado en que se encuentre el radiador. En ocasiones la dificultad del servicio cambia de una limpieza normal, hasta procedimientos más complejos como la soldadura o desecho y remplazo del radiador.

Desde el comienzo en las operaciones de Radiadores Portocarrero se ha llevado un registro de los servicios y radiadores trabajados arrojándonos una tendencia sobre el tipo de radiador que se trabaja con más frecuencia que en



este caso es el radiador de cobre modelo 22R para vehículos Toyota. Nuestro análisis de servicio se enfocará en este tipo de radiador.

## **5.2. Limpieza y soldadura de radiador de cobre modelo 22R para vehículo Toyota**

Existen diversas marcas de vehículos y líneas en Guatemala, por lo tanto, el equipo de trabajo ha definido solo una línea de trabajo con el objetivo de poder apreciar mejor el proceso.

El proceso inicia con la llegada del cliente a la empresa, donde se trata de realizar de la manera más rápida posible las siguientes actividades.

Tabla I. **Proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano**

<b>No</b>	<b>Actividad</b>
1	Tomar datos del cliente y llenar solicitud de servicio del radiador.
2	Observar y diagnosticar las posibles causas del calentamiento.
3	Entregar contraseña al cliente cuando se recibe el vehículo y autorizar el servicio.
4	Asignar el servicio al mecánico en turno para quitar el radiador del vehículo, utilizar las herramientas adecuadas y realizar el procedimiento establecido.
5	Identificar el radiador ya desmontado por medio de un sticker que se llena con los datos del vehículo.
6	Trasladar el radiador al área de soldadura para que con una antorcha de calentamiento quitar el estaño del tanque superior, para luego poder abrir el radiador y separar sus componentes (tanque y panal).
7	Llevar el tanque y el panal al área de lavado. Elegir la varilla adecuada según el tamaño de los tubos del radiador para realizar la limpieza del panal. Lavar dos veces con jabón todos los tubos y desaguar una vez, luego aplicar agua a presión para limpiar externamente

Continúa tabla I.

<b>No</b>	<b>Actividad</b>
8	Regresar el radiador limpio al área de soldadura para soldar nuevamente utilizando estaño.
9	Colocar hules en las salidas del radiador.
10	Realizar prueba de sellado, la cual consiste en introducir el radiador dentro de una pileta con agua y aplicar aire a presión.
11	Verificar que el radiador no tenga fugas y pintar para proteger de la corrosión.
12	Colocar el radiador en el vehículo correspondiente según su identificación.
13	El mecánico deberá informar al supervisor que el trabajo está terminado.
14	El supervisor realiza la prueba de funcionamiento del radiador encendiendo el vehículo. Este se mantiene encendido hasta que llegue a encender los ventiladores o hasta que el indicador de temperatura alcance la mitad del nivel.
15	Si el radiador funciona correctamente, el vehículo es entregado al cliente, para lo cual este debe presentar la contraseña que se le entregó en la recepción del vehículo.

Fuente: elaboración propia.

### **5.3. Materiales utilizados en el proceso**

Para la limpieza y reparación de los radiadores se emplean los siguientes materiales.

#### **5.3.1. Gas propano**

Es un suministro derivado del petróleo el cual se utiliza en proceso de soldadura de diferentes radiadores en el taller. Es un gas altamente inflamable y debe ser utilizado con mucha precaución para incendios y explosiones.

Tabla II. **Especificaciones gas propano**

<b>Origen:</b>	Guatemala	<b>Marca:</b>	Z gas
<b>Modelo:</b>	D250	<b>Estándar:</b>	GB17673
<b>Material:</b>	Acero	<b>Hacia afuera diámetro:</b>	250 mm
<b>Capacidad:</b>	100 L	<b>Presión:</b>	Bajo

Fuente: Especificaciones gas propano Z Gas. Año 2011.

Tabla III. **Especificaciones gas propano**

<b>Capacidad (L)</b>	<b>Peso del gas (kilogramo)</b>	<b>Diámetro interno (milímetro)</b>	<b>Altura (milímetro)</b>	<b>Peso del cilindro (kilogramo)</b>	<b>Wp(mpa)</b>	<b>Tp (mpa)</b>
100	44	250	1060	3.77	2.2	3.3

Fuente: Especificaciones Gas Propano Z Gas. Año 2011.

### 5.3.2. Oxígeno

- **Identificación:** se identifica en la ojiva del mismo por el color verde, y una etiqueta adherida en la misma parte con las indicaciones de seguridad y el nombre del gas, generación de ozono.
- **Presentación:** está envasado en cilindros con capacidad de 6 y 8.5 m<sup>3</sup> de marca Dewars de 130 m<sup>3</sup>. Termo estacionario. Utilizando la válvula CGA-540.
- **Fórmula química:** la fórmula química del Óxigeno es O<sub>2</sub>.

- Aplicaciones: el Oxígeno se emplea principalmente en soldadura autógena y corte, enriquecimiento de flamas, mezclas de soldadura y tratamiento de aguas.
- Características: comburente u oxidante, incoloro, inodoro, favorece la combustión, no inflamable.

### **5.3.3. Refrigerante**

- Características: Chevron Supreme Antifreeze/Coolant Concentrate Y Prediluted 50/50, es un producto de calidad superior, de una sola fase, a base de etilenglicol mezclado con un paquete de aditivos de primera calidad. Es un refrigerante para todo uso con bajo contenido de silicatos, diseñado para uso en motores diesel en servicio pesado y motores automovilísticos, particularmente aquellos que contienen aleaciones de aluminio. Chevron Supreme Antifreeze/Coolant no contiene nitritos ni aminas. Chevron Supreme Antifreeze/Coolant proporciona propiedades antiespumantes, y protección contra la herrumbre y la corrosión para aluminio, latón, cobre, estaño soldadura, acero y hierro fundido. Se mezcla fácilmente con cualquier tipo de agua corriente limpia y es compatible con filtros del sistema refrigerante y con aditivos suplementarios.
- Beneficios:
  - Fórmula universal para motores automovilísticos y motores diésel en servicio pesado (ASTM D 3306 y ASTM D 4985).
  - Protección contra la corrosión del aluminio
  - Propiedades de transferencia de calor

- Características antiespumantes
- Protección contra la corrosión para aluminio, latón, cobre, estaño soldadura, acero y hierro fundido.
- Formulación con bajo contenido de silicato
- Sin nitritos, sin aminas y sin bórax
- Se mezcla fácilmente con agua corriente limpia
- Compatible con los filtros del sistema refrigerante
- Compatible con aditivos refrigerantes suplementarios diesel para servicio pesado.
- Compatible con la mayoría de las marcas principales de refrigerante.

#### 5.3.4. Estaño

- Tipo: Estaño 60/40 0.8mm 500g

Tabla IV. **Especificaciones del estaño**

<b>Peso:</b>	500 g
<b>Diámetro:</b>	0.8 mm
<b>Observación:</b>	60% Sn - 40% Pb con alma de resina
<b>Punto de fusión:</b>	185 °C

Fuente: catálogo Productos del Aire. Año 2009.

#### 5.4. Proceso administrativo

El proceso administrativo consta de cuatro partes: los cuales son básicamente: planear, organizar, dirigir y control. Este proceso se refiere a la

interrelación de las funciones administrativas de planear y organizar la estructura organizacional de una empresa a la vez dirigir y controlar sus actividades.

- Administración de personal: forma parte de la administración de empresas, que se encarga de manejar el recurso humano de la empresa, con la finalidad de organizar, controlar, seleccionar, capacitar y armonizar la fuerza de trabajo dentro de una organización.
- Capacitación: partiendo del análisis de los perfiles de puesto de una organización, se diseñan programas de capacitación y desarrollo personal. El análisis y las descripciones del puesto resultante muestran el tipo de habilidades y por tanto de capacitación que se requieren.

El análisis de puestos también es útil para asegurar que todas las actividades que se tienen que realizar están asignadas a las posiciones específicas (asignación de responsabilidades).

## **5.5. Control de calidad**

### **5.5.1. Filosofía Seis Sigma**

La filosofía Seis Sigma se inicia cerca de los años 1980 como una estrategia de negocios y de mejoramiento de calidad, introducida por Motorola cuando la Ingeniera Mikel Harry comenzó a influenciar a la organización para que se estudiara la variación en los procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los mismos.

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; esto lleva a encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, tomando como punto de referencia en todo momento a los clientes y sus necesidades. Esta estrategia se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa, orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso. Tomando en cuenta principalmente la satisfacción del cliente, la reducción del tiempo de ciclo y la disminución de los efectos.

Figura 1. **Filosofía Seis Sigma**



Fuente: Seis Sigma para todos.

Los anteriores puntos descritos son justamente lo que se observa en Radiadores Portocarrero, iniciando con la variación de los procesos de limpieza de radiador de cobre y continuando con los retrasos en los procesos, lo cual es realmente recurrente, esta estrategia de mejora, es la más adaptada de una empresa de servicio como: Radiadores Portocarrero, así mismo es de suma importancia que los objetivos de la metodología sean similares a los que se persiguen en la empresa en este caso, la reducción del tiempo del ciclo y la disminución de los efectos.

Las compañías existen para ser rentables, dar empleos y pagar impuestos que benefician a la comunidad, al Estado o provincia y al país donde fabrican sus productos o prestan sus servicios. Generar una utilidad se basa en tener clientes que quieren su producto o su servicio. La demanda de ese producto o servicio es apenas el comienzo. Todo cliente tiene sus propios requisitos sobre dicho producto o servicio, piense en la más reciente experiencia en la cual usted cambió dinero por algún producto o servicio. Tal vez esa experiencia fue pedir el almuerzo en un restaurante de comidas rápidas. Resolvió usted usar el autoservicio, pedir una hamburguesa con queso, papas fritas y un refresco.

En primer lugar, usted se ubicó en la fila de automóviles y allí tardó casi diez minutos para llegar hasta la ventanilla. Cuando hizo su pedido casi no alcanzó a oír a la otra persona a través del micrófono que se usa en estos casos. En seguida avanzó y pagó a una persona que, sin una sola palabra ni sonrisa, le entregó un paquete de papel con su pedido. Se alejó entonces del lugar para regresar a su trabajo y por el camino, metió la mano en el paquete con esperanza de pescar una papita bien fresca y crujiente, pero las papitas estaban blandas y frías. Ya está en el estacionamiento de la compañía resolvió comunicarse con el restaurante para exigir que le llevaran el nuevo almuerzo a donde quiera que se encuentre. Reponer el pedido y entregárselo a domicilio



sin duda aumentaría la satisfacción del cliente y haría del restaurante una organización más eficaz. Sin embargo, concentrarse únicamente en la satisfacción del cliente podría hacer que con el tiempo el negocio quebrara. ¿Por qué? Porque para ser rentable un compañía debe que ser eficiente.

Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar, la cual se representa por la letra griega sigma ( $\sigma$ ). Esta iniciativa se convirtió en la estrategia para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención del entonces CEO de Motorola: Bob Galvin, que con su apoyo se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la Mejora Continua, estableciendo como meta obtener 3.4 defectos por millón de oportunidades en los procesos; buscando la perfección (cero defectos).

### **5.5.2. Principios de Seis Sigma**

- Enfoque al cliente: el enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Seis Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.
- Dirección basada en datos y hechos: Seis Sigma se inicia estableciendo cuales son los procesos y actividades a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan y no sus síntomas.
- Enfoque a procesos: Seis Sigma se concentra en la administración de procesos, logrando importantes ventajas competitivas para la empresa.

- Dirección proactiva: ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.
- Colaboración sin barreras: debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores.
- Búsqueda de la perfección: las compañías que aplican Seis Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.

### **5.5.3. Indicador de desempeño de procesos**

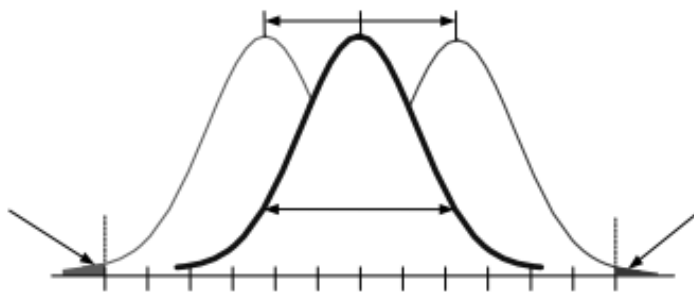
La base estadística de Seis Sigma es la distribución normal, la cual surge gráficamente de un histograma, se traza como una curva de campana en donde se puede observar la media que se expresa como " $\mu$ " (mu), la cual expresa el valor más representativo de un conjunto de datos, conocido comúnmente como promedio de los mismos.

La media se ubica en el centro de la campana dejando a cada lado de ella áreas proporcionales e iguales, por ello se dice que es una distribución simétrica. En la curva de campana también se puede observar la medición de la variación en la distribución, la cual se visualiza como el nivel o proporción en que los datos se alejan de la media. La desviación se incrementa en la medida en que los puntos se alejan más de este valor central. Se representa con el signo " $\sigma$ " (sigma), este valor expresa en forma numérica la amplitud de la curva

y esta amplitud se utiliza para definir cuánta variación existe en la distribución, además se utiliza para evaluar la capacidad del proceso en términos de los límites aceptables por el cliente en una característica específica del producto (límites de especificaciones).

La proporción de la curva que queda fuera de estos límites determina el nivel de defectos resultantes del proceso. En la figura se podrá entender mejor la explicación anterior:

Figura 2. **Los defectos como cola de una distribución normal**



Fuente: Seis Sigma para todos.

Seis es el nivel más elevado de la sigma en el cual se ha trabajado en donde se propone aceptar cero defectos, pero debido a que la curva de distribución normal nunca llega a cero, se busca con el nivel seis sigmas abarcar casi todos los resultados, permitiendo un margen de error de solo 3.4 defectos por cada millón de oportunidades.

Seis Sigma se basa en una medición de defectos por millón de oportunidades, es decir el número de defectos que son captados por los clientes por cada millón de oportunidades para que ocurra este defecto; esto se puede obtener por medio de la siguiente ecuación:

$$dpmo = 1,000,000 \times (D/OE)$$

Dónde:

dpmo: defectos por millón de oportunidades

D: defectos totales en un proceso

OE: oportunidades de error totales

El resultado obtenido en esta ecuación son los defectos por millón de oportunidades los cuales son convertidos en medidas sigma por medio de tablas calculadas previamente como la que se muestra a continuación, o a través de cálculos estadísticos.

#### **5.5.4. Metodología de mejora continua**

La metodología DMAIC (en español definir, medir, analizar, mejorar y controlar), es un método estructurado, disciplinado y riguroso para alcanzar la mejora de procesos. La razón para seguir esta metodología es para alcanzar los objetivos que persigue la filosofía Seis Sigma.

- Definir: el producto resultante de esta fase deberá ser una clara descripción de la mejora que se propone, un mapeo del proceso, y una lista de lo que es importante para el cliente.
- Medir: evaluar el sistema de medición actual, establecer medidas confiables para monitorear el progreso del objetivo previamente definido. El producto resultante de esta fase deberá ser datos del actual funcionamiento, datos que proporcionen la localización actual del problema o la ocurrencia y una descripción más enfocada del problema.

- Analizar: diagnosticar el sistema para identificar causas raíces y confirmarlas con datos. El producto resultante de esta fase deberá ser una teoría que ha sido probada y confirmada, la causa o causas deberán formar la base para las soluciones de la fase de mejora.
- Mejorar: implementar soluciones que estén dirigidas a las posibles causas raíz, los productos resultantes de esta fase deberán ser acciones planeadas y probadas para eliminar o reducir el impacto de las causas raíz identificada.
- Controlar: evaluar las soluciones y el plan para mantener las acciones implementadas, estandarizando el proceso. Los productos resultantes serán análisis de antes y después, un sistema de monitoreo y completar la documentación de resultados, aprendizajes y recomendaciones.

#### **5.5.5. Grupos Kaizen**

Los grupos Kaizen o equipos de proyectos Seis Sigma, son fundamentales para el desarrollo de la metodología. El planteamiento, desarrollo y finalización de los proyectos Seis Sigma, requieren de variedad de habilidades desde análisis técnicos hasta el desarrollo de soluciones creativas y su implementación, por lo tanto, los grupos Kaizen además de solucionar problemas a corto y largo plazo ofrecen un ambiente de aprendizaje, desarrollo administrativo y profesional.

Los grupos Kaizen, están estructurados de la siguiente forma:

- Campeones (*Champion*): directivos que promueven y dirigen el uso de Seis Sigma en un área importante del negocio. Los campeones proveen

dirección, recursos y soporte a los equipos y aprueban y revisan los proyectos.

- Maestros cinta negra (*Master blackbelt*): experto en técnicas de calidad especialmente aconsejando a los líderes de los equipos, facilitando el desarrollo de temas de calidad y acelerando los procesos de mejora. Los maestros cinta negra seleccionan, entrenan y enseñan a los cintas negras, desarrollan e implementan el plan de despliegue de Seis Sigma, seleccionando y asegurándose la finalización de los proyectos.
- Cinta negra (*blackbelt*): líderes a tiempo completo de los proyectos Seis Sigma, son quienes proveen asesoría técnica avanzada a los equipos de trabajo. No pertenecen a ningún equipo, pero si los guía, los dirige y los capacita.
- Cinta verde (*greenbelt*): empleados de la organización que están capacitados en las herramientas y metodologías de Seis Sigma, trabajando en Los proyectos en tiempo parcial, y ayudan a los cintas negras para el desarrollo de los proyectos. Son los líderes de los equipos.
- Equipos (*team Seis Sigma*): empleados de diversas áreas que apoyan el desarrollo de los proyectos.

#### **5.5.6. Sistemas de gestión de calidad**

Un sistema de gestión de la calidad es el conjunto de elementos interrelacionados de una organización mediante los cuales se administra de

forma planificada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de sus clientes. Entre dichos elementos los principales son:

- La estructura de la organización (organigrama)
- La estructura de responsabilidades (matriz de responsabilidades)
- Procesos
- Procedimientos
- Recursos

#### **5.5.7. Norma ISO 9001:2000**

Una de las normas más conocidas y utilizadas a nivel internacional para gestionar la calidad (implementación de sistemas de gestión de la calidad), es la Norma ISO 9001:2000. La familia de Normas ISO 9000 es un conjunto de normas de calidad establecidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se pueden aplicar en cualquier tipo de organización.

Los principales beneficios de la implementación de sistemas de gestión de calidad son:

- Reducción de rechazos e incidencias en la producción o prestación del servicio (quejas y reclamos de clientes).
- Aumento de la productividad (eficacia organizacional)
- Mayor compromiso con los requisitos del cliente (satisfacción del cliente)
- Mejora continua

### **5.5.8. Aseguramiento de calidad**

El aseguramiento de la calidad se puede definir como el esfuerzo total para planear, organizar, dirigir y controlar (administrar) la calidad en un sistema de producción con el objetivo de dar al cliente productos con la calidad adecuada. Es simplemente asegurar que la calidad sea lo que debe ser.

### **5.5.9. Muestreo de aceptación de materia prima**

En la actividad de control de calidad en ocasiones es necesario inspeccionar lotes de materia prima, para asegurar que cumplen ciertos niveles de calidad con un buen grado de confianza. El muestreo de aceptación es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote. El muestreo de aceptación se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas y se puede ver como una medida defensiva para protegerse de la amenaza del posible deterioro de la calidad.

Un muestreo de aceptación se basa en lo siguiente: una compañía recibe un lote de algún producto de cierto proveedor; este producto puede ser materia prima o cualquier otro componente que se utiliza en la compañía, se selecciona una muestra de lote y se inspeccionan alguna(s) característica(s) de calidad a todos los productos seleccionados. Con base en la información obtenida con la inspección se tomará una decisión: aceptar o rechazar todo el lote. Si los lotes son aceptados pasan directamente a ser utilizados, pero si el lote es rechazado.

Entonces es devuelto al proveedor o podría estar sujeto a alguna otra disposición (por ejemplo inspección de todos los productos del lote, inspección 100% pagada por el proveedor).



#### **5.5.10. Muestreo de aceptación de producto en proceso y terminado**

En los planes de muestreo de aceptación por variables se especifican el número de artículos en proceso o en producto terminado, que hay que muestrear y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interesa. Estos planes se basan generalmente en la media y desviación estándar de la muestra, de la característica de calidad. Cuando se conoce la distribución de la característica en el lote o el proceso, es posible diseñar planes de muestreo por variables que tengan riesgos especificados de aceptar y de rechazar lotes de una calidad dada.

En los planes por variables se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad de la muestra, se le miden características de calidad de tipo continuo (peso, humedad, temperatura, etc.).

Con las mediciones se calcula un estadístico, que generalmente está en función de la media, la desviación estándar de la muestra y las especificaciones, y dependiendo del valor de este estadístico al compararlo con un valor permisible, se aceptará o rechazará todo el lote.

#### **5.5.11. Control de variables**

Los procesos se benefician con un programa de control de variables a través de diagramas de control. Para implementar diagramas de control será necesario tener en cuenta directrices como elegir el tipo adecuado de diagramas de control, determinar que característica del proceso habrá que

controlar y definir en qué lugar del proceso habrá de incorporar los diagramas de control.

Se puede aplicar las directrices anteriores tanto a los diagramas de control por variables como de atributos. Los diagramas de control no solamente se usan para controlar los procesos, sino también como un método activo en línea para reducir la variabilidad del proceso.

Una característica de calidad mensurable como dimensión, peso volumen, es una variable cuantitativa. Los diagramas de control para variables se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas, suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes y proporciona más información respecto al rendimiento del proceso que los diagramas de control de atributos, que son utilizados para contrastar características cualitativas (no cuantificables numéricamente).

Entre los diagramas de control por variables más importantes tenemos los siguientes:

- Gráficos de medias  $\bar{X}$
- Gráficos de rangos  $R$
- Gráficos de desviaciones típicas  $S$

Entre los diagramas de control por atributos más importantes tenemos los siguientes:

- Gráfico de la proporción de unidades (gráfico  $p$ )
- Gráfico del número de unidades defectuosas (gráfico  $np$ )
- Gráfico del número de defectos (gráfico  $c$ )

- Gráfico del número de defectos por unidad (gráfico u)

#### **5.5.12. Herramientas de control**

Dentro de las herramientas que facilitan el control de variables y la administración de procesos tenemos:

- Histogramas de control
- Diagramas de Pareto
- Diagramas de dispersión
- Gráficos de control

#### **5.5.13. Métodos de control**

La variación, es en los procesos la causa de pérdidas e ineficiencias que no permite en la mayoría de los casos alcanzar los resultados esperados. Como se mencionó anteriormente existen técnicas y herramientas que ayudan a controlar esta variación. Como un apoyo a estas técnicas y herramientas se deben de implementar métodos de control que permita basarse en hechos reales, determinar variables, y controlar la variación que ocurre en los procesos.

#### **5.5.14. Análisis de datos**

El análisis es una de las etapas de la administración de procesos, que permite detectar y corregir las situaciones más relevantes que están afectando los resultados de un proceso o una organización.

Existen dos herramientas básicas y fundamentales para el análisis de causas de un efecto o problemas, estas son:

- Diagrama causa – efecto (Ishikawa)
- Diagrama de Pareto

#### **5.5.15. Control de la producción**

El control se refiere a la verificación de que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenidos.

El control de la producción tiene que establecer medios para una continua evaluación de ciertos factores: la demanda del cliente, la situación de capital, la capacidad productiva, etc. Esta evaluación deberá tomar en cuenta no solo el estado actual de estos factores sino que deberá también proyectarlo hacia el futuro.

El control de producción se puede definir como la función de dirigir o regular el movimiento de los materiales por todo el ciclo de producción, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de instrucciones a los subordinados, según el plan que se utiliza en las instalaciones del modo más económico.

Para lograr el objetivo, la gerencia debe estar al tanto del desarrollo de los trabajos a realizar, el tiempo y la cantidad producida; así como modificar los planes establecidos, respondiendo a situaciones cambiantes.

Entre las funciones del control de producción se puede mencionar:

- Pronosticar la demanda del producto, indicando la cantidad en función del tiempo.

- Comprobar la demanda real, compararla con la planteada y corregir los planes si fuere necesario.
- Establecer la explosión de materiales
- Determinar las necesidades de producción y los niveles de existencias en determinados puntos de la dimensión del tiempo.
- Comprobar los niveles de existencias, comparándolas con los que se han previsto y revisar los planes de producción si fuere necesario.
- Elaborar programas detallados de producción
- Planear la distribución de producto

#### **5.5.16. Planificación de la producción**

La planificación de la producción, es la función de sistematizar por anticipado los factores de mano de obra, materias primas, maquinaria y equipo, para realizar la producción, con relación a:

- Demanda del mercado
- Capacidad de la planta (maquinaria)
- Puestos laborales (recurso humano)

La planificación tiene por finalidad vigilar que se logre:

- Disponer eficazmente de materias primas y demás recursos
- Reducir tiempos muertos de maquinaria y de los operarios
- Asegurar que los operarios no trabajen en exceso, ni que estén inactivos

El plan de producción crea el marco dentro del cual funcionarán las técnicas de control de inventario y fijará el monto de pedidos que deben hacerse para alimentar la planta.

### **5.5.17. Programación de la producción**

Actividad que consiste en la fijación de planes y horarios de la producción, de acuerdo a la prioridad de la operación por realizar, determinado así su inicio y fin, para lograr el nivel más eficiente. La función principal de la programación de la producción consiste en lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción. Se inicia con la especificación de lo que debe hacerse, en función de la planeación de la producción.

El programa de producción es afectado por:

- Materiales: para cumplir con las fechas comprometidas para su entrega
- Capacidad del personal: para mantener bajos costos al utilizarlo eficazmente, en ocasiones afecta la fecha de entrega (establecer si es necesario pago de horas extras y turnos de trabajo).
- Capacidad de producción de la maquinaria: para tener una utilización adecuada de ellas, deben observarse las condiciones ambientales, especificaciones, calidad y cantidad de los materiales, la experiencia y capacidad de las operaciones en aquellas.

La función de la programación de producción tiene como finalidad lo siguiente:

- Prever las pérdidas de tiempo entre los centros de producción
- Mantener ocupada la mano de obra disponible
- Cumplir con los plazos de entrega establecidos

Existen diversos medios de programación de la producción, entre los que destacan los siguientes:

- Gráfica de barras
- Gráfica de Gantt
- Camino crítico: se conoce también como teoría de redes, es un método matemático que permite una secuencia y utilización óptima de los recursos.
- Pert: es una variación del camino crítico, en la cual además de tener como objetivo minimizar el tiempo, se desea lograr el máximo de calidad del trabajo y la reducción mínima de costos.

#### **5.5.18. Indicadores de control de la producción**

La mayoría de los indicadores para el control de producción son directamente cuantitativos e indican el objetivo de una etapa del proceso de producción. Entre los indicadores más utilizados están:

- Cuantificación de los desperdicios (mermas): son todas aquellas unidades que no se pueden reprocesar y que significan una pérdida para la organización.
- Tiempos improductivos: es el tiempo en que los operarios y/o la maquinaria de producción se encuentran sin actividad.
- Defectos de calidad: son todas aquellas unidades o lotes de producción, que no cumplen con las características y especificaciones de calidad mínimas establecidas.
- Reproceso: son todas las unidades producidas, que no cumplen con las características de calidad y que pueden volver a ser procesadas. El reproceso significa un costo de producción por mala calidad.

- Tiempo del ciclo de un producto: es el tiempo que se tarda un producto desde que es solicitado por el cliente hasta que se le entrega. Para fines de producción el tiempo del ciclo de un producto es indicado a través de la eficacia de la producción.
- Rendimiento de maquinaria: es la relación entre la producción real y la producción teórica.
- Ineficiencia operativa: regularmente se expresa como un porcentaje y viene dado por la relación entre todos los paros o pérdidas de producción, ocasionadas por operación y el tiempo laborado por los operarios.





## 6. HIPÓTESIS

El diseño de la implementación de las herramientas de la Metodología Seis Sigma en el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano mejorará la calidad en el mismo una vez aplicado.

Variable independiente:

- Aplicación de la Metodología Seis Sigma en el proceso.

Indicadores:

- Aceptación del diseño de la Metodología Seis Sigma por los supervisores.
- Aprobación de la Metodología Seis Sigma por parte de la gerencia de Radiadores Portocarrero.

Variable dependiente:

- Calidad del servicio del proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano.

Indicadores:

- Cantidad de reclamos por semana.



## 7. BOSQUEJO PRELIMINAR DE TEMAS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

### 1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

- 1.1. Antecedentes de la empresa
- 1.2. Actividad principal
- 1.3. Visión
- 1.5. Misión
- 1.6. Objetivos
- 1.7. Principios de calidad
  - 1.7.1. Políticas de calidad
  - 1.7.2. Objetivos de calidad
- 1.8. Empleados e instalaciones
- 1.9. Clientes actuales
- 1.10. Departamento de Producción
  - 1.10.1. Definición de cada uno de los elementos en el proceso de limpieza de radiador de cobre

### 2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Administración de empresas

- 2.2. Administración de personal
- 2.3. Control de calidad
  - 2.3.1. Filosofía Seis Sigma
  - 2.3.2. Principios de Seis Sigma
  - 2.3.3. Indicador de desempeño de proceso
  - 2.3.4. Metodología de mejora continua
  
- 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
  - 3.1. Diferentes metodologías de investigación
  - 3.2. Toma de datos de acuerdo a metodología
  - 3.3. Tabulación de datos de acuerdo a la metodología de investigación
  
- 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
  - 4.1. Diseño de la Metodología Seis Sigma
  - 4.2. Determinación de los hechos reales de mejora modelo 22R para vehículo Toyota
  - 4.3. Determinación de factores que influyen en el proceso mejorado
  
- 5. PROPUESTA DE MEJORA
  - 5.1. Costos
  - 5.2. Metodología de implementación
  - 5.3. Objetivo de la propuesta
  - 5.4. Justificación de la propuesta

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

## **8. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

La aplicación de la metodología anteriormente descrita requiere de ciertos métodos y técnicas de investigación los cuales se describen a continuación.

### **8.1. Aplicación de la estrategia Seis Sigma en Radiadores Portocarrero**

Es esencial que el compromiso con el enfoque Seis Sigma comience y permanezca en la alta dirección de la compañía. La experiencia demuestra que cuando la dirección no expresa su visión de la compañía, no transmite firmeza y entusiasmo, no evalúa los resultados y no reconoce los esfuerzos, los programas de mejora se transforman en una pérdida de recursos válidos. El proceso Seis Sigma comienza con la sensibilización de los ejecutivos para llegar a un entendimiento común del enfoque Seis Sigma y para comprender los métodos que permitirán a la compañía alcanzar niveles de calidad hasta entonces insospechados.

El paso siguiente consiste en la selección de los empleados, profesionales con capacidad y responsabilidad en sus áreas o funciones que van a ser intensivamente formados para liderar los proyectos de mejora. Muchos de estos empleados tendrán que dedicar una parte importante de su tiempo a los proyectos, si se pretenden resultados significativos.

La formación de estos líderes tiene lugar en cuatro sesiones de cuatro días cada una, a lo largo de un periodo de 12 semanas durante el cual trabajarán en un proyecto concreto de mejora, que los capacitará como

candidatos a una nueva profesión, *black belts* como implantadores de estas avanzadas iniciativas de Calidad. Esta formación, impartida por expertos, incluye la selección de un proyecto en la primera semana y la aplicación de lo aprendido a dicho proyecto antes de la sesión siguiente, mediante un equipo de mejora.

Para alcanzar el nivel *black belt* los candidatos tienen que demostrar los resultados conseguidos en el proyecto y este nivel los capacita para continuar liderando nuevos equipos para nuevos proyectos de mejora.

## **8.2. La metodología**

El Método Seis Sigma, conocido como DMAMC, consiste en la aplicación, proyecto a proyecto, de un proceso estructurado en 5 fases.

En la fase de definición se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para evitar la infrutilización de recursos. Una vez seleccionado el proyecto se prepara su misión y se selecciona el equipo más adecuado para el proyecto, asignándole la prioridad necesaria.

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso, identificando los requisitos clave de los clientes, las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características o variables clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

Figura 3. **Soldador con experiencia de 5 años**



Fuente: taller de Radiadores Portocarrero, Escuintla.

En la tercera fase, análisis, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos. Se desarrollan y comprueban hipótesis sobre posibles relaciones causa-efecto utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma los determinantes del proceso, es decir las variables clave de entrada o focos vitales que afectan a las variables de respuesta del proceso.

En la fase de mejora el equipo trata de determinar la relación causa-efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

La última fase, control, consiste en diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto Seis Sigma se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios. Cuando se han



logrado los objetivos y la misión se dé por finalizada, el equipo informa a la dirección y se disuelve.

### **8.3. Las herramientas**

En los proyectos Seis Sigma se utilizan dos tipos de herramientas. Unas, de tipo general como las 7 Herramientas de Calidad, se emplean para la recogida y tratamiento de datos; las otras, específicas de estos proyectos, son herramientas estadísticas, entre las que cabe citar los estudios de capacidad del proceso, análisis de varianza, ANOVA contraste de hipótesis, diseño de experimentos y, también, algunas utilizadas en el diseño de productos o servicios, como el QFD y AMFE.

Estas herramientas estadísticas que hace unos años estaban solamente al alcance de especialistas, son hoy accesibles a personas sin grandes conocimientos de estadística. La disponibilidad de aplicaciones informáticas sencillas y rápidas, tanto para el procesamiento de datos como para los cálculos necesarios para su análisis y explotación, permiten utilizarlas con facilidad y soltura, concentrando los esfuerzos de las personas en la interpretación de los resultados, no en la realización de los complejos cálculos que antes eran necesarios.

### **8.4. Los resultados**

Conceptualmente los resultados de los proyectos Seis Sigma se obtienen por dos caminos. Los proyectos consiguen, por un lado, mejorar las características del producto o servicio, permitiendo conseguir mayores ingresos y, por otro, el ahorro de costes que se deriva de la disminución de fallos o errores y de los menores tiempos de ciclo en los procesos.

Así, las experiencias de las compañías que han decidido implantar Seis Sigma permiten indicar desde cifras globales de reducciones del 90 por 100 del tiempo de ciclo o 15 mil millones de dólares de ahorro en 11 años (Motorola), aumentos de productividad del 6 por 100 en dos años (Allied Signal), hasta los más recientes de entre 750 y 1000 millones de dólares de ahorro en un año (General Electric).

### 8.5. Las fases detalladas de la Metodología Seis Sigma

Tabla V. Fases de la Metodología Seis Sigma

<b>Fase</b>	<b>Actividad</b>
1. Definir	Consiste en definir los parámetros de calidad del proceso de limpieza de radiador de vehículo liviano por medio de entrevistas con clientes y personal involucrado en el proceso.
2. Medir	Diseñar un programa de medición de los niveles de satisfacción de los clientes para determinar el nivel de satisfacción actual en el proceso de limpieza de radiador de vehículo liviano.
3. Analizar	Se pretende analizar el proceso de limpieza de radiador de vehículo liviano utilizando herramientas de diagramación para identificar posibles mejoras que permitan incrementar los niveles de satisfacción de los clientes.
4. Mejorar	Una vez definidos los puntos de mejora, se llevará a cabo la implementación de los mismos.
5. Controlar	Diseñar un modelo de control estadístico de calidad que permita monitorear los parámetros de calidad establecidos en la etapa de definición. Una vez implementada la mejora, controlar aquellos datos que se midieron, para determinar las variaciones en el proceso, como también puntos de la mejora real, para completar el capítulo IV de esta investigación.

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Operario definiendo los puntos donde se necesita soldadura**



Fuente: taller de Radiadores Portocarrero, Escuintla.

## 9. RESULTADOS ESPERADOS

- Se espera como punto inicial el cumplimiento del objetivo general como de los objetivos específicos ante los cuales se podría decir: se espera que se lleve a cabo el análisis de la Metodología Seis Sigma en el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano.
- El análisis necesario para definir concretamente dónde y cómo se realizarán las aplicaciones de mejora.
- La definición de aquellas variables a medir durante la segunda fase de Seis Sigma, con el objeto de representar las mismas por medio del más ajustado gráfico de control (gráfico X, R, S, P, NP).
- El análisis de los respectivos gráficos de control para determinar las causas variables, si las hay, en el proceso.
- La organización de las respectivas aplicaciones a realizar, según la Metodología Seis Sigma
- El registro de todas aquellas reacciones en la empresa seguida la aplicación de Seis Sigma.



## 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla VI. **Actividades planificadas**

Tiempo en meses.	Octubre 2012				Noviembre 2012				Diciembre 2012				Enero 2013				Febrero 2013			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividad por semana																				
Detección del problema a investigar. Falta de calidad en el proceso de limpieza de radiador de cobre de vehículo liviano.																				
Elaboración de instrumentos para la recopilación de la información.																				
Tabulación de datos obtenidos.																				
Análisis e interpretación de resultados de datos tabulados.																				
Elaboración de informe final.																				
Revisión y aprobación de informe.																				

Fuente: elaboración propia.



## 11. RECURSOS

- Recursos humanos
    - Profesional encargado de realizar el protocolo de tesis, estudiante la Maestría de Gestión Industrial.
    - Asesor para realización y redacción de protocolo de tesis
  
  - Recursos materiales
    - Computadora
    - Cámara fotográfica
    - Impresora
    - Scanner
    - Escritorio
    - Hojas de papel bond
  
  - Recursos financieros
    - Profesional Estudiante de Maestría en Gestión Industrial por un período de tiempo de 5 meses. Q 15,000.00
    - Asesor para redacción y realización de protocolo de tesis. Q 1,000.00
- Subtotal Recursos Humanos Q 16,000.00



○	1 Computadora	Q 3,000.00
○	1 Cámara fotográfica	Q 1,500.00
○	1 Impresora	Q 700.00
○	1 Scanner	Q 200.00
○	1 Escritorio	Q 400.00
○	2 Resmas de hojas papel bond	Q 40.00
	Subtotal de materiales	Q 5,840.00
	Total	Q 21,830.00

## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. Babel, Ignacio (2011) "Seis sigma, una herramienta para la calidad" reporte de proyecto para la Academia Mundial de ciencia, Ingeniería y Tecnología.
2. Cueva, Víctor Hugo (2008) "Implementación de la metodología Seis Sigma, en los procesos de producción y propuesta de un programa de mantenimiento autónomo, en la empresa NIASA" Tesis de Pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala.
3. Eckes, George. (2003). "El Seis Sigma Para Todos". Estados Unidos: Editorial Norma.
4. Fuentes Orozco, Milton Alexander (2012), "Relación entre las estructuras de solidificación de lingotes de aluminio de alta pureza y aleaciones aluminio-cobre fundidos artesanalmente y su propiedad mecánica de dureza". Protocolo de Tesis de la Universidad San Carlos de Guatemala.
5. Gutiérrez Pulido, Humberto (Tercera edición), "Calidad total y Productividad". Editorial Mc Graw Hill.
6. Homrossukon y Anarathapunt (2011) "Seis Sigma y los beneficios-costos de la mejora de calidad" Proyecto para la Academia Mundial de ciencia, Ingeniería y Tecnología.

7. Tolamatl Michcol, Jacob (Diciembre 2011). "Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del RAMO AUTOMOTRIZ", Tesis de Doctorado de la universidad Politécnica de Tlaxcala, México.
  
8. Varcia de Loyola, José Antonio (Diciembre 2011) "Disminución de la variación de un proceso de producción de muebles con Seis Sigma", Tesis de Doctorado, de la universidad Politécnica de Tlaxcala, México.