



Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo

Departamento de Ingeniería Industrial

Tesis para optar por el Título de académico de Master en
Ingeniería Industrial
Mención Calidad

Título: Aplicación de la Metodología Seis Sigma para
el mejoramiento de la calidad de las reparaciones, en
la Agencia SASA Villa Clara

Autor: MSc. Yeiquis García Guerra

Tutor: Dr.C Roberto Cespón Castro

DrC Carlos Machado Osés

2014



Dedicatoria

*A mi hijo, a mi madre y en especial a la memoria de mi Padre y a todos los
que han hecho realidad este sueño.*

Pensamiento

“Solo renuncian a la calidad los que no la poseen, ni tienen voluntad, ni talento para alcanzarla”
Che

Resumen

Resumen

La presente tesis de maestría fue realizada en la Empresa de Servicios Automotores S.A (SASA), Agencia Villa Clara, cuyo encargo social lo constituye la reparación de vehículos ligeros de diferentes marcas. A pesar que la organización cuenta con un sistema de gestión de la calidad certificado en los requisitos de las normas ISO 9001 y que en la proyección estratégica del año 2011 se plantea el mejoramiento de la calidad como uno de los pilares fundamentales de su desempeño, no se realizaba un análisis riguroso (empleo de herramientas estadísticas) para medir con efectividad el desempeño de sus procesos, lo que provocaba que sus directivos no contaran con elementos ingenieriles para la toma de decisiones.

Por esa razón, en la presente tesis de maestría se realizó la adecuación de la metodología Seis Sigma a las características particulares de esta entidad, obteniéndose como resultados esenciales un sensible mejoramiento de la calidad, medida en la reducción de los retornos internos y con ello una reducción considerable de la cantidad de autos que son rechazados internamente

Summary

Summary

The present Master's Degree thesis was held at Services Automobile Company S.A. (SASA,) in Villa Clara (Empresa de Servicios Automotores S.A.), which social order constitutes the repair of light vehicles of different brands. Despite this company is provided with a registered quality control System in the requirement of the norm ISO 9001 standards and the strategic planning of the year 2011 raises the improvement of the quality as one of the fundamental props of its performance, an in-Depth analysis was not realized (statistical tools employment) to measure the effective performance of these processes. This led to a managers' lack of elements to take the proper decisions.

For this reason, in the present thesis an adjustment of Six Sigma Methodology was realized to the particular characteristics of this enterprise, resulting in a sensitive improvement of the quality, measured in the reduction of the internal comebacks along with an important reduction in the amount of cars that are turned away internally.

Índice

Introducción	1
Capítulo I. Marco teórico referencial de la investigación	4
1.1 Introducción	4
1.2 Calidad. Definiciones.....	5
1.3. <i>Gestión de la calidad</i>	7
1.3.1. <i>Normas ISO 9000</i>	9
1.3.2 <i>La familia ISO 9000 del 2000</i>	10
1.3.3 <i>Principios de gestión de la calidad</i>	11
1.4.1. <i>Control de la calidad del proceso</i>	12
1.4.2. Herramientas para el control estadístico de los procesos	14
1.4.2.1 <i>Gráficos de control</i>	15
1.4.3. <i>Control de los dispositivos de seguimiento y medición</i>	16
1.4.4. Herramientas para la evaluación de la capacidad de los procesos	17
1.5. Metodología Seis Sigma.....	18
1.6. Los servicios automotores en Cuba.....	26
1.7. Conclusiones parciales	27
Capítulo II. METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA TALLERES DE REPARACIÓN DE VEHÍCULOS LIGEROS.	28
2.1. Introducción	28
2.2. Caracterización general de la empresa	28
2.2.1. Procesos de realización	31
2.3. Descripción de la Metodología Seis Sigma propuesta.....	32
2.4 Definir el problema	33
2.5. Etapa de Medición	36
2.5.1 Análisis del comportamiento de los datos.....	36
2.5.2. Estudio del comportamiento estadístico del proceso seleccionado	37
2.6. Etapa de Análisis	38
2.6.1. Determinación y selección del grupo de expertos	39

2.6.2. Análisis de la capacidad del proceso41

2.6.3. Análisis y resumen de los defectos presentes en el proceso43

2.7 Etapa de Mejora44

2.7.1 Determinación del porcentaje de mejora deseado44

2.7.2 Plan de acciones de mejora44

2.8. Etapa de Control45

Capítulo III. Aplicación de la Metodología Seis Sigma al proceso de pintura de la
empresa Servicios Automotores. S.A. Agencia Villa Clara..... 47

3.1 Introducción47

3.2 Definir el problema47

3.3. Etapa de medición50

3.3.1. Análisis del comportamiento de los datos.....51

3.3.2. Estudio del comportamiento estadístico del proceso de pintura.....56

3.4 Etapa de análisis.....58

3.4.1 Determinación y selección del grupo de expertos58

3.4.2. Análisis de la capacidad del proceso de pintura.....58

3.4.3. Análisis y resumen de los defectos presentes en el proceso de pintura60

3.5 Etapa de mejora61

3.5.1 Determinación del porcentaje de mejora deseado61

3.5.2 Plan de acciones de mejora62

3.6 Etapa de control.....62

3.7. Conclusiones parciales66

Conclusiones generales 67

Recomendaciones 68

Bibliografía..... 70

Anexos 75

Introducción

Introducción

Desde sus orígenes el ser humano ha tratado de corregir y mejorar todas las actividades que lleva a cabo, ya sean deportivas, económicas, sociales y otras. El espíritu de superación, unido a la satisfacción que reporta, conduce a comportamientos que tienden a evitar los errores y a perfeccionar lo que previamente se podía dar por bueno. Por esa razón, resulta entonces justo reconocer que la calidad ha sufrido una importante evolución en las últimas décadas, siendo un ejemplo de ello las diferentes variaciones que ha tenido en las organizaciones empresariales.

En un principio la calidad se asociaba con las secciones de inspección y control, donde a través de un análisis estadístico se trataba de determinar si la producción cumplía con los estándares de calidad previamente establecidos. El objetivo básico en estos casos consistía en conseguir niveles aceptables de errores en la fase de producción. Posteriormente, el concepto de calidad se extendió a todas las fases de la vida de un producto o servicio, desde su concepción o diseño hasta su fabricación y posterior uso por parte del cliente, siendo el lema “Cero Defectos”.

En la actualidad los productos y servicios no sólo tienen que ser aptos para el uso que se les ha asignado, sino que además tienen que igualar e incluso superar las expectativas que los clientes han depositado en ellos. El objetivo consiste en satisfacer a los clientes desde el principio hasta el fin. Esta nueva concepción de la calidad es lo que se conoce como “Calidad del Servicio”. Al cliente le resulta más difícil valorar la calidad relacionada con el servicio debido a la intangibilidad del mismo. Por eso la evaluación debe resultar de la comparación de las expectativas con el desempeño del servicio recibido, fijándose para ello tanto en el resultado del proceso, como en la forma en la que se desarrolla el mismo.

La diferencia entre calidad del servicio y satisfacción no está del todo clara, si bien se ha generalizado la idea de que la primera se obtiene tras una larga y completa evaluación, mientras que la segunda es la medida de una transacción específica. La gestión y la mejora de la calidad requieren identificar e implantar un sistema de indicadores eficiente y prioritario.

El control estadístico de la calidad ayuda a desarrollar medidas directas y útiles, a las que se denominan indicadores simples de la calidad. Ello consiste en la detección de aquellas situaciones problemáticas que necesitan ser mejoradas y por tanto controladas una vez que se han establecido los objetivos de mejora.

En los últimos años han aparecido a nivel mundial nuevas tendencias en el tema de Calidad, siendo uno de los más publicados el referente a la “Metodología 6 Sigma”, la cual constituye una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose hacia aquellos aspectos que son

Introducción

críticos para el cliente. La estrategia Seis Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso; tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente reducción del tiempo de ciclo y disminución de defectos. La meta que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad Seis Sigma, es decir, procesos que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades.

Con su aplicación existen varias empresas que han logrado éxitos espectaculares, encontrándose entre ellas varias empresas productoras de vehículos como la Nissan Renault y Chevrolet y General Motors.

Cuba no ha sido ajena al conocimiento y divulgación de esta metodología tanto en universidades como en el sector empresarial en general, sino que constituye una necesidad su aplicación partiendo del objetivo que persigue Seis Sigma, siendo además una de las vías para dar cumplimiento a los lineamientos económicos y sociales aprobados.

La empresa de Servicios Automotores S.A (SASA) es una sociedad anónima cubana sin capital extranjero que tiene como objeto social brindar servicios al transporte automotriz y está obligada a competir, ya que cuenta con clientes que exigen una elevada calidad de las reparaciones que en la misma se realiza, además de existir otras entidades en el país que brindan igual servicio. Cuenta además, con un Sistema de Gestión de la Calidad certificado, basado en los requisitos de la NC-ISO 9001:2008.

Sin embargo, pese a ser aceptada por los clientes como una de las mejores entidades en la prestación de servicios al transporte automotriz y no existir muchas reclamaciones, durante los controles visuales que se realizan a los vehículos se han detectado defectos vinculados esencialmente en los procesos de reparaciones. Ello provoca su retorno interno acompañado de los problemas que desencadenan tales como retrasos en la entrega de vehículos, pérdidas de tiempo por parte del operario, nuevos gastos de materiales, el incremento de la estadía de vehículos en taller y en general un deterioro de la imagen de la empresa, así como afectaciones en eficacia y eficiencia. Lo tratado en el presente párrafo conforma en síntesis, la **situación problemática** de la presente investigación.

Partiendo de lo anterior, el **problema científico** que se plantea en la presente tesis de maestría está dado por la carencia de una metodología rigurosa de control que permita el mejoramiento continuo de la calidad de los procesos de reparación y con ello la reducción de la cantidad de vehículos que retornan al mismo. Ello a su vez debe incidir en la eliminación paulatina de todas las manifestaciones negativas que ello trae a la empresa y que fueron descritas en la situación problemática.

Introducción

Para dar solución a este problema científico se plantea la siguiente **hipótesis de investigación**: si se aplica una “Metodología 6 Sigma” en los procesos de reparaciones de la empresa, será posible medir con mayor rigurosidad su desempeño como punto de partida para el mejoramiento de la calidad del mismo. Esta hipótesis quedará comprobada si se logra:

1. Adecuar la “Metodología 6 Sigma” a los procesos de reparaciones de la empresa.
2. Aplicar la metodología al proceso de pintura.
3. Mejorar la calidad del proceso de pintura y ello se verifica mediante la comparación de los resultados antes y después de aplicar la metodología.

Para dar cumplimiento a la hipótesis declarada, en la presente tesis de maestría se plantea como **objetivo general** el siguiente: “aplicar la “Metodología Seis Sigma” en la empresa SASA, luego de su adecuación a las características particulares de los procesos que se realizan en la misma.

El objetivo general planteado se concreta en los siguientes **objetivos específicos**:

- Elaborar un marco teórico referencial, derivado de la consulta de la literatura más actualizada sobre el tema objeto de estudio, con énfasis en aspectos referentes a la calidad, la “Metodología 6 Sigma” y los servicios automotores.
- Describir la “Metodología 6 Sigma” que debe ser aplicada en la empresa SASA, incluyendo las técnicas y herramientas que se deben aplicar en cada uno de los pasos de trabajo.
- Aplicar la metodología al proceso de pintura de la empresa, incluyendo la evaluación de su impacto en el mejoramiento de la calidad.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, la tesis se estructura en tres capítulos, cada uno de los cuales da respuesta a un objetivo específico. De esta forma el primer capítulo contiene el marco teórico referencial de la investigación, el segundo la descripción de la “Metodología Seis Sigma” y el tercero su aplicación, conjuntamente con la comparación de los resultados obtenidos antes y después de desarrollada la investigación:

Finalmente se debe destacar que la presente tesis de maestría, posee un sistema de valores entre los que se destacan: **valor metodológico**, dado por la descripción de la “Metodología Seis Sigma” que debe ser aplicada en este tipo de empresa; **valor teórico**, vinculado con todos los elementos teóricos descritos en el marco teórico referencial y **valor práctico**, en tanto su aplicación contribuye al mejoramiento de la calidad del proceso de pintura.

Capítulo I

Capítulo I. Marco teórico referencial de la investigación

1.1 Introducción

Este primer capítulo contiene todos los elementos teóricos necesarios para el desarrollo de la presente tesis de maestría, desarrollado a partir de las opiniones, conceptos y enfoques que brindan los diferentes autores nacionales e internacionales, los cuales sirven de soporte teórico para la aplicación de la metodología “Seis Sigma” en la Empresa Servicios Automotores SA. Agencia Villa Clara.

Para una mejor comprensión del contenido del presente capítulo, se elaboró el hilo conductor mostrado en la figura 1.1, en el cual se percibe una organización estructurada de los diferentes aspectos investigados que son tratados en cada uno de los diferentes epígrafes.

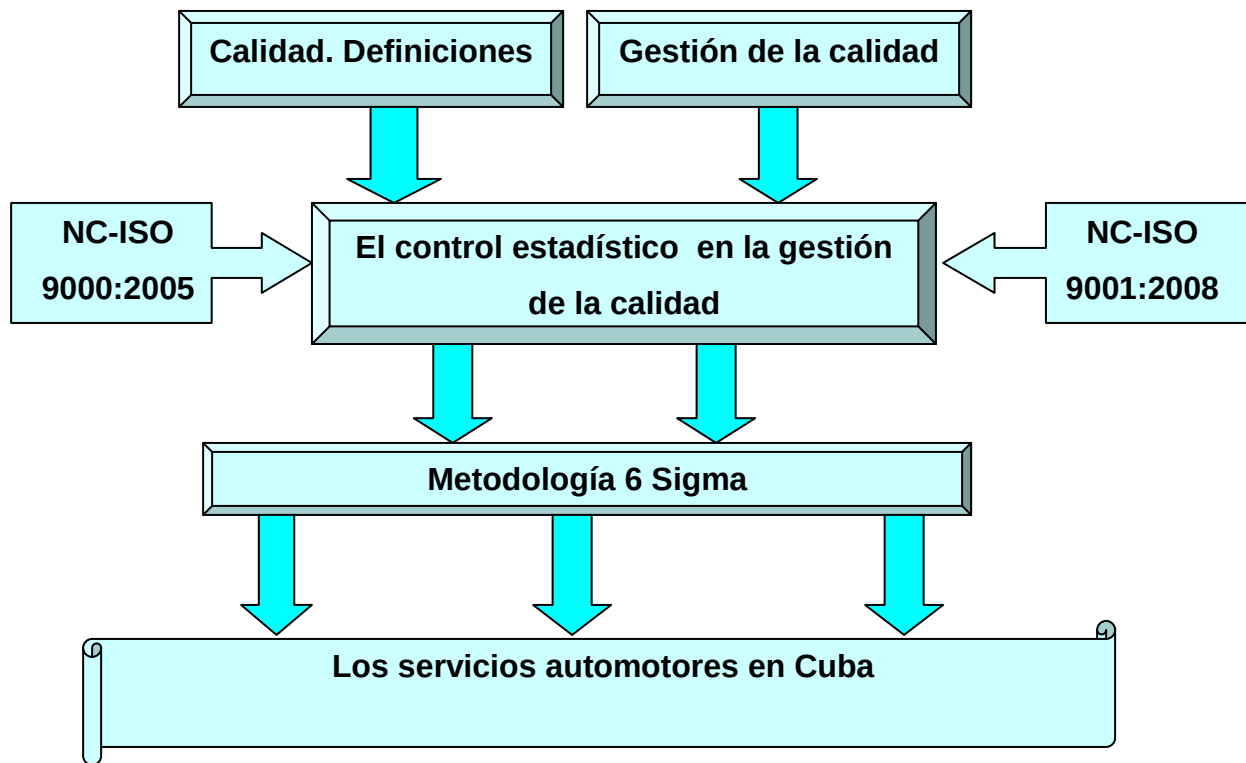


Figura 1.1: Diagrama del hilo conductor para la construcción del marco teórico referencial de la investigación. (Fuente. Elaboración propia)

Capítulo I

1.2 Calidad. Definiciones

La evolución del concepto de calidad en la organización y los enfoques conceptuales sobre el mismo son diversos. Esta evolución ayuda a comprender la necesidad de ofrecer una mayor calidad del producto o servicio que se proporciona al cliente y en definitiva a la sociedad, constituyendo ello la razón de la importancia que ha alcanzado el tema tanto en las organizaciones productivas como de servicios (**Escoriza, M.T 2003**).

El término calidad es un concepto fácil de visualizar y sin embargo difícil de medir, (**González, S.T 2004**), definiéndolo algunos entendidos como un término subjetivo, para el cual cada persona tiene su propia definición. Dentro de la amplia gama de conceptos, actualmente se utilizan con mayor frecuencia los aportados por los llamados “Maestros” o “Gurús” de la calidad, siendo algunos de ellos los siguientes:

- Cumplir con los requisitos. El consumidor es la parte más importante de la actividad productiva (**Deming, 1982**).
- Adecuación para el uso (**Juran, 1983**).
- Ofrecer mejores productos que la competencia, en precio y diseño, mínimo de variación entre sí, resistentes al deterioro y factores externos a su operación (**Taguchi, 1999**).
- Grado predecible de uniformidad y confiabilidad a un bajo costo y que se ajuste a las necesidades del mercado (**Kloter, 1988**).
- Conjunto de características de la producción o de los servicios que determinan su aptitud para satisfacer los requisitos exigidos de acuerdo con el uso o aplicación prevista (**Portel, E. M 2002**).

De los conceptos anteriores que en mayor o menor medida se complementan sin existir contradicciones entre los mismos, se percibe que calidad significa: calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de la división, calidad de las personas (incluyendo a los trabajadores, ingenieros, gerentes y ejecutivos), calidad del sistema, calidad de la empresa y calidad de los objetivos. Otros autores brindan nuevos conceptos también interesantes. Así por ejemplo Ishikawa (1988) asevera que el enfoque básico es controlar la calidad en todas sus manifestaciones. Este autor además establece los conceptos de “calidad real” y “calidad sustituta” en su definición de calidad:

Calidad real: es la verdadera calidad que cumple los requisitos de los consumidores y que se debe expresar siempre en un lenguaje comprensible para el consumidor.

Calidad sustituta: características de calidad que tienen alguna relación con las reales.

Capítulo I

(Crosby, 1979) ofrece una definición de calidad inicial descrita como “conformidad a los requerimientos”, y añade que sólo puede ser medida por el costo de la no conformidad. En 1994 puntualiza que calidad es “entregar a los clientes y a nuestros compañeros de trabajo productos y servicios sin defectos y hacerlo a tiempo”.

(Conway, 1988) plantea que la calidad se alcanza al “desarrollar la fabricación, administración y distribución a bajo costo de productos y servicios que el cliente quiera o necesite”. En la presente tesis de maestría se adopta el concepto de **calidad** dado por la norma **NC-ISO-9000: 2005 (2005)** y que dice textualmente: “grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”. Una precisión del mismo considera que:

“*Inherentes*” significa que existe en algo, especialmente como una característica permanente. El segundo término a aclarar es “requisito”, el cual es definido por la misma norma como necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

En términos menos formales se puede afirmar entonces que la calidad la define el cliente, es el juicio que este tiene sobre un producto o servicio y resulta por lo general en la aprobación o rechazo del producto. Un cliente queda satisfecho si se le ofrece todo lo que él esperaba encontrar y más. Así, la calidad es ante todo, satisfacción al cliente, lo que presupone que en la organización se trabaje sin fallos.

Como se puede apreciar la gama de definiciones es amplia y variada aunque todos tienen un fin común: el cliente y su satisfacción. Sin embargo, es indiscutible que para lograr calidad se requiere de una información confiable que permita apreciarla y medirla. Por esa razón se puntualiza en este importante aspecto que muchas veces queda en el olvido.

1.2.1. La calidad de la información y la estadística

Cuando se quiere resolver de raíz un problema importante es necesario tener información sobre el mismo que permita identificar cuándo, dónde y bajo qué condiciones el mismo ocurre, y con qué magnitud; es decir, es necesario encontrar su regularidad estadística y sus fuentes de variabilidad. De igual manera, cuando se va a tomar una decisión o ejecutar una acción es necesario contar con información que les dé sustento y viabilidad.

Desafortunadamente, la práctica de obtener información antes de actuar, corregir o decidir es muy poco socorrida. Los hábitos e inercias imperantes en muchas empresas las llevan a actuar con la experiencia, con corazonadas, intuiciones, tradiciones y con base en el método de prueba y error. Resultado de lo anterior es que las empresas tienen los mismos problemas de siempre y las decisiones se toman bajo presión.

Capítulo I

Parte de los nuevos hábitos que exige la calidad es actuar, decidir y solucionar con base a métodos y estrategias que partan de una información objetiva sobre el problema: antecedentes, frecuencia, localización, etc. Es decir, calidad en la información y objetividad en los análisis. De aquí que el punto de partida para una mayor efectividad de las acciones y decisiones sea contar con información de calidad. Sin embargo, en las organizaciones hay deficiencias en la obtención de información, entre las que se encuentran:

- “Datitis”. Se obtienen datos sin ningún propósito claro e importante. Resultados: datos, cuestionarios, registros y reportes en espera de que tengan alguna utilidad. Síntoma: actividades cuyo logro más importante es tener una terapia ocupacional.
- Obtención de información para validar decisiones previamente tomadas. Solo tomar en cuenta la información favorable.
- Es raro que se tenga un plan global de por qué se va a obtener información, cuál es la mejor fuente, cómo, cuándo, quién, dónde, cómo se va a analizar, qué decisiones se pretenden tomar.
- Información poco representativa y sesgada.
- Tabúes y errores sobre el papel de la estadística en la obtención de la información **(Gutiérrez, P.H 2007)**.

A pesar de lo evidente de las deficiencias antes señaladas, las mismas se presentan una y otra vez, haciendo que no siempre las mejoras en calidad den los resultados esperados. Es por eso que las mejores decisiones son las que se toman no para “apagar fuegos” sino las que son tratadas en sistema, lo que lleva al concepto de gestión de la calidad que es analizado en el próximo epígrafe.

1.3. Gestión de la calidad

Son muchos y variados los enfoques de cómo debe ser un sistema de calidad. Atendiendo a lo anterior, el Organismo Internacional de Normalización (International Standards Organization, ISO), después de varios años de trabajo de su comité técnico, en 1987 aprobó las normas serie ISO-9000, con el propósito de establecer una racionalización en los diferentes enfoques de sistemas de calidad. Es así que ahora estas normas se han convertido en las prescripciones generales que debe reunir un sistema de calidad en el ámbito internacional, y son exigidas cada vez más a las empresas proveedoras por parte de los diferentes compradores. Estas además plantean los requisitos mínimos que debe reunir un sistema de calidad, por lo que es muy común que se trabaje en función de estructurar un sistema de gestión de la calidad basado en las normas ISO-9000 que se aplican desde pequeñas hasta grandes empresas **(Gutiérrez, P.H 2007)**.

Capítulo I

La gestión de la calidad es un conjunto de actividades de la función general de dirección que determinan la política de calidad, los objetivos y las responsabilidades. La adopción de un sistema de gestión de la calidad surge por una decisión estratégica de la alta dirección en aras de mejorar el desempeño de una organización.

Teniendo en cuenta lo anterior la **NC-ISO 9000:2005 (2005)** define la **gestión de la calidad** como las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad. Incluye política de calidad, objetivos, planificación de la calidad, control y aseguramiento de la calidad y su mejora.

Se gestiona la calidad con el fin de producir artículos que satisfagan los requisitos del cliente. No se trata solamente de cumplir con una serie de normas o especificaciones. Esto no basta, pues los clientes no siempre estarán satisfechos con un producto que cumpla ciertos requisitos. Se debe recordar que las exigencias de los clientes varían de un año a otro y aun cuando se modifiquen las normas industriales estas no se mantienen al día con dichas exigencias. Adoptar un sistema de gestión de la calidad, es una decisión estratégica de la alta dirección de una organización. El diseño y la implantación del mismo está influenciado por necesidades cambiantes, objetivos particulares, productos suministrados, procesos empleados y el tamaño y la estructura de la organización **(Almaguer, R. A 2004)**.

Para la gestión existen tres planos:

I. Estratégico: define el rumbo de la organización, adopta decisiones que permiten hoy y mañana avanzar hacia objetivos planteados y da seguimiento a la marcha de los acontecimientos apoyándose en el control y la mejora.

II. Realización: Traduce los objetivos estratégicos a corto plazo, pone en acción los recursos necesarios para alcanzarlo y controla su consecución.

III. Apoyo: Manejo del conjunto de técnicas, métodos y herramientas que requiere la gestión.

Algunas de las ventajas que se obtienen con el desarrollo e implantación de un sistema de Gestión de la Calidad son: **(Almaguer, R. A 2004)**.

Para la empresa:

- Los costos serán menores puesto que la producción será más eficiente.
- Logrará economizar en la producción, ya que sus sistemas estarán más controlados desde el principio hasta el final, y en tiempo, porque se necesitará menos esfuerzo para hacer el trabajo.
- Podrá mejorar la calidad de sus materias primas y componentes

Capítulo I

- La comercialización de las exportaciones será más fácil porque algunos compradores extranjeros hacen hincapié en su aplicación.
- Logrará un tratamiento preferencial por parte de los clientes potenciales que tienen sistemas de certificación ISO 9000, lo que significa un aumento en el volumen de negocios.
- Contará con una mayor fidelidad por parte de sus clientes, ya que podrá satisfacer continuamente sus necesidades y no tendrá motivos para buscar otro proveedor.
- Podrá mencionar el sistema ISO 9000 en su publicidad para aumentar las ventas.

Para los clientes:

1. Recibirán productos o servicios con un nivel de calidad conocido, “conforme” independientemente.
2. Podrán elegir entre diferentes proveedores que compiten entre sí.
3. Confiarán más en los productos de la empresa.

1.3.1. Normas ISO 9000

En la actualidad el análisis del término gestión de la calidad, se debe ver relacionado con el concepto de sistemas de calidad y con la serie de normas ISO, por esa razón en la presente tesis de maestría se dedica un espacio a su estudio.

En 1926, 22 países se reunieron para fundar una federación internacional de los comités nacionales de normalización, la ISA (International Standardizing Associations). Este organismo fue sustituido en 1947 por la ISO, cuya sede está situada en Ginebra. Cada país miembro está representado por uno de sus institutos de normalización y se compromete a respetar las reglas establecidas por la ISO relativas al conjunto de las normas nacionales. Esta institución tiene por tarea desarrollar la normalización con carácter mundial y a tal efecto, publica normas internacionales conocidas como “normas ISO”, que intentan acercar las normas nacionales de cada Estado miembro. La ISO es un organismo consultivo de las Naciones Unidas (**Biblioteca de Consulta Encarta, 2009**).

La serie de normas ISO 9000, se ha elaborado para asistir a las organizaciones, de todo tipo y tamaño, en la implementación y la operación de sistemas de gestión de la calidad eficaces. A todo este conjunto se le conoce como familia de normas ISO 9000 como se muestra en la figura 1.2

Capítulo I



Figura 1.2 La familia de normas ISO 9000. (Fuente. Elaboración propia)

1.3.2 La familia ISO 9000 del 2000

La norma **ISO 9000** describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología para los sistemas de gestión de la calidad. Por su parte, la **ISO 9001** especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación y su objetivo de aumentar la satisfacción del cliente.

La norma **ISO 9004** promueve la autoevaluación como una herramienta importante para la revisión del nivel de madurez de la organización, abarcando su liderazgo, estrategia, sistema de gestión, recursos y procesos, con el objetivo de identificar áreas de fortalezas y debilidades y oportunidades tanto para la mejora, como para la innovación. Esta Norma Internacional proporciona un enfoque más amplio sobre la gestión de la calidad que la Norma ISO 9001, pues trata las necesidades y las expectativas de todas las partes interesadas y proporciona orientación para la mejora sistemática y continua del desempeño global de la organización. En la Figura 1.2 se presenta un modelo ampliado de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos que incorpora los elementos de las Normas ISO 9001 e ISO 9004.

La norma **ISO 19011** proporciona orientación sobre la gestión de los programas de auditoría, la realización de auditorías internas y externas de sistemas de gestión, así como sobre la competencia y la evaluación de los auditores.

Todas estas normas forman un conjunto coherente de normas de sistema de gestión de la calidad que facilitan la mutua comprensión en el comercio nacional e internacional. La serie ISO 9000 de estándares de administración de la calidad fue desarrollado por el ISO/TC 176 (Comité técnico ISO 176) reunido en 1979. Estos representan los requerimientos esenciales que cualquier empresa

Capítulo I

necesita cumplir para asegurar una consistencia en la producción y entrega a tiempo de sus bienes y servicios al mercado. El sistema describe los requerimientos que deben ser cumplidos y no el “como” van a ser cumplidos. Estos estándares poco a poco han sido aceptados mundialmente como el comparativo o Benchmarking de todos los sistemas de calidad. Asimismo, la norma ISO 9000 además de lo planteado en el párrafo anterior, establece los ocho principios de la gestión de la calidad que son tratados a continuación

1.3.3 Principios de gestión de la calidad

Para dirigir y operar una organización con éxito es necesario gestionarla de manera sistemática y visible. La orientación para la dirección presentada en esta norma internacional se basa en ocho principios de gestión de la calidad que se han desarrollado con la intención de que la alta dirección pueda utilizarlos para liderar la organización hacia la mejora del desempeño **(Almaquer, R.A 2004)** Los principios son:

- **Enfoque al cliente:** las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender sus necesidades actuales y futuras, satisfacer los requisitos de los mismos y esforzarse en exceder las expectativas.
- **Liderazgo:** los líderes establecen la unidad de propósito y la orientación de la organización. Ellos deben crear y mantener un ambiente interno, en el cual el personal pueda llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos de la organización.
- **Participación del personal:** el personal, a todos los niveles, es la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean utilizadas para el beneficio de la organización.
- **Enfoque basado en procesos:** un resultado deseado se alcanzará más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso.
- **Enfoque de sistema para la gestión:** identificar, entender y gestionar los procesos interrelacionados como un sistema, contribuye a la eficacia y eficiencia de una organización en el logro de sus objetivos.
- **Mejora continua:** la mejora continua del desempeño global de la organización debería ser un objetivo permanente de esta.
- **Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones:** las decisiones eficaces se basan en el análisis de los datos y la información.

Capítulo I

- **Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor:** una organización y sus proveedores son interdependientes, y una relación mutuamente beneficiosa aumenta la capacidad de ambos para crear valor.

El uso exitoso de los ocho principios de gestión por una organización resultará en beneficios para las partes interesadas, tales como mejora en la rentabilidad, la creación de valor y el incremento de la estabilidad. Se plantea en la **NC ISO 9000:2005 (2005)** que estos principios de gestión de la calidad constituyen la base de las normas de sistemas de gestión de la calidad de la familia de Normas ISO 9000. Cabe destacar, que no siempre se realiza una adecuada interpretación de estos conceptos en las organizaciones. En el caso de la empresa objeto de estudio, aunque posee un sistema de gestión certificado, no utiliza herramientas estadísticas que le permitan cumplir adecuadamente con el principio de enfoque en hechos para la toma de decisiones. Por ello la aplicación de la Metodología Seis Sigma le permitirá eliminar las causas de los errores, reducir el porcentaje de defectos y propiciar la mejora continua en el desempeño de sus procesos.

1.4. Control estadístico en la gestión de la calidad

Una vez analizada la familia de normas ISO y en consecuencia todo lo referente a la Gestión de la Calidad y los Sistemas de Gestión de la Calidad, corresponde adentrarse un poco en el tema de los procesos, para dar seguimiento al hilo conductor planteado en la figura 1.1.

Es por ello que corresponde el estudio del control estadístico y la capacidad de los procesos. Dado el hecho de que estos análisis deben hacerse siguiendo ese orden, será ese precisamente la secuencia utilizada en el presente marco teórico referencial.

El control estadístico juega un papel primordial en el desempeño de los procesos, ya que en estos siempre existen fuentes de variación bajo condiciones normales o comunes de trabajo todas las *M's* aportan variación a las variables de salida del proceso, en forma natural o inherente. Además pueden aportar variaciones especiales o fuera de lo común, por lo que resulta fundamental distinguir de forma eficiente entre ambos tipos de variación, para así tomar las medidas adecuadas en cada caso, por lo que se hace necesario trabajar en el control de la calidad de los procesos, apoyándose en el uso correcto de las herramientas estadísticas las cuales son imprescindibles para su identificación (**Gutiérrez, P.H 2007**), con la finalidad de mejorar el desempeño de estos y de las organizaciones como un todo, lo que se traduce, en el éxito empresarial.

1.4.1. Control de la calidad del proceso

El control de la calidad del proceso utiliza la inspección del producto o servicio mientras se está ejecutando, para lo cual se controla en cada etapa de la actividad los puntos críticos de calidad, es decir, las variables de control definidas de acuerdo al sistema de predominio que posee el proceso.

Capítulo I

El control del proceso se basa en dos suposiciones claves, una de las cuales es que la variabilidad es básica para cualquier proceso de producción y/o servicio. No importa qué tan perfectamente esté diseñado un proceso, siempre tienen variación. El objetivo del control del proceso es encontrar el rango de variación natural del mismo y entonces asegurar que la producción permanezca dentro de este rango.

El segundo principio del control del proceso es que usualmente no se encuentre en un estado de control, ya que en él intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6M[™]: materiales, maquinarias, medición, mano de obra, métodos y medio ambiente. Bajo condiciones normales o comunes de trabajo todas las Ms aportan variación a las variables de salida, en forma natural o inherente, pero además pueden aportar variaciones especiales o fuera de lo común, ya que a través del tiempo las 6M[™] son susceptibles a cambios, desajustes, desgastes, errores, descuidos, fallas, etc. Así, hay dos tipos de variabilidad: debida a causas comunes y a causas especiales o atribuibles. Resulta fundamental distinguir en forma eficiente entre ambos tipos de variación, para así tomar las medidas adecuadas en cada caso. **(Gutiérrez, P. H 2007).**

La variación por causas comunes es aquella que permanece día a día, lote a lote y la aportan en forma natural las condiciones de las 6Ms, mientras que la variación por causas especiales es causada por situaciones o circunstancias especiales que no son permanentes en el proceso. **(Gutiérrez, P. H 2007).**

El primer trabajo de los encargados del control del proceso es buscar estas fuentes de variación innecesaria y tomar las acciones necesarias que permitan traer el proceso bajo el control estadístico, donde las variaciones restantes se deben a causas aleatorias.

Un proceso se puede traer a un estado de control y se puede mantener en esta condición mediante el uso de gráficas de control de calidad (también llamadas cartas de Shewhart, o gráficas de proceso o gráficas de control) **[(Gutiérrez, P.H 2007).]** donde su objetivo básico es observar y analizar con datos estadísticos la variabilidad y el comportamiento de un proceso a través del tiempo, lo que permitirá distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales. Ello ayuda a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora. Además estas también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de alguna variable de entrada o de control del proceso mismo.

Los controles de calidad del proceso son a veces confundidos con los controles del producto, pero hay una clara diferencia. Los controles del proceso están asociados en la decisión: el proceso, ¿debe continuar o parar? Los controles del producto están asociados con la decisión: el producto, ¿es conforme con la especificación?: Habitualmente ambas decisiones requieren información derivadas del muestreo y medición del producto.

Capítulo I

El control al proceso se basa en el bucle de retroinformación, donde sus etapas se definen y se utilizan en la planificación de la calidad. El control de la calidad parte de los criterios de control, el cual se impone en tres áreas principales:

1. **Criterio de preparación:** para algunos procesos la iniciación de la producción debe esperar a que se cumpla el criterio de preparación. En ciertos casos críticos, esta forma de garantía temprana puede requerir que un supervisor o inspector apruebe la preparación.
2. **Criterio de funcionamiento:** algunos procesos necesitan que se compruebe el funcionamiento para decidir si el proceso se debe continuar o si debe pararse para su reajuste. El criterio debe incluir la frecuencia del control, tamaño de la muestra, manera de seleccionarla, ensayos a realizar y las tolerancias permitidas.
3. **Criterio de mantenimiento del equipo:** en algunos procesos el propio equipo debe ser estrechamente controlado si se quiere mantener la calidad. Este tipo de control es preventivo y es muy diferente al concepto de reparación de las averías. Esta forma de mantenimiento preventivo requiere disponer de un cuidadoso conjunto de planos que definan las características esenciales del funcionamiento del equipo. En base a un programa se controla la conformidad de las instalaciones con el criterio.

Unido a lo anterior, es necesario agregar que el control estadístico del proceso debe ser realizado en los denominados puntos de control, que son aquellos que permiten realmente evaluar con antelación cuando un proceso está fuera de los rangos permitidos o tiene tendencia a hacerlo, lo que facilita la adecuada toma de decisiones para el mejoramiento.

1.4.2. Herramientas para el control estadístico de los procesos

Como parte del subepígrafe anterior, se mencionaron los gráficos de control como una de las herramientas utilizadas en el control estadístico de los procesos. Corresponde aquí hacer referencia a todas aquellas empleadas en la presente investigación y a otras recomendadas por los diferentes autores. Dentro de estas herramientas se encuentran:

- Reunión de expertos
- Diagrama de Pareto
- Diagrama causa-efecto
- Diagrama OTIDA
- Gráficos de control
- Voz del cliente (Voice of Custome)

Capítulo I

Como puede apreciarse, se trata de herramientas que tradicionalmente se han empleado en varios aspectos de la gestión tales como la dirección, calidad, producción, logística, capital humano, marketing, etc. Por esa razón no se desarrollaran las mismas en el presente capítulo con un alto grado de detalle. Sin embargo, por la utilización que se le da en la presente tesis de maestría y en general en el tema de la calidad, si se desea por parte de la autora enfatizar en una de ellas: los gráficos de control.

1.4.2.1 Gráficos de control

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación y como ya ha sido planteado, todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

- Causas aleatorias de variación: son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso y de difícil identificación y eliminación.
- Causas específicas (imputables o asignables). Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas y sí pueden ser descubiertas y eliminadas.

Existen dos tipos de cartas de control: para variables y para atributos. Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición.

Las cartas de control por variables son aquellas que se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, etcétera). Las cartas para variables tipo Shewhart más usuales son:

- $\bar{x}$ (de promedios)
- R (de recorridos)
- S (desviaciones estándar)
- X (de medias individuales)

Estas formas distintas de llamarle a una carta de control se debe al tipo de estadística que se grafica en la carta, por medio de la cual se tratará de analizar una característica importante de un producto o un proceso.

Las cartas de control por atributos son aquellas que se aplican a características de calidad de tipo discreto, donde el producto o proceso se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; o también al producto o proceso se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene. Estas pueden ser del tipo:

Capítulo I

- p , proporción o fracción de artículos defectuosos
- np , número de unidades defectuosas
- c , número de defectos
- u , número de defectos por unidad

Además de las anteriores cartas de control, existe gran variedad que en general pretenden mejorar el desempeño de alguna de las cartas tradicionales. Mejorar su desempeño en el sentido de detectar más rápido un cambio en el proceso, reducir la frecuencia de falsas alarmas (cuando hay una señal de fuera de control, pero el proceso está en control) y modelar mejor el comportamiento de los datos. Entre las cartas adicionales más conocidas se encuentran la Medias móviles exponencialmente ponderadas (EWMA) y la Suma acumulada de las desviaciones respecto a la media global o respecto al valor nominal de la característica de interés (CUSUM). Estas últimas a su vez pueden ser: CUSUM de dos lados” máscara” o CUSUM tabular o de un lado. **(Fernández. V.O 2011).**

1.4.3. Control de los dispositivos de seguimiento y medición

Aun cuando el objeto de estudio práctico de la presente investigación no requiere de medios de medición específicos para el control estadístico, se ha preferido añadir este acápite en el presente capítulo, con el objetivo de ser coherente con el “valor teórico” planteado en la introducción del trabajo, dado que la medición es uno de los aspectos que puede definir la calidad de un producto o proceso y en consecuencia no se debe separar de ningún tipo de análisis. En general, el objetivo de este control es:

- Demostrar la conformidad del producto.
- Asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y
- Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La dirección de la organización, debe implementar procesos de seguimiento y medición eficaces y eficientes, incluyendo métodos y dispositivos para la verificación y validación de los productos y procesos, asegurándose así de la satisfacción del cliente y de las otras partes interesadas. Estos procesos incluyen encuestas, simulaciones y otras actividades de seguimiento y medición.

Con el fin de proporcionar confianza en los datos, los procesos de seguimiento y medición incluirán la confirmación de que los dispositivos y mecanismos utilizados son aptos para utilizarse y que se mantienen con una precisión adecuada de acuerdo a las normas aceptadas.

Capítulo I

Así mismo se establecerán procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse de una manera coherente con los requisitos establecidos y cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe:

- calibrar o verificar a intervalos especificados o antes de su utilización los medios de medición, comparándolos con patrones de medición trazables y patrones de medición nacionales o internacionales. Cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación;
- ajustarse o reajustarse según sea necesario;
- identificarse para poder determinar el estado de calibración;
- protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición;
- protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

La organización también debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores, cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. La organización debe tomar las acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado. Deben mantenerse registros de los resultados de la calibración y la verificación.

Además, es necesario que sea confirmada la capacidad de los programas informáticos cuando estos se utilicen en las actividades de seguimiento y medición de los requisitos especificados. Esto debe llevarse a cabo antes de iniciar su utilización y confirmarse de nuevo cuando sea necesario.

1.4.4. Herramientas para la evaluación de la capacidad de los procesos

Los procesos industriales tienen variables de salida o de respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones para así considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso es analizar qué tan bien cumplen sus variables de salida con las especificaciones. **(Gutiérrez, P.H 2007).** Por su parte, los índices de capacidad son mediciones especializadas para evaluar la capacidad por excelencia.

El análisis de capacidad (Distribución binomial) se emplea para evaluar la capacidad de un proceso bajo control cuando los datos provienen de una distribución binomial. Un proceso capaz puede crear productos o servicios que cumplan con las especificaciones. El análisis de capacidad binomial examina la proporción de defectuosos para cada muestra entre las diferentes muestras.

Capítulo I

El Análisis de capacidad - Binomial consta de cuatro gráficas y una tabla de resultados en una sola ventana. Se emplean las cuatro gráficas para verificar los supuestos de un análisis de capacidad binomial.

1. Gráfica - Proporción
2. Gráficas - %Defectuoso acumulado
3. Gráficas - Tasa de defectuosos
4. Gráficas - Histograma de porcentaje de defectuoso
5. Estadísticas de resumen

La tabla de resultados provee estadísticas de resumen, que permite calcular el valor de sigma actual con que trabaja el proceso en el momento en que se mide con el resultado de las Partes Defectuosos por Millón (PPM), así como el índice de capacidad que puede ayudar a evaluar la capacidad del proceso. Este tipo de análisis resulta imprescindible cuando se trabaja con la Metodología Seis Sigma, ya que permite en cada ciclo de mejoramiento conocer si realmente ha mejorado el proceso e identificar el nivel sigma con que se trabaja y es ampliamente utilizado en la presente tesis de maestría.

Existen varios paquetes estadísticos que pueden brindar excelentes resultados cuando se realizan estudios de Capacidad de Procesos, esencialmente porque permiten hacer análisis integrales a partir de la disposición de todos los gráficos necesarios.

1.5. Metodología Seis Sigma

Six Sigma o Seis Sigma ha sido descrito como el todo desde una simple moda (**Clifford, 2001**) al avance significativo estratégico (**Harry, 1998**). Seis Sigma puede ser distinguido desde un simple re-empacado de gerencia de calidad por tres simples principios: la estructura del papel del Seis Sigma, el procedimiento de mejoramiento estructurado y un enfoque en la métrica (**Zu et al, 2008**). En correspondencia con este razonamiento, **Schroeder et al (2008)** define el Seis Sigma como “una estructura paralela organizada para reducir la variación en los procesos organizacionales, un método estructurado y medible de desempeño con el fin de lograr objetivos estratégicos.

Asociado a Seis Sigma, se encuentra el diseño para el Seis Sigma (DFSS). De manera simple Seis Sigma es minimizar la variación de los procesos existentes, mientras que el DFSS está dirigido al diseño de productos y procesos que una vez hechos realidad no afecten el desempeño.

El Seis Sigma y el Diseño para el Seis Sigma (DFSS), ambos tienen un fuerte enfoque en la reducción de costo y un impacto en la línea de control de los resultados (**Montgomery y WoodaLL,**

Capítulo I

2008; Treichler, 2002). Según la literatura consultada que resulta un tanto confusa, al parecer esta metodología fue creada por **Smith (2001)**, quien concibió el Seis Sigma para reaccionar ante eventos no deseados, mientras que el diseño para el Seis Sigma lo creó para prevenir que tales eventos ocurran.

Por otra parte, varios autores se refieren a los retos de implementación del DFSS y el Seis Sigma. Uno de esos retos es la necesidad de entrenamiento extensivo (**Shahin, 2008**) y **Treichler (2002)** identificó la necesidad de entender las herramientas relacionadas, por ejemplo: el análisis estadístico como la clave para la implementación exitosa del DFSS y la necesidad de contar con el apoyo de la alta dirección. Al respecto (**Goh, 2009**) y (**Yang y Cai, 2009**) destacan que líderes bien entrenados reducen sustancialmente los riesgos en la aplicación de Seis Sigma y el DFSS.

Atwood (2005), resume lo antes planteado cuando expresa que el DFSS aplica un modelo de proyecto sistemático derivado de las necesidades de los clientes para desarrollar los productos o los procesos, mientras que los proyectos Seis Sigma se realizan por el modelo o ciclo de Deming: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA).

Otras cuestiones comunes en la aplicación del DFSS, incluye un fuerte foco en la satisfacción y robustez del cliente y en el diseño de los productos que permita niveles de desempeño de Seis Sigma en la producción (**Gremyr.2005**), a lo que debe añadirse la necesidad de concebirlo como un proyecto en el que se debe disponer de una “caja de herramientas” (**Chowdhury, 2002; Tennant, 2002; Creveling et al, 2003**).

De todo lo antes analizado y en correspondencia con la presente tesis de maestría en el que resulta de mayor interés la metodología Seis Sigma, cabe apuntar que la misma es una estrategia de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio, enfocándose hacia aquellos aspectos que son críticos para el cliente.

Se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de la calidad del producto o del proceso y tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. La meta de 6σ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad 6σ , es decir, procesos que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades.

El proceso "Seis Sigma" es un método sistemático que utiliza datos, rigurosamente medidos y analizados, para identificar las fuentes de error (causas raíces de un problema) y las formas de eliminarlas, generando mayor satisfacción del cliente y ahorros económicos sustanciales. Tiene seis niveles, donde 1Sigma es cometer muchos errores y 6 Sigma muy pocos. Si se quiere saber en qué nivel Sigma se encuentra una organización la lista siguiente puede ayudar:

* 1Sigma= 690.000 errores por millón de unidades.

Capítulo I

* 2Sigma= 308.538 errores por millón de unidades.

* 3Sigma= 66.807 errores por millón de unidades.

* 4Sigma= 6.210 errores por millón de unidades.

* 5Sigma= 233 errores por millón de unidades.

* 6Sigma= 3'4 errores por millón de unidades.

Creveling et al (2003), destaca que en el caso de un muestreo por atributos en ocasiones los errores pueden ser considerados como rechazos, algo que ocurre con frecuencia en la industria automotriz, afirmación ésta que será tomada en cuenta en la presente tesis. En el caso de las variables continuas, la metodología 6 σ se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos industriales. En los procesos industriales se presenta el costo de baja calidad, ocasionado por:

- a) Fallas internas. de los productos defectuosos, reprocesos y problemas en el control de materiales.
- b) Fallas externas de productos reclamados por mala calidad.
- c) Evaluaciones del producto, debido a inspección del proceso y producto; utilización, mantenimiento y calibración de equipos de medición de los procesos y productos; auditorias de calidad y soporte de laboratorios.
- d) Prevención de fallas, debido al diseño del producto, pruebas de campo, capacitación a trabajadores y mejora de la calidad.

La primera aplicación de Seis Sigma (6 σ) tampoco es algo muy claro en la literatura, aunque todo apunta a que fue introducida por primera vez en 1986 en Motorola por un equipo de directivos encabezados por Bill Smith (**Smith, 2001**) como una estrategia de negocios. No obstante otros autores plantean que surgió en 1987 en Motorola por un equipo de directivos encabezados por Bob Galvin, presidente de la compañía (**Gutiérrez, P. H 2007**).

También en la industria automotriz, una de las compañías pioneras en la implementación resultó la Nissan -Renault (1999). Renault adquirió al fabricante japonés de automóviles Nissan y un año después de su mayor pérdida, en mayo del 2001, reportó el mayor beneficio neto de su historia. En sus primeros pasos, la metodología fue aplicada a la manufactura, sin embargo firmas como Chevrolet, en años recientes (2004) extendió su aplicación a concesionarias (talleres) radicados en Latinoamérica que aseguran los servicios de reparación.

Desde entonces ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por otras compañías que han logrado éxitos espectaculares, tales como Allied Signal ¹ (1994), Texas Instruments (1995), General

Capítulo I

Electric(1995), Nissan Renault (1999), y en proyectos de tecnologías de la Información de los EU (2000).

1.5.1. Métodos empleados por la metodología Seis Sigma

En general cualquier metodología requiere para su aplicación de una proyección general con herramientas específicas, no siendo el Seis Sigma una excepción. Por esa razón en esta parte se analizará la metodología general que emplea y los métodos estadísticos necesarios para su aplicación.

Cualquier proceso dentro de una organización puede comprenderse como una función que aplicada sobre ciertas variables de entrada, proporciona un conjunto de variables de resultado. Los métodos Seis Sigma proponen trabajar para mejorar los procesos, sobre aquellas variables de entrada que influyen significativamente sobre las variables de resultados. Para decidir sobre estas cuestiones, se recomienda no basarse en criterios subjetivos, sino en hechos objetivos deducidos a partir del análisis de información existente o recogida para ese fin.

El desarrollo de un proyecto de mejora continua Seis Sigma se plantea a partir de cinco etapas básicas y bien diferenciadas, las cuales constituyen lo que se ha dado en llamar Metodología DMAIC (por las siglas en inglés: (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) traducidas al español: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (**Harry, Mikel, Schroeder, Richard. 2000**). Una representación de la misma se muestra en la figura 1.3.

La etapa identificada como **DEFINIR**, consiste en realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa identificando cuáles son los elementos seleccionados para aplicar la metodología. Ello puede partir de sus objetivos estratégicos, desempeño de los procesos y los aspectos deficientes de servicio al cliente que dan respuesta a los requisitos del producto y/o servicio. En esta etapa las herramientas más utilizadas son:

- Matriz de selección
- Diagramas de Pareto
- Voz del cliente (Voice of Custome)

En la etapa **MEDIR** se deben determinar cuáles son las características críticas que influyen sobre las variables resultantes del proceso y medirlas. Se debe preparar un plan de recolección de datos, para lo cual es importante asegurarse de la confiabilidad de los dispositivos de medición que pueden ser instrumentos de medición o cuestionarios de evaluación para el servicio.

Capítulo I

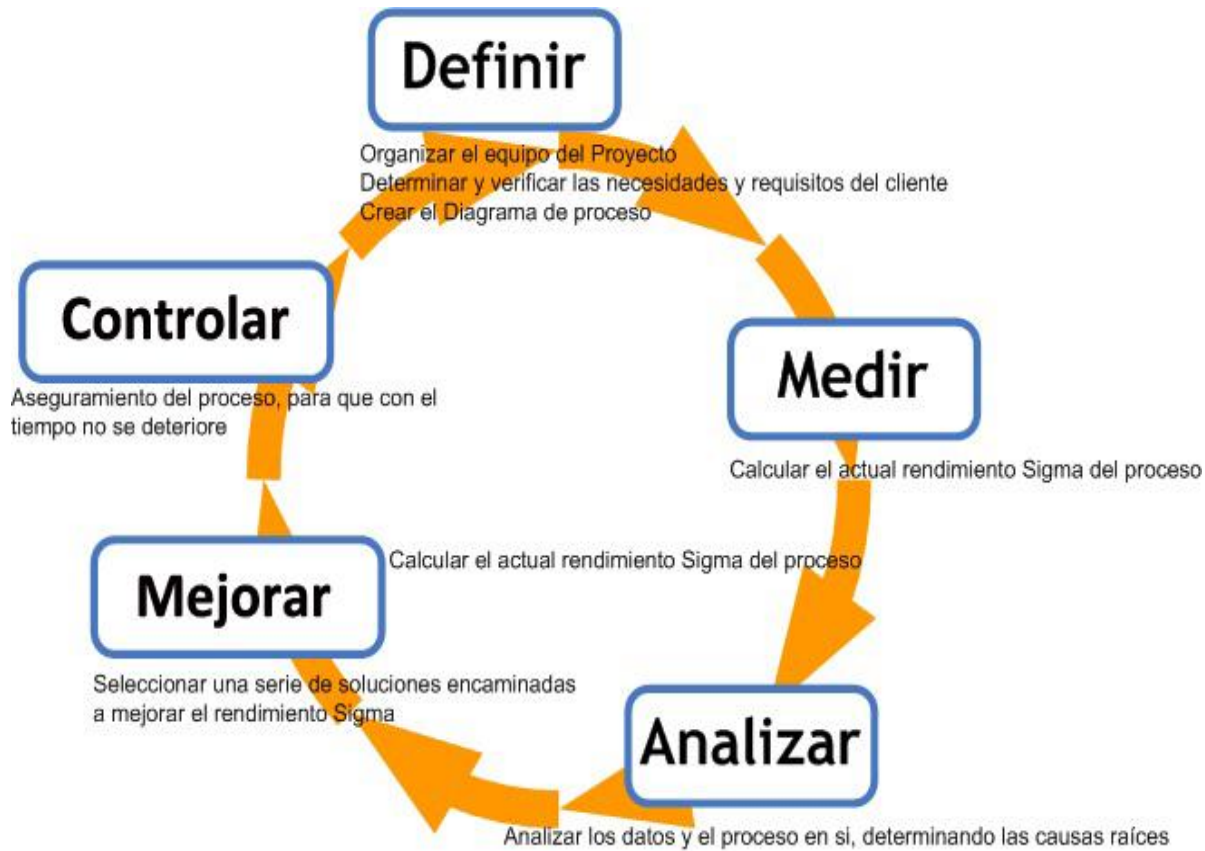


Figura 1.3. Metodología Seis Sigma. (Fuente: [http://www.Lean-Sigma.es/six sigma php](http://www.Lean-Sigma.es/six%20sigma.php)).

Esta etapa permite tener toda la información del proceso y poder desarrollar alguna teoría acerca de su funcionamiento y empezar a encontrar relaciones causa-efecto para descubrir las causas raíces del problema. Las herramientas más utilizadas son:

- Simulación de Monte Carlo
- Análisis de defectos por unidad
- Análisis de la porción defectuosa
- Gráficos de control
- Métodos de expertos
- Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF)

La etapa **ANALIZAR**, consiste en analizar los datos obtenidos de la etapa de medición identificando las fuentes de variabilidad. En la misma se deducen las relaciones existentes entre las variables de entrada y salida del proceso. Esta etapa es la de mayor contenido técnico ya que se comprueba las teorías o hipótesis sobre el funcionamiento del proceso, donde es necesario acudir a herramientas

Capítulo I

estadísticas avanzadas (**Harry, Mikel, Schroeder, Richard. 2000**). Dentro de estas herramientas se encuentran:

- Pruebas estadísticas de hipótesis (T de Student, ANOVA, Chi Cuadrado. F de Fisher y pruebas no paramétricas)
- análisis estadísticos diversos como la distribución de Weibull para determinar confiabilidad, análisis de correlación y regresión
- simulación de Monte Carlo.
- Análisis del modo y efecto de la falla (AMEF)
- análisis de capacidad de procesos

Como salidas de esta etapa se tiene el análisis de la influencia de estas variables, capacidad de procesos, identificación de las fuentes de variabilidad y preparación de la etapa de mejora a partir de las causas raíces.

La fase **MEJORAR** comienza una vez que se han identificado las citadas causas vitales. Se desarrolla un plan de implantación de mejoras que aporte soluciones sólidas para eliminar los defectos en los que incurre el proceso y se realiza un análisis costo- beneficio de las soluciones, de forma que puedan ser una ayuda a la toma de decisiones de la Dirección de la Empresa. Generalmente, antes de ser implantadas las mejoras, es recomendable hacer una prueba piloto de las mismas para determinar su alcance.

Por último, en la fase **CONTROLAR** se comprueba la validez de las soluciones propuestas y probadas en escala piloto. Se deben establecer controles, no sólo sobre las salidas del proceso sino también sobre las causas vitales que inciden en su consecución. En ocasiones los procesos, pasado un tiempo pierden regularidad en su comportamiento, por lo que para evitarlo, la metodología Seis Sigma impone controles que monitorizan permanentemente los procesos con el fin de mantener las ganancias conseguidas. En la tabla 1.1 se muestran diferentes herramientas que han sido aplicadas por las compañías de tecnologías de la información en los EU (2000) que aplican la metodología.

Capítulo I

Definir	Medir	Analizar	Mejorar	Controlar
Modelo de Aprendizaje	Mapeo de Procesos	Multivariantes	Diseño de Experimentos Variable	Experimentación Evolutiva de la Operación en Planta
Administración de Proyectos	Matriz Causa-Efecto	Correlación	Diseño de Experimentos Fraccionado	Superficies de Respuesta
Herramientas computacionales	Diagrama Causa-Efecto	Regresión	Diseño de Experimentos Completo y 2 Factorial	Regresión Múltiple
Estadística Descriptiva	Análisis Estadístico	Prueba de Hipótesis	Diseño de Experimentos Avanzado	Planes de Transición
	Herramientas de Apoyo	Análisis de Varianza (ANOVA)	Regresión Logística	Planes de Control
	Análisis del Sistema de Medición	Análisis de Modo de Efecto de Falla		Control Estadístico de Procesos
	Capacidad			Métodos de Control

1- Tabla 1.1. Herramientas aplicadas por compañías de tecnología de la información en los EU.
(Fuente: <http://www.jornada six sigma.com>).

La utilización frecuente de métodos estadísticos en la estrategia Seis Sigma, debe estar respaldada por un software adecuado y de manejo simple para el empleo de métodos complejos. Actualmente, MINITAB 16.0 es el programa más utilizado por los responsables de proyectos de mejora por medio de la estrategia Seis Sigma, pues incluye la totalidad de las técnicas cuyo uso se plantea y por su identificación con esta metodología. Otro programa adecuado como soporte para la implementación de esta estrategia es STATGRAPHICS que presenta características generales parecidas a las de MINITAB, pero que tiene menor antigüedad en el mercado (Barbiero, A. C. 2005).

1.5.2. Indicadores empleados en la Metodología Seis Sigma

La metodología Seis Sigma utiliza un sistema de indicadores para diagnosticar el estado de un proceso así como para medir los resultados de un proyecto de mejora. Algunos de uso frecuente son el “Índice de defectos por unidad”, el “Índice de defectos por oportunidad” y el índice o nivel sigma. Como todo indicador permiten establecer comparaciones entre distintos procesos dentro de una

Capítulo I

misma empresa o entre procesos similares de distintas empresas. Los dos primeros se definen como relativos de la cantidad de defectos respecto de distintos totales (fórmulas 1.1 y 1.2):

$$DPU = \frac{\text{Defecto}}{\text{Unidades}} \quad (1.1) \quad DPO = \frac{\text{Defectos}}{\text{unidades} * \text{factores_críticos}} \quad (1.2)$$

El denominador del *DPO* proporciona el total de defectos factibles o de oportunidades de fallas, o sea que su cálculo es adecuado cuando pueden esperarse varios tipos de defectos por unidad inspeccionada. También suele hablarse del “Índice de defectos por millón de oportunidades”, (*DPMO*) que no es más que el *DPO* multiplicado por un millón. Bill Smith (**Smith, 2001**) plantea que en el caso de que se trate de rechazos basados en atributos el *DPO* puede considerarse como la división de los rechazos entre el total de observaciones multiplicado por millón. El cálculo de cualquiera de estos índices requiere de un período de inspección del proceso, ya sea por muestreo o por inspección completa. También podrían obtenerse a partir de registros históricos existentes en la empresa.

Los valores de los indicadores anteriores dependerán de la variabilidad de los procesos que se analizan. Mientras mayor dispersión tengan las variables que se estudian, mayor será la proporción de unidades que estarán fuera de las especificaciones. Por lo tanto, el nivel de desempeño o rendimiento de cada proceso se evalúa en términos de su variabilidad, medida en unidades de desviación estándar.

Si la variable de calidad de interés en un proceso de manufactura o de servicio, se comporta de acuerdo a una distribución Normal, el intervalo comprendido entre la media $\pm$ tres veces el desvío estándar, contiene aproximadamente el 99,73% de las unidades. Si dichos límites coinciden con las especificaciones, el proceso tendrá 0,27% de unidades defectuosas o 2700 unidades defectuosas por millón. Un proceso con estas características, es aceptable en las estrategias tradicionales de mejora de la calidad, sin embargo en la metodología Seis Sigma, el objetivo es obtener tasas de defectos más pequeñas. Para ello se busca reducir la variabilidad del proceso de modo que aún si a largo plazo la media llegara a desplazarse en una cantidad de hasta 1,5 veces (en más o en menos), queden fuera de las especificaciones solo 3,4 unidades por millón. A esta clase de procesos se los llama Seis Sigma. De acuerdo a esta definición, los procesos que en la metodología tradicional resultan de un nivel de calidad aceptable, equivalen a aceptar una tasa de fallos de 66800 partes por millón de unidades.

Puede notarse que aceptar un desplazamiento del valor medio en 1,5 veces, equivale a obtener una proporción de unidades fuera de especificación igual al área encerrada por la curva normal a la derecha del valor medio más 4,5 veces (o a la izquierda del valor medio menos 4,5 veces). Dicha

Capítulo I

área corresponde a 0,00034% o su equivalente, 3,4 unidades de cada millón. El criterio de establecer el porcentaje de unidades fuera de especificación en base a un corrimiento de la media, equivale a trabajar pensando en un posible aumento de la variabilidad a largo plazo, lo cual enfoca en forma más realista, la visión del cliente.

Con este concepto se construye un indicador del rendimiento de cualquier proceso, que suele denominarse Nivel o Índice Sigma, que vincula la variabilidad con el indicador *DPMO* definido anteriormente. Este indicador de rendimiento permite ubicar al proceso bajo análisis, en función del objetivo establecido por la estrategia Seis Sigma. Por ejemplo, un proceso que tiene un *DPMO* de 6200, es un proceso 4s y tiene un rendimiento de 99,38 %, que corresponde a la proporción de unidades dentro de los límites de especificación y por lo tanto es susceptible de mejora. Suelen darse tablas de conversión para encontrar rápidamente cual es el Nivel en Sigma y el rendimiento del proceso para un determinado *DPMO*, o viceversa.

1.6. Los servicios automotores en Cuba

La aplicación de la metodología Seis Sigma, al igual que muchas filosofías de gestión eficaces, han surgido o aplicado con éxito en la Industria Automotriz. Sin embargo no es esa una industria desarrollada en Cuba, y además no se encuentra entre las prioridades del sector productivo.

Históricamente, Cuba se ha dedicado a la importación de automóviles de diferentes marcas y provenientes de diferentes regiones. Para mantenerlos se dispone de una red de talleres que tienen como objeto social asegurar los servicios de taller, muchos de ellos homologados por los fabricantes como los siguientes:

- Talleres Mercedes Benz perteneciente al MITRANS: se encuentra homologado por el fabricante de la línea y brindan servicios de chapistería, pintura y mecánica a autos ligeros, microbus y paneles.
- Talleres de TRANSTUR perteneciente al MINTUR: se dedican a realizar los servicios de taller de mecánica, clima y mantenimientos en autos ligeros en las Líneas Hyundai Modelos: I-10, Atos, ACCENT, RENAULT Scala y ómnibus Volvo, Marco Polo.
- Talleres Motocentro perteneciente al MITRANS: brindan servicios de chapistería, pintura, mecánica y mantenimientos técnicos, a autos ligeros en las líneas CITROEM, Audi y ómnibus YUTONG, de este último se encuentran homologados por el fabricante.
- Talleres Servicios Automotores S. A (SASA) perteneciente al Grupo de Administración Empresarial de las FAR: cual brinda servicios de chapistería, pintura, mecánica, electricidad, clima, tapicería, ponchera y mantenimientos técnicos a autos ligeros, paneles, motos en las líneas: Lada,

Capítulo I

Hyundai, Suzuki auto, Cherry QQ, GEELY, MITSUBISHI y PEUGOT, estás dos últimas homologadas sus talleres por sus fabricantes y en el caso de camiones y rastras RENAULT.

La necesidad de mantener en buen estado todo este parque automotor, resulta de vital importancia para la economía del país y el bienestar de la población cubana, pues todos los sectores lo utilizan en mayor o menor medida.

Partiendo de la importancia que tiene el mantenimiento de los parámetros técnicos originales de los automóviles que lo distinguen de acuerdo a su fabricantes, es necesario medir el desempeño que tienen los procesos durante las reparaciones, para mejorarlos de manera continua con vistas a reducir el porcentaje de productos defectuosos durante el servicio. Resulta entonces necesario lograr reparaciones con altos niveles de confianza en los rangos de 6σ que permitan satisfacer las necesidades de los clientes.

Sin embargo, a nivel de país no hay evidencia de estudios de este tipo en ninguno de los talleres existentes, lo cual conlleva a la aplicación de la metodología planteada en la figura 1.3, al caso particular de este tipo de servicio.

1.7. Conclusiones parciales

1. Existe una clara base conceptual acerca de la calidad y los sistemas de gestión de la calidad en la literatura nacional y extranjera, así como del control estadístico de procesos, donde salvando las diferencias entre los enfoques de los diferentes autores, se evidencian coincidencias de opiniones en cuanto a la necesidad de estos conceptos y su aplicación en el ámbito empresarial, todo lo cual sirve de sustento para la siguiente investigación.
2. La Metodología Seis Sigma constituye un proceso de mejora continua basado en herramientas estadísticas que cuando se aplica correctamente, permite el mejoramiento de todas las variables de competitividad de una organización. Aun cuando se plantea por los autores que puede ser aplicada en cualquier tipo de entorno, es en la actividad productiva en la que se reportan la mayor cantidad de aplicaciones.
3. Durante el proceso de revisión bibliográfica no se encontró ninguna aplicación de la metodología Seis Sigma, al caso de los servicios automotores. Por esa razón se considera que el problema científico planteado en la introducción del presente trabajo, aun no ha sido resuelto.

Capítulo II

Capítulo II. METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA TALLERES DE REPARACIÓN DE VEHÍCULOS LIGEROS.

2.1. Introducción

El presente capítulo incluye una breve caracterización del objeto de estudio práctico y la forma en que será aplicada en el mismo la Metodología Seis Sigma, o sea la manera específica que la misma adopta a criterio de la autora en este tipo de taller que, por tratarse de reparación, no necesariamente será igual a la utilizada en la producción de autos narrada en el primer capítulo.

Por otra parte, la selección de los métodos y herramientas que se aplican en cada etapa de trabajo, responde a casi cuatro años de experimentación de la autora con el objeto de estudio práctico seleccionado. La figura 2.1 representa el contenido general del capítulo que será explicado en cada uno de los epígrafes que lo componen.

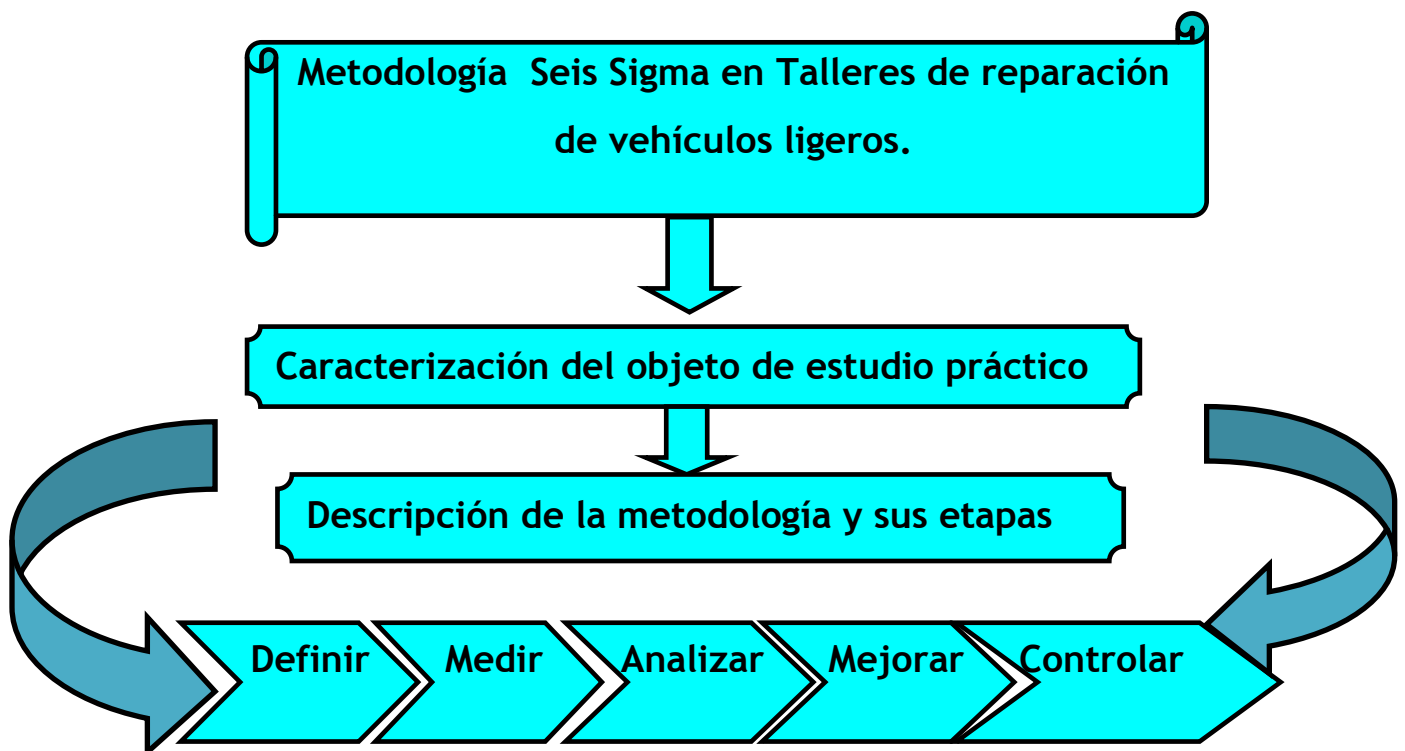


Figura 2.1 Hilo conductor del capítulo. (Fuente: Elaboración propia).

2.2. Caracterización general de la empresa

Capítulo II

Dado que el planteamiento de la metodología que es el contenido principal del capítulo, requiere necesariamente un mínimo de conocimiento del objeto de estudio práctico, se incluye su caracterización general y los procesos por los que atraviesan los vehículos ligeros cuando reciben el servicio.

Servicios Automotores, S.A. (SASA) es una Sociedad Mercantil Anónima Cubana, inscrita en la Notaría Especial del Ministerio de Justicia según Escritura 495 del 11 de marzo del 1996, sometida a la legislación vigente de la República de Cuba. Fue constituida con el objetivo de obtener utilidades en MLC Moneda Libremente Convertible y en Moneda Nacional acorde con los servicios que presta, declarados en su objeto empresarial. SASA se subordina al Grupo de Administración Empresarial de las FAR y cuenta con una Casa Matriz y una red de Agencias en diferentes provincias (anexo 1).

La agencia SASA Villa Clara se encuentra ubicada en la carretera central entre C y Oquendo. 425 Interior. Reparto Virginia. Santa Clara Villa Clara. Cuenta con un total de 78 trabajadores, de ellos 61 hombres y 17 mujeres. Por categoría ocupacional: Cuadro de II nivel-1, Cuadro de III nivel-3, dirigentes no cuadros-2, técnicos -19, administrativos-1, Servicios-16 y obreros-36 (anexo 2). Todos están vinculados al sistema de pago por resultados en moneda nacional y pesos cubanos libremente convertibles, donde el salario es directamente proporcional a los resultados de la evaluación del desempeño de cada trabajador.

Misión

Satisfacer las necesidades de servicios automotores y venta de piezas a clientes mayoristas y minoristas, con profesionalidad.

Visión

Ser líderes en el servicio de reparación y mantenimiento a vehículos automotores con un crecimiento sostenido de los aportes a la reserva, logrando clientes satisfechos, procesos internos controlados y de calidad; siendo reconocidos por la sociedad, contando para ello con personal competente, tecnologías avanzadas, óptimas redes de la información y una evidente cultura organizacional.

Objeto empresarial.

1. Prestar servicios de mantenimientos, reparaciones de medios de transporte que abarquen, la reparación, el ajuste y la rectificación del funcionamiento de sus diferentes sistemas y mecanismos y la remotorización de vehículos, entre otros servicios técnicos especializados, dirigidos al rescate y la preservación de las facultades y aptitudes de los medios de transporte, así como servicios de auxilio en la vía, en pesos cubanos y pesos libremente convertibles.
2. Brindar servicios de operación de servicentros automotrices en pesos cubanos y pesos convertibles.

Capítulo II

3. Prestar servicios de revisión técnica de medios de transporte, en pesos cubanos y pesos libremente convertibles.
4. Brindar servicios de cambio de motor y carrocerías, así como de elaboración de proyectos técnicos que avalen los mismos, en pesos cubanos y pesos libremente convertibles.
5. Comercializar de forma mayorista y minorista artículos, partes, piezas de repuesto y agregados, neumáticos, baterías de acumuladores, herramientas, pinturas, otros accesorios de equipos automotores, líquidos especiales lubricantes y de manera excepcional la venta de combustible en pesos cubanos y pesos convertibles, según nomenclatura aprobada por el Ministerio de Comercio Interior. La venta de combustible se incluirá en el pago del trabajo realizado, sin realizar la comercialización del mismo a otras entidades que no pertenezcan al propio sistema y que sus vehículos no hayan sido objeto de estos servicios por esta empresa.
6. Prestar servicios de montaje, mantenimiento y reparación de equipos de talleres automotores, en pesos cubanos y pesos convertibles.
7. Comercializar de forma mayorista partes, piezas de repuesto y agregados automotrices ociosos y de lento movimiento, en pesos cubanos, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.
8. Prestar servicios de capacitación técnico profesional, acorde con la actividad que desarrolla la empresa en pesos cubanos.
9. Brindar servicios de parqueo en pesos cubanos.
10. Prestar servicios de transportación de cargas por vía automotor, en pesos cubanos, según las regulaciones establecidas al respecto por el Ministerio de Transporte.
11. Importar según nomenclatura aprobada por el Ministerio del comercio Exterior y la Inversión Extranjera.
12. Comercializar de forma mayorista y minorista productos importados, en pesos cubanos y pesos convertibles, según nomenclatura aprobada por los Ministerios del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera, según corresponda.
13. Prestar servicios de arrendamiento de espacios y salones expositores ubicados en las Agencias de la entidad a la Corporación CIMEX.S.A, en pesos cubanos y pesos convertibles.

Capítulo II

2.2.1. Procesos de realización

La agencia lleva a cabo cuatro procesos de realización: Mecánica, Chapistería, Servicios rápidos y Pintura.

Proceso de Mecánica: este proceso comienza con la recepción del vehículo en el taller, al producirse la entrega del mismo a reparar al Jefe de Brigada, quien junto con el Asesor Técnico realizan el diagnóstico del vehículo utilizando las técnicas que exige cada marca y modelo.

Este diagnóstico puede o no generar pedido. En caso de no generar pedido pasa directamente al proceso de asignación de los trabajos, mientras que en caso contrario se procede a la codificación de la pieza por parte del jefe de brigada o el ejecutivo de compra, la cual ya codificada se balancea y si está disponible entonces el vehículo pasa al siguiente proceso.

Proceso de Chapistería: el proceso tecnológico para la chapistería, es un proceso que por su complejidad tiene diferentes etapas para su ejecución, que son aplicables a cualquier tipo de reparación por chapistería, independiente de la superficie que se necesite restablecer. La característica distintiva de este servicio es el respeto por la línea de diseño establecida por los fabricantes, la cual debe ser objeto de control y medición en todo el transcurso del proceso. Las mencionadas etapas de este proceso son:

- Recepción del vehículo a reparar.
- Desarme de la carrocería.
- Conservación.
- Clasificación de las partes y piezas según la defectación efectuada.
- Completamiento de chapistería de partes y piezas.
- Alineación de los vehículos chapisteados.
- Terminación de los trabajos.

Proceso de Servicios rápidos: la característica distintiva de este servicio es el respeto a la gama de operaciones que se oferta, el conocimiento y destreza de los operarios para brindarlos en el tiempo que está previsto y con la calidad requerida.

La combinación de las intervenciones que se brindan está en relación con la cantidad de puestos de trabajos. Se debe tener siempre presente en el caso que existan varios puestos de trabajo previstos para efectuar una misma intervención, que el equipamiento debe de estar en cada uno de ellos en los casos que se trate de equipamiento ligero, no así en el caso de los pesados que no se desdoblarán por puesto de trabajo, sino que se compartirán.

Capítulo II

Proceso de Pintura: consiste en la aplicación de la película de pintura con la tonalidad requerida para proteger la chapa y darle una apariencia agradable. Esta etapa se ejecutará dentro de la cabina, la cual debe de limpiarse y mantenerse pulcramente para llevar a cabo esta tarea con la calidad requerida, sin restos de polvos ni de otros cuerpos extraños que puedan adherirse a la superficie del vehículo. Debe procederse a limpiar la cabina meticulosamente antes de aplicar la pintura.

2.2.2. Control actual que se realiza en el proceso de pintura

Actualmente los controles que se realizan son visuales partiendo que las características de calidad a controlar son: atributos, por lo que se declara conforme o no conforme. Los mismos se llevan a cabo antes, durante y una vez finalizados cada uno de los procesos, donde el operario debe realizar su autocontrol y posteriormente el jefe de brigada, el especialista de calidad y el jefe de grupo técnico productivo deben realizar control final a la salida del proceso, teniendo en cuenta que las características de la salida de un proceso constituyen las entradas de otros.

En el proceso de pintura, se controlan varios atributos:

- Correcto ajuste del color y tonalidad.
- Que no existan piezas pulverizadas debido a un enmascarado deficiente.
- La no existencia de motas de suciedad y defectos de pintura (agua, hervidos, descolgados, piel naranja).
- Que no existan restos de productos enmascarado adheridos (cintas, adhesivas).
- No se ha dañado ninguna pieza o accesorio durante los trabajos de pintura.

2.3. Descripción de la Metodología Seis Sigma propuesta

En la figura 1.3 del primer capítulo se presentó la Metodología Seis Sigma disponible en la bibliografía, en la cual se puede apreciar que constituye un lazo cerrado para garantizar la mejora continua y que además las etapas que la componen son de carácter muy general. Partiendo de ello, se hace necesario adaptar esa concepción general a una específica para el objeto de estudio práctico que resulte más funcional y práctica en su aplicación.

En la figura 2.2 se muestra la forma que adopta la metodología Seis Sigma propuesta en la presente tesis de maestría, acerca de la cual se hacen las aclaraciones siguientes:

- En la figura 2.2 se perciben los cinco pasos propuestos por la metodología Seis Sigma representado mediante las siglas DMAIC por su identificación en inglés: Definir. Medir. Analizar, Mejorar y Controlar.
- Se incluyen preguntas y momentos en los que el equipo que trabaja en el proyecto de mejora debe tomar decisiones o ejecutar alguna acción. En varios casos hasta tanto no sea resuelto cierto problema no se puede pasar al siguiente.

Capítulo II

- Aun cuando no se representa como un lazo cerrado como la Metodología Seis Sigma original, el último cuadro o acción denominado “mejorar continuamente” está indicando el regreso a la definición de un nuevo problema.

La explicación en detalle de cada etapa con las herramientas que deben aplicarse se muestra en los epígrafes siguientes.

2.4 Definir el problema

En esta etapa se define el problema sobre el cual se va a implementar la metodología a partir de lo detectado en la organización. En ello es importante partir de la estrategia empresarial como patrón que integra las principales metas y políticas de la organización. Puede ayudar en este paso de trabajo la formulación de las siguientes preguntas: ¿cuál es el problema? ¿qué tan grande es? ¿cómo se puede resolver? ¿cómo se puede mantener la resolución del problema con éxito para la mejora de la empresa?

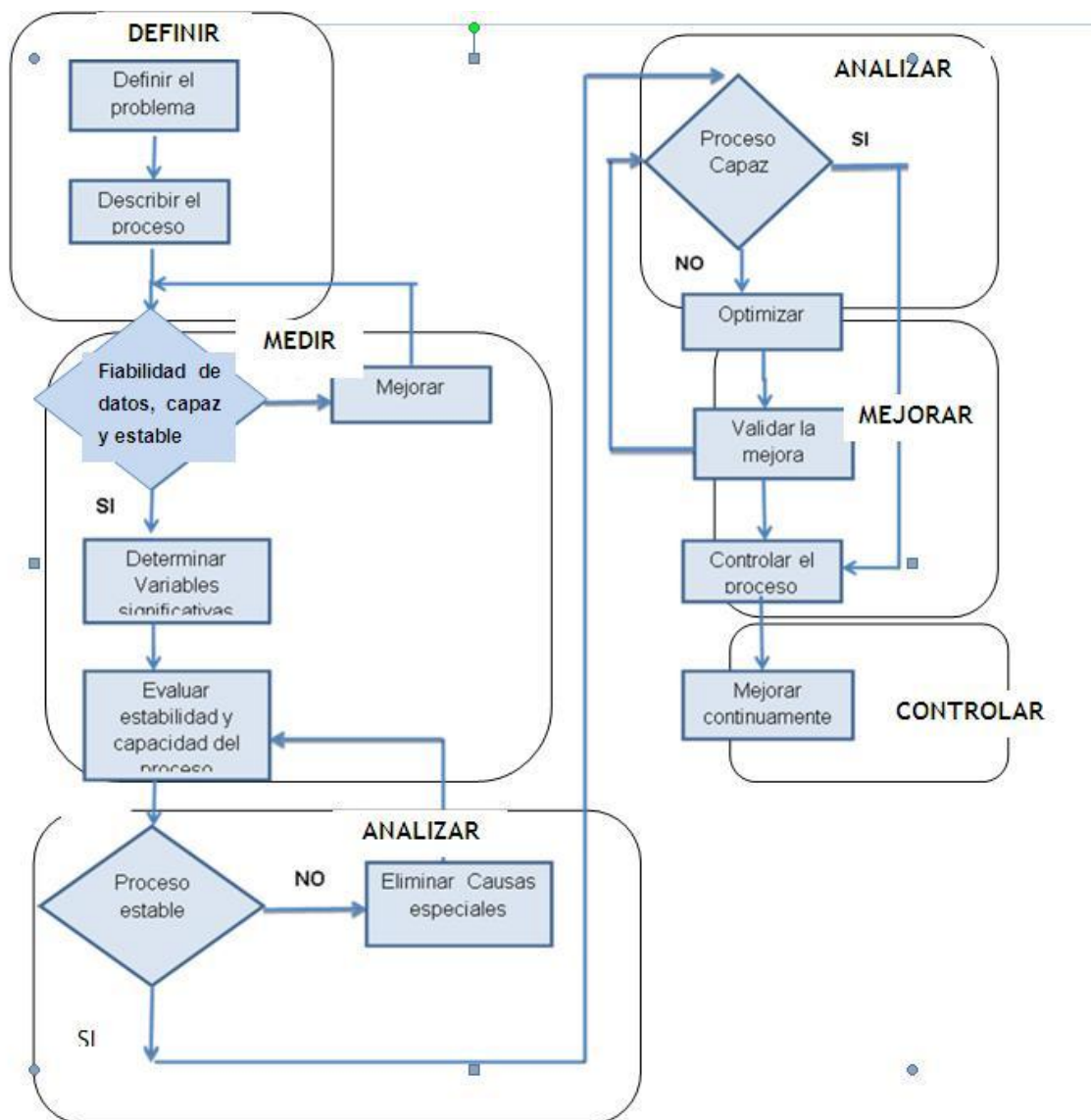
Para dar respuesta a estas preguntas, aun cuando existen otros métodos la autora recomienda la herramienta: *Voice of Customer* (VOC), que traducida al español significa *Voz del Cliente*, la cual orienta en qué medida los clientes están o no satisfechos, así como sus expectativas, considerando sus opiniones y sugerencias como aspectos significativos. Esta herramienta utilizada por la autora en la organización estudiada, funciona perfectamente y permite realmente cumplir los objetivos que se persiguen con su aplicación. En el anexo 3, se muestra a modo de ejemplo una de las encuestas que se realizan de manera aleatoria a los clientes.

Una vez que se analiza la estrategia de la organización y se aplica la herramienta VOC, es común que los clientes aporten una buena cantidad de problemas. Sin embargo, en este tipo de organización casi la totalidad de los mismos están relacionados con la reparación, por lo que antes de proceder a cualquier análisis la autora recomienda la elaboración del Diagrama de Procesos.

En general, este diagrama permite comprender mejor el modelo estructural de la organización, así como describir la secuencia de procesos que intervienen y los responsables de ejecutarlos. Se debe recordar que los procesos por los que pasan los vehículos en la organización estudiada para ser reparados, aun cuando son similares, cambian de un auto a otro, a diferencia de lo que ocurre en la fabricación de estos productos. Ello se debe a que los vehículos que llegan, tienen problemas diferentes y varía mucho el nivel de deterioro, al tiempo que en el resultado final pueden incidir más unos procesos que otros.

Capítulo II

Pese a lo anterior el Diagrama de Procesos contribuye al esclarecimiento y visualización de todos los trabajos que se ejecutan sobre los vehículos en su proceso de reparación, recomendándose para su diseño la utilización del software TIBCO Business Studio 2.0. En la figura 3.2 se muestra el Diagrama de procesos del objeto de estudio práctico caracterizado en el epígrafe anterior, obtenido mediante el mencionado software, en el cual los cuadros representan los procesos y las líneas la relación entre los mismos. Además, se pueden incluir otras informaciones como se muestra en la figura en dependencia de las necesidades del estudio que se realice.



Capítulo II

Figura 2.2. Diagrama de la metodología Seis Sigma propuesta. Fuente: (Elaboración propia).

Una vez elaborado el Diagrama de Procesos, se hace necesario actuar sobre aquellos que más repercuten en el deterioro del desempeño. Al respecto se conoce que aproximadamente el 80% de los problemas, se debe a causas o situaciones que actúan de manera permanente y que sin embargo están vinculados a solo unas pocas situaciones vitales que contribuyen en mayor medida a la problemática global.

Es por ello que otra herramienta propuesta en esta etapa de trabajo es el Diagrama de Pareto, dado que ayuda a localizar él o los problemas vitales, así como las causas más importantes. Como fue planteado en el primer capítulo, cuando se quiere mejorar los procesos o resolver sus problemas, no se deben dar "palos a ciegas", considerando todos los problemas al mismo tiempo y atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis de Pareto, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde puede tener un mayor impacto. En este sentido el Diagrama de Pareto encarna mucho de la idea del pensamiento estadístico. En el epígrafe anterior se analizó que los procesos de realización por los que pasan los vehículos ligeros son el de mecánica, chapistería, servicios rápidos y pintura. En ese sentido el diagrama debe definir el proceso que más incide en los problemas que afectan la calidad de la organización. En la figura 3.3 se aprecia el diagrama de Pareto sugerido por la autora, que como se verá en la aplicación de la presente metodología en el tercer capítulo, el de mayor incidencias negativas es el proceso de pintura.

En el objeto de estudio práctico la aplicación general de la etapa de la Metodología Seis Sigma denominada *Definir el problema*, se debe realizar de la manera siguiente: se parte del análisis de la estrategia corporativa, se aplica la herramienta VOC que facilita la obtención de los problemas que afectan el desempeño de la organización vistos desde la óptica del cliente; luego se elabora el Diagrama de Proceso para tener una visualización general de todos aquellos procesos por los que pasan los autos a ser reparados y finalmente vincular los problemas con los procesos, de manera que se identifiquen y cuantifiquen las causas de cada problema en el proceso que ocurre. Esto último permite elaborar el Diagrama de Pareto para saber el proceso que realmente se debe analizar y enfocar hacia el mismo el resto del estudio. Finalmente debe definirse de manera concreta y precisa el problema a resolver, lo cual garantiza la correcta aplicación de las siguientes etapas de la metodología.

En muchos casos, esta etapa de la Metodología Seis Sigma puede realizarse utilizando métodos de expertos. En ese caso se hace necesario la determinación de su cantidad, su selección, aplicar

Capítulo II

alguna herramienta como la Tormenta de Ideas para definir problemas e incluso propuestas de soluciones y estudiar la discrepancia entre los mismos. En la presente tesis de maestría, se prefirió utilizar este método en las etapas de Analizar y Mejorar, dado que por lo general, el resto de las etapas requieren acciones que frecuentemente lo realiza una persona con un computador, siendo las decisiones ayudadas por software existentes.

2.5. Etapa de Medición

Una vez definido el problema sobre el cual actuar, que como se destacó en el epígrafe anterior se refiere al proceso que mayor incidencia tiene en el bajo desempeño (seleccionado en el diagrama de Pareto), se hace necesaria su medición. Con ello se conoce la capacidad del proceso analizado y su nivel de alieneación con los objetivos estratégicos de la entidad. ***Medir es una etapa clave en el camino de 6σ .***

Esta etapa de medición en el objeto de estudio práctico, a criterio de la autora, requiere de tres pasos de trabajo esenciales que son: análisis del comportamiento de los datos del proceso estudiado, estudio del control estadístico del mismo y finalmente el cálculo de su capacidad mediante el valor de Sigma. Como puede apreciarse, el propósito de esta etapa, es verificar que la información que se utilizará para tomar decisiones es realmente correcta. Además, por tratarse de atributos, en este caso no se requiere de la verificación de ningún medio de medición.

2.5.1 Análisis del comportamiento de los datos

En la aplicación de la metodología Seis Sigma, es necesario contar con datos confiables que realmente permitan tomar decisiones acertadas. Para ello se deben recolectar la cantidad de autos ligeros rechazados en el proceso seleccionado (epígrafe 2.4) con el objetivo de verificar su comportamiento estadístico o el ajuste a cierta distribución teórica. En el caso que se presenta, según la experiencia de la autora, se recomienda comenzar el estudio a partir de la cantidad de vehículos ligeros rechazados por cada mes.

Partiendo de lo anterior, se verifica si los datos (rechazos por mes) se ajustan a alguna de las distribuciones estadísticas conocidas, que en el caso estudiado será generalmente la distribución Chi-Cuadrado, lo que permite obtener un valor esperado de determinada cantidad de rechazos mensuales. De esta forma es posible además el análisis del comportamiento de proporción del rechazo, o sea si este se encuentra ajustado o no; el comportamiento del aporte a la diferencia del Percentil Chi-cuadrado con relación al valor esperado y la probabilidad con que ocurre.

Capítulo II

De estudios anteriores realizados en la entidad (Díaz, Méndez. T. 2012), se conoce que aunque en un mismo proceso pueden existir diferentes defectos por unidad (autos), y que no existe entre ellos diferencias significativas, por lo que el rechazo puede ser tomado directamente para el estudio, aun cuando en la etapa siguiente (Analizar) de la metodología Seis Sigma se analiza este aspecto.

Si los datos disponibles con los que se realizó el estudio, no son suficientes para el posterior análisis del comportamiento estadístico de los datos, se puede hacer uso de la técnica de simulación para generar corridas de datos e ir recreando los escenarios en que se puede encontrar el servicio donde fue identificado el problema. En el caso estudiado se recomienda determinar el ajuste de los rechazos por mes y de los autos atendidos por mes a la distribución de Poisson, lo que significa considerar que de la misma manera en que arriban los autos a los talleres, se comportan los rechazos. No obstante este análisis requiere de una prueba final de bondad de ajuste para la distribución de Poisson, analizándose si existe un buen ajuste a dicha distribución con el valor de la media esperada y la probabilidad asociada, obtenida de la Chi-Cuadrado. Una vez concluido este paso, se adiciona a los datos reales los simulados y se continua con el resto de los estudios a realizar.

Tanto el análisis del comportamiento de los rechazos mediante la distribución Chi-Cuadrado, como la posible simulación de datos con la distribución de Poisson, se pueden realizar utilizando como apoyo diferentes software existentes. De esta forma para el primer caso, aun cuando existen varios paquetes estadísticos, en el caso de la presente tesis se utiliza el MINITAB 16.0, mientras que para la simulación se hizo uso del procedimiento $rpois(m, \lambda)$ del MathCad (anexo 4). Cada uno de estos software genera un conjunto de informaciones que pueden observarse en el tercer capítulo del presente trabajo.

2.5.2. Estudio del comportamiento estadístico del proceso seleccionado

Se emplea para ello las herramientas del Control Estadístico de la Calidad (SPC), en específico los gráficos de control. Con los datos obtenidos el epígrafe 2.5.1 (simulados y no simulados) y en particular con el escenario seleccionado, se verifica el estado de control estadístico de los mismos, sobre la base del tipo de gráfico de control correspondiente. La autora en estos casos recomienda los gráficos de control por características atributivas, considerando que en este tipo de servicio el tamaño del subgrupo o muestra no es constante, es decir, no todos los meses se reciben la misma cantidad de autos, lo que además conlleva a la utilización de las cartas del tipo "p" o del tipo "u". El software MINITAB 16.0, permite perfectamente realizar este tipo de estudio. Un ejemplo de gráfico de este tipo aparece en la figura 3.6.

Capítulo II

Con el objetivo de precisar las sugerencias de la autora respecto al gráfico de control empleado, dado el hecho de que en este servicio el tamaño del subgrupo o muestra no es constante, se sugieren tres alternativas para el cálculo de los límites de control, que son:

1. Utilizar un tamaño de subgrupo promedio “n” (media) para calcular los límites de control. Esta alternativa se recomienda cuando la variación entre los tamaños de subgrupo no es significativa (menor a 10 o incluso 20% es aceptable). En este caso los límites de control se calculan a través de

la expresión:

$$\text{LCC} = p \quad \text{LCS} = p + \frac{3\sqrt{p(1-p)}}{n} \quad \text{LCI} = p - \frac{3\sqrt{p(1-p)}}{n} \quad (1)$$

2. Cuando se quiera conservar las características probabilísticas de la carta de control, entonces para cada subgrupo se calcula el límite de control que corresponde.

2. Usar una carta de tipo normalizada o estandarizada, en la cual en lugar de graficar la proporción muestral “p_i”, se grafica la proporción estandarizada.

3. La línea central en esta carta es igual a cero y los límites superior e inferior son -3 y 3, respectivamente.

El gráfico de control elaborado permite afirmar si el proceso se encuentra o no en control aparente, sin embargo, es necesario además verificar si la información utilizada se ajusta a la distribución binomial por tratarse de un análisis de atributos. El propio software MINITAB 16.0 permite la realización de este análisis mediante el Test de proporciones para la distribución Binomial, que además brinda información sobre la existencia o no de diferencias significativas entre los autos aceptados y los rechazados.

A modo de resumen, para la aplicación de la fase Medir en este tipo de organización se recomienda realizar las acciones siguientes:

- como parte del análisis del comportamiento de los datos, es necesario verificar que los rechazos se ajusten a cierta distribución (generalmente la Chi-cuadrado, luego con ese resultado probar la distribución que siguen los rechazos y los arribos de autos (generalmente Poisson) y proyectar más de un escenario de análisis utilizando la simulación y selección el escenario pesimista.
- para analizar el comportamiento estadístico del proceso seleccionado se recomienda elaborar un gráfico de control con el porcentaje de rechazos con límites de control variable y luego verificar el ajuste del proceso a la distribución binomial.

2.6. Etapa de Análisis

La etapa “Análisis” de la Metodología Seis Sigma busca la determinación de todos los defectos que inciden en el rechazo de los autos en la organización analizada, utilizando para ello el criterio de

Capítulo II

varios especialistas. Por esa razón, como parte de la misma, deben ser cumplimentadas varias fases de trabajo que parten de la determinación y selección de los expertos que participarán en la investigación, pasando por el diagnóstico que afectan la calidad del proceso analizado y terminando con la determinación de la capacidad de este proceso. Cada una de estas fases se incluyen a continuación.

2.6.1. Determinación y selección del grupo de expertos

Como ya ha sido planteado, varias de las etapas de la Metodología Seis Sigma pueden ser realizadas por una sola persona, pues se trata de recopilar información, utilizar algún software para analizar el comportamiento de los datos y otras acciones similares. Sin embargo las etapas de Análisis y Mejoramiento necesitan del concurso de expertos para su cumplimiento.

Existen varios criterios y expresiones de cálculo para la determinación del grupo de expertos. Sin embargo en la presente tesis de maestría, se optó por utilizar el criterio de la determinación de su cantidad mínima, utilizando las potencialidades que brinda el software MATHCAD, utilizando la expresión (2).

$$K = \frac{\beta}{\alpha} t_{p,k-1} \quad (2)$$

Donde:

K: número mínimo de expertos.

β : Coeficiente de variación que oscila entre 0,2 y 0,3 (variación entre criterios de los encuestados)

α : Valor relativo del intervalo de confianza que oscila entre 0,1 y 0,2 (correspondiente al valor i de la conocida fórmula de expertos según la fórmula (3))

$$M = \frac{K(p)(1-p)}{i^2} \quad (3)$$

$t_{p,k-1}$: coeficiente de Student, que se encuentra tabulado en dependencia de n (que en este caso es K) y la probabilidad de confianza p.

$K - 1$: grados de libertad.

En la expresión $K = \frac{\beta}{\alpha} t_{p,k-1}$, no lineal respecto a K, no se conoce el coeficiente de variación β ni el valor relativo del intervalo de confianza α . Teniendo en cuenta la experiencia en la aplicación del método de encuestas de expertos, durante la determinación de la composición numérica del grupo, se elige a priori el coeficiente de variación y el valor relativo del intervalo de confianza en los límites $\beta = 0,2..0,3$ y $\alpha = 0,1..0,2$ respectivamente.

Capítulo II

Esto significa que los límites de variación de la relación β/α se encuentran entre los valores de 1 y 3. Eligiendo la probabilidad p y utilizando las tablas de T de Student, se pueden, para diferentes valores de n en enteros (que serían los de la cantidad de expertos), encontrar los valores correspondientes de $t_{p,k-1}$ y entonces para cada par de valores $(K, t_{p,k-1})$, es factible determinar la relación β/α para una probabilidad elegida. Transformando la dependencia obtenida en $K = f(\beta/\alpha)$ y con la ayuda de los gráficos de estas funciones (ver figura 2.3) se procede a determinar el valor de “K”.

Para precisar la forma en que se obtuvo el nomograma reflejado en la figura 2.3, el procedimiento seguido fue asumir diferentes valores de la relación β/α , luego considerar valores de “p” que oscilan en rango del 0,99 al 0,85 y con ello se trazan las curvas correspondientes. Así, se puede leer en el eje de las abscisas los valores de la cantidad de expertos. Para su elaboración, fue empleado un proceso denominado “X-Y Trace” en el MATHCAD, obteniéndose finalmente el nomograma buscado (figura 2.3).

Por su parte la selección de los expertos resultantes del cálculo debe responder a un conjunto de criterios, siendo los principales los siguientes:

1. Los expertos deben contar con una experiencia de al menos 5 años, laborando en el servicio automotriz que presta la organización estudiada.
2. Entre los expertos debe haber representación de todas las categorías ocupacionales.
3. Deben ser personas que gocen de prestigio en el colectivo laboral.
4. Los expertos deben ser personas con alto sentido de pertenencia y deseosos de que la organización mejore su desempeño.

Capítulo II

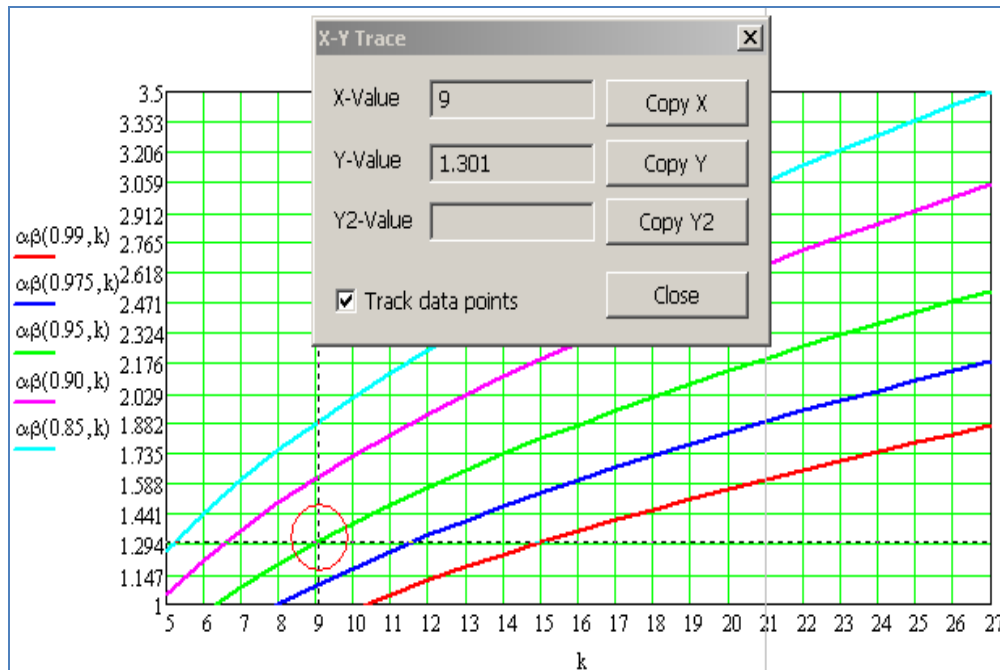


Figura 2.3. Nomograma obtenido para determinar la cantidad de expertos (Fuente: Elaboración propia, utilizando el MATHCAD 14.0).

2.6.2. Análisis de la capacidad del proceso

El estudio de la capacidad de un proceso es una herramienta fundamental en la aplicación de la Metodología Seis Sigma y se considera en dos momentos fundamentales: etapa de Análisis y Control. Como parte de la etapa de Análisis que es la que corresponde se evalúa el estado del proceso considerando todas las insuficiencias que presenta en el momento analizado. Es de esperar que luego de la etapa de Mejoramiento el comportamiento general del proceso debe mejorar durante la realización de la etapa de Control.

Como se expresó en el epígrafe 1.4.4, evaluar la capacidad de un proceso es analizar qué tan bien cumplen sus variables de salida con las especificaciones, sea una variable de tipo valor nominal o atributivas. Al analizarse el proceso como un todo, en este tipo de organización es aconsejable no especificar durante el estudio de la capacidad del proceso cada tipo de defecto, sino en general a nivel de autos rechazados.

En el estudio de capacidad que se hace a continuación, ya se parte de que el proceso se ajusta a una distribución Binomial, según se especificó en la etapa anterior (Medir), en la que se define el rechazo como auto defectuoso o rechazado y no como defecto.

El Análisis de capacidad (Distribución binomial) para evaluar la capacidad de un proceso bajo control, es entonces el que debe emplearse en estas organizaciones, para examinar la proporción de

Capítulo II

defectuosos para cada muestra entre las diferentes muestras. Este análisis consta de cuatro gráficas y una tabla de resultados en una sola ventana (ver ejemplo en la figura 3.7) y puede ser obtenido fácilmente utilizando el software MINITAB 16.0. A continuación se explica la información que ofrece cada una de las gráficas y la tabla resumen para facilitar su aplicación en el tercer capítulo de la presente tesis.

Gráfica P

La gráfica P está localizada en la esquina superior izquierda del análisis de capacidad del proceso (ver figura 3.7) y permite determinar si la proporción de defectuosos por muestra está bajo control. Es similar al de la figura 3.6 pero con límites de control más rigurosos. Este gráfico consta de los elementos siguientes:

- Puntos graficados, que representan la proporción de defectuosos para cada muestra.
- Línea central (de color verde), que es la proporción promedio de defectuosos entre todas las muestras.
- Límites de control (de color rojo), que están localizados 3 desviaciones típicas por encima y por debajo de la línea central y proveen un recurso visual para determinar si el proceso está fuera de control.

Gráficas - %Defectuoso acumulado

La gráfica de porcentaje de defectuoso acumulado está localizada en la esquina inferior izquierda del Análisis de capacidad del proceso (figura 3.7). Este gráfico de porcentaje de defectuosos acumulado puede ayudar a determinar si se ha recolectado datos de un número suficiente de muestras como para tener un estimado estable de este porcentaje. De manera ideal, esta gráfica debe mostrar que el porcentaje de defectuoso se estabiliza después de varias muestras, lo que equivaldría a un aplanamiento de la línea graficada.

Gráficas - Tasa de defectuosos

La gráfica Tasa de defectuosos está localizada en la esquina superior derecha del análisis de capacidad del proceso (figura 3.7). Se emplea para evaluar el supuesto de que la tasa de defectuosos no es afectada por el tamaño de la muestra. Al examinar la gráfica se puede determinar si el porcentaje de defectuosos se encuentra distribuido aleatoriamente entre los diferentes tamaños de muestra o si está presente un patrón.

Si los tamaños de muestra son iguales, se mostrará una gráfica binomial en vez de una gráfica de tasa de defectos, que representa el número de defectuosos esperados y observados. Es recomendable examinar la gráfica para determinar si los puntos graficados se encuentran en línea

Capítulo II

recta. Si no es así, entonces es posible que sea falso el supuesto de que los datos de la muestra fueron tomados de una distribución binomial.

Gráficas - Histograma de porcentaje de defectuoso

La gráfica distribución del porcentaje de defectuoso está localizada en la esquina inferior derecha del Análisis de capacidad del proceso (figura 3.7). Este histograma del porcentaje de defectuoso puede ayudar a determinar las mayores frecuencias de los porcentajes de autos rechazados, para facilitar el trabajo de los expertos en el análisis de los problemas que lo originan.

Gráficas - Estadísticas de resumen

La tabla *Estadísticas de resumen* se encuentra en la parte inferior central del Análisis de capacidad del proceso (figura 3.7). Consta de los elementos siguientes:

- %defectuoso - provee un estimado y límites de confianza inferior y superior y un objetivo para el porcentaje de defectuoso. Si no se especifica un % defectuoso objetivo, se utiliza un objetivo de 0.
- PPM - provee un estimado y límites de confianza inferior y superior para el número de unidades que serán defectuosas en un millón.
- Z del proceso - provee un índice de capacidad para el proceso. Los valores de Z más grandes indican que el proceso está funcionando mejor.

Una vez realizado el análisis de capacidad tal y como se reflejó en la información que ofrecen cada una de las gráficas, los expertos deben enfatizar en las mayores frecuencias de rechazos, los períodos en que ocurrieron las mayores incidencias, etc y revisar las órdenes de trabajo para conocer los operarios que realizaron el trabajo, los materiales que emplearon, los medios de trabajo y todo lo relacionado con el servicio, con el objetivo de ir delimitando las causas raíces que inciden en la calidad del servicio.

2.6.3. Análisis y resumen de los defectos presentes en el proceso

Para el análisis de los defectos, es conveniente partir de dos fuentes esenciales. La primera es el análisis de la capacidad del proceso, en la cual se analizan esencialmente los puntos discordantes en los diferentes gráficos y en particular el valor de PPM de la estadística resumen, en tanto permite estimar el valor de Sigma que sigue el proceso.

La segunda fuente es considerar las sugerencias que ofrecen los fabricantes de autos para los servicios automotrices, que establecen para cada proceso todos los defectos, su clasificación y sus causas. Así por ejemplo para el proceso de pintura, los defectos y su clasificación se muestran en la tabla 1 y 2 del anexo 5.

Capítulo II

Con esta información, se realiza un ejercicio de trabajo en grupo con los expertos y se definen los defectos principales y sus causas auxiliándose para ello del Diagrama de Ishikawa (ver ejemplo del mismo en el anexo 6). El empleo de este diagrama debe buscar la detección de las causas raíces de los problemas que se detectan, con el auxilio de las fuentes antes citadas, las cuales son la fuente primaria a considerar en la próxima etapa de la Metodología Seis Sigma: la Mejora.

2.7 Etapa de Mejora

A partir de los resultados de la etapa anterior, procede entonces fijar la posible meta de la mejora y las acciones concretas que deben ser ejecutadas para hacerlas realidad. Para ello y tal y como fue planteado en la etapa anterior el investigador se debe apoyar en el grupo de expertos que previamente fue calculado y seleccionado. Aunque en el capítulo I de la presente tesis de maestría se expuso que existen varias herramientas y procedimientos para realizar esta etapa, es opinión de la autora que para el caso del servicio que presta la organización analizada deben ser ejecutadas dos fases esenciales: la primera es determinar por el grupo de expertos el porcentaje deseado de las metas alcanzar en cuanto al mejoramiento de la calidad para el servicio de pintura y la segunda proponer un plan de acciones que garantice el mejoramiento fijado.

2.7.1 Determinación del porcentaje de mejora deseado

En esta fase se debe buscar el porcentaje deseado de mejoramiento o meta a alcanzar que es fijado por el grupo de expertos. Para ello la autora recomienda que se utilice un sistema de votación y luego sea validado mediante el coeficiente de Kendall. En las tablas 3.11 y 3.12 del tercer capítulo puede observarse la aplicación de estas herramientas utilizando el correspondiente procedimiento establecido en el software MATHCAD 14.0.

2.7.2 Plan de acciones de mejora

Se debe elaborar un plan con las mejoras propuestas por los expertos para el mejoramiento de la calidad del servicio automotriz. Es conveniente que este plan sea estructurado con acciones de nivel estratégico, táctico y operativo, dadas las limitaciones existentes en cuanto a las primeras que con frecuencia conllevan a inversiones por ser concebidas a largo plazo. Como se verá en la etapa de control, estas decisiones interactúan mucho con la mencionada etapa, pues las acciones que se apliquen deben garantizar el porcentaje de mejora especificado según lo planteado en el epígrafe 2.7.1.

Capítulo II

2.8. Etapa de Control

Esta etapa constituye la validación de las medidas especificadas en la etapa de Mejora, por lo que puede ser considerada como el “después” de la investigación. Se parte de ir aplicando las medidas propuestas en la etapa de mejora hasta tanto sea satisfecho el porcentaje de mejoramiento fijado por los expertos, por lo que se realiza en paralelo con la etapa anterior. Por esa razón es que los períodos de tiempo analizados no coinciden con los de la etapa anterior, al tiempo que debe ser verificado de nuevo el ajuste de estos valores a la distribución binomial (que se realiza en la etapa Medir) y ser realizado nuevamente un análisis de la capacidad del proceso, pero para este nuevo escenario y con las medidas aplicadas.

Este proceso se realiza en el epígrafe 3.5 en la organización analizada donde los resultados pueden verse en las tablas 3.15 y en la figura 3.8. Como resultado del análisis se debe esperar un mejoramiento de la calidad del proceso analizado, pues de lo contrario ello significa que las medidas especificadas en la etapa Mejorar no fueron correctas y debe retrocederse a la misma.

Por otra parte una vez que se obtenga el resultado esperado, puede hacerse un análisis económico de al menos una relación Costo-Beneficio para verificar el impacto que desde ese punto de vista se obtiene. Además por tratarse la Metodología Seis Sigma de un proceso de mejoramiento continuo, se debe posteriormente regresar a la primera etapa (Definir) y comenzar un nuevo ciclo.

Conclusiones parciales

- 1- Fue posible una adecuación de la Metodología Seis Sigma a organizaciones encargadas de reparar vehículos ligeros, llegándose a especificar en cada una de sus etapas los métodos, herramientas y procedimientos que deben ser aplicados.
- 2- El mejoramiento continuo durante la aplicación de la Metodología Seis Sigma para mejorar la calidad del servicio en estas organizaciones, puede verse proceso a proceso, seleccionando uno diferente cada vez que se repita un ciclo.
- 3- La aplicación de la Metodología Seis Sigma en el mejoramiento de la calidad del servicio automotriz incluye etapas que pueden ser realizadas por un solo investigador como es el caso de la etapas Definir, Medir y Controlar, mientras que otras como las etapas Analizar y Mejorar deben ser realizadas con un grupo de expertos.
- 4- Para aplicar la Metodología Seis Sigma en la organización analizada, la autora recomienda la consideración de tres escenarios que son: uno real y otro simulado para el Análisis y otro real para el

Capítulo II

Control luego de aplicadas las medidas de mejoramiento, aunque este último pudiera también incluir una simulación.

Capítulo III

CAPÍTULO III. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA AL PROCESO DE PINTURA DE LA EMPRESA SERVICIOS AUTOMOTORES. S.A. AGENCIA VILLA CLARA.

3.1 Introducción

En el presente capítulo se realiza la aplicación de la Metodología Seis Sigma adaptada a las características particulares del objeto de estudio práctico que se presentó en la figura 2.2 del capítulo anterior. Ello incluye cada una de las etapas y las herramientas propuestas, así como su evaluación a partir del antes y después de aplicadas las propuestas de mejora. En la figura 3.1 se expresa a modo de resumen el contenido general que será tratado a continuación, referido al contenido de cada una de las fases generales de la figura 2.2, o sea: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

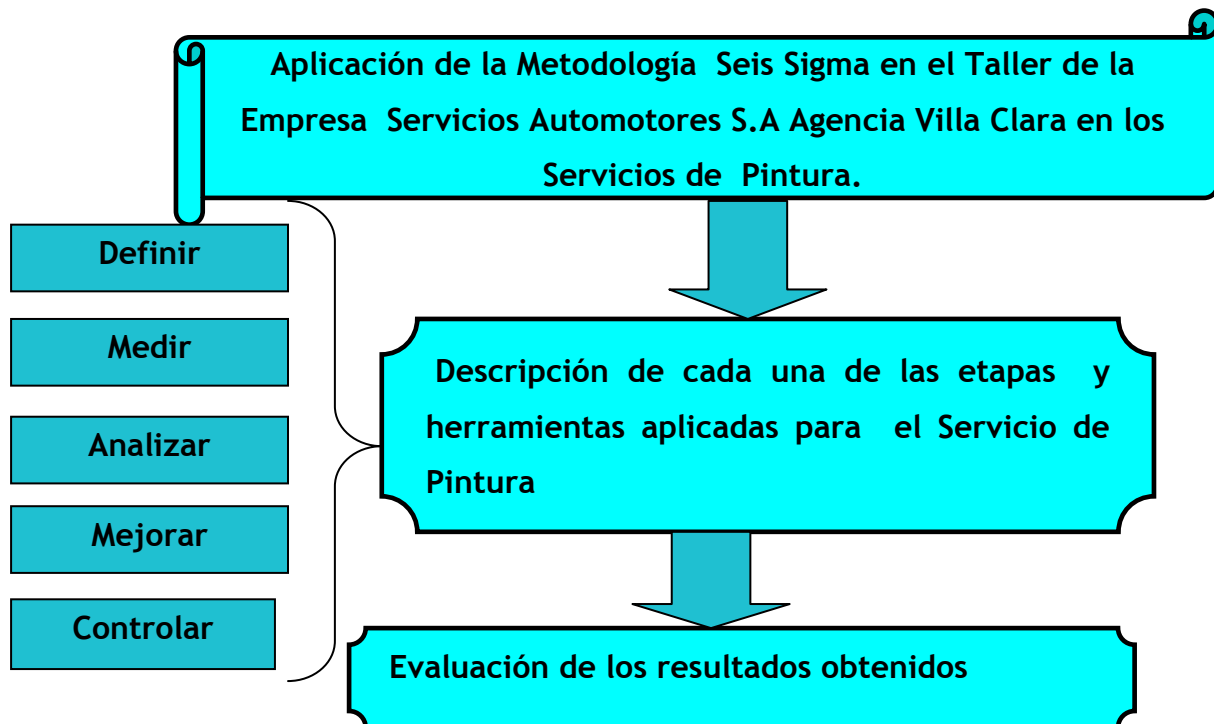


Figura 3.1 Hilo conductor del capítulo (Fuente: Elaboración propia)

3.2 Definir el problema

Para la aplicación de esta fase de la Metodología Seis Sigma, se tendrán en cuenta la caracterización de la organización (epígrafe 2.2) y los métodos y herramientas propuestas en el epígrafe 2.4. Al respecto cabe destacar que en la propia Visión de la entidad se declara el mejoramiento de la calidad como un aspecto a desarrollar de manera sistemática. Por otra parte en la estrategía empresarial, como patrón que integra las principales metas y políticas de la

Capítulo III

organización se declara dentro de sus objetivos estratégicos: elevar **la calidad de los servicios**, donde queda definido como un indicador o criterio de medida de este objetivo la disminución del porcentaje de rechazos en sus servicios, así como la estadía promedio de vehículos en el taller hasta 40 días.

Además de ello, se tuvo en cuenta la retroalimentación que se tienen con los clientes a través de la aplicación de encuestas diarias y aleatorias que corroboran la necesidad de mejorar el servicio aun cuando, la totalidad de ellos reconocen que es la mejor empresa de su tipo en el país. En el anexo 3, se muestra una de las encuestas aplicadas a los clientes que reciben los servicios de pintura a través de las cuales se logra la retroalimentación lo que permite conocer las virtudes, debilidades y con ello poder mejorar la competitividad de la empresa, lo cual constituye una aplicación de la herramienta Voz del Cliente.

Para continuar concretando las causas de los defectos, en la figura 3.2 se presenta el Diagrama de Procesos tal y como se recomienda en el epígrafe 2.4. Por las características de este servicio, los defectos son propios de algunos procesos y se van arrastrando hacia los que le siguen y otros pueden no quedar visibles en etapas posteriores.

Dentro de los procesos mostrados en el diagrama, el mayor interés para la presente investigación se reduce a los procesos de chapistería, mecánica, servicios rápidos y pintura, dado que son aquellos en los que se presentan los defectos, al tiempo que determinan la calidad del servicio de reparación.

Del propio epígrafe 2.4 se establece que una vez definidos los procesos, es necesario determinar en cuál de ellos se debe realizar el estudio, lo cual conlleva a la elaboración del Diagrama de Pareto. Es por ello que en la tabla 3.1 se incluye una recopilación realizada por la autora de los autos rechazados en el período Septiembre-Diciembre del 2011 y los procesos responsables de ello.

Es necesario destacar que esos rechazos son internos, no directamente del cliente quienes se encuentran en general satisfechos con el servicio, aun cuando en la Voz del Cliente expresan inconformidades. Por otra parte como ya fue planteado, sus efectos son los retrocesos al proceso que lo provocó, con nuevos gastos de materiales y alargamiento de la estadía de los vehículos en el taller.

Capítulo III

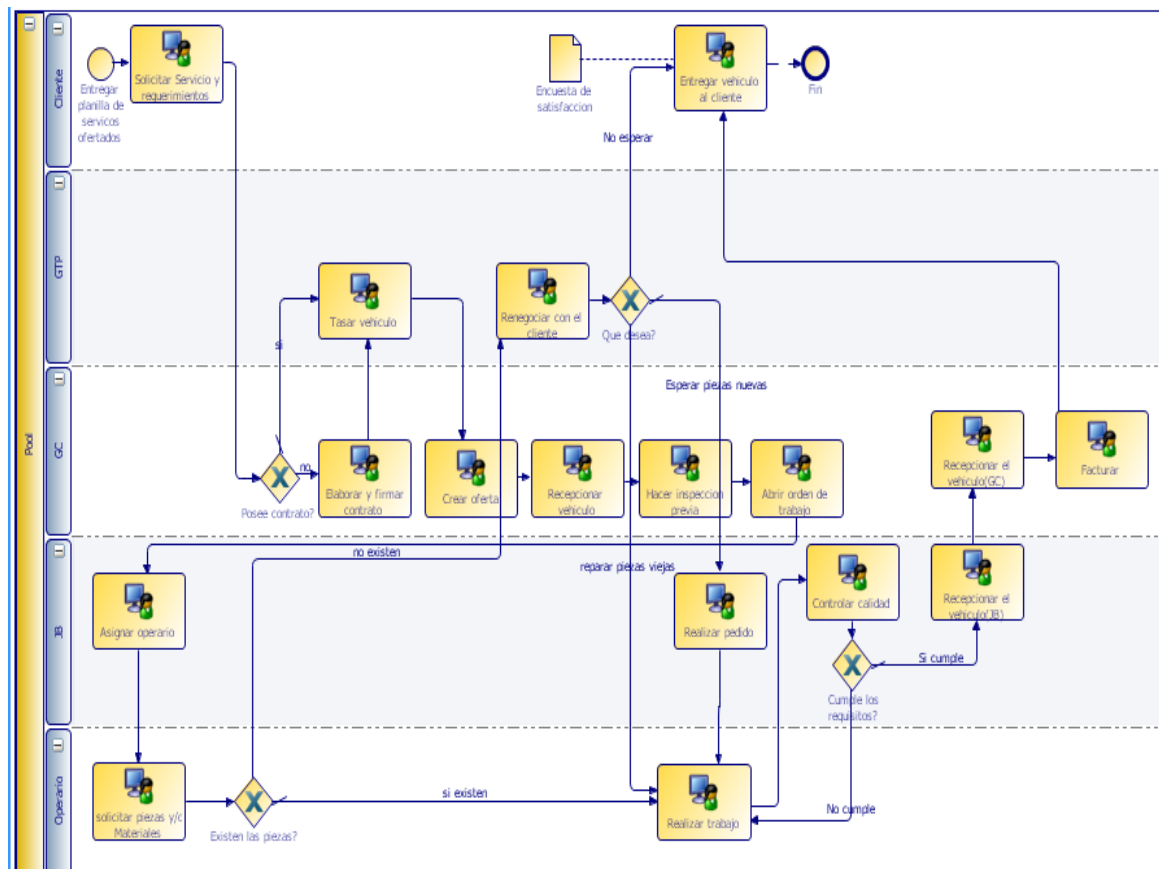


Figura 3.2. Diagrama de procesos de la Empresa Servicios Automotores S.A. (Fuente: Salida del software TIBCO Business Studio 2.0.)

RECHAZOS POR PROCESOS.(Sep-Dic 2013)				
Meses	Servicio			
	Chapistería	Pintura	Mecánica	Servicios rápidos
Septiembre	1	3	1	0
Octubre	2	2	0	2
Noviembre	2	4	2	1
Diciembre	2	4	0	0
Total/Rechazos	7	13	3	3

Tabla 3.1: Rechazos por procesos (período Sep-Dic 2011). (Fuente: Elaboración propia)

A partir de la tabla 3.1 se elaboró el Diagrama de Pareto que se presenta en la figura 3.3. En el mismo se corrobora que es el proceso de pintura el de mayor impacto desfavorable sobre la calidad del proceso de reparaciones y en consecuencia es donde primero se decide la aplicación de la Metodología Seis Sigma. En la tabla 3.2 se muestra para ese mismo período de tiempo analizado, la cantidad de autos que fueron pintados total o parcialmente, por lo que también se puede observar que de 36 vehículos pintados, 13 fueron rechazados lo que representa el 36.1%.

Capítulo III

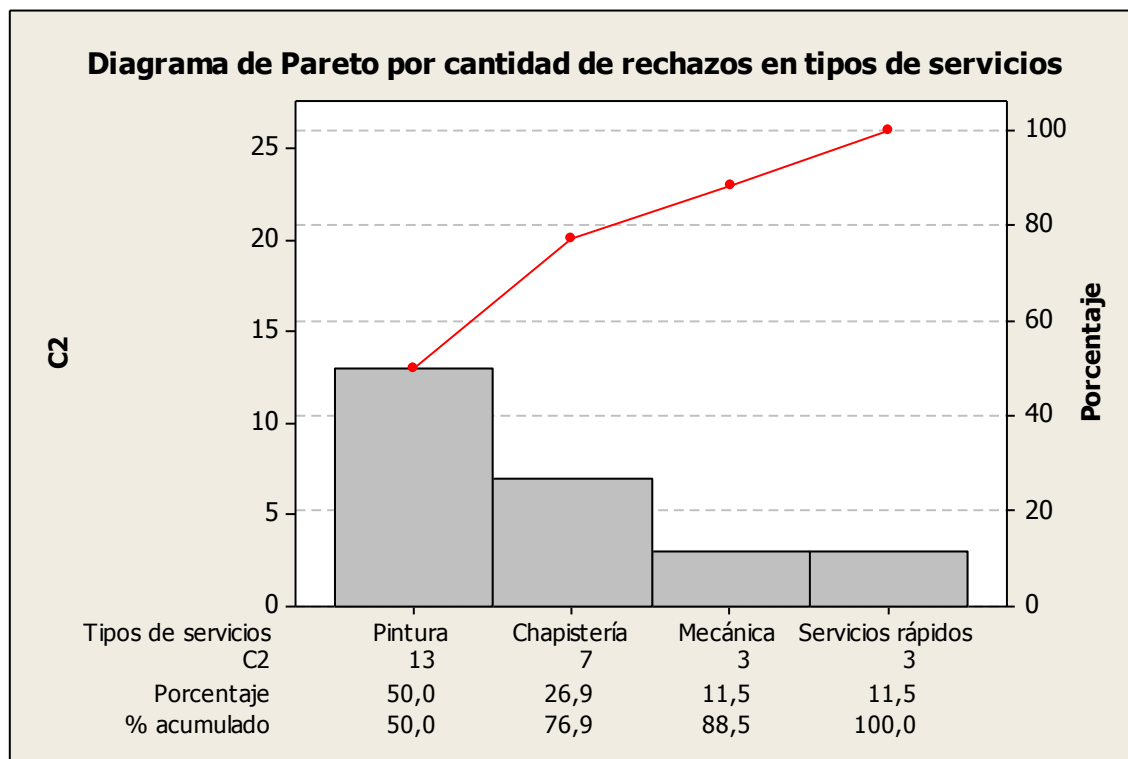


Figura 3.3. Diagrama de Pareto por cantidad de rechazos en tipos de servicios. (Fuente: Salida del Software MINITAB 16.0)

Total de vehículos pintados. (Sept-Diciembre 2011)		
		%
Pintado total	23	63,9
Pintado parcial	13	36,1
Total de vehículos pintados	36	100

Tabla 3.2. Total de vehículos pintados (Sep-Dic 2011). (Fuente: Elaboración Propia)

Partiendo de toda la información utilizada en esta fase de la Metodología Seis Sigma y del resultado concluyente del Diagrama de Pareto, se obtiene que en el caso del servicio de pinturas, los rechazos cubren el 50% del total existente en la entidad, por lo que el problema queda definido de la manera siguiente: **el proceso de pintura, es el que mayor impacto desfavorable sobre la calidad del proceso de reparación por aportar el 50 % de los rechazos de la entidad.**

3.3. Etapa de medición

El contenido del presente epígrafe se corresponde con lo recomendado en el epígrafe 2.5, solo que en este caso se trata de aplicar su contenido al proceso de pintura que como se planteó anteriormente resultó el seleccionado para el estudio.

Capítulo III

3.3.1. Análisis del comportamiento de los datos

Una vez definido que el problema está dado en el proceso de pintura, el cual aporta el 50 % de los rechazos, es necesario definir los aspectos a medir que como se especificó en el epígrafe 2.5 se toma como información inicial la cantidad de autos rechazados por mes. Considerando que el propósito de esta etapa de la Metodología Seis Sigma es garantizar que las mediciones realizadas reflejen totalmente la realidad, inicialmente se verificará si es realmente correcto tomar para el proceso de pintura solo los autos rechazados por mes y no por cada uno de los tipos de defectos que se pueden presentar.

En la tabla 3.3 se muestran los posibles defectos que pueden aparecer en el proceso y en la tabla 3.4, la cantidad de cada uno en la muestra tomada. La tabla 3.3 es obtenida de las sugerencias de los fabricantes (Documentación de fabricantes, 2008), la cual se detalla en el anexo 5; mientras que la 3.4 de una muestra tomada. En esta última se puede verificar que solo se manifiestan dos defectos con casi igual probabilidad de ocurrencia, lo que corrobora que sea acertado tomar los rechazos por mes como se sugiere en el segundo capítulo.

Defectos en extensión	Defectos en profundidad	Daños en superficie	Irregularidades en el color
Descuelgues	Ampollas o burbujas	Velados y empañados	Flotacion color metal
Arrugados	Hervidos o puntos de agua	Calcinados	-
Piel de naranja	Cráteres o siliconas	Sangrados	-
Cuardeado	Fondos hundidos	Manchas Corrosión interna	-

Tabla 3.3 Tipos de Defectos de pintura y su clasificación. (Fuente: Conocimientos técnicos para el pintado de automóviles. Paint Car.2008)

Rechazos por defectos. Pintado total			
Meses	Descuelgue	Piel naranja	Total rechazos
Septiembre	1	2	3
Octubre	2	0	2
Noviembre	1	3	4
Diciembre	3	1	4
Total/defecto	7	6	13

Tabla 3.4. Rechazos por defectos en el pintado total (Sep.-Dic, 2011) (Fuente: Elaboración propia)

Planteamiento de escenarios

Capítulo III

Partiendo de la afirmación anterior y definido que la información a recopilar serían los rechazos mensuales de autos a reparar en el proceso de pintura, se optó por definir dos posibles escenarios, donde el de peor comportamiento sería el escenario pesimista y el de mejor se denominó escenario normal. Para determinar cada uno de ellos, se trabajó con dos grupos de datos, uno de ellos resultante de la simulación y el otro de la muestra real seleccionada.

Simulación de datos

Partiendo de la información de la tabla 3.1, se realizó el análisis de estadística Chi-cuadrado, utilizando el software MINITAB 16.0. Los resultados aparecen en la tabla 3.4 que incluye los datos observados y esperados por categorías, notándose que tiene un comportamiento para con una igual proporción de rechazo de 0,25 (un valor esperado de 3,25 rechazos por meses) bien ajustado. Prueba de ello son los gráficos de las figuras 3.4 y 3.5 que muestran el comportamiento por los meses desde septiembre hasta diciembre, donde el mayor aporte a la diferencia del percentil Chi-cuadrado está en el mes de octubre por tener solo 2 rechazos y se esperaban entre 3 a 4, pero pese a ello los resultados demuestran que también la muestra tomada resultó representativa.

También se observa en la tabla 3.4 que un valor de proporción del 0,25 implica una probabilidad del 0,838, por lo que se puede asumir esa proporción o comportamiento mensual, como la cantidad de rechazos en el pintado total de autos.

Ya una prueba final de bondad de ajuste para la distribución de Poisson se hace en la tabla 3.5, notándose un buen ajuste a dicha distribución con el valor de 3,25 como media esperada según se había mostrado en la tabla 3.4. Es de notar que la probabilidad asociada en este caso es de 0.616 ya que se trabaja con intervalos abiertos a la entrada y a la salida lo que implica solo la existencia de tres de ellos. Una advertencia se hace en esta prueba debido a la baja cantidad de datos y que puede invalidar los resultados, no obstante se asume el riesgo y se continúa con la simulación de dichos valores.

		Proporción		Contribución
Categoría	Observado	de prueba	Esperado	a Chi-cuad.
Sep.	3	0,25	3,25	0,019231
Octubre	2	0,25	3,25	0,480769
Nov	4	0,25	3,25	0,173077
Dic	4	0,25	3,25	0,173077
N	GL	Chi-cuad.	Valor P	
13	3	0,846154	0,838	

Tabla 3.4. Estadísticas y pruebas de proporción constante en rechazos de pintura. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0)

Alternativamente se hace necesario verificar los supuestos de que la cantidad de vehículos totales que se procesan en pintura siga cierta distribución. En este caso se considera igual que sea la ley de

Capítulo III

Poisson, para lo cual se verifican nuevamente los supuestos de esta ley que se muestran en la tabla 3.6.

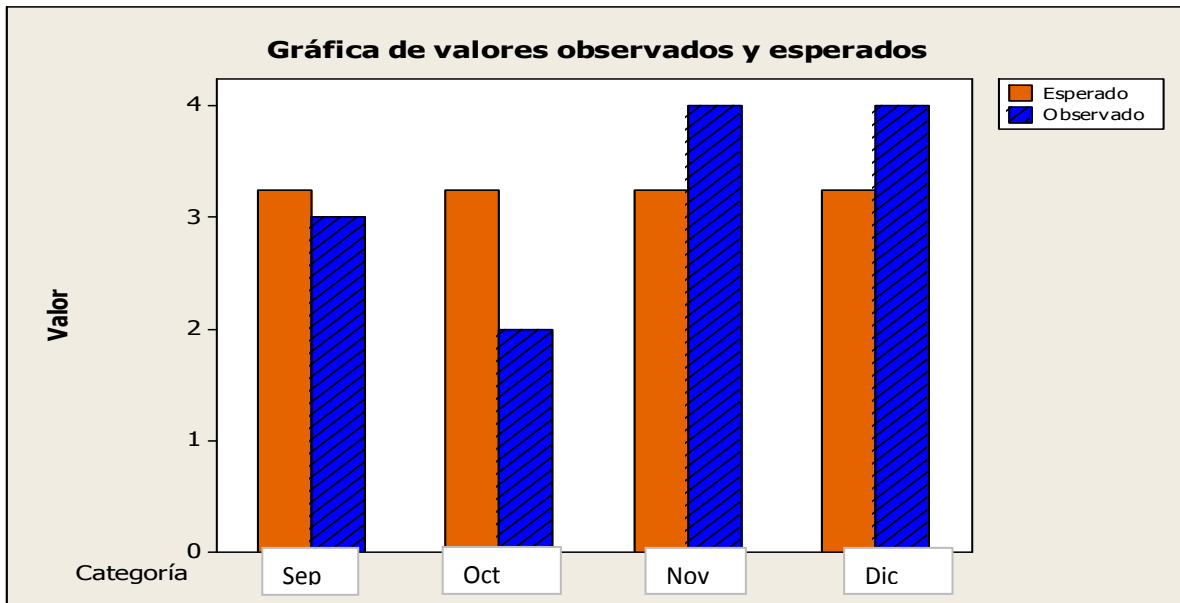


Figura 3.4. Valores observados contra valores esperados de rechazos. (Fuente: Salida del software

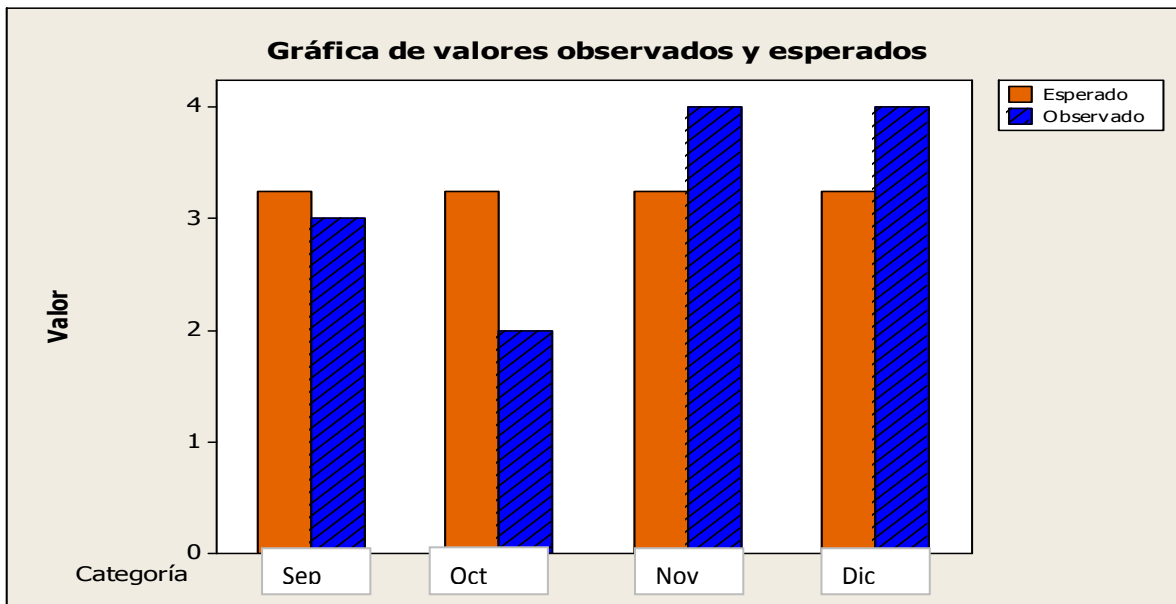


Figura 3.5. Contribución a la estadística Chi-cuadrado. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0)

Columna Datos: C2				
Media de Poisson para C2 = 3,25				
Rechazos	Observado	Probabilidad de Poisson	Esperado	Contribución a Chi-cuad.

Capítulo III

<=2	1	0,369567	1,47827	0,154735
3	1	0,221841	0,88736	0,014297
>=4	2	0,408592	1,63437	0,081797
N	N*	GL	Chi-cuad.	Valor P
4	0	1	0,250828	0,616

Tabla 3.5. Prueba de bondad de ajuste para distribución de Poisson. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0)

Columna Datos: Cantidad				
Media de Poisson para Cantidad = 5,75				
Cantidad	Observado	Probabilidad de Poisson	Esperado	Contribución a Chi-cuad.
<=4	2	0,319911	1,27965	0,405511
5	0	0,166711	0,66684	0,666845
>=6	2	0,513377	2,05351	0,001394
N	N*	GL	Chi-cuad.	Valor P
4	0	1	1,07375	0,730

Tabla 3.6. Prueba de bondad de ajuste de la distribución de Poisson para la cantidad total de vehículos procesados en el proceso de

pintura. . (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0)

Las tablas 3.5 y 3.6 demuestran que tanto la entrada de vehículos a la entidad como los rechazos obtenidos siguen una distribución de Poisson con valores de que cada 5.75 autos que como promedio llegan al taller, 3.25 son rechazados como promedio. Ya con estos elementos se procedió a realizar la simulación de otros 12 valores adicionales, correspondientes a cada uno de los meses del año 2012 a los que se añaden a los cuatro existentes del último cuatrimestre del año 2011, utilizándose el software MATHCAD recomendado en el segundo capítulo, específicamente el algoritmo del anexo 4, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3.7.

Toma de la muestra real y selección del escenario

La muestra real tomada se corresponde con la información obtenida a partir de cada uno de los meses del año 2012, a la que se añade los datos reales del último cuatrimestre del 2011. Esta información aparece en la tabla 3.8, en la fila denominada “escenario normal”.

Como se puede apreciar, los resultados de la simulación que aparecen en la tabla 3.8 como “escenario pesimista” salvo en el cuarto cuatrimestre del año 2011, en todos los meses del 2012, poseen un peor comportamiento respecto a la muestra real, aun cuando la diferencia no es tan relevante. Por esa razón, es este el escenario tomado para el resto del trabajo, partiendo de la consideración de que se trata de valores que pudieran ocurrir aun cuando en la práctica no se presentaron.

Capítulo III

Algoritmo que emplea resultado de rpois(m, λ) y runif(m, a, b)		Simulados		
rpois(m, λ) Vector_ := rpois(12,3.25) Vector_2(v) := for i ∈ 0..11 v1_i ← v_i v2_i ← ceil(runif(1, v1_i + 2, v1_i + 5)0) v3_i ← v2_i v3		Mes	rechazos	Autos
		1	1	5
		2	8	11
		3	5	8
		4	2	6
		5	4	8
		6	7	10
		7	5	9
		8	1	4
		9	2	6
		10	4	9
		11	4	8
		12	7	12
		Meses reales	Rechazos reales	Autos reales recibidos
		Sept.	3	6
		Oct.	2	4
		Nov.	4	4
		Dic.	4	9

Tabla 3.7. Simulación de rechazos y producción mensual con el procedimiento de MATHCAH.

(Fuente: salida del software MATHCAH 14.0)

Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Escenario																
Normal (autos atendidos)	6	9	8	5	7	9	11	5	6	7	8	10	6	4	4	9
Normal (autos rechazados)	1	4	3	1	2	5	4	0	1	3	3	5	3	2	4	4
Pesimista (autos atendidos)	5	11	8	6	8	10	9	4	6	9	8	12	6	4	4	9
Pesimista (autos rechazados)	1	8	5	2	4	7	5	1	2	4	4	7	3	2	4	4

Tabla 3.8. Escenarios considerados en la investigación (Fuente: Elaboración propia)

Capítulo III

3.3.2. Estudio del comportamiento estadístico del proceso de pintura

Como se expresó en el epígrafe 2.5.2 se analiza el comportamiento estadístico del proceso de pintura utilizando el software MINITAB 16.0, obteniéndose el gráfico de la figura 3.6 que muestra el comportamiento de los defectos por unidad. Un análisis de la figura evidencia que no existe comportamiento anormal en cuanto al comportamiento estadístico de los datos, encontrándose en control aparente. Además se puede notar que entre las sugerencias del epígrafe 2.5.2 para la elaboración de gráficos de control se seleccionó la segunda, o sea el caso en que se desea mantener las características probabilísticas de la carta de control y se determinan límites de control ajustados a cada intervalo, dado que el software MINITAB facilita la aplicación de esta alternativa.

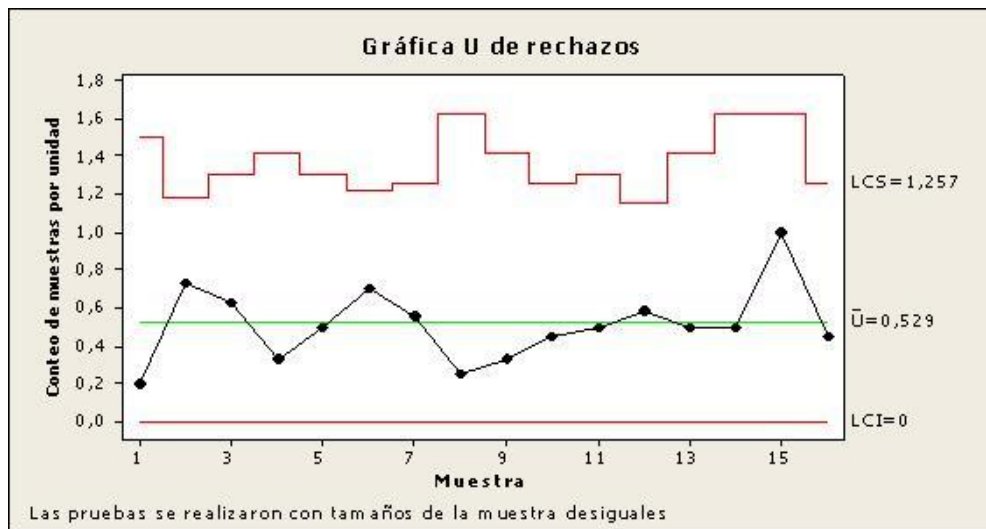


Figura 3.6. Defectos por unidad para datos simulados y reales. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0).

La tabla 3.9 ilustra el cálculo de las fracciones defectivas (en específico se trata de nivel de rechazos) para el conjunto de los meses simulados y los cuatro reales que son representadas en la figura 3.6, lo cual permite una mejor visión de lo afirmado en el párrafo anterior.

Una vez señalado que el proceso de pintura se encuentra en control aparente, tal y como se especificó en el epígrafe 2.5.1, se impone verificar si realmente se encuentra en control, lo cual se cumple cuando se verifica que se ajusta a cierta distribución. Utilizando la distribución binomial recomendada en el epígrafe 2.5.2, por tratarse de atributos (éxito: auto aceptado, fracaso: auto rechazado), se procede con el software MINITAB 16.0 y se obtiene la tabla 3.10.

Meses	Rechazos	Producción	Fracción
m1	1	5	0,2000

Capítulo III

m2	8	11	0,7273
m3	5	8	0,6250
m4	2	6	0,3333
m5	4	8	0,5000
m6	7	10	0,7000
m7	5	9	0,5556
m8	1	4	0,2500
m9	2	6	0,3333
m10	4	9	0,4444
m11	4	8	0,5000
m12	7	12	0,5833
m13	3	6	0,5000
m14	2	4	0,5000
m15	4	4	1,0000
m16	4	9	0,4444

Tabla 3.9. Fracción defectiva por meses simulados y reales. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0).

Binomial Test^b

		Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Asymp. Sig. (2-tailed)
ESTADO	Group 1	OK	56	,47	,50	,582 ^a
	Group 2	FALLA	63	,53		
	Total		119	1,00		
METODO	Group 1	No	119	1,00	,50	,000 ^a
	Total		119	1,00		

Tabla 3.10. Test de proporciones para la distribución binomial del escenario pesimista seleccionado. . (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0).

El test de proporciones elaborado al tiempo que muestra que el proceso se ajusta a la distribución binomial y por tanto es pertinente continuar con la aplicación de la Metodología Seis Sigma con el escenario seleccionado. En la tabla 3.10 se observa que de los 119 autos atendidos, 63 tuvieron algún tipo de falla en el proceso de pintura, lo que provoca una significación asintótica de 0.582. Este valor lleva a la conclusión de que no hay actualmente diferencias significativas entre los autos con rechazados y los aceptados en el proceso de pintura.

El resultado explicado en el párrafo anterior no solo permite afirmar que se puede pasar al próximo paso de la metodología, sino que ofrece información para la próxima fase de análisis, ya que lo

Capítulo III

deseado es la existencia de diferencias significativas entre éxitos y fracasos. No obstante es conveniente señalar, que este resultado no es transparente para los clientes, quienes muestran buena aceptación por el servicio que se les presta, pues el rechazo es interno dentro de la organización.

3.4 Etapa de análisis

Aplicando lo especificado en el epígrafe 2.6, se procede inicialmente con la determinación de la cantidad de expertos, realizando posteriormente su selección, para luego determinar las causas de los defectos y finalmente determinar la capacidad del proceso.

3.4.1 Determinación y selección del grupo de expertos

Tal y como se especificó en el sub-epígrafe 2.6.1, se debe determinar la cantidad de expertos que deben participar en la presente investigación y finalmente seleccionarlos. Para ello se tomaron los valores de $\alpha = 0,15$; $p = 0,95$ se obtiene para un valor de la relación $\frac{\beta}{\alpha} = 1,301$. Con este valor se entra en el nomograma de la figura 2.3 por las ordenadas hasta tocar la curva de 0.95 y se obtiene que $K = 9$ expertos.

A partir del cálculo anterior se seleccionan como expertos: el gerente técnico productivo, el especialista en calidad de la empresa (autora de la presente tesis), 3 jefes de brigada, el especialista en producción, especialista en logística y 2 obreros de experiencia. En este grupo se encuentran representados directivos, obreros, especialistas vinculados con el proceso y otros directivos que participan en diferentes partes del flujo que siguen los autos para ser reparados.

3.4.2. Análisis de la capacidad del proceso de pintura

Tal y como se planteó en el epígrafe 2.6.2 corresponde la realización del estudio de la capacidad del proceso, como una de las fuentes esenciales de la etapa de análisis, en la Metodología Seis Sigma. Partiendo de que los datos se ajustan a una distribución Binomial, utilizando el software MINITAB 16.0, se obtiene como resultado lo representado en la figura 3.7. A partir de la misma se analiza a continuación cada una de las gráficas e informaciones que refleja.

Capítulo III

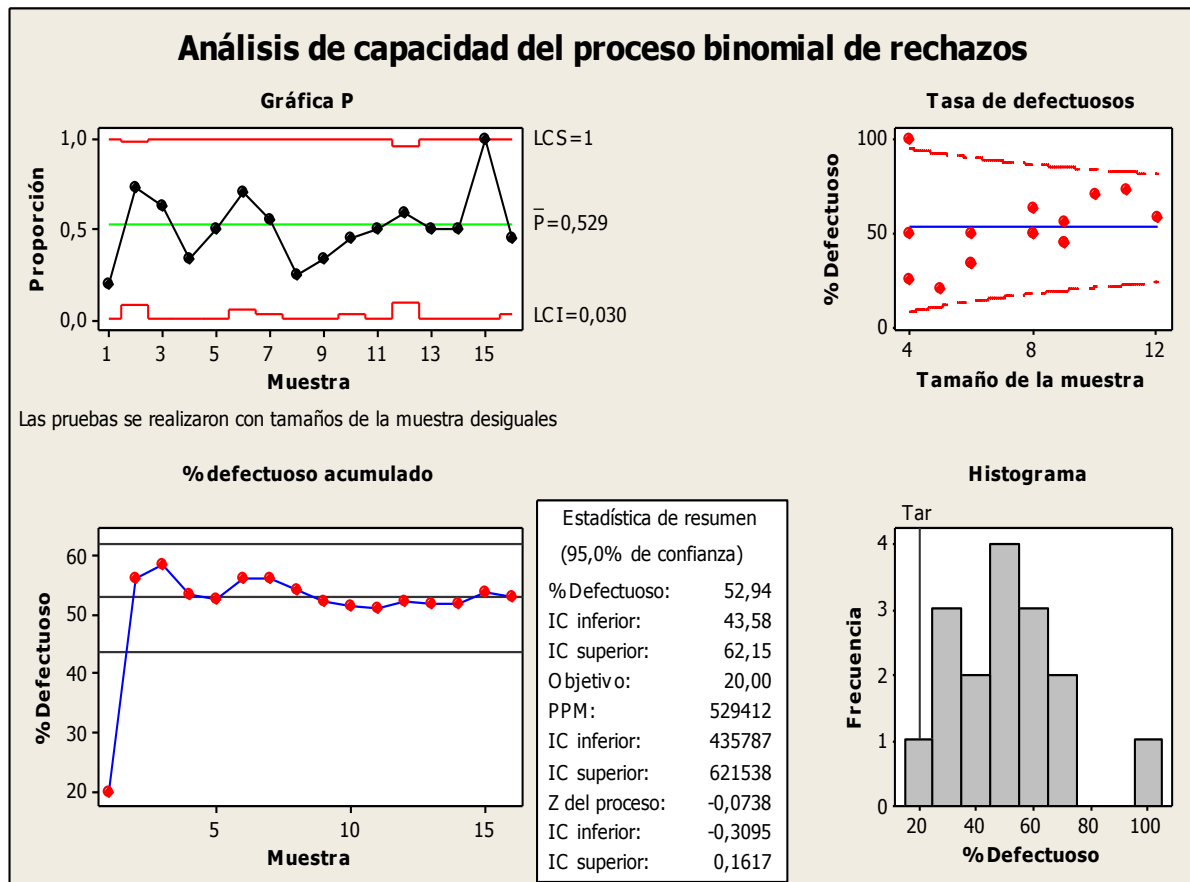


Figura 3.7. Gráfico de Análisis de Capacidad Binomial. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0)

Gráfica P

Para los datos sobre los rechazos de autos con pintado completo (figura 3.7), ningún punto está fuera de los límites. Solo el punto 16, se ubica en el límite parece ubicarse ligeramente más allá de los límites de control, lo que refleja que en ese período de tiempo, se debe investigar con mayor fuerza los problemas que se presentaron sin que ello implique que los restantes períodos no sean analizados, lo cual se convierte en un llamado de atención para el grupo de expertos.

Gráficas - %Defectuoso acumulado

Para los datos sobre el rechazo en pintura total en el escenario pesimista, se percibe estabilidad en algún punto entre 50% y 55%, lo cual es señal de un buen comportamiento en cuanto al control estadístico.

Gráficas - Tasa de defectuosos

Para los datos sobre los rechazos, los puntos de porcentaje de defectuosos parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de muestra, de manera que se puede partir del supuesto de que el tamaño de la muestra no afecta la tasa de defectuosos.

Gráficas - Histograma de porcentaje de defectuoso

Capítulo III

La gráfica muestra que la mayor frecuencia de porcentaje de defectuosos se mueve por el valor de 50 y hasta 60. Luego de la etapa de Mejoramiento este valor debe trasladarse hacia un intervalo menor.

Gráficas - Estadísticas de resumen

Esta estadística muestra lo siguiente:

- %defectuoso - Para los datos utilizados sobre autos rechazados el % defectuoso es 52,94 y los límites de confianza inferior y superior son 62,15 y 43,58, respectivamente. Ello significa que aproximadamente de 43% a 62% de los servicios de pintura total no fueron aceptados como buenos.
- Def PPM - Para los datos sobre los servicios de pintura total, se espera que 529412 carrocerías en un 1000000 no sean aceptadas como buenas. Según lo planteado en el epígrafe 1.5 respecto a que $3\sigma = 66.807$ errores por millón de unidades, se puede plantear que el proceso analizado se mueve en el rango de las Tres Sigma, muy lejos de las Seis Sigma deseadas.
- Z del proceso - Para los datos sobre los servicios de pintura total, Z es -0,0738, el cual es un valor totalmente insatisfactorio, pues este valor debe tender a crecer.

Tal y como fue planteado en el epígrafe 2.6.2, los expertos analizan la información de las diferentes gráficas, revisan las órdenes de trabajo correspondientes y pasan a la etapa siguiente.

3.4.3. Análisis y resumen de los defectos presentes en el proceso de pintura

Tal y como se especificó en el sub-epígrafe 2.6.3 el análisis de capacidad y la información del anexo 5, con los defectos, su clasificación y causas que ofrecen los fabricantes y se realizó un trabajo en grupo con los expertos para ir elaborando el Diagrama de Ishikawa de tipo 6'M con el objetivo de conocer las causas raíces de los rechazos. Sin embargo, en esta parte fue necesario elaborar dos gráficos de este tipo (ver anexo 6), pues aunque los defectos “descuelgue” y “piel naranja” tienen casi idéntica probabilidad de ocurrencia, sus causas raíces no son las mismas. De esta forma se obtuvo los Diagramas de Ishikawa que se presentan en las figuras 6.1 y 6.2 del anexo 6. Con el análisis de esta herramienta y mediante un trabajo en grupo con los expertos, se logró obtener las siguientes deficiencias en el proceso de pintura:

- Falta de capacitación de los operarios, por lo que urge reevaluar las necesidades de aprendizaje de los pintores y llevar a cabo acciones de capacitación con el proveedor Paint Car.
- Los pintores no cumplen con el procedimiento para la aplicación de pinturas.
- No se cumple el plan de mantenimiento tecnológico a los equipos de garaje específicamente al compresor.
- Se incumple el plan de la infraestructura de la agencia
- La cámara de pintura no funciona .

Capítulo III

- No se reciben a tiempo los pedidos solicitados y muchas veces los mismos no cumplen con las especificaciones solicitadas.

3.5 Etapa de mejora

Tal y como se expresó en el epígrafe 2.7, con toda la información que se tiene hasta el momento se conoce los problemas (piel naranja y descuelgue) y sus causas raíces (ver anexo 6). Para dar solución a los mismos fue considerado por el grupo de expertos que en la mayoría de los casos una misma solución debe contribuir a la solución de ambos problemas y en consecuencia de la calidad del servicio, dada la existencia de causas raíces similares. Por ello esta etapa de mejora consta de dos fases esenciales, la primera es determinar por el grupo de expertos el porcentaje deseado de las metas alcanzar en cuanto al mejoramiento de la calidad para el servicio de pintura ya que no existen estándares que especifique este valor y la segunda proponer un plan de acciones que garantice el mejoramiento fijado.

3.5.1 Determinación del porcentaje de mejora deseado

Cada uno de los nueve expertos seleccionados de manera independiente votan sobre el porcentaje de rechazos que se pretende alcanzar, utilizando una escala de rangos desde 1 a 5, donde 1 significa el valor más deseado posible, 2 el siguiente y así sucesivamente hasta el 5 como valor menos deseado posible. En la siguiente tabla 3.11 se muestran los posibles porcentajes de mejora y los resultados de la votación de los expertos.

Tabla 3.11: Valores de rangos asignados por los expertos. (Fuente: Elaboración propia).

% deseado posible	Expertos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 %	4	5	4	4	4	4	5	4	4
10 %	5	5	4	5	4	5	4	5	4
15 %	2	2	3	1	2	2	2	2	1
20 %	2	1	2	1	2	1	1	2	1
25 %	4	4	2	3	3	4	2	3	2
30 %	5	4	5	5	4	4	5	5	5
35 %	3	5	4	5	5	4	3	4	5
40 %	5	5	4	5	4	3	5	4	5

Capítulo III

Tabla 3.12: Solución de los rangos otorgados, utilizando el procedimiento de Kendall del software MATHCAD 14.0. (Fuente: Salida del software MATHCAD 14.0)

% deseado posible	Expertos									$\Sigma A_{i,j}$	Δ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
20 %	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1	1,5	1,5	12	-28,5
15 %	1,5	2	3	1,5	1,5	2	2,5	1,5	1,5	17	-23,5
25 %	4,5	3,5	1,5	3	3	5,5	2,5	3	3	29,5	-11
5 %	4,5	6,5	5,5	4	5,5	5,5	7	5	4,5	48	7,5
35 %	3	6,5	5,5	6,5	8	5,5	4	5	7	51	10,5
40 %	7	6,5	5,5	6,5	5,5	3	7	5	7	53	12,5
10 %	7	6,5	5,5	6,5	5,5	8	5	7,5	4,5	56	15,5
30 %	7	3,5	8	6,5	5,5	5,5	7	7,5	7	57,5	17
WERTEN	3	5,5	5,5	5,5	5,5	5	2,5	3	3	38,5	2337,5

Se procede a procesar esta información con el procedimiento existente en el MATHCAD 14.0 para la aplicación del coeficiente de Kendall y se obtiene como resultado la tabla 3.12, en cuya última columna se obtiene el orden obtenido del consenso que debe ser interpretado desde el menor valor hasta el mayor. La conclusión a la que se llega, es que el valor deseado de nivel de rechazo, bajo las actuales circunstancias tecnológicas de la entidad, es de un 20%.

3.5.2 Plan de acciones de mejora

A partir de todos los análisis realizados con el apoyo de las herramientas aplicadas y mediante discusión en plenario, el grupo de expertos elaboró un plan de acción que actúen sobre las causas que afectan la variabilidad del proceso ya sean comunes o especiales, pero con énfasis en las primeras. Este plan de acción de mejoramiento se muestra en el anexo 7 con propuestas que incluyen los tres niveles de las posibles decisiones, o sea las operativas, tácticas y estratégicas, considerándose en estas últimas lo que conlleve a inversiones. A los efectos del presente trabajo, fueron aplicadas las acciones de carácter operativo, con las cuales se garantizó el 20% de mejora deseado luego de la interacción de esta fase con la etapa de Control (ver epígrafe 2.7.2).

3.6 Etapa de control

Según lo especificado en el epígrafe 2.8 en esta etapa se trabaja con un nuevo escenario que comprende los 12 meses del año 2013 con los valores reales de autos rechazados recopilados y

Capítulo III

otros 5 meses del año 2014 que fueron simulados utilizando el mismo procedimiento de la etapa Medir.

Las medidas de mejoramiento de la calidad del proceso de tipo operativo (ver Anexo 7) fueron aplicadas en los 12 meses del año 2013 y sus resultados fueron empleados para simular los 5 meses restantes. Los resultados se muestran en la tabla 3.13, en la cual los últimos 5 valores fueron los simulados.

Tabla 3.13. Valores obtenidos luego de la aplicación de la etapa Mejorar (año 2013 real y 5 valores simulados del 2014) (Fuente: Salida del software MATHCAD 14.0)

Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Vehículos pintados	8	5	6	6	13	6	8	10	7	4	6	6	4	10	3	5	6
Vehículos rechazados	1	1	1	0	2	1	1	2	1	0	3	2	0	1	1	1	0

Con la información especificada en la tabla 3.13 y se procede al análisis de su ajuste a la distribución Binomial (tabla 3.14) y al análisis de la capacidad del proceso de pintura (ver figura 3.8.

	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Asymp. Sig. (2-tailed)
ESTADO	Group 1	OK	95,84	,50	,000 ^a
	Group 2	FALLA	18,16		
	Total	113	1,00		
METODO	Group 1	Si	113	1,00	,000 ^a
	Total	113	1,00		

Tabla 3.13. Prueba de ajuste a la distribución Binomial de los datos actuales. (Fuente: Salida del software MATHCAD 14.0)

Capítulo III

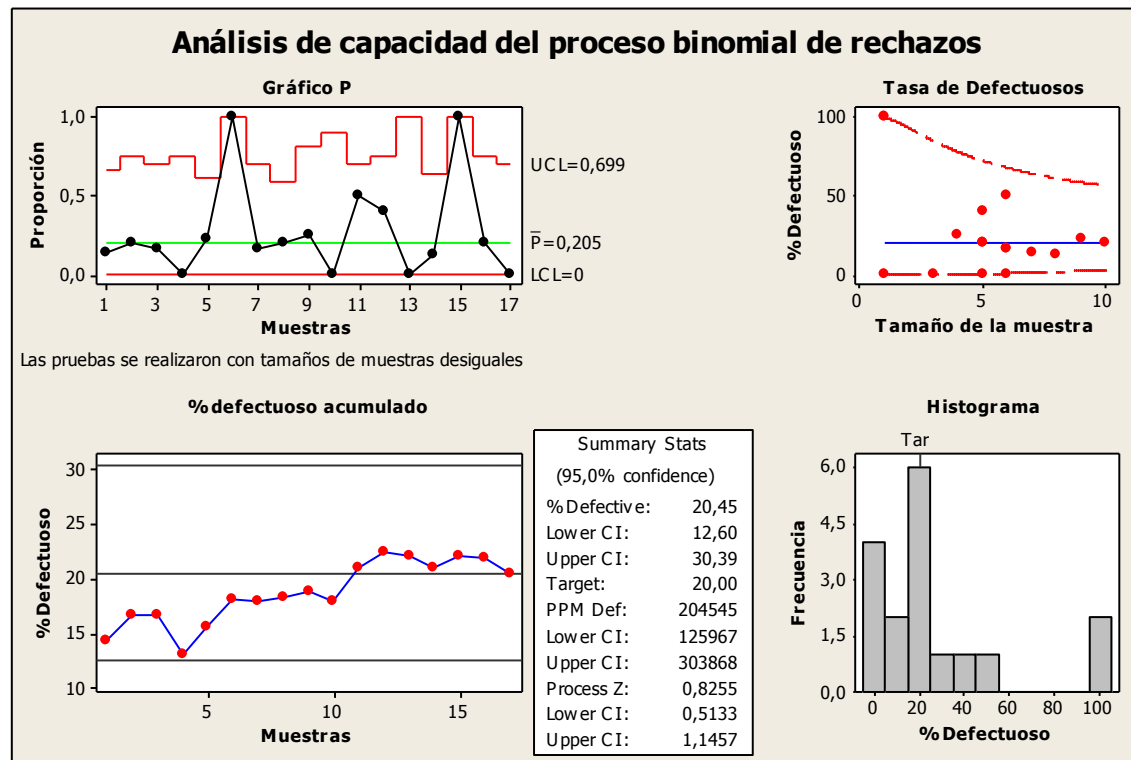


Figura 3.8. Análisis de capacidad de los datos actuales. (Fuente: Salida del software MINITAB 16.0)

La tabla 3.18 muestra el ajuste de la información a la distribución Binomial pero a diferencia del análisis realizado en la etapa medir, en este caso el valor de la significación asintótica (Asymp. Sig. (2-tailed)) toma un valor cero, lo que indica que si hay diferencias significativas entre los autos pintados y los rechazados. Ello indica que al tiempo que los datos se encuentran en control, es mucha menor la proporción en este caso de los autos rechazados. Por su parte, el análisis de capacidad para este nuevo escenario mostró el resultado siguiente:

Gráfica P

Para los datos sobre los rechazos de autos con pintado completo (figura 3.8), ningún punto está fuera de los límites. Hay dos puntos que se diferencian de los anteriores y tocan sus límites, pero debe considerarse que a diferencia del resultado de la etapa Analizar (figura 3.7), en este el promedio es de 20.5, mientras que en el anterior era de 52.9, por lo que el resultado presentado en la figura 3.8 es sobre la base de límites mucho más rigurosos. No obstante para el próximo ciclo de mejoramiento utilizando la Metodología Seis Sigma, los dos puntos señalados son un elemento a considerar.

Gráficas - %Defectuoso acumulado

Capítulo III

Para los datos sobre el rechazo en pintura total en el escenario actual, se percibe estabilidad en algún punto entre 15% y 25%, lo cual es señal de un buen comportamiento en cuanto al control estadístico y mucho mejor que su similar de la figura 3.7 en la etapa de mejoramiento.

Gráficas - Tasa de defectuosos

De manera similar a lo obtenido en la figura 3.7, para el escenario actual, los puntos de porcentaje de defectuosos parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de muestra, de manera que se puede partir del supuesto de que el tamaño de la muestra no afecta la tasa de defectuosos.

Gráficas - Histograma de porcentaje de defectuoso

La gráfica muestra que la mayor frecuencia de porcentaje de defectuosos se mueve por el valor de 20 y 30, tal y como habían previsto los expertos, lo cual es mucho mejor que el valor entre 50 y 60 de la figura 3.7.

Gráficas - Estadísticas de resumen

Esta estadística muestra lo siguiente:

- %defectuoso - Para los datos utilizados sobre autos rechazados el % defectuoso es 20.45 y los límites de confianza inferior y superior son 30.39 y 12.60, respectivamente. Ello significa que aproximadamente de 20% a 21% de los servicios de pintura total no fueron aceptados como buenos, lo cual muestra un comportamiento mucho mejor que el mostrado en la figura 3.7.
- Def PPM - Para los datos sobre los servicios de pintura total, se espera que 20000 carrocerías en un 1000000 no sean aceptadas como buenas. Según lo planteado en el epígrafe 1.5 respecto a que $3\text{Sigma} = 66.807$ errores por millón de unidades, se puede plantear que el proceso analizado en este nuevo escenario se mantiene en el rango de las Tres Sigma, muy lejos de las Seis Sigma deseadas, pero mucho mejor que el escenario analizado en la etapa Analizar.
- Z del proceso - Para los datos sobre los servicios de pintura total, Z es 0.8255, el cual es satisfactorio al llegar a ser positivo y mucho mejor que el de la figura 3.7.

A modo de resumen del resultado alcanzado en la etapa de Mejorar de la Metodología Seis Sigma, se plantea que se cumple la reducción del porcentaje de autos rechazados en el proceso de pintura hasta un 20%, tal y como lo previeron los expertos, al tiempo que las medidas de mejoramiento de tipo operativo que fueron aplicadas en el nuevo escenario lograron el impacto esperado.

Cálculo del efecto económico estimado

Para realizar este estimado se tuvo en cuenta los diferentes tipos de pintura que se aplican, entre las que se encuentran las monocapas, bicapas, esmaltes y base-agua, aunque predominan las pinturas de tipo monocapa y dentro de la línea de vehículo predominante el vehículo Línea Lada. Fue considerado además el tempario ó Baremo de Tiempos (documento oficial que constituye el

Capítulo III

Catálogo de Normas de Tiempo por Operaciones, empleadas para la planificación y facturación de los servicios), aplicado en la empresa donde se plasman normas de tiempo por operaciones y la facturación de los servicios correspondientes para cada línea de vehículo.

Como efecto económico del trabajo, se considera que el porcentaje de autos rechazados se redujo desde un 52.9% a un 20.45%, lo que muestra un mejoramiento de 32,45%. Por otra parte, en el escenario actual para el año 2013 fueron atendidos 85 autos, por lo que el 32,45 de reducción de los rechazos, equivale aproximadamente a 27 autos que dejarían de ser reprocesados. Considerando que el costo promedio de la línea más frecuente de auto (Lada) es de 1'099.30 CUC y 590.30 MN, se considera que se ahorraría un total de 29'681.1 en CUC y 15'938 MN.

3.7. Conclusiones parciales

- 1- El mejoramiento continuo durante la aplicación de la Metodología Seis Sigma para mejorar la calidad del servicio en estas organizaciones, puede verse proceso a proceso, seleccionando uno diferente cada vez que se repita un ciclo.
- 2- La aplicación de la Metodología Seis Sigma en el mejoramiento de la calidad del servicio automotriz en la organización seleccionada como objeto de estudio práctico, demostró que cada uno de los procedimientos y herramientas propuestas en sus etapas son válidas y ayudan a lograr un verdadero mejoramiento continuo de la calidad del servicio, dado el impacto obtenido en el estudio del proceso de pintura.
- 3- Durante la aplicación de la Metodología Seis Sigma en la organización estudiada, se demostró la factibilidad de considerar diferentes escenarios en los análisis, demostrándose el mejoramiento de la calidad del servicio en el proceso de pintura para la etapa actual respecto al escenario utilizado en la etapa de Análisis.
- 4- El plan de mejoramiento de la calidad elaborado por el grupo de expertos demostró su factibilidad, pues al ser aplicadas solo las decisiones del nivel operativo se obtuvo una sensible reducción del porcentaje de autos rechazados, con un impacto económico favorable.
- 5- Aun cuando el proceso estudiado se mantuvo en el rango de las Tres Sigma según lo planteado en la literatura consultada, se logró un mayor acercamiento al nivel de las Cuatro Sigma, aunque en ambos casos son valores muy lejanos al Seis Sigma deseado.

Conclusiones generales

Conclusiones generales

- 1- En la literatura científica consultada se observa abundancia en todo lo referente a lo tratado en la presente tesis de maestría y en particular, sobre la calidad, sistemas de calidad y la Metodología Seis Sigma. Sin embargo para el caso de los servicios automotrices, las aplicaciones de esta metodología que existen están referidas a la fabricación de autos y no a su reparación.
- 2- Se obtuvo una adecuación de la Metodología Seis Sigma para organizaciones que prestan servicios de reparación automotriz, teniendo similares etapas de trabajo a la reflejada en la literatura, pero con procedimientos internos y herramientas en cada una de estas etapas, propias de las características de este servicio.
- 3- La aplicación de la adecuación realizada a la Metodología Seis Sigma en la organización estudiada, demostró la validez de las herramientas propuestas y la posibilidad de lograr un mejoramiento continuo de la calidad de los servicios que allí se prestan.
- 4- Como consecuencia de ser aplicada la adecuación realizada en la tesis a la Metodología Seis Sigma en la organización estudiada y ser realizado un primer ciclo con todas sus etapas, se logró reducir el porcentaje de autos rechazados en el proceso de pintura de 52.9% a un 20.45%, lo que representa un efecto económico de 29'681.1 en CUC y 15'938 MN.
- 5- Se logró comprobar la hipótesis declarada en el trabajo y en consecuencia resolver su problema científico al ser realizado un primer ciclo de la Metodología Seis Sigma en el proceso de pintura de la empresa, con lo cual se pudo medir con mayor rigurosidad su desempeño y lograr un mejoramiento de la calidad del servicio.
- 6- En la tesis presentada se evidencian algunas novedades científicas entre las que se destacan, la adecuación de la Metodología Seis Sigma al caso de la reparación de vehículos ligeros, el procedimiento empleado para la determinación de la cantidad de expertos y el empleo de la simulación en este tipo de proceso.

Recomendaciones

Recomendaciones

- 1- Adoptar como política de trabajo el empleo de la Metodología Seis Sigma en la organización estudiada, dado su impacto favorable sobre la calidad de las reparaciones y el éxito logrado en el trabajo con el grupo de expertos.
- 2- Gestionar el cumplimiento de las medidas propuestas para los niveles táctico y estratégicos, en tanto ello debe contribuir a un mayor acercamiento al nivel de las Seis Sigma deseado.
- 3- Continuar la divulgación de los resultados expuestos en la presente tesis de maestría en los diferentes eventos científicos convocados dentro del sector de reparación automotriz del país, con el objetivo de lograr su extensión a otras agencias cuyo encargo social sea similar al de la estudiada.
- 4- Continuar con la aplicación de la Metodología Seis Sigma en la organización seleccionada como objeto de estudio práctico, pasando a un próximo ciclo, lo que significa otro de los procesos que allí se realizan.

Bibliografía

Bibliografía

- 1- -Albarado, Vera, Sandra. Contanza. (2004). *Diseño de una estrategia para el mejoramiento de la calidad del servicio de talleres por medio del entrenamiento técnico tomando como base de análisis y estudio a General MOTORS COLMOTORES*. Tesis en Ingeniería Industrial. Bogotá. Facultad de ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana.
- 2- Almaquer, R.A. (2004). "Desarrollo de un Método para alcanzar la Calidad Total". *Revista Cubana de Gestión Empresarial Nueva Empresa*. Volumen 3, número 3. pp. 17-22.
- 3- Barba, Garrido, María Fernanda. (2011). *Proyecto de mercadeo para la industria de pinturas en la ciudad de Guayaquil, según enfoque de Mackensey: caso pintura superior*. Tesis presentada al título académico de Ingeniero Industrial. Guayaquil. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del litoral. Centro de investigación científica y tecnológica. Disponible en Revista Tecnológica ESPOL, Vol. xx, N. xx en [http: //www. angloautomotroz.com](http://www.angloautomotroz.com). [Accesado el 6 de marzo del 2013].
- 4- Barbiero, A, Cristina. (2005). La importancia de la estadística en estrategias de mejora continua de la calidad. *La metodología Seis Sigma*. Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas. Escuela de Estadística. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
- 5- Breyfogle III, Fornest W. (1999). *Implementing Six Sigma*, John Wiley & Sons, INC, Nueva York.
- 6- -Brown, Grossman. F. (2010). *La industria de autopartes Mexicana: Reestructuración reciente y perspectivas*. México.
- 7- *Conocimientos técnicos para el pintado de automóviles* (2008). Paint Car.
- 8- Crosby, P.B. (1979). *Quality is free*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- 9- Conway, W.F. (1988). *The correct way of managing*. Conway Quality. Inc.
- 10- De La Torre, B. (2011). *Diseño de un sistema de control aplicado al departamento de enderezada y pintura de una empresa automotriz, para la mejora Administrativa y Financiera a través de indicadores claves de desempeño en base a la eliminación de desperdicios y reducción de tiempo en los trabajos*. Tesis presentada al título académico de Ingeniero Industrial. Guayaquil. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del litoral. Centro de investigación científica y tecnológica. Disponible en Revista Tecnológica ESPOL, Vol. xx, N. xx en [http: //www. angloautomotroz.com](http://www.angloautomotroz.com). [Accesado el 6 de marzo del 2013].
- 11- Deming, E. (1982). *Las enfermedades mortales de la gestión moderna*.

Bibliografía

- 12- De Castro, Oriol. (2007). *Repare usted mismo la plancha y pintura de su automóvil*. Disponible en [http://www.autosoporte.com/blog_automotriz/La calidad en los servicios de latonería automotriz](http://www.autosoporte.com/blog_automotriz/La_calidad_en_los_servicios_de_latoneria_automotriz). [Accesado el 18 de abril del 2013].
- 13- Díaz, Méndez. T. (2012). *Estudio de la estabilidad estadística del proceso de Pintura en la Agencia Servicios Automotores. S.A. Agencia Villa Clara*. Tesis presentada para optar por el Título de Ingeniería Industrial. FUM Ranchuelo. Facultad Ingeniería Industrial y Turismo. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- 14- DG-01. (2012) Disposición General. Instrumentos de medición sujetos a la verificación obligatoria y a aprobación de modelo según los campos de aplicación donde serán analizados. Oficina Nacional de Normalización. Servicio Nacional de Metrología. SENAMET.
- 15- Escoriza, M.T. (2003). *Determinación de los costos de la mala calidad como vía de la mejora en procesos*. Tesis presentada para optar por el Grado de Master en Ciencias Técnicas. Cuba. Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- 16- Escalante, E.J. (2009). *Seis Sigma: Metodología y técnicas*. Ed. Limusa. México.
- 17- Fernández. Vega. Omar. (2011). *La Gestión herramienta del éxito. Herramientas estadísticas para mejorar los procesos. Interpretación de los gráficos de control*. Disponible en <http://www.pdcahome.com/diagramas-de-control.gif>. [Accesado el 9 de abril de 2012]
- 18- Fontanie, C.W. (2007). *Six Sigma and organizational culture*. Northeastern University College of Business Administration, United States of America.
- 19- Fouquet.emerald group publishing limited, J-B. (2012)." Design for Six Sigma and lean product development" *International Journal of Lean Six Sigma*. Volume 3, No.1, 2012.pág.45-48. Department of Technology Management & Economics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, and IT & Organization Consulting. Altran CIS, Paris, France. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com/2040-4166.htm>. [Accesado el 13 de febrero de 2013].
- 20- González, S.T.(2012). "Dificultades en la Certificación de la Calidad Normas ISO". [Accesado el 18 de mayo del 2012].
- 21- Gutiérrez, Pulido, H y R. De la Vara. R. (2007). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Volumen 1. La Habana. Editorial Félix Varela.
- 22- Gutiérrez, Pulido, H y De la Vara, R. (2007). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Volumen 2. La Habana. Editorial Félix Varela.
- 23- Gallardo. García. D. (2011). *Aplicación de Seis Sigma en una microempresa del Ramo Automotriz*. Tesis presentada para optar por Ingeniero Industrial. Programa Educativo Ingeniería Industrial. México. Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Bibliografía

- 24- Harry, Mikel, Schroeder, Richard. (2000). *Six Sigma*, Doubleday-Randon House, Nueva York.
- 25- Harry, M., y Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing World's Top Corporations*. Ed. Double Day, United States of America.
- 26- Iwaarden, J. V., Wiele, T. V., Dale, B., Williams, R., y Bertsch, B. (2008). "The Six Sigma improvement approach: a transnational comparison". *International Journal of Production Research*", Vol. 46, No. 23, pp. 6739–6758. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com>. [Accesado el 15 de febrero de 2013]
- 27- John Wiley & Sons. (1999). *La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos*. INC, Nueva York.
- 28- Juran, **M, Joseph**. (2006). *Manual de Control de Calidad*. Cuarta Edición. Volumen I. La Habana, Editorial. Félix Varela.
- 29- Juran, **M, Joseph**. (1983). *Juran's Quality Handbook*.
- 30- Juran, **M, Joseph**. (2006). *Manual de Control de Calidad*. Cuarta Edición. Volumen II. La Habana, Editorial. Félix Varela.
- 31- Kloter. 1988. *Calidad*.
- 32- Kleber Silva(1), Rafael Ortiz(2), César Vásquez.(2011). *Utilización de la Metodología Six Sigma para el Mejoramiento del proceso de Servicios del Taller de un Concesionario de Vehículos*, Guayaquil. Tesis presentada al título académico de Ingeniero Industrial. Guayaquil. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del litoral. Centro de investigación científica y tecnológica. Disponible en Revista Tecnológica ESPOL, Vol. xx, N. xx en <http://www.angloautomotroz.com>. [Accesado el 6 de marzo del 2013].
- 33- Lu. David.J, Kanban. (1989). *Just in time at Toyota*, Productivity Press, Portland, Oregon. EUA.
- 34- Machorro, R. Dr. A. M.C. Alberto Venegas García. (2009). " La Calidad en el Servicio Como Ventaja Competitiva en una Empresa Automotriz". *Revista de la Ingeniería Industrial*. Volumen 3, No. 1, Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México, pp. 21-27.
- 35- Mark O. George. (2012). *La guía Lean Six Sigma para hacer más con menos.pdf*. Texas. México.
- 36- NC-ISO 9004: 2009. *Gestión para el éxito sostenido de una organización –Enfoque de Gestión de la Calidad*.
- 37- NC-ISO 19011:2012. *Directrices para la Auditoría de los sistemas de Gestión*.
- 38- NC-ISO 9000:2005. *Sistemas de Gestión de la Calidad- Fundamentos y Vocabulario*.
- 39- NC-ISO 9001:2008. *Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos*.
- 40- Ohno, Taiichi. (1998). *Toyota production System: Beyond Large Scale Production*, productivity Press, portland. Oregon, EUA.

Bibliografía

- 41- Pande, Peter, S; Neuman, R.P., y Cavanagh, R.R. (2004). *Las claves prácticas de Seis Sigma. Una guía dirigida a los equipos de mejora continua*, Ed. McGraw-Hill. México.
- 42- Peter, S. (2004). *Las Claves prácticas de Seis Sigma*.
- 43- Porter, E. M. (2002). *Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México, Editorial Patria.
- 44- Reyes, Aguilar, P. (2002). "Manufactura Delgada (LEAN) y Seis Sigma en Empresas Mexicanas: Experiencias y Reflexiones". *Revista Contaduría y Administración*. No. 205. Abril-Junio, pp.13-17.
- 45- Reyes, Sierra, Maria del pilar. (2011). *Proyecto taller mecánico con calidad. Administración de la calidad*. Ingeniería industrial 5 N. México. Instituto Tecnológico de Durango.
- 46- Rodríguez, Hernández. A. (1982). *Tablas y Resúmenes estadísticos*. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Editora ENSPES.
- 47- Robertson David y Smith Hanniel. (2013). *Six-Sigma Methodology applied to industrial process*, disponible en: <http://www.industrialprocess.service.usa.com> [Accesado el día 9 de enero de 2013]
- 48- Servicios Automotores S.A. (2013). *Documentación del Sistema de Gestión de la Calidad de SASA*.
- 49- Shingo, Shingeo. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the POKA YOKE System*, productivity Press, Cambridge, Massachusetts, EUA.
- 50- Shaun Aghili.(2009)."El método Seis Sigma en Auditoría Interna". *Artículo publicado en Strategic Finance*, Colegio de contadores Públicos de México. Feb. 2009, pp.38-43.
- 51- Ishikawa, K. (1988)." ¿Qué es el control total de la calidad?" *La modalidad japonesa*. Edición Revolucionaria. La Habana, pp. 2009.
- 52- Taguchi.(1999). *Design and analysis of experiment*.
- 53- Trillo. Jesmar. Carolina.(2009). *Evaluación y optimización de la Productividad en el Taller de Servicios de Super Autos Puerto Ordaz*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Departamento de ingeniería Industrial. Venezuela. Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre".
- 54- [http:// www. e-auto.com. mx](http://www.e-auto.com.mx).
- 55- [http:// www.mitecnologico.com](http://www.mitecnologico.com)
- 56- [http://www. acyp.com.mx/Herramientas claves de la calidad para la Industria Automotriz Norteamericana](http://www.acyp.com.mx/Herramientas%20claves%20de%20la%20calidad%20para%20la%20Industria%20Automotriz%20Norteamericana).
- 57- [http://www.Resumen de los modelos Kaisen, Lean y Seis Sigma.pdf](http://www.Resumen%20de%20los%20modelos%20Kaisen,%20Lean%20y%20Seis%20Sigma.pdf)

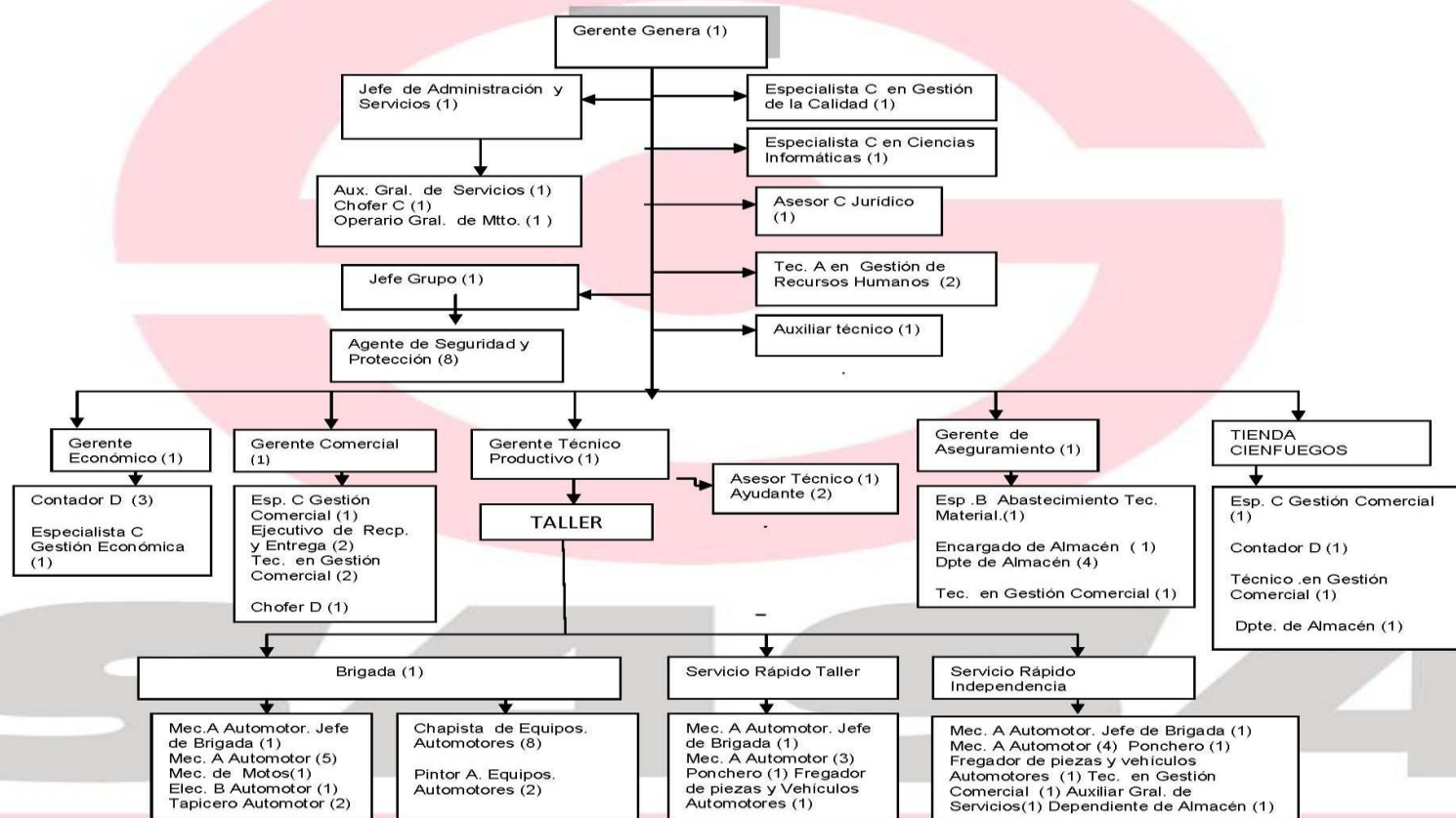
Bibliografía

- 58- <http://www.monografias.com>
- 59- <http://www.chowenespañol.com>
- 60- <http://www.lean-sigma.es/six-sigma.php>
- 61- <http://www.calidad.pucp.edu.pe>
- 62- <http://www.jornada six sigma.com>
- 63- Zamora, Solorzano, E. (2002). *Análisis de la metodología de diseño para Seis Sigma para la mejora de calidad mediante la creación de diseños robustos de productos en el área de ingeniería y su impacto en la reducción de costos*. Tesis Maestría en Ingeniería de la calidad. Toluca México. Universidad Iberoamericana.
- 64- Wish, James, (1998). *The manufacturer's Reengineering Guide; How to use time as your Competitive Weapon*, Loose thread Publishing, Hudson, Massachusets, EUA.

Anexos

ANEXOS

Anexo No. 1 Organigrama Servicios Automotores S.A

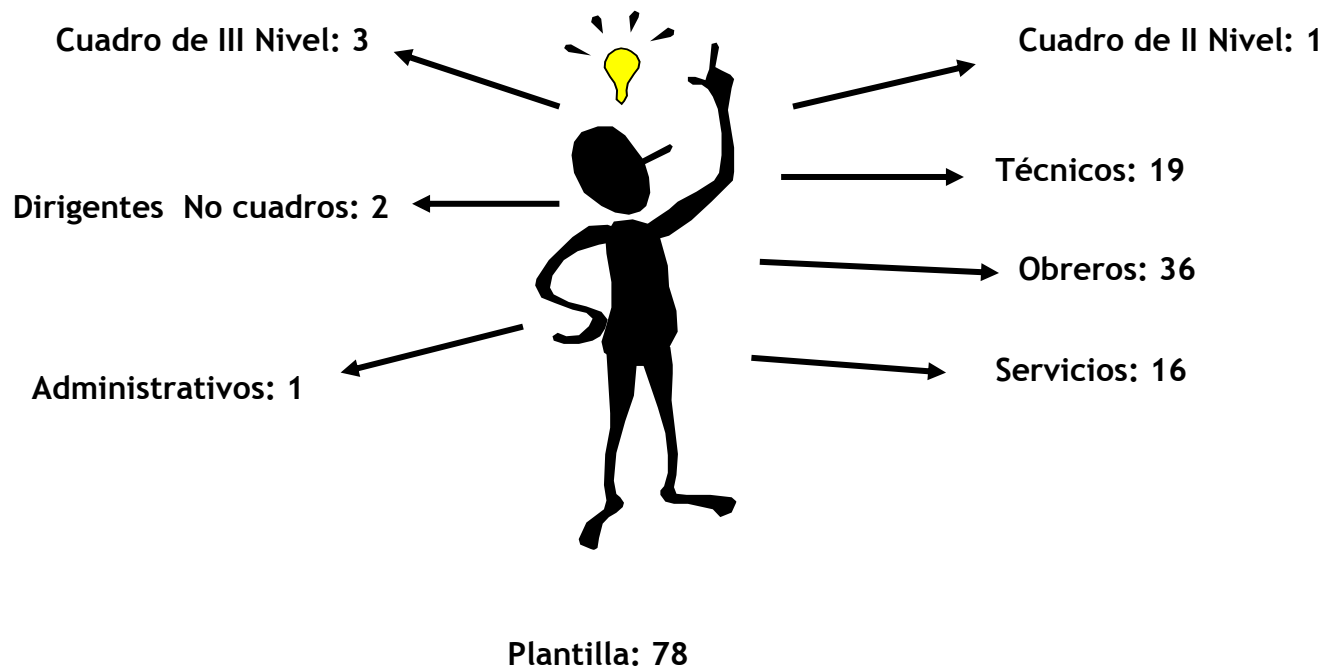


SERVICIOS AUTOMOTORES. S.A.

Anexos

Anexo No.2 Nivel de Calificación

Nivel de Calificación



Anexos

Anexo No. 3. Encuesta para aplicar la herramienta: Voz del Cliente (VOC)

 SASA SERVICIOS AUTOMOTORES, S.A.	MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORA	Código: E1PN-6 Versión: 01 Revisión: 05
---	------------------------------------	--

Cliente: _____		No. OT: _____	
Ejecutivo de Servicios que entrega: _____			
AL CLIENTE			
visitó nuestra Agencia para recibir Servicios de:			
____ Chapistería. ____ Pintura. ____ Tapicería. ____ Climatización.			
____ Mecánica. ____ Electricidad. ____ Otros.			
		SI	NO
➤	¿Se le mostraron los resultados de los Servicios recibidos?	____	____
➤	¿Se le dio alguna explicación de los trabajos realizados al vehículo?	____	____
➤	¿Comprobó el inventario del vehículo con el realizado a la entrada al taller?	____	____
➤	¿Le fueron devueltas las piezas que se le cambiaron?	____	____
➤	¿Se le hizo alguna sugerencia?	____	____
	¿Cuál _____		
➤	¿Faltó algún Servicio ordenado por Ud.?	____	____
	¿Cuál? _____		
	Alguna sugerencia para mejorarle nuestro servicio: _____		

Anexos

Anexo No. 4. Procedimiento y parámetros de la distribución Poisson y Uniforme en MathCad.

Distributions relating to the Poisson equation
$\frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}$
Procedures
dpois(k, λ) Returns the probability density for value k. ppois(k, λ) Returns the cumulative probability distribution for value k. qpois(p, λ) Returns inverse cumulative probability distribution for probability p. rpois(m, λ) Returns a vector of m random numbers having the Poisson distribution.
Parameters
k is an integer greater than or equal to 0. To allow integration and other operations over this argument, values outside of the stated range are allowed, but they produce a 0 result. λ is a real mean, greater than 0. p is an real probability between 0 and 1. m is an integer greater than 0.
Distributions associated with the Uniform Equation
$x/(b - a)$
Procedures
dunif(x, a, b) Returns the probability density for value x. punif(x, a, b) Returns the cumulative probability distribution for value x. qunif(p, a, b) Returns the inverse cumulative probability distribution for probability p. rnd(x) Returns a uniformly distributed random number between 0 and x. runif(m, a, b) Returns a vector of m random numbers having the uniform distribution.
Parameters
x is a scalar or vector of real values between a and b, inclusive. To allow integration and other operations over this argument, values outside of the stated range are allowed, but they produce a 0 result. a and b are real numbers, with $a < b$. p is a real probability between 0 and 1. m is an integer greater than 0.

Anexos

Anexo No. 5. Clasificación de los defectos y sus causas para el proceso de pintura, especificado por los fabricantes de autos

Tabla 5.1. Tipos de defectos y su clasificación en el proceso de pintura.

Defectos en extensión	Defectos en profundidad	Daños en superficie	Irregularidades en el color
Descuelgues	Ampollas o burbujas	Velados y empañados	Flotación, color metal
Arrugados	Hervidos o puntos de agua	Calcinados	-
Piel de naranja	Cráteres o siliconas	Sangrados	-
Cuarteado	Fondos hundidos	Manchas	-
		Corrosión interna	-

Table 5.2. Defectos en cada etapa del proceso de pintado.

Etapa	Defectos
Fregado	Presencia de grasas
Lijado	Al pasar de un grano a otro se salta más de tres grados. Ejemplo: el salto de una lija de granulometría de 80 -180
Masillado	Desniveles en la aplicación de la masilla que obstaculice el cierre de puertas
Aparejo	Cuando no se aplica el color de base de acuerdo al color solicitado por el cliente, que van desde los tonos más claros a más oscuros
Enmascaramiento.	La cinta o el plástico auto fijador se desprenden antes de finalizar el proceso de enmascarado
	En el desenmascarado, los productos dejan rastros de adhesivos o cola sobre la superficie
	La capa de pintura (color o barniz) aplicada se daña al desenmascarar
	El adhesivo enmascarado presenta pulverizados de la pintura aplicada
	El escalón o corte que deja el desenmascarado entre el adhesivo enmascarado y la pintura aplicada es muy grande

Anexos

Anexo No. 6 Diagramas de Ishikawa para cada uno de los defectos detectados en el proceso de pintura.

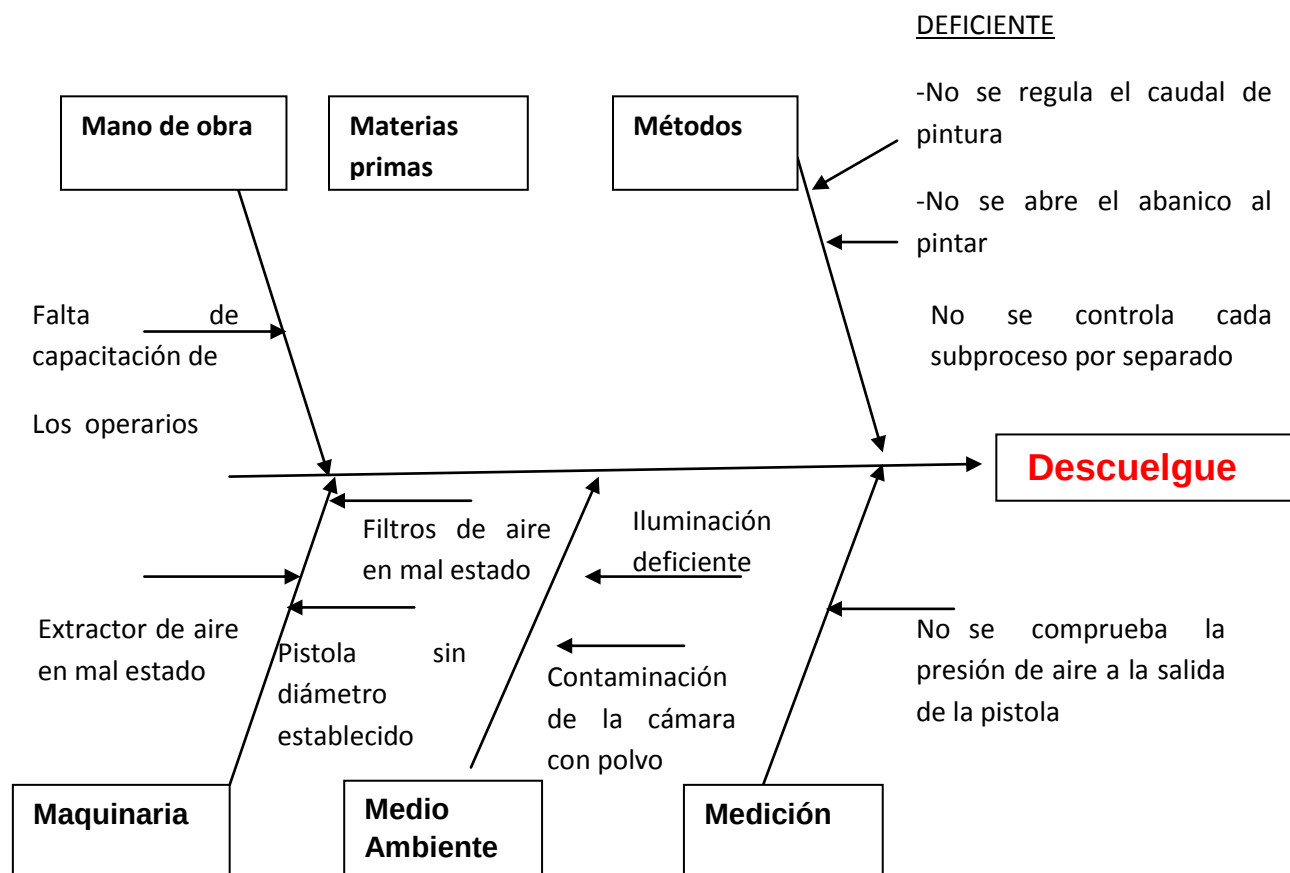


Figura 6.1. Diagrama de Ishikawa de tipo 6'M para el defecto: descuelgue.

Anexos

Anexo No. 6 (continuación).

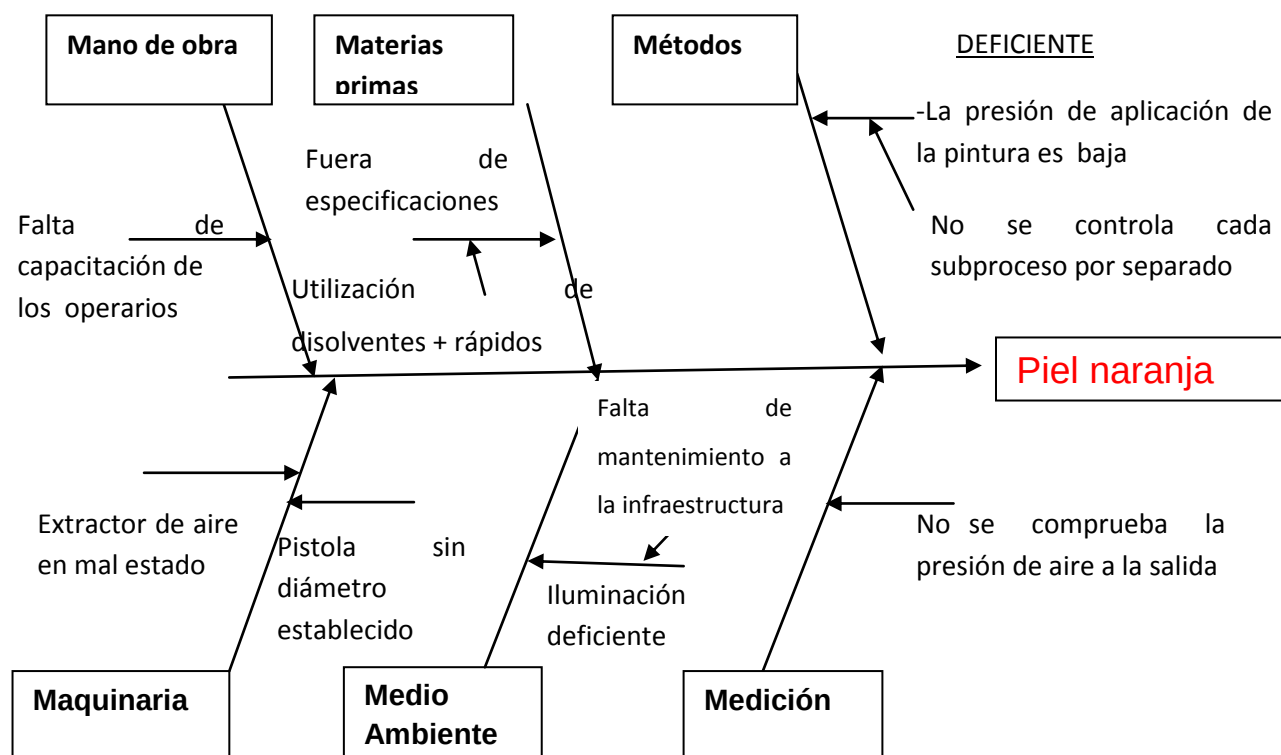


Figura 6.2. Diagrama de Ishikawa de tipo 6'M para el defecto: piel naranja.

Anexos

Anexo No. 7 Plan de acciones propuesto para la Mejora

No	Acciones			Objetivo	Fecha de Cumplimiento	Responsable
	Operativo	Táctico	Estratégico			
1	Llevar a cabo acciones de capacitación con los operarios de pintura con el proveedor Paint Car	—	—	Elevar el nivel de conocimientos técnico de los pintores	Mayo 2012	Recursos Humanos
2	Cumplimiento estricto del procedimiento de trabajo , así como los sistemas de control previstos en cada una de las etapas del proceso a partir del Diagrama OTIDA	—	—	-Cumplir con el procedimiento del proceso. -Minimizar los rechazos del proceso	Permanente	Jefe Brigada, Jefe de grupo Técnico productivo
3	Controlar el cumplimiento del Plan de mantenimiento tecnológico a los equipos de garaje específicamente al compresor.	—	—	Asegurar el funcionamiento de los equipos e instalaciones con el máximo rendimiento y el mínimo consumo.	Mensual	Jefe de grupo Técnico productivo
4	Controlar el cumplimiento del Plan de la Infraestructura de la Agencia	—	—	Garantizar la capacidad y rendimiento de operación óptimo de los locales tecnológicos que permitan cumplir con las normas operacionales y de seguridad.	Mensual	Jefe de grupo Técnico productivo Administrador

Anexos

5	Verificar que se realice una gestión adecuada de los pedidos	—	—	Asegurar que los recursos que se necesitan sean	Permanente	Jefe de grupo de aseguramiento
6	Tener en cuenta la rotación de los inventarios para realizar las compras	—	—	Lograr la existencia de productos que tienen mayor demanda	Permanente	Director de Compras
7	—	Asegurar que las mercancías contratadas cumplan con los plazos de entrega y sus especificaciones	—	Asegurar los máximos y mínimos, que posibiliten la existencia de las materias primas -Cumplimiento de las especificaciones técnicas		Director de Compras
8			Incluir en el plan de inversiones la reparación de la Cámara de pintura	Introducir tecnología avanzada para el pintado	Noviembre 2012	Gerente de Agencia