

Francisco  
Ramírez  
Zubieta

Comparativo de Usar y No Usar Sistema  
Seis Sigma en la Industria Aeronáutica

2014



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Contaduría y  
Administración

Comparativo de Usar y No Usar Sistema Seis Sigma  
en la Industria Aeronáutica

Tesis  
Que como parte de los requisitos para obtener el  
grado de

Maestro en

Administración

Presenta

Francisco Alberto Ramírez Zubieta

Santiago de Querétaro, Qro., a 5 de diciembre de 2014



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Contaduría y Administración  
Maestría en Administración

COMPARATIVO DE USAR Y NO USAR SISTEMA SEIS SIGMA EN LA INDUSTRIA  
AERONÁUTICA

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Administración

**Presenta:**

Francisco Alberto Ramírez Zubieta

**SINODALES**


M. en A. Ma. Sandra Hernández López  
Presidente


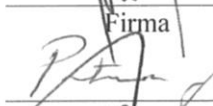


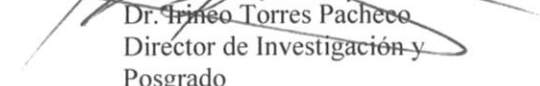
M.A Juan Manuel Peña Aguilar  
Secretario

Dra. Patricia Luna Vilchis  
Vocal

M.C. Luis Rodrigo Valencia Pérez  
Suplente

Dr. Alberto de Jesús Pastrana Palma  
Suplente

  
Dr. Arturo Castañeda Olalde  
Director de la Facultad de Contaduría y  
Administración

  
Firma  
  
Firma  
  
Firma  
  
Firma  
  
Dr. Irineo Torres Pacheco  
Director de Investigación y  
Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
5 diciembre 2014  
**México**

## RESUMEN

El presente documento expone la necesidad de desarrollar un sistema de mejora continua, para la gerencia de la Industria Aeronáutica. Ésta se dedica al diseño y desarrollo de componentes para motores de avión. La industria aeronáutica en el mundo genera más de 450 mil millones de dólares, es fuente de empleos especializados para el desarrollo de nuevas tecnologías y contribuye a detonar la actividad innovadora para generar mayor valor agregado la cadena productiva, sobretodo en la medida que se participa en el diseño y manufactura de partes y sistemas de avión más complejos. El objetivo del trabajo es incrementar el número de proyectos cerrados, implementando un el uso de Seis Sigma, que permita dar seguimiento a los proyectos existentes para reducción de costos. La metodología de Seis Sigma, consiste en una mejora de procesos centrada en la eliminación de defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente. La meta de Seis Sigma es llegar a un máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades, entendiéndose como defecto, cualquier evento en que un producto o un servicio no logran cumplir los requerimientos del cliente. El entregable consiste en diseños gráficos para la manufactura e inspección de piezas de los motores de avión, una vez construido y certificada la producción, se envía del cliente, una retroalimentación, la cual ayuda a establecer áreas de mejora para futuros proyectos. Después de implementar la metodología Seis Sigma en el seguimiento de los proyectos actuales, se obtuvo un incremento de entregables cerrados del 157.14% y en ahorros financieros promedio de \$ 610,100 dólares. El seguimiento de proyectos, por si misma no asegura mejores resultados, es decir, no es la solución a todos los problemas que se pueden presentar dentro de la compañía, sin embargo es una herramienta que si se aprovechada, pueden ayudar enormemente al equipo a mejorar continuamente los resultados.

**(Palabras clave:** Seis Sigma, industria aeronáutica, comparativo)

## SUMMARY

This document sets forth the need to develop a system of continuous improvement for the management of an aeronautics industry which deals with the design and development of components for airplane engines. Worldwide, the aeronautics industry generates more than 450 billion dollars, is the source of specialized Jobs for the development of new technologies and contributes to creating innovative activities for generating greater added value in the productive chain, especially when it participates in the design and manufacture of more complex airplane parts and systems. The objective of this study is to increase the number of finished projects, implementing the use of Six Sigma which makes possible follow-up on existing projects for the reduction of costs. The Six Sigma methodology consists of improving processes and is centered on the elimination of defects or failures in the delivery of a product or service to the client. The goal of Six Sigma is to reach a maximum of 3.4 defects per million events or opportunities, understanding defect as any event in which a product or service does not achieve compliance with the client's requirements. The deliverable consists of graphic designs for the manufacture and inspection of airplane motor parts. Once the production has been built and certified, feedback is sent to the client. This aids in establishing improvement areas for future projects. After implementing Six Sigma methodology in the follow-up of current projects, an increase of closed deliverables of 157.14% was obtained, and in financial savings an average of \$610,100 dollars. Project follow-up itself does not insure better results; in other words, it is not the solution to all the problems that can come up in the company. Nevertheless, it is a tool that when used can greatly aid the team in continuously improving results.

**(Key words:** Six Sigma, aeronautics industry, comparative)

## **DEDICATORIAS**

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mis estudios, por darme una vida llena de aprendizajes.

Gracias a mis padres, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y sobre todo por ser un gran ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos, por ayudarme siempre que los he necesitado.

A Minerva, por ser parte importante de mi vida, por apoyarme en las buenas y en las malas, pero sobre todo por su paciencia y amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la M.A. Ma. Sandra Hernández López por ayudarme a integrar mis conocimientos y plasmarlos en este trabajo.

A todos los profesores de la Maestría en Administración y a la Universidad Autónoma de Querétaro por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Glosario	viii
1. INTRODUCCION	1
1.1. Justificación	3
1.2. Descripción del Problema	3
1.3. Objetivos Generales y Específicos	4
1.4. Matriz Heurística	5
2. REVISION DE LITERATURA	7
2.1. Antecedentes de Seis Sigma	14
2.2 ¿Cómo se determina el nivel de sigma?	3
2.2.1 Primera Fase: Definición	1

2.2.2 Segunda Fase: Medición	3
2.2.3 Tercera Fase: Análisis	3
2.2.4 Cuarta Fase: Mejora	3
2.2.5 Quinta Fase: Control	18
2.3. Cinco de los mitos más comunes en torno a Seis Sigma	19
2.4. Antecedentes del Seis Sigma en México	20
2.5. Seis Sigma en Querétaro	21
2.6. Antecedentes de la Industria Aeronáutica	22
2.7 Antecedentes de la Industria Aeronáutica en México	26
2.8. Antecedentes de la Industria Aeronáutica en Querétaro	27
3. METODOLOGIA	28
4. RESULTADOS	29
4.1. Definir	30
4.2. Medir	31
4.3. Analizar	33
4.4. Mejorar	35



4.5. Control	49
4.6. Síntesis de resultados	50
CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS	59

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
4.1	36
4.2	42
4.3	44
4.4	45
4.5	46
4.6	47
4.7	48
4.8	49
4.9	50
4.10	51
4.11	52
4.12	53
4.13	54
4.14	56
4.15	58
4.16	62

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1.1	2
1.2	6
2.1	10
2.2	12
2.3	14
2.4	15
2.5	18
3.1	32
4.1	39
4.2	40
4.3	40
4.4	59
4.5	60
4.6	61
4.7	63
4.8	64

## GLOSARIO

**Análisis de la causa de la raíz:** Estudio de la razón original de la inconformidad en un proceso. Cuando se quita o se corrige la causa de la raíz, la inconformidad es eliminada.

**Black Belt:** Son los líderes de los equipos de calidad. Responsables de medir, analizar, mejorar y controlar que los procesos satisfagan al cliente y/o asegurar el crecimiento de la productividad. Los Black Belt son posiciones de trabajo a tiempo completo.

**Control de proceso estadístico:** Uso de métodos estadísticos para analizar los datos y para supervisar la capacidad del proceso y su funcionamiento.

**Control:** El estado de la estabilidad, de la variación normal y de la previsibilidad del proceso usando datos cuantitativos.

**CTQ:** Crítico al elemento de la calidad de un proceso o de una práctica que tiene un impacto directo en su calidad percibida.

**Defectos:** Fuentes de la irritación del cliente. Los defectos son costosos a ambos, clientes y a los fabricantes o a los abastecedores de servicio. La eliminación de defectos reduce los costos y aumenta la satisfacción del cliente.

**DMAMC:** (definir, medir, analizar, mejorar y controlar): Un proceso para la mejora continua. Está basado en forma sistemática, científica y de hecho. Este proceso a circuito cerrado elimina pasos improductivos, se centra a menudo en nuevas medidas, y aplica la tecnología para la mejora.

**Green Belt:** Similar al Black Belt pero no es una posición a tiempo completo.

Necesidades de cliente, expectativas: Son las necesidades definidas por los clientes, que resuelven sus requisitos básicos y estándares.

**Seis Sigma:** Una visión de la calidad, que se compara con solamente 3.4 defectos por millón de oportunidades para cada transacción del producto o del servicio. Se esfuerza para la perfección.

## 1. INTRODUCCION

La industria espacial y aeronáutica puede ser definida como todas las actividades productivas destinadas a la construcción y diseño de aviones, helicópteros, y satélites así como el equipo del que depende además de los motores y los equipos electrónicos utilizados a bordo (Carrincazeaux y Frigant, 2007).

La industria aeronáutica en el mundo genera más de 450 mil millones de dólares y es fuente de empleos especializados para el desarrollo de nuevas tecnologías, por lo que contribuye a detonar la actividad innovadora y generar mayor valor agregado a lo largo de su cadena productiva, sobretodo en la medida que se participa en el diseño y manufactura de partes y sistemas de avión más complejos (Secretaría de Economía 2012).

En los últimos años la actividad del sector aeronáutico en el mundo ha registrado un fuerte crecimiento, impulsado entre otros factores por la creciente demanda de aviones, principalmente por parte de las compañías de aviación de bajo costo, así como por el aumento en el número de pedidos para la renovación de la flota de aviones por parte de países asiáticos, principalmente de China, donde la perspectiva para los próximos 20 años es altamente favorable tanto para la demanda de aviones grandes como medianos.

Las características mencionadas hacen de la industria aeronáutica una industria muy atractiva, por lo que lograr que México forme parte de la cadena global de esta industria, incrementando su participación en dicho sector, es una oportunidad para la atracción de inversiones, de generar actividades de mayor valor agregado, de ingeniería y diseño además de ser un detonador de actividades de investigación y desarrollo que le

permitan a México participar en los programas de vanguardia que se desarrollan en la industria.

La industria aeronáutica en México ha registrado un importante crecimiento en los últimos 7 años, alcanzando exportaciones superiores a los 3,000 millones de dólares (Secretaría de Economía 2012).

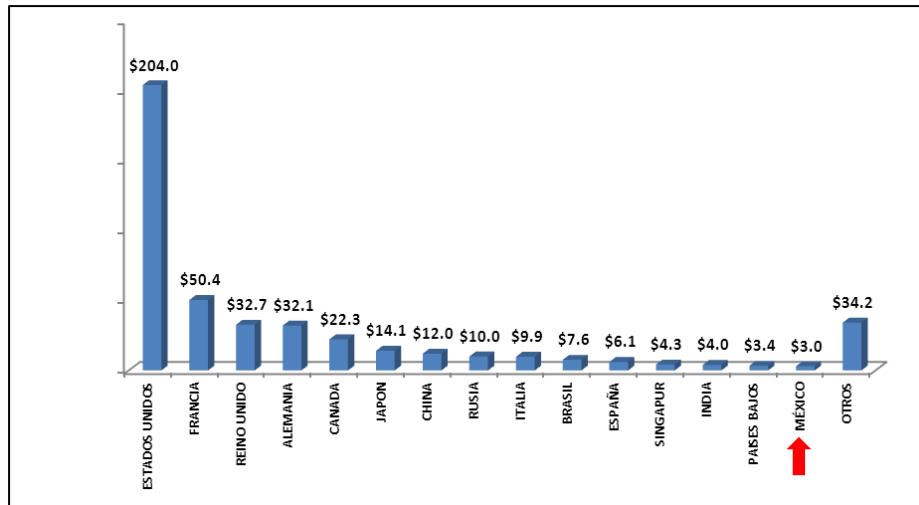


Figura 1.1. Industria aeroespacial global 2009. Fuente: Aerospace Globalization 2.0: Implications for Canada's Aerospace Industry (2009, s.p.).

La Figura 1.1 muestra el nivel de ingresos medido en miles de millones, que tiene México y lo compara con el resto de los países que tiene industria aeronáutica. La presencia de empresas de la industria aeronáutica en México se ha incrementado, a diciembre de 2011 existen aproximadamente 248 empresas y entidades de apoyo. Cabe destacar que algunas de las empresas que se han instalado en México, han visto superadas las expectativas de sus proyectos iniciales, por lo que han anunciado nuevos proyectos de inversión, algunos para realizar actividades y productos más complejos e incluso incursionando en programas de vanguardia en la industria (Secretaría de Economía 2012).

Las razones que explican la creciente actividad del sector aeronáutico son las ventajas que ofrece México:

- Localización geográfica, estar cerca del mercado más importante, lo que actualmente implica reducir costos de producción.
- La experiencia y nivel de competitividad alcanzado en otros sectores como el automotriz y electrónico, que permite contar con una base de personal y empresas que pueden orientarse al sector aeronáutico.
- Diversos tratados de libre comercio que permiten el acceso en condiciones preferenciales a 43 mercados (Secretaría de Economía 2012).

### **1.1. Justificación**

En la actualidad, se manejan una serie de compromisos que rigen las actividades entre negocios, la necesidad de la industria, de tener y demostrar su capacidad para efectuar actividades por medio de métodos validados a través de un sistema de mejora continua, se ha vuelto algo fundamental para el crecimiento. Ahí radica la importancia de constituir un sistema integral que implique un compromiso en la entrega y en la calidad para los diferentes servicios que ofrece la empresa, satisfaciendo las necesidades del mercado, con un enfoque de calidad, reflejado en los entregables. Es por eso que se debe utilizar Seis Sigma en lugar de otro enfoque.

### **1.2. Descripción del Problema**

La globalización y el acceso inmediato a la información, la innovación en productos y servicios cambian constantemente la conducta de los clientes y de la manera de hacer negocios. El ambiente competitivo de hoy no permite ningún lugar para el error. Se debe satisfacer a los clientes y buscar nuevas maneras de exceder sus expectativas.



Es así que en la búsqueda de la competitividad se han desarrollado distintas corrientes y enfoques que en la administración de proyectos, el tema de esta tesis surge de la necesidad que tiene la empresa para entregar diseño a los clientes con calidad y en tiempo. Esto es importante para la gerencia ya que actualmente, existen otros centros de ingeniería que compiten directamente con la empresa.

Para poder contar con el aval del cliente final, un punto muy importante, es el reducir los costos, cumpliendo con una meta de ahorros establecidos por la gerencia. Para el año 2012 se generaron ahorros por \$453,400.00 dólares, con 7 proyectos cerrados a diciembre de 2011. Para el año 2013 la meta de la gerencia es de \$600,000 dólares, con once proyectos cerrados en diciembre de 2012. Lo cual equivale a 16116 horas hombre, tomando en cuenta que la hora hombre se factura en \$ 37.23 dólares. Esto representa un incremento del 32.33% en ahorros, respecto de la meta del año pasado (Reporte Anual, Industria Aeroespacial 2012).

### **1.3. Objetivos Generales y Específicos**

El objetivo general es el de crear un sistema de seguimiento y detección de proyectos para generar ahorros usando la metodología Seis Sigma que se pueda usar en la industria aeronáutica. Específicamente, basado en la metodología Seis Sigma que permite mejorar la operación del departamento se creara una propuesta para implementar un sistema para controlar proyectos existentes e incorporar ideas para generar nuevos proyectos en la gerencia.

Esta mejora se medió haciendo un comparativo entre los ahorros monetarios, número de proyectos creados, antes y después de la implementación de proyecto.

#### **1.4. Matriz Heurística**

La matriz Heurística ayuda a la visualización de las combinaciones posibles de los atributos en un orden de dos a dos (ver figura 1.2).

- Si la empresa decide no utilizar Seis Sigma y el personal no utiliza Seis Sigma, se encontraría en una situación de fracaso en la compañía, ya que Seis Sigma es una metodología probada que genera importantes ahorros y satisfacción al cliente.
- Si el empleado sabe utilizar Seis Sigma, es decir, tiene el conocimiento, pero la compañía no permite que se use o no existen las facilidades para que se aplique en el trabajo diario, esto genera una confusión al empleado al no poder poner en práctica el conocimiento adquirido previamente.
- Si la empresa si utiliza Seis Sigma, tiene los recursos necesario y están canalizados a esfuerzos por reducir variación, pero el empleado no tiene el interés o no está convencido de que esta metodología le genera un beneficio, existe una frustración por parte de la gerencia al ver que los recursos invertidos se desaprovechan.
- Si hay personal que sabe utilizar el Seis Sigma y la empresa lo utiliza, se obtiene éxito. Es en este punto donde se quiere estar, para lograr tener una reducción de costos y tiempos.



Figura 1.2. Matriz heurística de para la elaboración del proyecto Seis Sigma. Fuente: Elaboración propia base en Ruiz (2009, s.p.).

El proyecto pretende comprobar el incremento en proyectos cerrados, mediante la creación de un método para controlar proyectos de reducción de costos en la industria aeronáutica en México, con el fin de incrementar los proyectos cerrados en un 57.14% e incrementar los ahorros en un 34.56%

Para este proyecto se tiene los siguientes supuestos, obtenidos de la figura 1.2.

- Si hay reducción de costos de producción de los entregables de la compañía, pero puede haber un aumento de tiempos de entrega.
- Puede haber un aumento de costos de producción de los entregables así como un aumento de los tiempos de entrega.
- Puede que aumente los costos de producción de los entregables, pero disminuyen los tiempos de entrega.

- Puede que se disminuyan costos de producción de los entregables y se disminuyan el tiempo de entrega.

Este último sirve para determinar la hipótesis cierta. Los restantes son los que establecen las hipótesis nulas.

La hipótesis cierta es mediante la metodología Seis Sigma para el de proyectos de reducción de costos, es posible generar un modelo que muestre la diferencia monetaria entre usar y no usar Seis Sigma, determinando una reducción de tiempo invertido y reducción de costo.

## 2. REVISIÓN LITERARIA

La historia del Seis Sigma se remonta a los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, ya que la insatisfacción de sus clientes se había vuelto epidémica, sus costos operativos eran insostenibles y la competencia japonesa desplazaba sus productos del mercado internacional. Como en la mayoría de las empresas, la estructura de negocios de Motorola no estaba diseñada para satisfacer a sus clientes. Igualmente la calidad y confiabilidad de sus procesos estaba muy lejos de ser lo que el público esperaba, las quejas sobrepasaban la capacidad de la empresa para responderlas (Harry, 2008).

### 2.1. Antecedentes de Seis Sigma

Todo comenzó cuando Hill Smith, un ingeniero de comunicaciones y científico de Motorola, introdujo el concepto de Seis Sigma para estandarizar la manera de contar los defectos, desde el diseño hasta la entrega del producto al cliente, tomando en cuenta todos los procesos (Chowdhury 2010).

Con todo esto se influenció a la organización para que se estudiara la variación en los procesos, como una manera de mejorar los mismos, estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar. Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención del entonces presidente de Motorola, Bob Galvin. Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no solo en el análisis de la variación, sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos por millón de oportunidades, en los procesos, algo casi cercano a la perfección. La aplicación de esta estrategia contribuyó a que Motorola

ganara el premio Malcom Baldrige Nacional Quality Award en 1988(Gutiérrez, H. y Vara, R. 2008).

Durante la implementación de Seis Sigma en los años 90's, Allend Signal multiplicó sus ventas y sus ganancias de manera dramática, Este ejemplo fue seguido por Texas Instruments, logrando el mismo éxito (Gutiérrez, H. y Vara, R. 2008).

En 1995 la industria aeronáutica lanzó una importante iniciativa de calidad a nivel compañías que traería la más grande oportunidad para el crecimiento, el incremento de utilidades ya la satisfacción individual del empleado. Este es uno de los programas con mayor impacto e hizo de la calidad, parte integral de su cultura. Seis Sigma es una iniciativa que se aplica desde la dirección hasta las áreas operativas conducida por las necesidades del cliente (Secretaría de Economía 2012).

Quizás la contribución más importante para el auge y desarrollo actual de Seis Sigma haya sido el interés y esfuerzo dedicado para su implementación en esta empresa de industria aeronáutica, desde sus divisiones financieras, hasta sus divisiones de equipos médicos, pasando por sus áreas de infraestructura.

Quizá la mayor recompensa de excelencia en los procesos sea el hecho de que permite liderar el crecimiento. Se reduce el tiempo requerido para el desarrollo de nuevos productos y da mayor confianza en la eficacia de nuevos productos (Aerospace Industries Association 2011).

Esta empresa de la industria aeronáutica tiene más de 3 000 proyectos Seis Sigma en proceso en la industria aérea que generarán ahorros por 400 millones de dólares. En el negocio de aparatos eléctricos redujo los tiempos 70%, permitiéndoles cumplir con los más rigurosos estándares en la entrega rápida a domicilio. El programa

Seis Sigma de esta empresa de la industria aeronáutica ha identificado y definido las fases utilizadas para optimizar los procesos para asegurar un producto o servicio resultante sin defectos (Aerospace Industries Association 2011).

Hay tres elementos dominantes de la calidad: cliente, proceso y empleado. Todo esto se hace para seguir siendo una empresa de primer nivel mundial, se representan en la figura 2.1.



*Figura 2.1.* Elementos de la calidad. Fuente: Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2009 s.p.).

- El cliente

Los clientes son el centro del universo. Ellos definen la calidad. Ellos esperan altos rendimientos de los productos y servicios, confiabilidad, precios competitivos, entrega en tiempo, operaciones transaccionales claras y transparentes, y mucho más. Se

sabe que ser buenos en algo no alcanza, deleitar al cliente es una necesidad, porque si no se hace, algún otro lo hará.

- El proceso

La calidad requiere mirar al negocio desde la perspectiva del cliente, no desde la propia. Es decir, se debe observar los procesos desde el exterior entendiendo el ciclo de vida de la transacción, de las necesidades y de los procesos de cliente, podemos descubrir lo que están viendo y están sintiendo. Con este conocimiento, se puede identificar las áreas donde se puede agregar valor y dar una mejora significativa desde su perspectiva.

- El empleado

La gente crea resultados. La participación de todos los empleados es esencial para el cumplimiento de la calidad. La empresa tiene el compromiso de proporcionar oportunidades e incentivar a los empleados para que desarrollen sus talentos y energías y lograr así la satisfacción de sus clientes. La empresa entrena a todos sus empleados en la estrategia, las herramientas estadísticas y las técnicas de calidad Seis Sigma. Los cursos de aprendizaje se ofrecen en varios niveles.

La figura 2.2 muestra la cantidad de defectos por millón de oportunidades que se debe tener para acceder a los diferentes niveles de sigma, por ejemplo si se quiere tener 5 sigmas, solo se debe tener 233 defectos en un total de un millón de partes.



$\sigma$	PPM
2	308537
3	66807
4	6210
5	233
6	3.4

Capacidad de proceso	Defectos por millón de oportunidades
----------------------	--------------------------------------

*Figura 2.2.* Niveles de sigma y sus respectivos defectos por millón de oportunidades. Fuente: Gygi, DeCarlo y Williams (2008, s.p.).

Sigma es una unidad estadística de medición que refleja la capacidad de un proceso, la escala de la medición sigma se encuentra en reciprocidad perfecta con características como defectos por unidad, partes defectivas por millón y la probabilidad de falla. En nomenclatura de estadística sigma, denota la desviación estándar de un conjunto de datos. La desviación estándar es una medida de la variación o dispersión alrededor de la media del proceso o procedimiento representado por datos, cuanto más grande sea el valor de sigma, menor será la variación del proceso. Al reducirse la variación, el valor de sigma aumenta. La capacidad sigma mide la capacidad de proceso

para desempeñar un trabajo sin defectos, se considera defecto a todo aquello que tenga como resultado la insatisfacción del cliente (Pande 2009).

El valor de sigma es una métrica que indica que tan bien se lleva a cabo un proceso. Mientras más alto el valor de sigma es mucho mejor, sigma mide la capacidad de un proceso, para trabajar libre de defectos.

Para Gygi, DeCarlo y Williams (2008) Seis Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en un enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos, metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón, además de la reducción de tiempos de ciclo, reducción de costos, alta satisfacción de los clientes. El valor de sigma indica que la probabilidad de se produzcan los defectos, el aumento de sigma, disminuye los costos, el tiempo de ciclo disminuye y la satisfacción del cliente se eleva.

Esta metodología se aplica de forma universal a la manufactura, también aplica en áreas de tecnología de información y empresas que hacen transacciones de datos, lo cual propicia la mejora continua, es necesario implementar esta metodología para generar ahorros en la industria aeronáutica.

<b>Enfoque clásico de la calidad</b>	<b>Enfoque Seis Sigma de la calidad</b>
<p>99% sin defectos (<math>3,8\sigma</math>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 000 artículos perdidos de correspondencia por hora</li> <li>- Agua para consumo insegura al menos 15 minutos al día</li> <li>- 5 000 operaciones quirúrgicas incorrectas por semana</li> </ul>	<p>99,99966% sin defectos (<math>6\sigma</math>)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siete artículos perdidos de correo por hora</li> <li>- Un minuto de agua no apta para consumo una vez cada siete meses</li> <li>- 1.7 operaciones quirúrgicas por semana</li> </ul>

*Figura 2.3.* Comparación de los enfoques de calidad. Fuente: Gygi, DeCarlo y Williams (2008, s.p.).

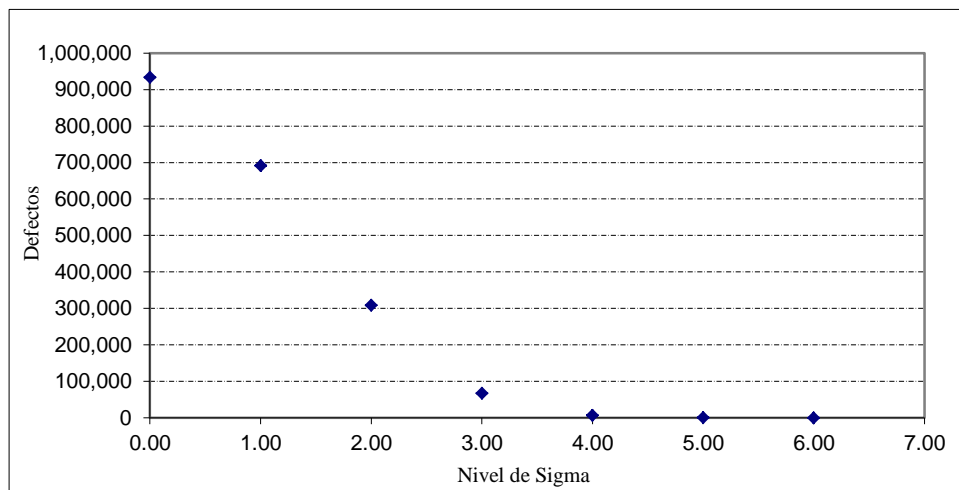
La figura 2.3 muestra los enfoques que tiene la calidad, el clásico que inexacto y el enfoque Seis Sigma, que permita menos defectos. La meta de Seis Sigma es especialmente ambiciosa cuando se tiene en cuenta que antes de empezar con una iniciativa de Seis Sigma, muchos procesos operan en niveles de uno, dos y tres sigma, especialmente en áreas de servicio y administrativas.

Se debe tener en cuenta que un cliente insatisfecho lo contará su desafortunada experiencia a entre nueve y diez personas, o incluso más si el problema es serio. Y por otro lado el mismo cliente sólo se lo dirá a tres personas si el producto o servicio lo ha satisfecho. Ello implica que un alto nivel de fallos y errores son una fácil ruta a la pérdida de clientes actuales y potenciales (Harry 2008).

Como sistema de dirección, Seis Sigma no es propiedad de la alta dirección más allá del papel crítico que esta desempeña, ni impulsado por los mandos intermedios a pesar de su participación clave. Las ideas, soluciones, descubrimientos en procesos y mejoras que surgen de Seis Sigma están poniendo más responsabilidad a través de la participación, en las manos de la gente que está en las líneas de producción y/o que trabajan directamente con los clientes (Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. 2009).

## 2.2. ¿Cómo se determina el nivel de sigma?

La escala de calidad de Seis Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos.



*Figura 2.4.* Nivel de cantidad de defectos por millón de oportunidades contra los niveles de sigma. Fuente: Gygi, DeCarlo y Williams (2008, s.p.).

En la figura 2.4 se tiene una curva con pendiente negativa, lo cual indica que al aumentar el rendimiento la cantidad de defectos por millón de oportunidades (DPMO)

disminuye. En el ángulo inferior izquierdo la curva es de pendiente positiva e indica que al aumentar la cantidad de DPMO el valor de sigma aumenta, en tanto que si el nivel de DPMO disminuye el valor de sigma también decrece (Gutiérrez y De la Vara 2009).

La calidad puede llegar a ser un negocio rentable, no solo en la forma tradicional de mejora de los servicios y de la imagen exterior, sino directamente con un fuerte impacto en la cuenta de resultados.

Entre los beneficios más notables que se logran con la implementación de Seis Sigma se encuentran la reducción de costos, mejora de la productividad, aumento de la cuota de mercado, fidelización de los clientes, reducción del tiempo de ciclo, reducción de defectos, cambio de cultura, desarrollo de productos y servicios, y muchas otras cosas más.

Algo importante de mencionar son los elementos esenciales de este sistema, resumiéndolos en seis principios, los cuales apoyados en muchas herramientas y métodos, nos ayudan a tener una visión preliminar de todo lo que engloba Seis Sigma.

Éstos son:

- Auténtica orientación al cliente.
- Gestión orientada a datos y hechos.
- Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos.
- Gestión proactiva.
- Colaboración sin fronteras.
- Búsqueda de la perfección.

Una gran parte de Seis Sigma no es nueva, lo que es nuevo es su capacidad para reunir todos estos principios en un proceso coherente de gestión.

Como es de esperar, una metodología que promete tan buenos resultados tendría que llevar a la mayoría de las empresas a querer adoptarla como una herramienta de mejora totalmente integrada dentro de su gestión, pero Seis Sigma debe ser consustancial con la forma de trabajar y por lo tanto debe estar adaptada al modo de ser de cada empresa (Pande 2009).

Cualquier compañía que quiera adoptarla debe ser capaz en una primera fase, de aplicarla sistemática ajustándose al máximo al método, pero luego tiene que poder extraer su significado más profundo transformando en parte su cultura o su ideología. Este lleva de forma inevitable a un periodo de adaptación, que será tanto más corto en la medida en que más esfuerzo se haya realizado al comienzo en comprender y establecer mecanismos y recursos básicos para una correcta implantación de la metodología.

La metodología definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAMC), se ilustra en la figura 2.5.



Figura 2.5. Metodología Seis Sigma Fuente: Gygi, DeCarlo y Williams (2008 s.p.).

### 2.2.1. Primera Fase: Definición

Es aquí donde se identifican los posibles proyectos Seis Sigma, que deben ser evaluados por la dirección para optimizar la utilización de recursos, también se asigna el equipo que dará seguimiento a los proyectos (Chowdhury 2010).

¿Cuál es el problema? Establecer las necesidades del cliente CTQ (crítico para el cliente) y precisar los objetivos a conseguir, cuadrar el proyecto. El identificar los CTQ, permite vincularlos en términos de necesidades del negocio. En esta primera etapa del método, se define el perímetro del proyecto, el alcance, los recursos, y los plazos necesarios.

Una de las principales cualidades de Seis Sigma es el empeño por conseguir una escrupulosa definición del problema a resolver, así como su verdadera causa raíz. Se plantea pues, de esta manera una nueva forma de enfocar la mejora, que se plasma en

dos de sus pilares fundamentales: El beneficio económico y la calidad percibida por el cliente.

### ***2.2.2. Segunda Fase: Medición***

La Medición consiste en la caracterización del proceso, identificando los requisitos claves del cliente, las características clave del producto y los parámetros que afectan al proceso (Chowdhury 2010).

¿Cuál es la capacidad del proceso considerado? Esta fase está relacionada con la selección de uno o más productos o características, variables dependientes, mapeo de procesos, para asegurar que el sistema de medición es válido, en otras palabras, nos ayuda a saber, si podemos confiar en los datos.

### ***2.2.3. Tercera Fase: Análisis***

En la tercera fase, llamada Análisis, el equipo analiza los datos de resultados actuales e históricos, se desarrollan y se comprueban hipótesis sobre las posibles relaciones causa - efecto, utilizando herramientas estadísticas (Chowdhury 2010).

¿Cuándo, dónde y cómo se producen los defectos? La utilización de las herramientas analíticas y estadísticas para identificar las causas de los problemas. En esta etapa del desarrollo del método, debemos entender los problemas para poder luego formular las soluciones susceptibles de llenar la separación entre la situación actual y los objetivos clientes.

### ***2.2.4. Cuarta Fase: Mejora***

En la fase de Mejora, el equipo trata de predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso (Chowdhury 2010).



¿Cuáles son las soluciones de mejoría y cómo ponerlas en práctica para alcanzar los objetivos de desempeño fijados? Identificación y puesta en práctica de las soluciones para evitar los problemas. Esta fase suele ser iniciada por la selección de las características que deben ser mejoradas para lograr el objetivo.

Esta fase especialmente importante puede desarrollarse en ciertos casos precisos en varias etapas. Esto con el fin de tomarse el tiempo de someter a prueba y de validar las soluciones más adecuadas.

#### ***2.2.5. Quinta Fase: Control***

En la última fase del ciclo de Seis Sigma, el control se diseña y documentan los parámetros necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios (Chowdhury 2010).

¿Cómo guiar las claves variables para sostener y mantener la ventaja? El seguimiento de las soluciones establecidas. Es importante eludir todas vueltas atrás. La vuelta atrás representa una amenaza constante. Sostener el esfuerzo pasa necesariamente por la implantación de una cultura generalizada de la medición. Esta fase está relacionada con garantizar que el nuevo proceso sea documentado y sus condiciones sean puestas bajo control.

Por otra parte, los resultados no siempre son visibles inmediatamente. El esfuerzo debe ser constante incluso cambiado de orientación. Se trata de la fase más delicada, propia de todos los procesos de progreso continuo.

Como en cualquier otra metodología o sistema de este tipo, existen mitos alrededor de ésta, los cuales son generados por la resistencia al cambio o por fracasos que se han experimentado con iniciativas aparentemente similares.

### **2.3. Cinco de los mitos más comunes en torno a Seis Sigma**

Para Harry (2008) estos son los cinco mitos más comunes:

- Seis Sigma funciona solo en manufactura, lo cual no es cierto ya que Seis Sigma puede ser utilizado por cualquier tipo de empresa, siempre y cuando esta quiera comprometerse con la satisfacción del cliente.
- Seis Sigma ignora a los clientes buscando solo resultados financieros, es un mito en tanto que Seis Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en un enfoque hacia el cliente. Basando los procesos a mejorar en las especificaciones críticas del cliente de manera precisa.
- Seis Sigma crea burocracia, es falso ya que una de las principales características de Seis Sigma es que se basa en una estructura proactiva que busca la integración y participación de todos los niveles y funciones dentro de la organización. En donde el compromiso de la alta gerencia es un factor clave.
- Seis Sigma no es efectiva desde el punto de vista de los costos, Seis Sigma se enfoca en reducir los costos, mejorando la calidad, por medio de la eliminación de las equivocaciones, los fallos y los defectos que provocan la repetición de trabajos.
- Seis Sigma requiere de largos periodos para lograr resultados, esto depende del tipo de organización y del nivel al cual se dirija la iniciativa. Generalmente un proceso de este tipo puede tomar un promedio de tres a cinco años , pero si se inicia en una división de negocios en particular y se enfoca adecuadamente, en unos seis a nueve meses se puede comenzar a experimentar los primeros resultados, una vez completadas las primeras fases de medición y análisis.

Al final y de manera ideal embarcarse en una iniciativa Seis Sigma empieza por una decisión de cambio, específicamente para aprender a adoptar métodos que mejoren el rendimiento de la organización. En sus aplicaciones más ambiciosas, Seis Sigma puede ser más un cambio fundamental que, digamos, una adquisición importante o una puesta en marcha de nuevos sistemas, porque Seis Sigma afecta a la forma en que se gestiona dentro y fuera de la empresa (Gygi y Williams 2008).

El punto de partida para echar a andar Seis Sigma es verificar que se está dispuesto o que se necesita un cambio que diga “hay una forma mejor de dirigir una empresa”. No debería ser una decisión escrita, basada en muchos cálculos, pero si considerando cuestiones y hechos esenciales para evaluar su aplicabilidad.

#### **2.4. Antecedentes del Seis Sigma en México**

En México la implantación de la metodología Seis Sigma aún no se ha iniciado en la micro y pequeña empresa, sólo se ha iniciado en empresas medianas y grandes, subsidiarias de grandes corporaciones que han impulsado su implantación mundial (Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. 2009).

Sin embargo, a pesar de que varias empresas ya han creado departamentos para manejar los proyectos Seis Sigma. En algunas de ellas aún no se ha logrado implantar la metodología en toda su extensión, sólo se han estado aplicando algunas herramientas estadísticas como diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, cartas de control e histogramas en pequeños proyectos de mejora aislados con pocos beneficios en utilidades, a pesar de que la metodología Seis Sigma promete incrementos significativos en las utilidades si se aplica en forma adecuada.

## **2.5. Seis Sigma en Querétaro**

En Querétaro específicamente, pocos son los lugares donde se usa Seis Sigma de manera fiel, es decir apegándose a la metodología definición, medición, análisis, mejora y control. La más conocida, por los excelentes resultados que ha obtenido es General Electric, que llegó al estado el primero de septiembre de 1999. Esta empresa adopta la filosofía Seis Sigma y la implementa en todas sus áreas y procesos.

## **2.6. Antecedentes de la Industria Aeronáutica**

Existe una fuerte competencia entre los dos principales fabricantes de aviones con capacidad para más de 100 pasajeros: Boeing y Airbus, corporaciones que buscan satisfacer los requerimientos actuales de sus clientes ofreciendo aviones con mayor capacidad, menores costos de operación y atractivas innovaciones que cumplan con normas ambientales más estrictas (Carrincazeaux y Frigant, 2007).

Por otra parte, se encuentra el segmento de aviones de menor capacidad (menos de 100 pasajeros) y alcance con los cuales se atienden las necesidades de compañías de aviación que ofrecen servicios regionales. Entre los principales fabricantes de este tipo de unidades se encuentran la canadiense Bombardier y Embraer de Brasil. Además, también existen otras compañías que fabrican aviones de tipo ejecutivo o firmas fabricantes de helicópteros.

Los segmentos se pueden dividir en civiles y militares, identificándose los siguientes:

- Aviones de uso civil:
  - Aeronaves Comerciales
  - Aeronaves Regionales
  - Aeronaves de Aviación General

- Helicópteros: Aeronaves de uso militar:
- Aviones y Helicópteros: Actividades de servicio y mantenimiento
- Mantenimiento y Reparación

Los aviones comerciales cuentan con capacidad de más de 100 pasajeros o su equivalente en carga, son aviones comúnmente utilizados para vuelos largos y donde la producción está concentrada en dos compañías fabricantes en el mundo, Airbus y Boeing (AeroStrategy 2010).

Entre los aviones más representativos de este segmento por sus ventas y número de aviones en operación son el Airbus A320 y el Boeing 737, aviones que transportan un máximo de 200 pasajeros y son utilizados para vuelos de mediano alcance e intercontinentales.

Aunque motivados por la fuerte presión en reducir los costos de operación de las aeronaves, el consumo de combustible y cumplir con normas más estrictas de emisiones de contaminantes y de ruido, Airbus y Boeing han desarrollado una nueva generación de aviones:

- El A380 de Airbus con capacidad para transportar hasta 850 pasajeros, con lo que se busca reducir el número de vuelos, consolidando operaciones. Este avión ya se encuentra en operación.
- El Boeing 787-9, con capacidad para transportar hasta 290 pasajeros, apostó por el diseño y desarrollo de materiales más ligeros que permitieran un avión con mejor eficiencia en el uso de combustible, el 787 actualmente se encuentra en las últimas etapas de prueba y se espera pueda entrar en operación en 2011.

A partir de 2005 la demanda por este tipo de aviones mostró un crecimiento importante de tal forma que el número de pedidos alcanzó 2,881 aviones en 2007, cuatro veces mayor al registrado en 2004 (Carrincazeaux y Frigant, 2007).

En 2010 la demanda de aviones muestra signos de recuperación de la crisis económica mundial, de tal forma que las órdenes de compra superan a las entregas, por lo que en 2011 las órdenes de compra fueron de 2,340 más del doble al número de entregas registradas en ese mismo año (Aerospace Industries Association 2011).

En lo que respecta a los aviones entregados, el comportamiento ha sido más estable, registrando solo una ligera reducción en 2008 para repuntar hasta alcanzar un total de 1,011 aviones producidos en 2011. Con ello, se ha mantenido el amplio margen que existe entre los pedidos y entregas de aviones, lo que ha originado un rezago en las entregas que ha permitido mantener la actividad industrial en el sector aeronáutico.

En el periodo de 2000 a 2004 en promedio las entregas de aviones eran similares a los pedidos realizados, sin embargo para el periodo 2005 a 2011 y a pesar de la disminución de las ventas registradas en 2009, en promedio el número de aviones ordenados en ese periodo es más del doble a los entregados de tal forma que en promedio existe un rezago de 919 aviones, lo que garantiza que se mantenga la actividad en la industria al menos en los siguientes 5 a 6 años.

Los aviones regionales tienen capacidad de hasta 100 pasajeros y recorren distancias más cortas, la demanda por este tipo de avión ha registrado un fuerte impulso en los últimos años derivado principalmente por el surgimiento de las aerolíneas regionales o de bajo costo, así como la necesidad de reducir costos de operación por parte de las propias aerolíneas. Este segmento de mercado se encuentra dominado por

Bombardier con sede en Canadá y Embraer, empresa Brasileña, quienes en conjunto cuentan con una participación del mercado de más de 90%, aunque existen empresas que recientemente están incursionando en este segmento con importantes proyectos como Mitsubishi Heavy Industries Ltd. y Sukhoi Company (Carrincazeaux y Frigant, 2007).

Entre Bombardier y Embraer vendieron más de 175 aviones regionales durante 2009, repartiéndose el mercado prácticamente en partes iguales cada empresa. Los principales modelos de venta de estas compañías son el Embraer 190 (con capacidad de 98 a 114 pasajeros) que representa el 50% del total de las ventas de aviones regionales de dicha compañía y el Q400 de Bombardier avión turbopropulsado que representa el 51% de sus ventas en ese segmento.

Dentro del mercado de aviones regionales, los aviones con capacidad de 80 a 100 pasajeros son el segmento más competido y donde están desarrollando nuevos aviones empresas como Mitsubishi Heavy Industries Ltd., Sukhoi Company, COMAC (Commercial Aircraft Corporation of China Ltd) y Bombardier (Aerospace Industries Association 2011).

El segmento de aviones regionales depende de la demanda de las aerolíneas, que naturalmente se vieron afectadas con la caída económica registrada en 2009 que redujo el número de pasajeros, lo que afectó su demanda, sin embargo, aunque en 2011 se registra un ligero repunte respecto a 2010, aún no se alcanzan los niveles previos a la crisis (AeroStrategy 2010).

El mercado y desarrollo de nuevos aviones está determinado por la necesidad de contar con aeronaves que permitan la operación a bajo costo, con ahorros de combustible y reducción en los niveles de emisiones contaminantes y de ruido.

Asimismo, las principales compañías de este segmento, observan un nicho con potencial de crecimiento en los aviones con capacidad de 100 a 149 pasajeros, donde prevén se dé la mayor sustitución de aviones viejos dentro de los próximos 20 años.

En suma, las características de los aviones regionales los convierten en una de las mejores opciones para las líneas aéreas dado las condiciones económicas y la necesidad de poder brindar servicio con mejor eficiencia y ahorro en costos de operación, por lo que explorar la mayor incursión de la industria aeronáutica establecida en México en este segmento, incluyendo la participación en nuevos proyectos de este tipo de aviones, puede ser considerada una buena oportunidad para fortalecer la base manufacturera existente y ampliar las actividades de diseño y desarrollo (Secretaría de Economía 2012).

## **2.7. Antecedentes de la Industria Aeronáutica en México**

Uno de los sectores que mayor crecimiento ha tenido en los últimos años en México, es sin duda el sector aeronáutico, el cual se caracteriza por demandar altos niveles de calidad, tecnología y seguridad en todas sus actividades (Secretaría de Economía 2012).

La industria aeronáutica mexicana ocupa el primer lugar en inversiones de manufactura en el mundo, con 33 mil millones de dólares en el período 1990-2009, superiores a las captadas por Estados Unidos, China, Rusia e India.

El crecimiento que se ha venido dando en el sector obedece a diversos factores que permiten a México mantenerse como un fuerte destino de inversión, la cercanía que se tiene con dos de los mayores mercados como lo son Estados Unidos y Canadá, la ubicación geográfica que permite tener salida por ambos litorales del país, la reducción de costos para productos con alto costo de transporte y almacenamiento, son sólo



algunas de las ventajas que brinda la industria aeronáutica de México (Secretaría de Economía 2012).

La instalación en México de diversas empresas de clase mundial como lo son Honeywell, Bombardier, Grupo Safran, EADS, ITP Ingeniería y Fabricación (antes ITR) ha permitido la formación de importantes conglomerados industriales en diversas regiones del país, principalmente en el norte y centro.

Los esfuerzos de promoción y desarrollo realizados por los gobiernos federal y estatal también han contribuido a que estos números se vean incrementados año con año, sin embargo, se puede decir que la industria aeronáutica en México aún es incipiente, por lo que es necesario contar con una mayor participación y coordinación entre los diversos actores que la integran, industria, gobierno y academia (Secretaría de Economía 2012).

## **2.8. Antecedentes de la Industria Aeronáutica en Querétaro**

Entre 2010 y 2011 se anunciaron importantes proyectos de inversión, así como la apertura de plantas industriales en el sector, un ejemplo de ello fueron la inauguración en marzo de 2010 de las instalaciones de las empresas Messier Dowty y SNECMA, pertenecientes a Grupo Safran en el estado de Querétaro, cuya inversión fue de 150 millones de dólares (Secretaría de Economía 2012).

En octubre de 2010, Bombardier Aerospace inauguró una nueva planta en Querétaro proyecto que implicó una inversión adicional de 255 millones de dólares y donde realizarán el ensamble del fuselaje, alas y estabilizadores del avión ejecutivo “Learjet 85” fabricado a base de compuestos de carbono y que se encuentra aún en etapa de desarrollo.

Parte de este proyecto implica la transferencia de tecnología y herramienta para el diseño y fabricación de las partes con compuestos de carbono, así como programas que fortalecen la educación y capacitación del recurso humano.

En febrero de 2011, la empresa General Electric Infraestructure Querétaro llevó a cabo la inauguración de su nuevo campus en Querétaro en donde realizó una inversión de 20 millones de dólares en una primera etapa, generando 300 empleos adicionales para ingenieros en los próximos tres años.

En octubre de 2011, Eurocopter de México anunció la colocación de la primera piedra de su planta industrial en el estado de Querétaro, realizando una inversión directa de 250 millones de dólares y la generación de 100 plazas de trabajo (Secretaría de Economía 2012).

En noviembre de este mismo año, Heroux Devtek, fabricante de aeroestructuras así como de partes y componentes para trenes de aterrizaje, realizó la inauguración de su planta industrial en Querétaro con una inversión de 20 millones de dólares y la generación de 150 nuevas plazas laborales (Secretaría de Economía 2012).

### 3. METODOLOGIA

La metodología que se ocupó para la investigación es descriptiva, que comprende la descripción, registro, análisis, interpretación de la naturaleza actual, composición y procesos de los fenómenos. Cuantitativa, ya que se midió con un comparativo, el ahorro económico, la reducción de las horas hombre empleadas para realizar el trabajo y el número de proyectos cerrados antes y después de la mejora.

Se revisaron los manuales de la compañía, para el desarrollo de proyectos Seis Sigma. Dada la confidencialidad que se debe mantener con la Industria Aeronáutica, los nombres de los proyectos, los nombres de los integrantes del equipo y todos los datos relacionados, son ficticios, ya que la compañía no permitió que se publiquen en este trabajo.

Existen diferentes áreas para aplicar esta metodología, desde el punto de Seis Sigma, en cualquier actividad del ser humano existen procesos, y Seis Sigma es una herramienta que reduce la variación de los procesos, por ende se hace más eficiente y genera ahorros. Identificando los procesos que tienen mayor variación en los resultados, una vez hecho esto, se generaran ideas para mejorarlos y mantenerlos bajo control. La manera en que se seleccionaron estos procesos fue en las juntas de la gerencia, donde cada mes se registraron los procesos en los que se invertía más tiempo de acuerdo al Reporte Anual de la Industria Aeroespacial (2012), se identificaron en el año 2011, siete procesos y para el año 2012 once procesos.

Para definir el proyecto, se tuvo que identificar los puntos críticos para el cliente, estos están contenidos en el Reporte Anual de la compañía, estos son productividad, crecimiento y calidad, en una junta con el gerente del área y los líderes de equipo, se

decidió que el proyecto se alinearía a la productividad, en esa misma junta se creó un equipo para trabajar sobre la generación de ahorros y se definieron roles de los miembros, específicamente el determinar porque no se están concluyendo los proyecto de reducción de costos en el proceso.

Se usaron los datos del reporte anual de la empresa aeronáutica, para establecer como se encontraba la compañía en cuanto a los proyectos de ahorros cerrados y ahorros generados en el 2011.

Partiendo de los datos anteriores se analizó la situación en una reunión con el equipo de trabajo, usando como herramienta el diagrama causa efecto, mediante lluvia de ideas, se identificaron las fuentes de variación en tres categorías, personal, método y el entrenamiento y se estableció como efecto el no lograr la meta de proyectos de ahorro.

Al establecer lo anterior, en una junta posterior se creó una tabla, esta tabla permitió renquear las fuentes de variación, permitiendo al equipo identificar cual era la que más repercutía para no lograr la meta de proyectos de ahorro, que dependiendo de la fácil o difícil implementación y del alto o bajo impacto recibiría un número.

Se decidió que la forma más eficiente de seguir el desarrollo de proyectos, es con una persona dedicada al llevar métricas del avance de los mismos. Usando cronogramas para determinar fechas compromiso. Usando cronogramas para determinar fechas compromiso con el fin de controlar los proyectos. Se usaron gráficas para mostrar la situación en la que se encontraba la gerencia y la situación después de la mejora propuesta.

En cuanto al desarrollo de este proyecto se creó un cronograma para ilustrar el programa de trabajo, en la figura 3.1, se muestra el control de las fases, estableciendo un horizonte de tiempo.

		2013						
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Actividad								
1	Buscar tema	■						
2	Investigar tema	■						
5	Tesis		■					
6	Índice		■					
7	Introduccion		■					
8	Revisión literaria			■				
9	Metodología			■				
11	Resultados				■	■		
12	Conclusión				■	■		
13	Referencias						■	
14	Autorización de tesis							■

Figura 3.1. Cronograma para elaboración de tesis. Fuente:

Elaboración propia con base en objetivos.

## **4. RESULTADOS**

En los últimos años se ha dado un cambio radical en las reglas del juego en los diferentes sectores empresariales y en donde ha sido preciso recorrer un largo camino en el que la calidad, la innovación y la mejora siempre han estado presentes, para después entregar lo que el cliente pide, de acuerdo con sus expectativas y consiguiendo su máxima satisfacción.

De manera pues que la calidad es importante no solo en los productos y servicios que se ofrecen, sino que también en la manera de gestionar.

Cualquier compañía, ya sea implícita o explícitamente, dispone de sistemas que le permiten la detección e implementación de mejoras. La correcta elección de la metodología de mejora, es fundamental. Lo resultados están basados en cuatro fases que son definir, medir, analizar, mejorar y controlar, y se explican a continuación.

### **4.1. Definir**

Es necesario definir los objetivos, para identificar el proceso o producto para mejorar, identificar a los clientes y convertir las necesidades del cliente en puntos críticos para la calidad (CPC) que consiste en las características que se pueden medir de un producto o proceso, cuya especificación de normas de rendimiento o límites deben cumplirse a fin de satisfacer al cliente.

La fase de definición es crítica, ya que un proyecto debe estar claramente delimitado con los objetivos definidos, estar alineado con problemáticas del negocio, lo cual facilita el apoyo completo y sobre todo, el cliente debe percibir un impacto importante e inidentificable para toda la compañía.

El objetivo es definir qué es lo que quiere el cliente en realidad y lo que el cliente quiere en realidad siempre nos relacionara con los CPC establecidos por el negocio para este año (Reporte Anual, Industria Aeroespacial 2012):

- Productividad: Generar ahorros por \$600,000 dólares
- Crecimiento: Aumentar el número de empleados de 84 personas a 90
- Calidad: Reducir la variación de proceso y aumentar calidad en los entregables

Por lo que la gerencia del departamento, alineada con las metas de la empresa decide enfocar el presente proyecto a la Productividad. Los esfuerzos de este proyecto estan encaminados a lograr la meta de generación de ahorros. Identificando las causas por la cuales no se están desarrollando e implementando los proyectos de reducción de costos en la gerencia.

Es necesario integrar un equipo de trabajo, para poder mantener a los recursos enfocado en un fin común y alineado con las prioridades organizacionales.

La integración del equipo para llevar a cabo este proyecto, se basó en la experiencia que cada una de estas personas pueden aportar al mismo, enseguida se muestran los roles de cada integrante del equipo, los nombres usados para identificar a los integrantes del equipo son ficticios dada la confidencialidad que pide la Industria Aeronáutica:

Señor X: Colectar y organizar datos para el proyecto.

Señor Y: Supervisar y proveer información de la gerencia.

Señor Z: Black Belt de la gerencia, proporciona información sobre la metodología Seis Sigma y apoya a los responsables de los proyectos de reducción de costos.

Responsables de proyectos (Varios): proporcionar información del proyecto de reducción de costos.

#### **4.2. Medir**

Una vez que se definió el proyecto se usó de la estadística con el fin de obtener datos que establezcan una situación actual y posteriormente se compara con los resultados obtenidos, de esta manera se medirá el resultado del proyecto, la estadística provee de herramientas poderosas para entender un proceso y predecir el impacto de una acción.

El problema práctico es la razón original por la que se trabaja en el problema y el problema estadístico es la descripción del problema en términos matemáticos, la solución estadística conduce a la reducción de tiempos de entrega y a reducir la variación general en el proceso y la solución práctica corresponde a las mejoras que se han hecho dentro del proceso.

Existen dos variables de respuesta principales en un proceso, la primera, precisión, es decir que tan cerca estamos de la media del proceso y la segunda es la exactitud, en otras palabras, que tan cerca está el promedio de proceso del objetivo. Este proyecto tiene el objetivo de reducir la variación del proceso, esto se verá reflejado en la calidad de los entregables del equipo y en la satisfacción del cliente.

Con el objetivo de establecer un parámetro que permita conocer la situación en la que se encontraba la gerencia, se realizó la tabla 4.1, la cual muestra la cantidad de proyectos que se completaron e implementaron efectivamente, así como los ahorros que generaron para la gerencia.



Tabla 4.1.

Proyectos cerrados y los ahorros generados antes de la mejora.

Ahorros para 2012		Responsible												Total por Mes	
Proyectos	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Estimado de Horas Mensuales	Total
1 Mapa de proceso del área	2012	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00						86	\$ 3,200.00
2 Seguimiento de incorporaciones	2012	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00								97	\$ 3,200.00
3 Conceptos de Cargos	2012		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00							187	\$ 1,600.00
4 Manual de procedimientos	2012	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00		\$ 1,600.00
5 Liberación de procesos	2012						\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00						
6 Visitas a Taller	2012	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 13,000.00	\$ 13,000.00							
7 Repaso a estándares	2012	\$ 21,100.00	\$ 21,100.00	\$ 26,100.00	\$ 39,100.00	\$ 39,100.00	\$ 34,100.00	\$ 29,100.00	\$ 9,100.00	\$ 3,100.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00		
		\$ 42,200.00	\$ 42,200.00	\$ 52,200.00	\$ 78,200.00	\$ 78,200.00	\$ 68,200.00	\$ 58,200.00	\$ 18,200.00	\$ 6,200.00	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00		
		1274	1274	1576	2361	2361	2059	1757	550	187	97	97	97		
															\$ 453,400.00
															13672
															Total Horas

Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de equipo.

La tabla 4.1 muestra los registros que tiene el Black Belt de la gerencia, contiene el nombre de cada proyecto, el responsable, las horas hombre ahorradas y los ahorros financieros que género, estos dependen del tipo de proyecto, número de personas a las que beneficiara, y de la vigencia de la solución propuesta

### **4.3 Analizar**

La siguiente fase dentro de la metodología Seis Sigma es analizar, el objetivo de esta fase es empezar a comprender por qué se generan los defectos. Analizar los números para saber qué tan bien o mal son los procesos de trabajo, en comparación con lo que es posible. El análisis es el proceso de encontrar una solución a un problema. En la fase de Análisis se debe cuantificar los procesos existentes, para determinar la mejor manera de alcanzar los objetivos de mejora de estos.

Para continuar con la metodología Seis Sigma, es necesario identificar las fuentes de variación, es decir que es lo que nos impide alcanzar nuestra meta. Para ello se requiere buscar los lugares en el proceso donde las condiciones o procedimientos diferentes llevan a diferencias en los resultados. Algunas fuentes de variación son:

- Gente diferente (nuevos empleados vs. Empleados con mayor experiencia)
- Maquinaria y herramientas diferentes
- Diferentes instrumentos de medición, o personal diferente realizando las mediciones.
- Diferentes condiciones de operación (Método)

Una forma de proporcionar una muestra visual de todas las posibles causas de un problema es el Diagrama de causa y efecto (o Espina de Pescado). Es una técnica

ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.

La manera en que se realizó fue el diagrama de causa y efecto, fue la siguiente:

Primero se identificó con exactitud la situación que se quiere analizar. Esto ya se ha definido anteriormente y es la falta de seguimiento de los proyectos. Una vez que se delimitó correctamente, debe escribirse en el recuadro principal.

Después de debe identificar categorías que dan origen a la situación. La mejor estrategia para identificar la mayor cantidad de categorías posibles, es realizar una lluvia de ideas.

Cada categoría que se identifique debe ubicarse independientemente en una de las ramas principales del diagrama, el equipo de trabajo, determino las siguientes categorías:

- Gente
- Método
- Entrenamiento

Mediante otra lluvia de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, se identificaron las causas del problema. Las causas que se identifiquen se deben ubicar en las ramas, que confluyen en la rama principal. Es así como se llegó al diagrama de causa y efecto que a continuación de presenta la figura 4.1

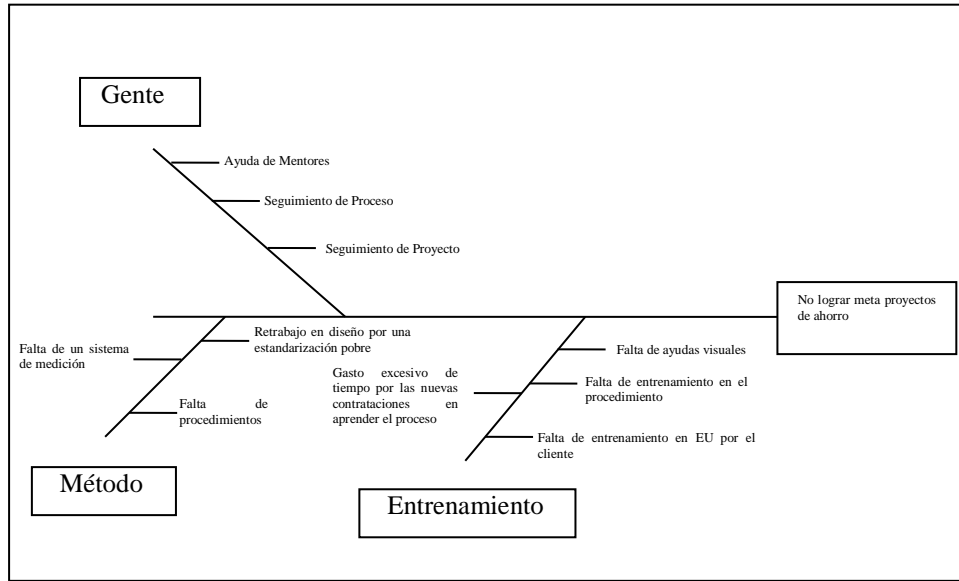


Figura 4.1. Diagrama causa y efecto. Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de equipo.

Es de esta manera como logró identificar la fuente de variación, sobre la cual se trabajó para asignar el impacto y la factibilidad de implementación, durante la siguiente fase del proyecto.

#### 4.4 Mejorar

Hasta cierto punto, las fases de analizar y mejorar se llevan a cabo simultáneamente. De hecho, hay Mejora en cada fase del proyecto. El trabajo realizado en las fases de Definir, Medir, Analizar ayudar a determinar mejor lo que el cliente quiere, cómo medirlo, y lo que el proceso actual puede proveerle. En este punto del proyecto, se conoce el rendimiento y las características críticas del proceso. Sin embargo, es posible que el proceso se pueda hacer mucho mejor si se cambia el procedimiento establecido.

En esta fase del proyecto se desarrolló una estrategia para la mejora, al seleccionar la herramienta correcta para ello. En el caso específico de este proyecto se

usara el diagrama causa y efecto para poder seleccionar las causas potenciales de la variación. Se realiza una lluvia de ideas con el fin de asignar un valor a cada una de las fuentes de variación establecidas en el diagrama. Usando el criterio de la figura siguiente, es como se establece el número que le corresponde a cada fuente de variación.

		Alto	Bajo
Implementa	Fácil	1	2
	Difícil	3	4

Figura 4.2. Cuadro Implementación / Impacto. Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de equipo.

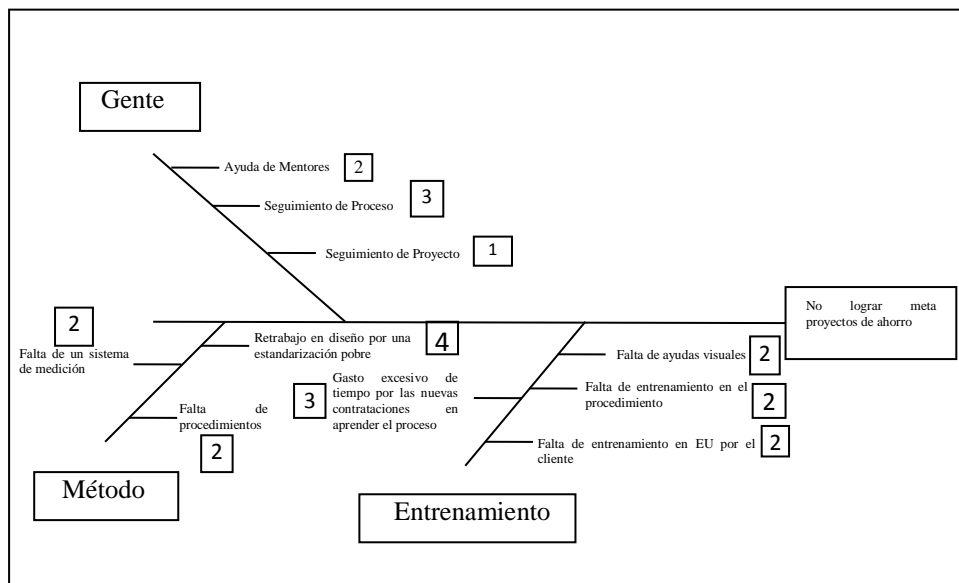


Figura 4.3. Diagrama causa y efecto identificando las causas de variación más significativas. Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de equipo.

Las causas marcadas con el 1 en la figura 4.3, identifican y aíslan las causas de variación más significativa y de más facilidad de implementación.

Para continuar con la metodología Seis Sigma, se necesita establecer la solución piloto. La cual fue establecida en una junta entre el equipo de la gerencia y el gerente.

Para la falta de desarrollo e implementación de proyectos ahorros, se decidió crear una nueva posición en el equipo, esta persona se encargara de llevar el seguimiento de los proyectos, proporcionando apoyo a los líderes de proyecto, así como una estadística que permita establecer áreas de oportunidad, para canalizar esfuerzos y así concluir los proyectos. Esta posición mantendrá estrecho contacto con los líderes de proyecto utilizando la técnica de administración de proyectos, que es el proceso de combinar sistemas, técnicas y personas para completar un proyecto dentro de las metas establecidas de tiempo, presupuesto y calidad. Un proyecto es una secuencia de tareas con un principio y un final limitados por el tiempo, los recursos y los resultados deseados (Sunny y Baker, 2009).

Para cada proyecto se realizó una junta administrativa con los líderes de equipo para hacer un análisis y determinar que lo siguiente:

- Factibilidad del proyecto.
- Lo que debe de lograrse.
- Se defino la meta.
- Las expectativas generales del cliente.
- Los miembros del equipo.

Con los puntos anteriores aclarados se definió:

- La lista de tareas y actividades que llevarán al logro de las metas del proyecto.
- Secuencia de actividades.
- Desarrollo de cronogramas y presupuestos.

La tabla 4.2 muestra el concentrado de proyectos, responsables, etapas y fechas compromiso, para elaborar los cronogramas.

Tabla 4.2.

*Tabla con el concentrado de proyectos para generar cronogramas*

Reponsable	Nombre del Proyecto	Definicion del Proyecto	Fases					
			Presentacion y Vo. Bo.	Situacion	Tarea	Accion	Resultado	Documentacion
1 Adrián R.	Incrementar velocidad en creacion de archivos	25/02/2012	12/03/2012	13/03/2012	25/03/2012	29/03/2012	02/04/2012	05/04/2012
2 Miguel H.	Productividad en dibujos	10/01/2012	15/01/2012	18/01/2012	25/01/2012	02/02/2012	06/02/2012	15/02/2012
3 José A.	Sistema de torque	27/09/2012	13/10/2012	20/10/2012	27/10/2012	03/11/2012	10/11/2012	17/11/2012
4 Janis H.	Identificador de ensambles	08/04/2012	25/04/2012	07/05/2012	12/05/2012	22/05/2012	28/05/2012	15/06/2012
5 Enrique M.	Aumento velocidad grandes ensambles	01/08/2012	01/08/2012	21/09/2012	21/09/2012	01/10/2012	15/11/2012	18/11/2012
6 Alfredo M.	Reduccion de rechazos	05/03/2012	07/05/2012	14/05/2012	04/06/2012	02/07/2012	03/12/2012	06/12/2012
7 Adrian R.	Reducir fallas en equipos	10/02/2012	14/02/2012	26/02/2012	28/02/2012	05/03/2012	06/03/2012	11/03/2012
8 Adrian R.	Macros para Windows	07/08/2012	22/08/2012	29/08/2012	10/09/2012	18/09/2012	01/10/2012	25/10/2012
9 Carlos G.	Conversion de unidades	15/01/2012	15/01/2012	18/01/2012	18/01/2012	21/01/2012	21/01/2012	15/02/2012
10 Alejandro L.	Dibujos Guia	01/03/2012	08/03/2012	08/03/2012	15/03/2012	15/03/2012	22/03/2012	29/03/2012
11 Gabriel G.	Revision ortografica	01/03/2012	01/03/2012	01/03/2012	01/04/2012	01/06/2012	25/07/2012	25/08/2012

*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

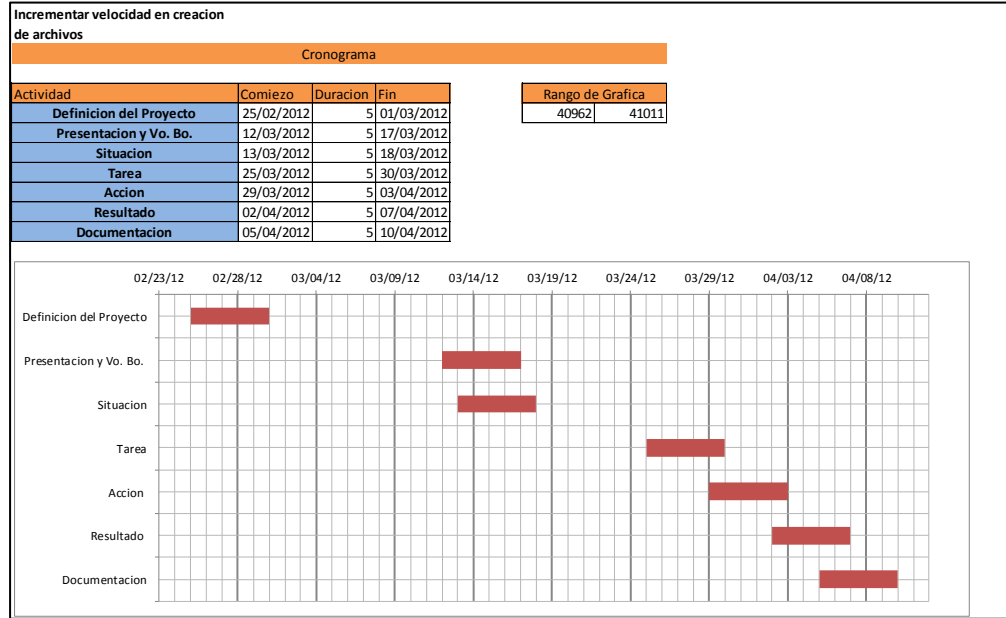
En cada sección se muestran las fechas de los proyectos, los proyectos se crearon a lo largo del año, los ciclo varían dependiendo de cada responsable de proyecto y de la carga de trabajo que tienen asignada. La fase de definición del proyecto, consiste en establecer que es lo que se pretende hacer. La presentación y visto bueno, es mostrar el proyecto al gerente y que de la señal para comenzar a recabar información para implementación. La situación muestra cómo está el proceso a mejorar. Tarea define lo

que se debe hacer para lograr mejor. Acción son las actividades para solucionar la situación. Resultado es mostrar lo que se obtuvo después de las acciones y por último se documenta para obtener registros.



Tabla 4.3.

*Cronograma del proyecto Incrementar velocidad en creación de archivos*

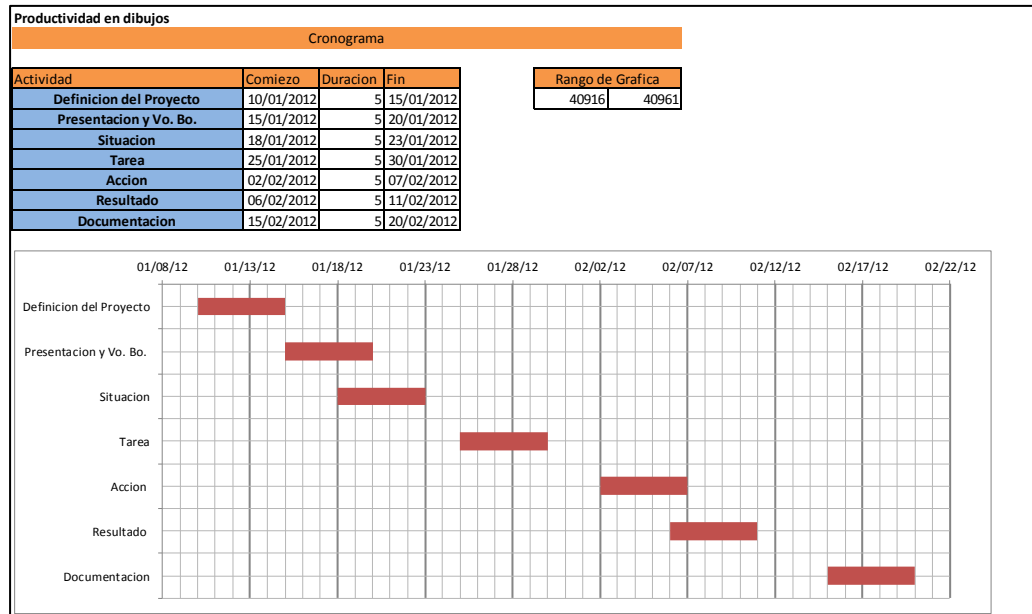


*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Las primera columna las fases del proyecto, segunda la fecha de comienzo del proyecto, la tercera la duración de la actividad y la última cuando se concluyó la actividad. La cuadrícula, muestra la línea de tiempo, con la actividad y la duración, se observa que la actividad de presentación de proyecto y visto bueno, se empalma con la situación, algunas tareas se puede ejecutar al mismo tiempo, el resto de las actividades se realizan secuencialmente. Para mantener la confidencialidad que requiere la Industria Aeronáutica, los datos referentes al proyecto se omiten.

Tabla 4.4.

*Cronograma del proyecto Productividad en dibujos*

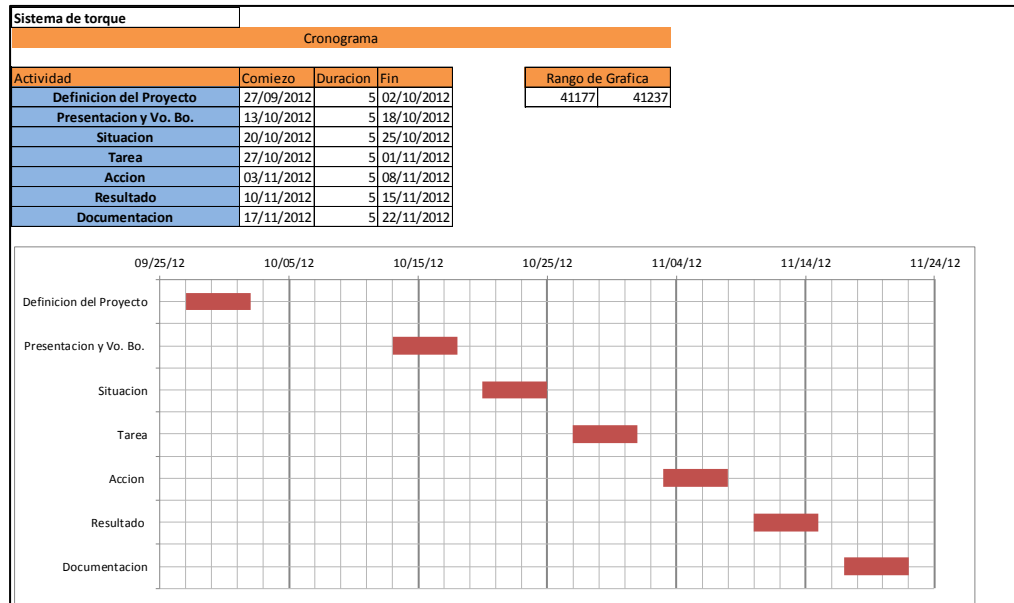


*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

De la misma manera que el cronograma de la tabla 4.3, se documentó el avance de éste y para el resto de los proyectos también.

Tabla 4.5.

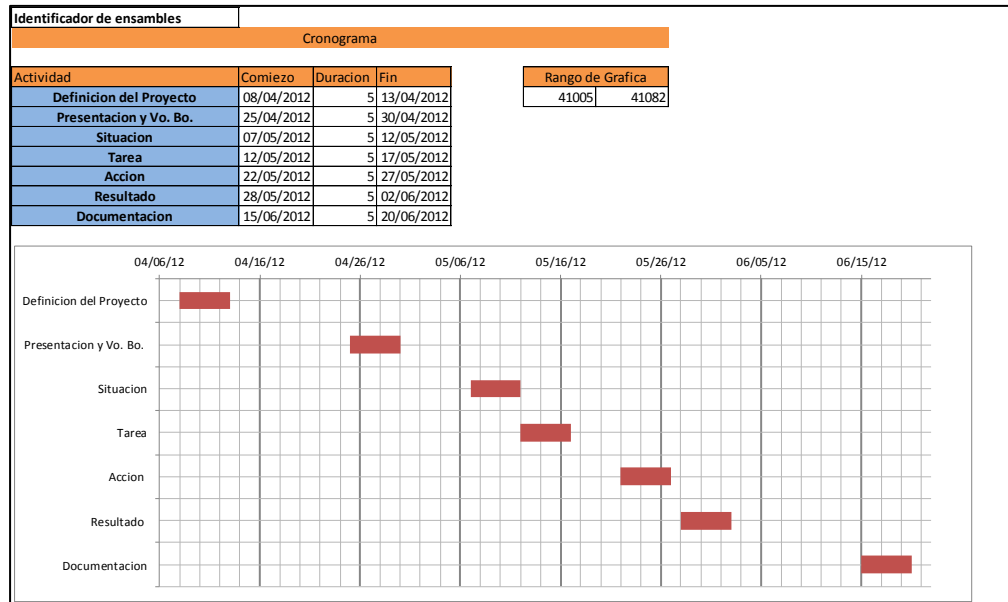
*Cronograma del proyecto Sistema de Torque*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.6.

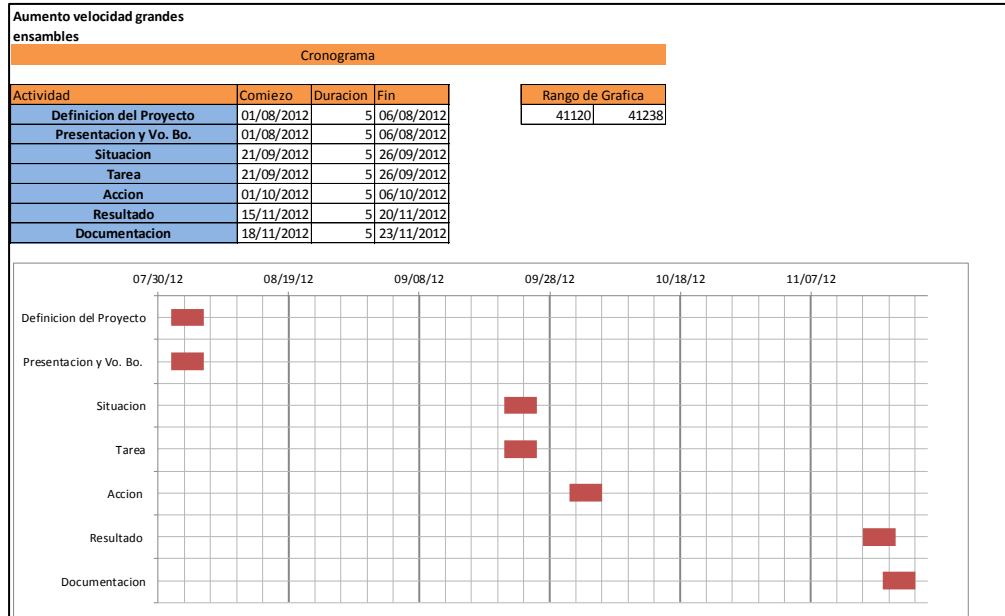
*Cronograma del proyecto Identificador de ensamblajes*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.7.

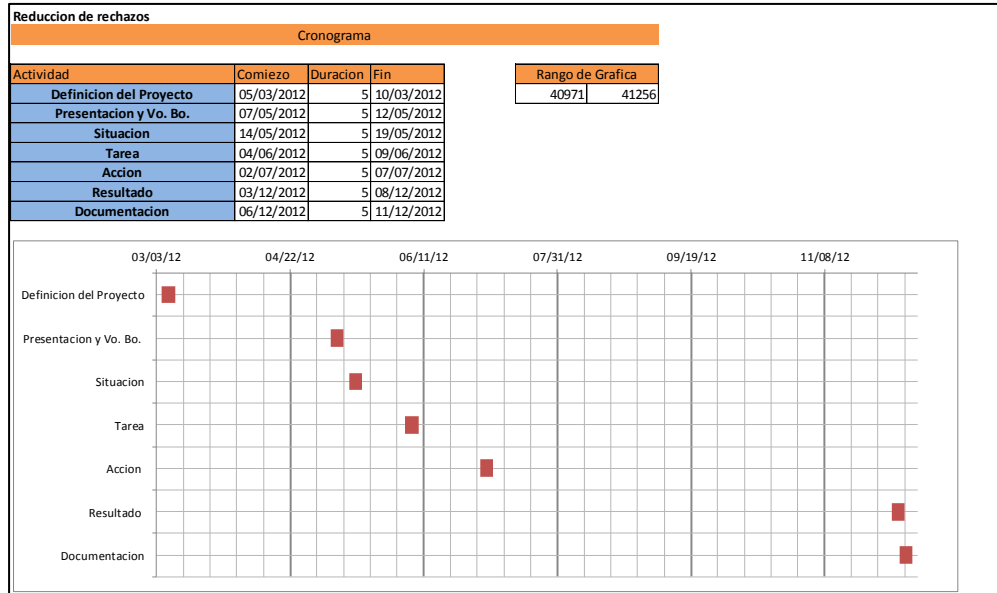
*Cronograma del proyecto Aumento velocidad grandes ensambles*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.8.

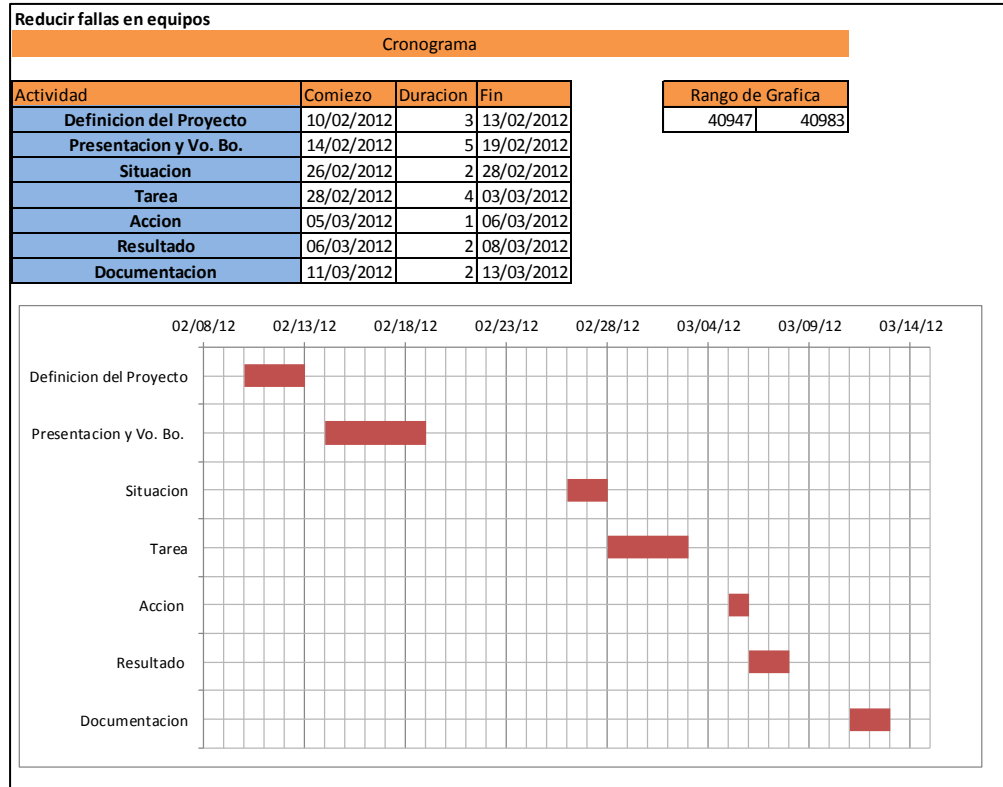
*Cronograma del proyecto Reducción de rechazos*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.9.

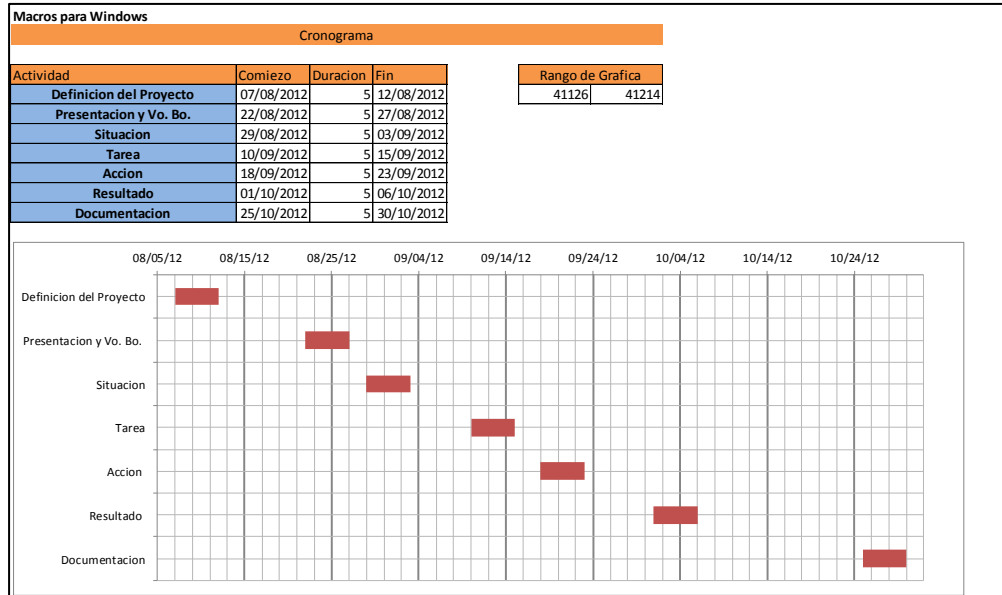
*Cronograma del proyecto Fallas en equipos*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.10.

*Cronograma del proyecto Macros para Windows*

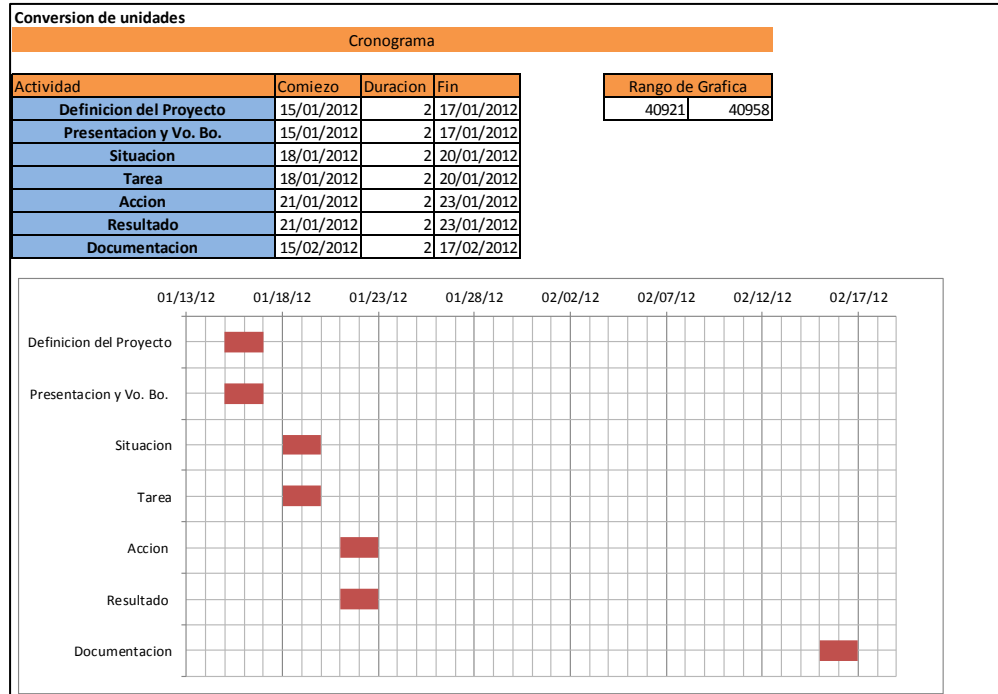


*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*



Tabla 4.11.

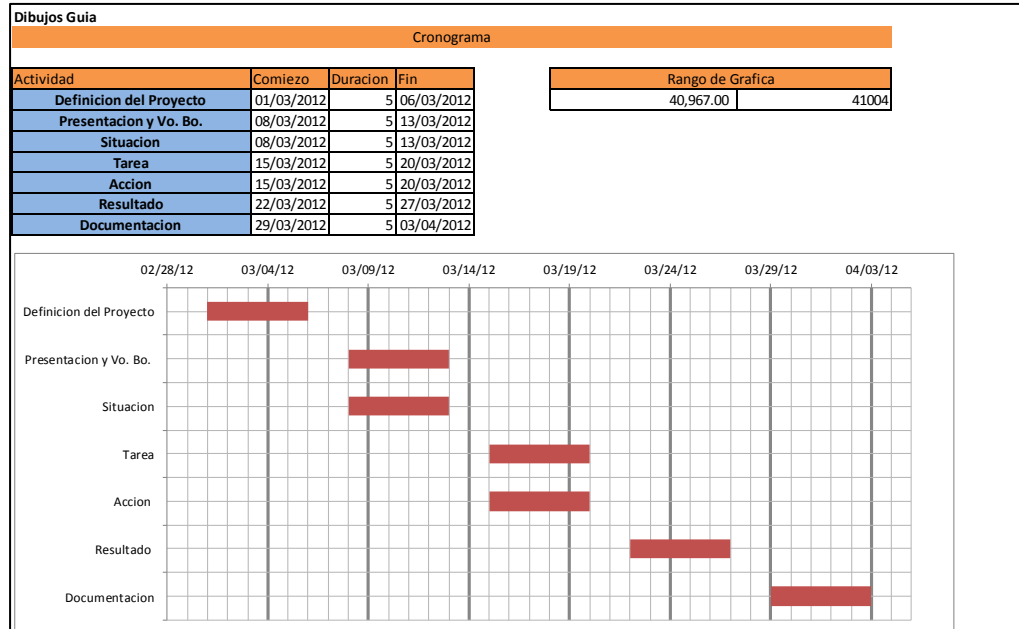
*Cronograma del proyecto Conversión de unidades*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.12.

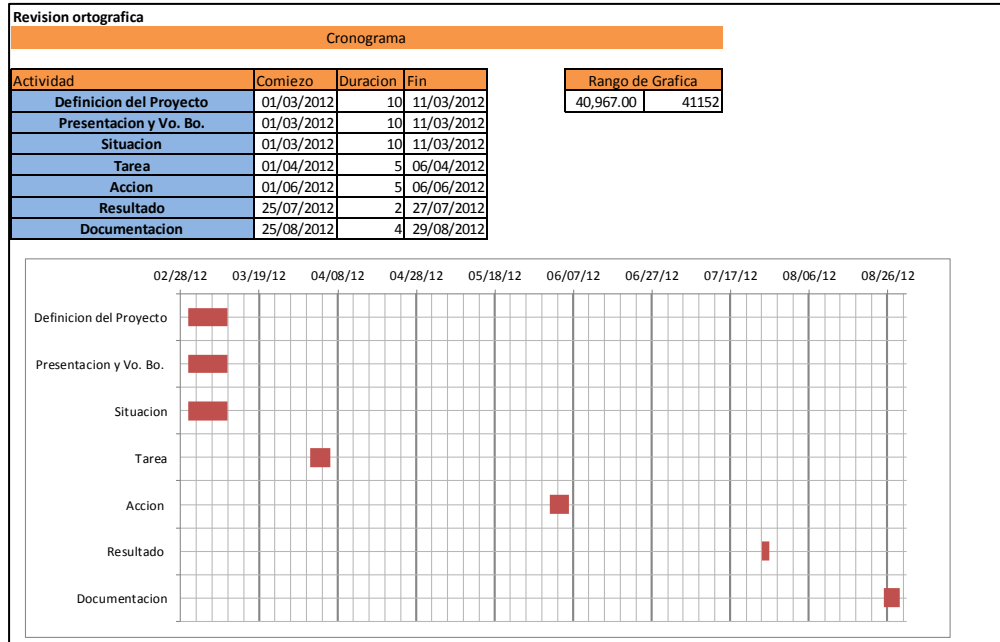
*Cronograma del proyecto Conversión de unidades*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Tabla 4.13.

*Cronograma del proyecto Revisión ortográfica*



*Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.*

Los cronogramas permitieron mantener un control sobre los proyectos, anteriormente no existía esta ayuda gráfica, dificultando el seguimiento y que dio como resultado, que 6 proyectos no concluyeran, en el periodo anterior.

Continuando con la metodología de administración de proyectos se realizaron las siguientes actividades:

- Dirigir el equipo para lograr la meta.
- Reunirse con los miembros del equipo y revisar el avance.
- Resolver los conflictos o problemas
- Asegurar los recursos necesarios (dinero, personal, equipo, tiempo).

#### 4.5 Control

Para controlar el proyecto se hicieron junto con los miembros del equipo del proyecto:

- Vigilancia de las desviaciones del plan.
- Emprendimiento de acciones correctivas.

Por ultimo para cerrar los proyectos se realizó:

- Un reconocimiento de logros y resultados.
- Cierre de las actividades.
- Aprendizaje de las experiencias de los proyectos.
- Revisión de los procesos y resultados.
- Redacción del informe final.

El objetivo principal de la fase de control, es asegurar que nuestro proceso permanezca bajo control, después de que la solución ha sido implementada, además de detectar rápidamente una situación fuera de control y determinar las causas especiales asociadas para corregir el problema antes de que se produzcan no conformidades. Se diseñan y documentan los parámetros necesarios para asegurar que lo conseguido mediante el proyecto se mantenga una vez que se hayan implantado los cambios.

Para poder establecer que existe una mejora en el proceso, es necesario recolectar información que permita averiguar la magnitud de la mejora.

Se hace un comparativo entre los proyectos de reducción de costos, antes de la creación del puesto para el seguimiento y después de la creación del puesto.

Tabla 4.14.

Tabla ilustrativa de proyectos cerrados en 2011 y que reportaron ahorros en 2012

Ahorros para 2012														
Proyectos	Responsable	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	Mapa de proceso del area	Juan V.	2012	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00	\$ 7,000.00				
2	Seguimiento de Incorporaciones	Carlos M.	2012	\$11,000.00	\$11,000.00	\$11,000.00	\$11,000.00							
3	Conceptos de Cargos	Carlos G.	2012		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00						
4	Manual de procedimientos	Ricardo S.	2012	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
5	Libreria de procesos	Jorge Z.	2012				\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00				
6	Visitas a Taller	Juan N.	2012	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00	\$13,000.00	\$13,000.00	\$13,000.00					
7	Repaso a estándares	Manuel J.	2012	\$21,100.00	\$21,100.00	\$26,100.00	\$39,100.00	\$34,100.00	\$29,100.00	\$ 9,100.00	\$ 3,100.00	\$1,600.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
			\$42,200.00	\$42,200.00	\$52,200.00	\$78,200.00	\$78,200.00	\$68,200.00	\$58,200.00	\$18,200.00	\$ 6,200.00	\$3,200.00	\$ 3,200.00	\$ 3,200.00
			1274	1274	1576	2361	2361	2099	1757	550	187	97	97	97
			Total por Mes											
			Total											
			86 Horas Mensuales											
			Total											
			13679 Total Horas											

Elaboración: propia. Fuente: Registros Black Belt.

La tabla 4.14 se muestran los proyectos cerrados en 2011 y que generaron ahorros para el 2013, se observa que cada mes varía el ahorro financiero, cada proyecto refleja ahorros en diferentes meses del año y la duración varia también, se toma el ahorro mensual y se divide entre el costo de la hora hombre, así se obtiene las horas hombre ahorradas para el año.

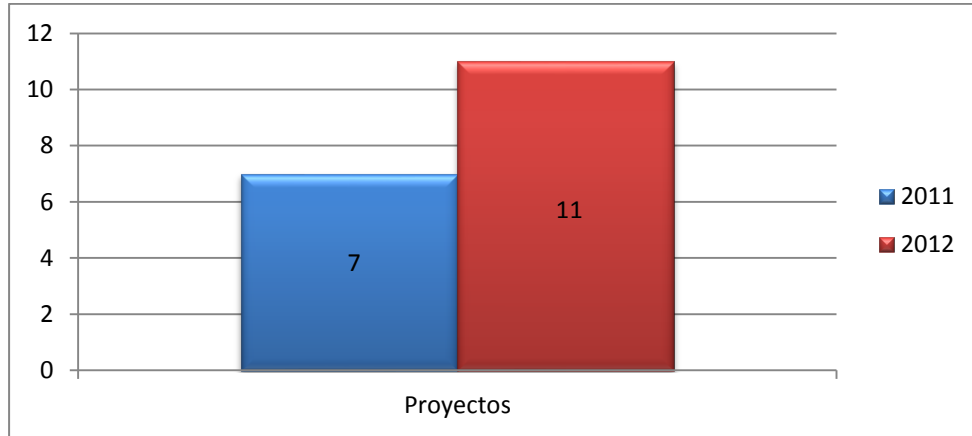
Tabla 4.15.

Tabla ilustrativa de proyectos cerrados en 2012 y que reportaron ahorros proyectados en 2012

Ahorros para 2013														
Proyectos	Responsable	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1 Incrementar velocidad en creación de archivos	R. Adrian	2013	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
2 Productividad en dibujos	H. Jose	2013			\$15,000.00	\$15,000.00	\$15,000.00	\$15,000.00	\$15,000.00	\$15,000.00	\$15,000.00	\$15,000.00		
3 Sistema de torque	A. Jose	2013			\$ 8,000.00									
4 Identificador de ensamblés	H. Janis	2013	\$ 15,000.00											
5 Aumento velocidad grandes ensamblés	M. Enrique	2013	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00	\$ 3,800.00
6 Reducción de rechazos	M. Alfredo	2013	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00
7 Reducir fallas en equipos	R. Adrian	2013		\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00	\$ 1,300.00
8 Herreros para Windows	R. Adrian	2013		\$ 10,000.00	\$10,000.00	\$10,000.00								
9 Conversion de unidades	G. Carlos	2013												
10 Dibujos Guía	L. Alejandro	2013	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
11 Revisión ortografica	G. Gabriel	2013	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00
												<b>Total por Mes</b>	\$ 33,200.00	
												<b>Horas Mensuales</b>	892	
												<b>Total</b>	\$60,100.00	
												<b>Total horas</b>	16,387	

Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.

En la tabla 4.15 se observan los ahorros financieros para el año 2013, generado por los proyectos cerrados en el 2012. Del mismo modo que en la tabla 4.14 se obtuvieron las horas hombre ahorradas.



*Figura 4.4.* Gráfica comparativa entre proyectos cerrados en 2011 y 2012.

Elaboración: propia. Fuente: Reuniones de Equipo.

Partiendo de los datos de la tabla 4.15 y 4.14, se graficó y presento los ahorros proyectados, se puede observar que gracias al seguimiento de proyectos, se lograron concretar 11 proyectos y por ende se obtuvo una mayor cantidad de dinero ahorrado y de horas hombre.



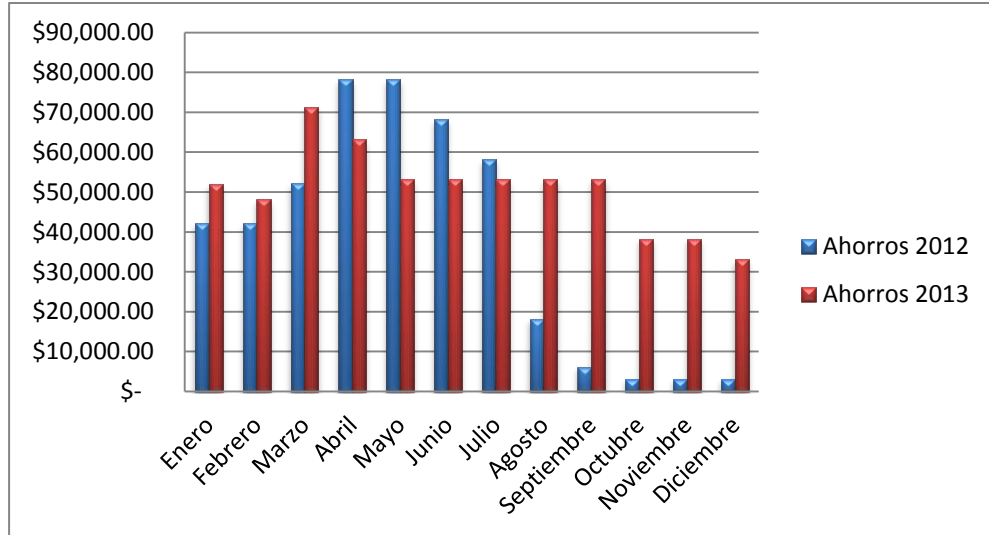
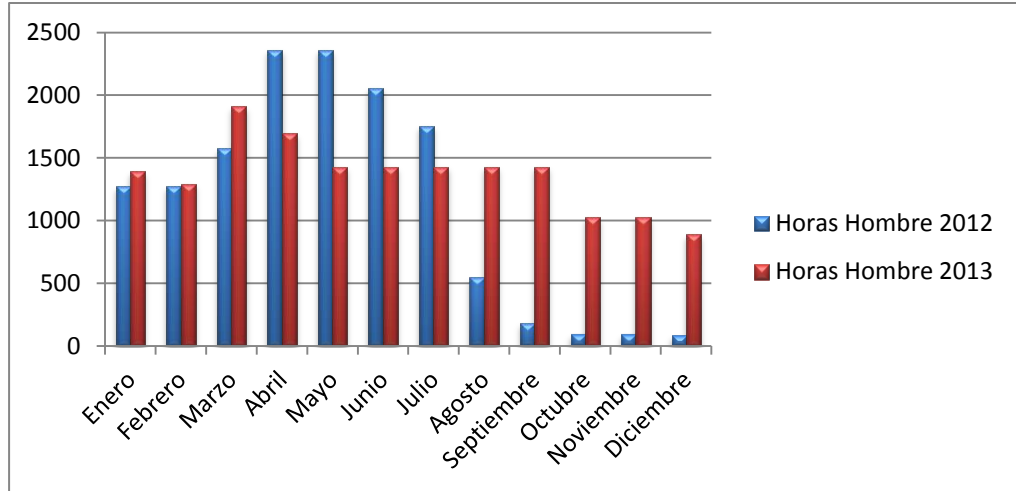


Figura 4.5. Gráfica comparativa de los ahorros proyectados generados por los proyectos cerrados en 2011 y 2012. Elaboración: propia. Fuente: Registros Black Belt y Registros proyecto Actual.

Tomando los datos de la tabla 4.14 y 4.15 se elabora la figura 4.6, se aprecia que los ahorros en hora hombre fueron mayores que los del año anterior, cerrando el año con un incremento.



*Figura 4.6.* Gráfica comparativa los ahorros en horas hombre, generados por los proyectos cerrados en 2011 y 2012. Elaboración: propia. Fuente: Registros Black Belt y Registros proyecto Actual.

Un modo de comprobar si existe una mejora de un periodo a otro es la usada en la administración financiera, y consiste en comparar los EBITDA de dos periodos de tiempo. Dado que los once proyectos se cerraron en el año 2012, y que los ahorros que se muestran, son proyecciones basadas en estimaciones de cada proyecto, se usa el EBITDA del primer cuarto de cada año.

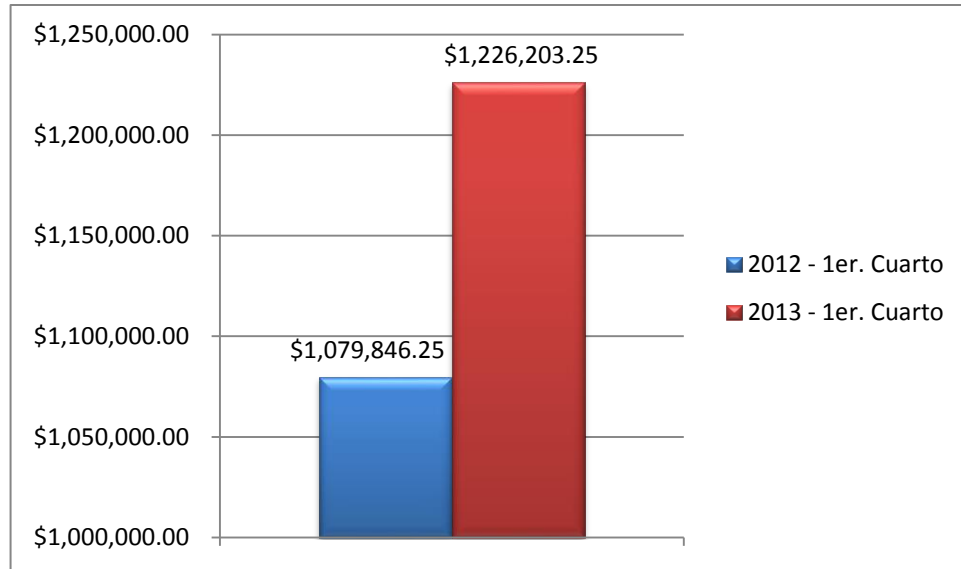
Tabla 4.16.

*Tabla comparativa entre los EBITDA de los primeros cuartos de los años 2011 y 2012.*

EBITDA	2012 - 1er. Cuarto	2013 - 1er. Cuarto
Ventas Netas	\$ 6,058,540.00	\$ 6,765,060.75
Costo de ventas	-\$ 3,254,306.75	-\$ 3,664,737.25
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>\$ 2,804,233.25</b>	<b>\$ 3,100,323.50</b>
Gastos de venta	-\$ 1,505,536.00	-\$ 1,678,717.50
Gastos de Administracin	-\$ 218,851.00	-\$ 195,402.75
<b>Gastos de Venta y administracion</b>	<b>-\$ 1,724,387.00</b>	<b>-\$ 1,874,120.25</b>
Utilidad de operación (EBITDA)	<b>\$ 1,079,846.25</b>	<b>\$ 1,226,203.25</b>

*Elaboración: propia. Fuente: Industria Aeronáutica.*

Los ahorros fueron incluidos en los gastos de administrativos, lo cual reduce estos costos y se ve reflejado en la utilidad de la operación.



*Figura 4.7.* Gráfica comparativa los EBITDA en 2011 y 2012. Elaboración: propia. Fuente: Industria Aeronáutica.

Hipótesis comprobada: El control de proyectos de ahorros que usa la metodología Seis Sigma, puede reducir costos y aumentar el número de proyectos cerrados, incrementando la utilidad bruta de la compañía.

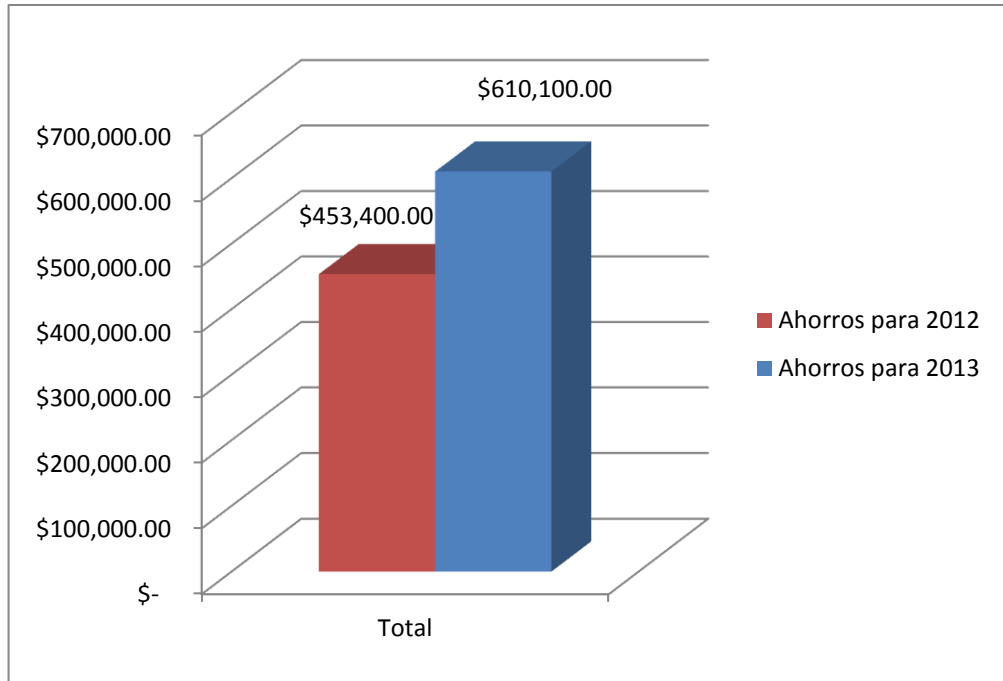


Figura 4.8. Gráfica comparativa los ahorros generados en 2012 y 2013. Fuente: Registros Black Belt y Registros proyecto Actual.

Se llegó a la meta establecida por la gerencia, gracias a los proyectos que se cerraron usando la metodología Seis Sigma para el seguimiento de proyectos, se demuestra que cuando no se usó, para dar seguimiento se cerraron menos. Las desventajas que se tenían cuando no se daba seguimiento a los proyectos, era que se abandonaban estos ya que el líder de proyecto no le daba la importancia necesaria, se perdían las horas invertidas, el material, el conocimiento y no se llegaba a la meta de ahorros establecida por la gerencia. Para mantener el control, es necesario mantener los objetivos dentro de lo establecido en la etapa final del de mejora. Por lo cual se necesita monitorear constantemente los proyectos de ahorros.

#### 4.6 Síntesis de resultados

Los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto anterior, para la gerencia de la empresa aeronáutica, son los siguientes:

- Se logró un incremento en los proyectos de ahorros, al mejorar de manera significativa la gestión de proyectos mediante la creación del puesto para seguimiento de proyectos. Esto mediante la implementación de la metodología seis sigma, lo cual permite al equipo, tener la certeza de que siguiendo el proceso se garantiza la estandarización y con ello la calidad de los entregables.
- Se redujo número de horas hombre requeridas por el proceso de la compañía. Es decir una mejora del orden de 19.80%, medido en la base de datos de proyectos.
- Se logró la meta de la gerencia en cuanto a ahorros se refiere de \$ 610,000 dólares.
- Se aumentó la confiabilidad del cliente hacia el equipo, ya que ha demuestra compromiso y capacidad para concluir los proyecto en tiempo y forma. Mejorando la comunicación entre el equipo y los clientes, la cual beneficiara en una mayor retroalimentación enfocada en a la mejora.
- Se establecieron métricas que podrán ayudar a establecer las áreas de oportunidad del equipo, así como entregar datos concretos para medir las mejoras a futuro.

## CONCLUSIONES

La magnitud del crecimiento potencial que tiene la empresa aeronáutica, representa una oportunidad única para consolidar a la empresa en un nivel competitivo y de reconocimiento por parte de nuestro cliente, que permitirá un flujo mayor de trabajo. Una herramienta muy importante para lograr esto es Seis Sigma, la cual consiste en un conjunto de métodos para mejora continua y calidad, que provee métodos para obtener beneficios tangibles en términos de calidad y costos a un producto o servicio. Típicamente éste método utiliza análisis estadísticos de las operaciones actuales para definir áreas de oportunidad. Mediante una metodología que paso a paso nos lleva a una mejora del proceso.

La ejecución de este proyecto demuestra que la metodología Seis Sigma aporta importantes mejoras, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Disminución de los costos operativos, mejorando el proceso y facilitando la gestión de los proyectos. Con la implementación del método de seguimiento de proyectos, se tendrá un método determinado para el desarrollo de los proyectos, el cual nos permite reducir también la variación del proceso. Esto nos beneficia enormemente al reducir los retrabajos, que no agregan valor a nuestro servicio.
- Se mantiene y aumenta la confiabilidad del cliente en el servicio brindado por la compañía. Ya que la reducción en los costos, genera una percepción positiva, que da confianza y seguridad, de que los proyectos desarrollados cumplirán en tiempo y forma con las expectativas del cliente. Además de mejorar la percepción al interior del grupo, es decir, después de la difusión e

implementación del proceso, los integrantes notan la diferencia de cómo se estaba trabajando y los beneficios que conlleva el dar seguimiento a la mejora.

- Este proyecto sienta las bases para futuras mejoras, con la documentación del proceso, se pondrá dar seguimiento y establecerá parámetros, que permitirán ubicar las áreas de oportunidad. Con métricas de desempeño actualizadas y confiables.

La implementación del seguimiento de proyectos, por si misma no asegura mejores resultados. En otras palabras, no es la solución a todos los problemas que se pueden presentar dentro de la compañía, sin embargo es una herramienta que si se aprovechada, pueden ayudar enormemente al equipo a mejorar continuamente los resultados.

Al final y de manera ideal emprender una iniciativa Seis Sigma empieza por una decisión de cambio, específicamente para aprender a adoptar métodos que mejoren el rendimiento de la organización. Seis Sigma es un cambio fundamental, porque afecta a la forma en que se gestiona dentro y fuera de la empresa. El punto de partida para echar a andar Seis Sigma es verificar que se está dispuesto o que se necesita un cambio para mejorar la manera en cómo se están llevando las cosas actualmente. No debería ser una decisión escrita, basada en muchos cálculos, pero si considerando cuestiones y hechos esenciales para evaluar su aplicabilidad.



## REFERENCIAS

- AeroStrategy, *Aerospace Globalization: Implications for Canada's Aerospace Industry*, (2010). Obtenido el 15 de febrero de 2013, desde: <http://www.aerostrategy.com>
- Gygi, C., DeCarlo N. y Williams B. (2008) *Six Sigma*. EUA: Wiley Publishing.
- Secretaría de Economía. Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología (2012), *Industria Aeronautica en México*. México: Secretaría de Economía.
- Gutiérrez, H. y Vara, R. (2008) *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Carrincazeaux Cristophe y V. Frigant, (2007), *The internationalization of the French aerospace industry: to what extent were the 1990s a break with the past?* Competition and change, 11(3) pp. 261-285.
- Harry, M. J. (2008), *Six Sigma, The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing*. EUA: Doubleday Business.
- Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2009) *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* México: Mc Graw Hill.
- Sunny Baker y Kim Baker (2009) *Administre sus proyectos*, México Pearson Educación.
- Chowdhury, S. (2010) *El Poder de seis sigma*. EUA: Pearson Educación.
- Pande, Pete. (2009) *What Is Six Sigma?* EUA: McGraw-Hill Education.
- Aerospace Industries Association. (2011) *Aerospace Industry Report 2011*. EUA: Aerospace Industries Association.