



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“INTEGRACIÓN DE LEAN SIX SIGMA A UN SISTEMA DE  
GESTIÓN DE LA CALIDAD AEROSPAZIAL COMO  
HERRAMIENTA COMPETITIVA EN LA INDUSTRIA DE LA  
AUTOMATIZACIÓN”.**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.**

**ING. KATHIA ALEJANDRA DURAZO MORENO.**

DIRECTOR:

**DR. GERARDO MEZA PARTIDA.**

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

JUNIO 2022



**ISO 9001:2015**  
Sistema de Gestión de Calidad Certificado



**2022 Flores**  
Año de  
**Magón**  
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



Instituto Tecnológico de Hermosillo  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

SECCIÓN: DIV. EST. POS. E INV.  
No. OFICIO: DEPI/126/22.  
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS.


**17 Junio de 2022**

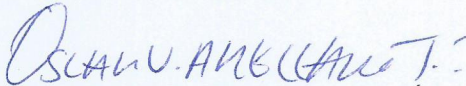
**C. KATHIA ALEJANDRA DURAZO MORENO  
P R E S E N T E**

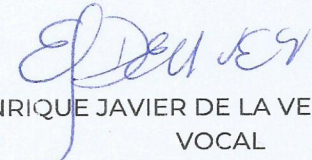
Por este conducto, y en virtud de haber concluido la revisión del trabajo de tesis que lleva por nombre "INTEGRACIÓN DE LEAN SIX SIGMA A UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD AEROSPAZIAL COMO HERRAMIENTA COMPETITIVA EN LA INDUSTRIA DE LA AUTOMATIZACIÓN", quien fue dirigida por el Dr. Gerardo Meza Partida, que presenta para el examen de grado de la MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, y habiéndola encontrado satisfactoria, nos permitimos comunicarle que se autoriza la impresión del mismo a efecto de que proceda el trámite de obtención de grado.

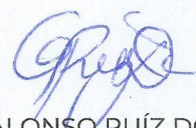
Deseándole éxito en su vida profesional, quedo de usted.

ATENTAMENTE

  
DR. GERARDO MEZA PARTIDA  
DIRECTOR

  
DR. OSCAR VIDAL ARELLANO TÁNORI  
SECRETARIO

  
DR. ENRIQUE JAVIER DE LA VEGA BUSTILLOS  
VOCAL

  
GERMÁN ALONSO RUÍZ DOMÍNGUEZ  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

GARD/momv\*





## CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Hermosillo, Sonora, al día 01 de Agosto del año 2022, la que suscribe C. Kathia Alejandra Durazo Moreno, alumna de la maestría en Ingeniería Industrial adscrito a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis titulado “Integración de Lean Six Sigma a un Sistema de Gestión de la Calidad Aeroespacial como Herramienta Competitiva en la Industria de la Automatización” bajo la dirección de Dr. Gerardo Meza Partida y ceden los derechos del mismo al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Hermosillo, para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben de reproducir el contenido textual, graficas, tablas o datos contenidos sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido a la dirección de correo electrónico siguiente: [kdurazomoreno@gmail.com](mailto:kdurazomoreno@gmail.com). Una vez otorgado el permiso se deberá expresar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

### ATENTAMENTE

Kathia Alejandra Durazo Moreno



## **Agradecimientos.**

Gracias Dios por darme la sabiduría y fortaleza para iniciar y concluir este posgrado.

A mis papás, hermana y hermano, les agradezco por acompañarme en el camino, por su confianza y apoyo que me ayudan a seguir adelante en cada meta.

A Luis, gracias por el apoyo incondicional, por estar a mi lado en esta etapa, por darme ánimos y confiar que lo sueños se cumplen con amor y perseverancia.

Mi más sincero agradecimiento a mi maestro, Dr. Gerardo Meza, por impulsarme en lo académico y profesional, es una inspiración y ejemplo.

## **Resumen.**

Conforme la industria evoluciona a través del tiempo, también lo hacen las estrategias que se aplican para el desarrollo, lo que permite a las organizaciones mantenerse a la vanguardia y continuar satisfaciendo las necesidades de los clientes.

La implementación de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) y Seis Sigma (Six Sigma) es un proceso conocido y de resultados favorables, ya sea que se utilicen de manera individual o en conjunto, además se han utilizado desde años atrás sobre todo en las grandes industrias automotrices, aunque actualmente su aplicación se ha expandido a compañías de muchos otros sectores.

Por otra parte, los sistemas de gestión, en particular para las organizaciones de aviación, espacio y defensa, basados en las normas ISO9001 y AS9100 brindan la confianza en los procesos, productos y servicios, tanto para las empresas como para sus clientes.

La integración de Lean Six Sigma a los sistemas de gestión aeroespaciales, partiendo de una asociación entre ambos, puede representar una herramienta de competencia en el mercado que se vuelve cada vez más exigente, acelerado y cambiante. Al aprovechar los beneficios de todos los enfoques, se lograría una estandarización de procesos y productos, sería posible identificar y eliminar desperdicios, así como reducir las fuentes de variabilidad para incrementar la calidad.

## **Palabras Clave.**

Calidad, Manufactura Esbelta, Seis Sigma, AS9100D, integración de metodologías, automatización, sistema de gestión de la calidad, mejora, competitividad.

## **Abstract.**

As the industry grows over time, so do the strategies that are applied for development, allowing organizations to stay in trend and continue satisfying customer needs.

The implementation of Lean Manufacturing and Six Sigma is a known process that brings highly favorable results, whether used individually or together, which has been implemented since years before, especially in the biggest automotive industries, although currently its application has expanded to companies in many other sectors.

Otherwise, management systems, in particular for aviation, space and defense organizations, based on the ISO9001 and AS9100 standards, provide confidence in the process, products and services, for the companies and its customers.

Lean Six Sigma and aerospace quality management systems integration, starting with its association, could represent a competitive tool in the market that becomes increasingly demanding, accelerated and changing. By taking advantage of the benefits of all approaches, a standardization of processes and products would be achieved, it would be possible to identify and eliminate waste, as well as reduce the sources of variability to increase quality.

## **Key Words.**

Quality, Lean Manufacturing, Six Sigma, AS9100D, methodologies integration, automation, quality management system, improvement, competitiveness.

# ÍNDICE

## Contenido.

ÍNDICE .....	V
Contenido.....	V
Índice de Tablas.....	VIII
Índice de Figuras.....	X
GLOSARIO.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Preguntas de Investigación.....	5
1.4 Objetivos de Investigación.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	6
1.6 Justificación.....	6
1.7 Limitaciones y Delimitaciones.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Lean Six Sigma.....	9
2.1.1 Lean Manufacturing.....	10
2.1.2 Six Sigma.....	13
2.1.3 Lean y Six Sigma.....	16
2.2 Normativas.....	16
2.3 Lean Six Sigma y Sistema de Gestión de la Calidad.....	19
2.4 Sector Aeroespacial e Industria de la Automatización.....	21
2.5 Enfoque al Cliente.....	24
2.6 Medición de la Satisfacción.....	25
2.7 Estado del Arte.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32

3.1	Caracterización del Trabajo. ....	32
3.2	Desarrollo del Estudio. ....	33
3.3	Análisis de Datos.....	34
3.4	Materiales.....	36
4.	DESARROLLO Y RESULTADOS.....	38
4.1	Asociación AS9100 D y Lean Six Sigma.....	38
4.2	Aplicabilidad de AS9100 en el Proceso Comercial. ....	45
4.3	Herramientas Lean Six Sigma por Fases DMAIC. ....	49
4.4	Aplicación DMAIC. ....	51
4.4.1	Definir ( <i>Define</i> ).....	52
4.4.1.1	Descripción de la Problemática. ....	52
4.4.1.2	Justificación.....	52
4.4.1.3	Alcance.....	52
4.4.1.4	Parámetros de Calidad Críticos CTQs: Voz del Cliente. ....	53
4.4.1.5	Diagrama de Flujo. ....	54
4.4.1.6	Diagrama Causa-Efecto. ....	57
4.4.1.7	Matriz Causa-Efecto.....	58
4.4.1.8	Métricos (Y's). ....	59
4.4.1.9	Asignación de Roles y Responsabilidades.....	60
4.4.1.10	Diagrama SIPOC. ....	60
4.4.2	Medir ( <i>Measure</i> ). ....	62
4.4.2.1	Lluvia de Ideas de Variables Independientes.....	62
4.4.2.2	Plan de Recolección de Datos. ....	63
4.4.2.3	Recolección de Datos.....	64
4.4.2.4	Análisis del Sistema de Medición (R&R). ....	65
4.4.2.5	Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF). ....	72
4.4.2.6	Mapeo de la Cadena de Valor VSM. ....	75
4.4.2.7	Cálculo de DPMO y Nivel Sigma.....	76
4.4.3	Analizar ( <i>Analyze</i> ).....	78
4.4.3.1	Análisis del Proceso a Micronivel.....	78



4.4.3.2	Análisis de la Competencia (Benchmark).....	79
4.4.3.3	Cuantificar Resultados. ....	80
4.4.3.4	Descripción de Oportunidades de Mejora y KPI.....	82
4.4.3.5	Análisis de la Causa Raíz.....	83
4.4.3.6	Identificar Desperdicios. ....	86
4.4.4	Mejorar ( <i>Improve</i> ). ....	87
4.4.4.1	Evaluación de KPIs. ....	87
4.4.4.2	Alternativas de Solución. ....	88
4.4.4.3	Determinar Solución Óptima. ....	88
4.4.4.4	Actualización de AMEF. ....	95
4.4.4.5	VSM Estado Futuro ....	96
4.4.4.6	Plan Piloto de Desarrollo e Implementación (PHVA).....	97
4.4.4.7	Validación de Mejoras. ....	98
4.4.5	Controlar ( <i>Control</i> ).....	100
4.4.5.1	Aplicación de Principio a Prueba de Error. ....	100
4.4.5.2	Control Estadístico. ....	101
4.4.5.3	Plan de Monitoreo. ....	103
4.4.5.4	Procedimiento Estándar de Operación.....	103
4.4.5.5	Plan de Capacitación.....	105
4.4.5.6	Plan de Control.....	105
4.4.5.7	Plan de Auditoría.....	106
4.5	Resultados Obtenidos. ....	107
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
5.1	Conclusiones.....	108
5.2	Recomendaciones.....	109
	REFERENCIAS.....	110
	ANEXOS .....	114

## Índice de Tablas.

Tabla 2.1 Siete desperdicios. ....	10
Tabla 2.2 Metodología DMAIC para un proyecto Six Sigma. ....	14
Tabla 2.3 Roles Six Sigma. ....	15
Tabla 2.4 Ciclo PHVA.....	18
Tabla 4.1 Herramientas de gestión de calidad y Lean Six Sigma. ....	38
Tabla 4.2 Métricos AS9100 y Lean Six Sigma .....	45
Tabla 4.3 Herramientas Lean Six Sigma para proyecto DMAIC.....	49
Tabla 4.4 Voz del cliente. ....	53
Tabla 4.5 Matriz causa y efecto.....	59
Tabla 4.6 Roles y responsabilidades DMAIC. ....	60
Tabla 4.7 SIPOC .....	61
Tabla 4.8 Plan de recolección de datos .....	63
Tabla 4.9 Recolección de datos. ....	64
Tabla 4.10 Datos estudio R&R. ....	65
Tabla 4.11 Acuerdo de evaluación individual por evaluador. ....	68
Tabla 4.12 Estadísticos Kappa de Fleiss evaluación individual por evaluador.....	68
Tabla 4.13 Acuerdo de evaluación cada evaluador contra el estándar. ....	69
Tabla 4.14 Discrepancia en la evaluación cada evaluador contra el estándar. ....	69
Tabla 4.15 Estadísticos Kappa de Fleiss cada evaluador contra el estándar. ....	69
Tabla 4.16 Acuerdo de evaluación entre evaluadores. ....	70
Tabla 4.17 Estadísticos Kappa de Fleiss entre evaluadores.....	70
Tabla 4.18 Acuerdo de evaluación todos los evaluadores contra el estándar.....	71
Tabla 4.19 Estadísticos Kappa de Fleiss todos los evaluadores contra el estándar. ....	71
Tabla 4.20 AMEF evaluación de severidad. ....	72
Tabla 4.21 AMEF evaluación de ocurrencia.....	73
Tabla 4.22 AMEF evaluación de detección. ....	74
Tabla 4.23 AMEF proceso comercial estado actual. ....	75
Tabla 4.24 Análisis del proceso a micronivel.....	78

Tabla 4.25 Estadística básica del proceso .....	81
Tabla 4.26 Oportunidades de mejora y KPI.....	83
Tabla 4.27 Análisis de cinco por qué específico.....	84
Tabla 4.28 Análisis de cinco por qué de detección. ....	84
Tabla 4.29 Análisis de cinco por qué sistémico.....	85
Tabla 4.30 AMEF proceso comercial después de la mejora. ....	95
Tabla 4.31 Recolección de datos después de la mejora. ....	98
Tabla 4.32 Comparación de nivel Sigma y DPMOs .....	99
Tabla 4.33 Estadística básica del proceso después de la mejora.....	102

## Índice de Figuras.

Figura 2.1 Casa del Sistema de Producción Toyota. ....	12
Figura 2.2 Principios de gestión de la calidad. ....	17
Figura 2.3 Ciclo PHVA en Sistemas de Gestión de Calidad.....	18
Figura 2.4 Elementos de un proceso.....	21
Figura 2.5 Distribución Industria Aeroespacial en México.....	22
Figura 2.6 Porcentaje de exportaciones de productos aeroespaciales desde México.....	23
Figura 3.1 Diagrama de flujo de la investigación.....	35
Figura 3.2 Equipo de cómputo. ....	36
Figura 3.3 Ícono de internet.....	36
Figura 3.4 Programas de procesamiento digital de información.....	36
Figura 3.5 Ejemplo buscador de internet.....	37
Figura 3.6 Ejemplo bases de datos en internet. ....	37
Figura 3.7 Registros en base de datos.....	37
Figura 4.1 Diagrama de flujo proceso comercial. ....	56
Figura 4.2 Diagrama Causa-Efecto. ....	57
Figura 4.3 Análisis de concordancia de atributos. ....	67
Figura 4.4 VSM proceso comercial en estado actual. ....	76
Figura 4.5 Capacitación respecto a la mejora. ....	89
Figura 4.6 Página principal del sistema.....	90
Figura 4.7 Tableros de trabajo del equipo.....	90
Figura 4.8 Evidencia de asignación de actividades por persona.....	91
Figura 4.9 Estatus y clasificación de cotizaciones.....	91
Figura 4.10 Tablero para seguimiento de cotizaciones asignadas.....	92
Figura 4.11 Estandarización de las actividades. ....	92
Figura 4.12 Evaluación de la conformidad. ....	93
Figura 4.13 Asignación de responsabilidades.....	93
Figura 4.14 Distribución del tiempo. ....	94

Figura 4.15 Clasificación de prioridades. ....	94
Figura 4.16 VSM del proceso comercial en estado futuro. ....	96
Figura 4.17 Ciclo Planear - Hacer - Verificar - Actuar. ....	97
Figura 4.18 Subdivisión del trabajo. ....	101
Figura 4.19 Evaluación de indicadores. ....	103
Figura 4.20 Procedimiento de operación. ....	104
Figura 4.21 Plan de capacitación. ....	105
Figura 4.22 Plan de control. ....	106
Figura 4.23 Plan de auditoría. ....	106
Figura 4.24 Nuevas implementaciones. ....	107

## GLOSARIO

**AS9100D.** Documento que normaliza los requisitos del sistema de gestión de la calidad y puede utilizarse en todos los niveles de la cadena de suministro por organizaciones de todo el mundo. Su uso debería dar como resultado una mejora en la calidad mediante la implantación eficaz de un sistema de gestión de la calidad. Se ha desarrollado principalmente para la industria de la aviación, el espacio y la defensa, pero puede también utilizarse en otros sectores de la industria en los que se necesite un sistema de gestión de la calidad con requisitos adicionales a los de la ISO 9001.

**Automatización.** Acción de convertir ciertos movimientos, procesos o dispositivos en automáticos.

**Calidad.** La calidad de los productos y servicios de una organización está determinada por la capacidad para satisfacer a los clientes y por el impacto previsto y el no previsto sobre las partes interesadas pertinentes. Incluye no sólo su función y desempeño previstos, sino también su valor percibido y el beneficio para el cliente.

**Clúster.** Grupo de empresas e instituciones interrelacionadas, concentradas geográficamente, que compiten en un mismo negocio.

**Competitividad.** Se refiere a la capacidad de competir. Es un factor externo que forma parte del contexto de una organización e influye en su propósito, objetivos y sostenibilidad.

**COVID 19.** La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2.

**Integración.** Consiste en fusionar dos o más conceptos, corrientes, etc., divergentes entre sí, en una sola que las sintetice.

**KPI.** Por sus siglas en inglés, Key Performance Indicators, los indicadores clave de rendimiento una forma de evaluación que permiten visualizar el estatus de los procesos para tomar decisiones informadas y acordes a las tendencias actuales.

**Manufactura Esbelta.** Estrategia que busca incrementar la satisfacción del cliente con el mínimo desperdicio, es decir, buscando reducir los aspectos que no proporcionan valor agregado.

**Seis Sigma.** Metodología de mejora empresarial basada en datos que se desarrolló para mejorar la calidad de los procesos y establecer una estrategia de calidad casi sin defectos.

**Sistema de gestión de la calidad.** Comprende actividades mediante las que la organización identifica sus objetivos y determina los procesos y recursos requeridos para lograr los resultados deseados, además gestiona los procesos que interactúan y los recursos que se requieren para proporcionar valor y lograr los resultados para las partes interesadas pertinentes, también posibilita a la alta dirección optimizar el uso de los recursos considerando las consecuencias de sus decisiones a largo y corto plazo y proporciona los medios para identificar las acciones para abordar las consecuencias previstas y no previstas en la provisión de productos y servicios.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Conforme la industria evoluciona a través del tiempo, también lo hacen las estrategias que se aplican para el desarrollo, lo que permite a las organizaciones mantenerse a la vanguardia y continuar satisfaciendo las necesidades de los clientes que cada vez se vuelven más exigentes, así como destacar en un mercado tan competido.

El propósito de esta investigación es integrar un conjunto de metodologías y normativas existentes para combinar esfuerzos que maximicen el cumplimiento de objetivos en una empresa del giro aeroespacial.

La implementación del proyecto se realiza en el área comercial de una empresa dedicada a la automatización de procesos. Es fundamental conocer cuál es el desempeño del proceso comercial, e identificar las problemáticas o bien áreas de oportunidad a partir de los métricos del mismo proceso.

Las herramientas en estudio son Manufactura Esbelta (mejor conocida por su concepto en inglés *Lean Manufacturing*), Seis Sigma (en inglés *Six Sigma*) y la normativa aeroespacial AS9100. De manera general, mediante un análisis de datos será posible conocer el estado actual del proceso comercial, es entonces cuando se abordará Lean Manufacturing y Six Sigma, cumpliendo además los requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad Aeroespacial bajo el cual la organización está certificada.

Gracias a la aplicación del pensamiento estadístico, se podrán tomar decisiones acertadas y a tiempo; en el mismo sentido, un análisis bien fundamentado y basado en datos es una herramienta robusta para implementar acciones de mejora pertinentes.



## 1.1 Antecedentes.

La competitividad en el mercado ha requerido la transformación de las empresas hacia formas de organización más eficaces para acelerar el ciclo de cumplimiento de pedidos del cliente (Jacobs, 2015). A lo largo de los años, en la industria se han desarrollado y aplicado estrategias que han permitido a las empresas mantenerse, mejorar internamente y ofrecer a los clientes productos y servicios para satisfacer e incluso exceder sus expectativas.

Entre las estrategias aplicadas se encuentra Six Sigma, el cual es una metodología de mejora empresarial basada en datos que se desarrolló para mejorar la calidad de los procesos y establecer una estrategia de calidad casi sin defectos, aumentando así la satisfacción del cliente y mejorando los resultados financieros (Stankalla, Koval y Chromjakova, 2018), también el pensamiento Lean, que busca diseñar los sistemas de producción con un desperdicio mínimo de manera que los productos y servicios se entreguen al cliente con un valor máximo (Jacobs, 2015).

A principios del siglo XX, Taylor introdujo la administración "lean" con su trabajo "Los principios de la administración científica" y una descripción de las técnicas de producción en masa empleado por Henry Ford (Jacobs, 2015). Según menciona Jacobs (2015) Los ingenieros japoneses tomaron el ejemplo de Henry Ford como modelo a seguir para la reducción general de desperdicios. Desperdicio se define como "cualquier cosa (equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo) que no sea absolutamente imprescindibles para aportar valor al producto" (Jacobs, 2015).

Según Lameijer, De Mast y Ronald (2017), Lean se entiende como un sistema coherente de prácticas centradas en la eliminación de desperdicios al reducir la variabilidad; Las prácticas de lean pertenecen a la producción Justo a Tiempo (just-in-time), gestión de calidad, mantenimiento preventivo y gestión de recursos humanos.

A diferencia de Lean, Six Sigma fue desarrollado por Motorola en 1985 (Basu, 2013) y se popularizó a través de su desarrollo y promoción por GE (General Electric Company) en 1990's; inicialmente se aplicó en el sector manufacturero, pero se ha extendido a otros sectores (Lameijer et al., 2017). Consiste en la estructura Definir, Medir, Analizar, Mejorar

y Controlar (DMAIC por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) (De Mast y Lokkerbol, 2012). El concepto de Six Sigma, según Jacobs (2015) puede interpretarse a la vez como un métrico, una filosofía o una metodología de mejora de la calidad.

El nombre Six Sigma parte del objetivo de no tener más de 3.4 defectos por un millón de oportunidades, es decir, un nivel de calidad de 99.99966%. Además, la metodología tiene como propósito lograr objetivos específicamente definidos en un tiempo determinado con un método de gestión de proyectos estructurado y especialistas en mejora dedicados (Jacobs, 2015).

En años recientes, las metodologías Lean y Six Sigma se aplican y estudian como una sola, a pesar de que han surgido como flujos separados de pensamiento para la mejora de operaciones (Lameijer et al., 2017). No son filosofías en competencia y se combinan en un solo concepto para maximizar los beneficios de ambos enfoques (Jacobs, 2015).

Las herramientas proporcionadas por Lean Six Sigma representan una oportunidad para la industria, puesto que han permitido reducir costos en los procesos y la variabilidad de los productos y servicios que se ofrecen al cliente. Ahora bien, para demostrar al cliente la fiabilidad de los productos o servicios, las industrias optan por certificarse cumpliendo los requisitos de estándares internacionales.

Según la Organización Internacional de Estandarización (ISO International Organization for Standardization) ISO 9001: 2015 especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad y todos los requisitos de la norma son genéricos y están destinados a ser aplicables a cualquier organización, independientemente de su tipo o tamaño, o de los productos y servicios que brinda.

En el caso específico de las organizaciones de aviación, espacio y defensa en América, Asia/Pacífico y Europa, la industria ha establecido el Grupo Internacional de la Calidad Aeroespacial (International Aerospace Quality Group, IAQG), con representantes de compañías, para implementar iniciativas que supongan mejoras significativas de la calidad y la reducción de costes en la cadena de valor (AS9100D). La

norma AS 9100 incluye todos los requisitos de ISO 9001 más los adicionales aplicables a este tipo de industrias aeroespaciales.

Según IAQG (2015) al implementar un sistema de gestión de calidad basado en la normatividad AS9100 es posible producir y mejorar continuamente productos seguros y confiables, cumplir o superar los requisitos reglamentarios y del cliente, definir y gestionar los procesos necesarios para el negocio, reflejar de manera documental el trabajo a realizar y acciones a tomar.

Para potenciar el impacto de la certificación AS9100, se propone la integración de Lean Six Sigma, puesto que, al contar con un sistema de gestión de la calidad definido, el integrar estas herramientas de mejora de la calidad podría hacer crecer el negocio al eliminar desperdicios y la variabilidad de los procesos.

## **1.2 Planteamiento del Problema.**

Se considera que la metodología Lean Six Sigma y el estándar Aeroespacial AS9100 tienen cierto grado de afinidad que podría permitir una asociación entre ambas herramientas, es decir, que pueden combinarse para aprovechar las particularidades y beneficios de cada una.

Como parte de la implementación de las herramientas en estudio, se pretende aplicar en una organización del giro aeroespacial que incluso cuenta con la certificación en el estándar AS9100D. Dicha implementación será aplicada de manera inicial en el área comercial, en la cual se puede notar que existen áreas de oportunidad que se podrían traducir en beneficios notorios para la organización en estudio.

Al ser el proceso comercial (ventas) el seleccionado para la implementación de la investigación, se busca llegar a conocer las variables que determinan el éxito en el mercado para la organización y cómo incrementarlas mediante la aplicación de Lean Six Sigma y los requisitos aplicables del estándar Aeroespacial.

### **1.3 Preguntas de Investigación.**

Se plantean las preguntas de investigación que se presentan a continuación:

- ¿Qué relación existe entre Lean Six Sigma y el estándar Aeroespacial AS9100?
- ¿Cuáles son los requisitos del estándar Aeroespacial para el proceso comercial a mejorar mediante Lean Six Sigma?
- ¿Qué variables del proceso comercial determinan la competitividad de las industrias dedicadas a la automatización?

### **1.4 Objetivos de Investigación.**

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

- ✓ Integrar Lean Six Sigma a un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la Norma AS 9100D para aumentar la competitividad al reducir desperdicios y eliminar variabilidad en el proceso comercial.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Reducir desperdicios del proceso comercial.
- ✓ Eliminar la variabilidad del proceso comercial.
- ✓ Mejorar los resultados de indicadores de calidad del área comercial.
- ✓ Establecer un esquema de metas y ventas a largo plazo alineado con la estrategia global de la organización y los requisitos de AS9100 abordado mediante Lean Six Sigma.
- ✓ Desarrollar una metodología (asociación de herramientas) que se pueda replicar en otros procesos de la organización, así como industrias de un giro o sector distinto.

## 1.5 Hipótesis.

Las hipótesis de la presente investigación son las siguientes:

- Existe una asociación entre Lean Six Sigma y el estándar Aeroespacial AS9100D.
- Se pueden establecer requisitos del estándar Aeroespacial AS9100D para el proceso Comercial que se pueden mejorar mediante Lean Six Sigma.
- Se pueden establecer las variables del proceso Comercial que determinan la competitividad de las industrias dedicadas a la automatización.

## 1.6 Justificación.

El sector Aeroespacial ha ido ganando mayor peso en participación dentro de la economía del Estado y en general a nivel mundial; las empresas cada vez están mejor preparadas para competir innovando y a su vez las personas se convierten en especialistas.

Para que una empresa pueda tener participación en un mercado tan competido, debe iniciar por realizar cambios de manera interna, estando preparada para ofrecer productos y servicios con una calidad excepcional a sus clientes, asegurando a la vez procesos controlados que les permitan obtener mayores ganancias.

Ahora bien, una empresa que está certificada cuenta con la seguridad en materia de calidad, puesto que el estándar de acuerdo al que se forma el Sistema de Gestión establece todos los requisitos y así es como se estandarizan los procesos que se llevan a cabo. Se involucran desde procesos principales para el producto o servicio, hasta aquellos que fungen como un soporte, considerando además todos los recursos necesarios para el funcionamiento de la empresa.

Los resultados que brinda un Sistema de Gestión dentro de una organización se ven directamente reflejados en indicadores de desempeño, los cuales miden cuestiones claves de los negocios y están enfocados al logro de metas en un determinado periodo de tiempo; pero, ¿cómo se logra el cumplimiento de metas sin tener primero procesos capaces y controlados de acuerdo a su estándar y enfocados a la reducción de

desperdicios para el aumento de beneficios? Es por ello que la implementación de éste tipo de herramientas (Lean Six Sigma) aportará a la mejora continua de los procesos.

La introducción de Lean Six Sigma implica implementar herramientas estadísticas, fundamental en el estudio puesto que, la estadística según Montgomery y Runger (2011) trata la recolección, presentación, análisis y uso de datos para la toma de decisiones, solución de problemas y diseño de procesos.

Si hay un proceso involucrado, se puede optimizar con Six Sigma o un sistema de gestión de calidad. El carácter de Six Sigma se define por la orientación al cliente, una perspectiva basada en procesos, un enfoque de mejora de la calidad, esto demuestra su compatibilidad con los sistemas de gestión de calidad basados en la Norma ISO9001 (Adina-Petruța y Roxana, 2014), puesto que los principios de calidad de la Norma se alinean a los requisitos para Six Sigma.

De acuerdo al estudio de Adina-Petruța y Roxana (2014), un sistema de gestión de calidad e integrando a Six Sigma en la cultura de la calidad de cualquier organización podría ser un éxito. En este sentido, sería posible alinear Lean Six Sigma a los requisitos de AS9100.

Contar con herramientas Lean Six Sigma, que de acuerdo a su trayectoria en la historia han dado a las empresas múltiples beneficios y que además se implementen enfocadas a cumplir los requerimientos de un estándar internacional y certificado permitirían conformar un sistema de gestión robusto con el cual se obtendrían beneficios conjuntos para las empresas que lo implementen.

Para que una organización sea reconocida debe mantenerse a la vanguardia e implementando herramientas de control que le permitan tomar buenas decisiones, identificando además fortalezas que agrandar y oportunidades a tomar. El incluir nuevos métodos dentro de un sistema ya establecido requiere esfuerzo, sin embargo, los resultados esperados son mayores.

## 1.7 Limitaciones y Delimitaciones.

Los factores que limitan el estudio se describen a continuación:

- Recursos económicos. No hay un monto asignado para financiamiento del estudio, por lo cual se llevará a cabo con los recursos disponibles del investigador.
- Pandemia COVID-19. Debido a la situación de pandemia mundial, la forma de trabajar se ha digitalizado aún más, no es factible hacer visitas presenciales a los lugares no esenciales e incluso se recomienda que la comunicación con otras personas sea de manera virtual.
- Disponibilidad de la información. Existe gran cantidad de información en la red, sin embargo, gran cantidad de ella es de acceso limitado, por lo cual la búsqueda de información es tardada. En cuestión de la información de la empresa en estudio, ésta no es de carácter público, por lo cual se presentarán datos de referencia y confidenciales. Queda prohibida la divulgación de la información mostrada.

Por otra parte, el estudio se encuentra delimitado por las condiciones descritas a enseguida:

- Desarrollo en área comercial. Debido a los recursos limitados, el estudio se enfocará en un solo proceso de la organización (proceso comercial).
- El espacio temporal se encuentra acotado de inicio a fin para el estudio; se desarrollará durante el periodo 2020-2021.
- Norma AS9100D: requisitos para el área comercial. Al emplearse el estándar aeroespacial, se hará énfasis en las cláusulas aplicables al proceso comercial, que es el área seleccionada para el estudio.

## 2. MARCO TEÓRICO.

A lo largo de este capítulo se describe la literatura que sustenta a la presente investigación. Se desarrolla cada subtema como un aspecto vital para el estudio, mostrando la teoría importante que se ha desarrollado en el pasado por diversos autores y que tiene relación con el estudio.

Entre los temas descritos a continuación se encuentran las herramientas de Lean Manufacturing, Six Sigma y el reciente tema que une a ambas: Lean Six Sigma; siendo estas herramientas primordiales para la investigación, dada su aplicación pura.

Se hace referencia también a las normativas que rigen los sistemas de gestión de la calidad, para ser más precisos, el estándar aplicable a las industrias de aviación, espacio y defensa, siendo este el sector de aplicación del estudio.

Además, se menciona la literatura que habla de la sinergia entre Lean Six Sigma y los sistemas de gestión, como un antecedente que prueba la factibilidad la investigación y sirve como referencia para una prospección de resultados.

A manera de conocer el sector de aplicación, se menciona lo que es el sector aeroespacial y la industria de la automatización, sin dejar de lado el enfoque al cliente y medición de la satisfacción.

Finalmente, el Estado del Arte corresponde a una recopilación de diversas investigaciones relacionadas con “Integración De Lean Six Sigma A Un Sistema De Gestión De La Calidad Aeroespacial Como Herramienta Competitiva En La Industria De La Automatización”.

### 2.1 Lean Six Sigma.

A través de Six Sigma se ofrecen productos y servicios que cumplen y exceden las expectativas de los clientes o usuarios finales y simultáneamente reducen la inversión de tiempo, dinero y recursos, es decir, con menos entradas se logran mejores salidas (Adina-Petruța y Roxana, 2014).



Por otra parte, la aplicación de herramientas Lean favorece a la organización de los sistemas, reduce desperdicios como esperas, espacio, transporte, sobreproducción e inventario y además de reducir defectos, proporcionan un mejor y más organizado ambiente (Garre, Nikhil, Shashank, Harish y Dheeraj, 2017).

A pesar de que tienen un enfoque distinto, Lean Manufacturing y Six Sigma se combinan para aprovechar los beneficios de ambas. A continuación, se describe cada metodología a detalle.

### **2.1.1 Lean Manufacturing.**

El concepto principal de la manufactura esbelta (Lean manufacturing) es incrementar la satisfacción del cliente el con mínimo desperdicio, es decir, buscando reducir los recursos que no proporcionan valor agregado, incluyendo espacio, materiales, equipos y mano de obra; optimizando además el flujo de materiales e información para eliminar defectos y retrabajos (Garre et al., 2017).

De acuerdo con Villaseñor y Galindo (2009), se tiene una clasificación de siete desperdicios, como se muestran en la tabla 2.1.

*Tabla 2.1 Siete desperdicios.*

Tipo de desperdicio.	Descripción.
Sobreproducción.	Producir los artículos antes de que sean requeridos por el consumidos; esta actividad agrega además costos de almacenamiento hasta que exista una orden de compra del cliente.
Espera.	Desperdicio de tiempo al esperar máquinas, materiales, herramientas, información, entre otros; se vuelve tiempo muerto para los operarios de producción.
Transporte innecesario.	Es el movimiento no necesario de las partes durante la producción, que retrasa el flujo y podría causar daños a los componentes.

Tipo de desperdicio.	Descripción.
Sobre procesamiento.	El sobre procesamiento o procesamiento incorrecto, es producir aun cuando los requisitos no están definidos; implica actividades no necesarias que encarecen la producción.
Inventarios.	Tener almacenados materiales, producto en proceso o bien producto terminado causa costos al mantenerlo en resguardo, espacio para guardarlo, además aumenta el riesgo de daños y obsolescencia.
Movimiento innecesario.	Es cualquier movimiento adicional no necesario de los operarios de producción que podría retrasar el proceso.
Productos defectuosos.	Es la producción de partes con errores. Implica el desperdicio total o la inversión de recursos para realizar las correcciones necesarias.

Los inicios de la manufactura esbelta tienen relación con Ford, que en 1908 logró fabricar el Modelo T (Villaseñor y Galindo, 2009). Entre sus aportaciones se encuentra la producción de partes intercambiables, la reducción de actividades por trabajador y la creación de la línea de ensamble al trasladar los automóviles a las estaciones de trabajo (Womack, Jones y Cuatrecasas, 2013).

En 1911 Ford logró disminuir el 90 por ciento del esfuerzo necesario para su ensamblaje mediante el flujo de trabajo, sin embargo, este método funcionaba con volúmenes grandes; en contraste, después de la Segunda Guerra Mundial, Taiichi Ohno y su equipo de trabajo, lograron mantener un flujo continuo con pequeñas cantidades de producción (Womack et al., 2013).

La historia del Sistema de producción Toyota inicia cuando en 1894 Sakichi Toyoda, para la producción de telares, inventó un mecanismo para detener el telar cuando se detectaba un problema (Villaseñor y Galindo, 2009).

Años después, en 1930 Sakichi junto con su hijo Kichiro iniciaron con Toyota Motor Company, haciendo novedosas aportaciones a la industria, ideas influidas por

Ford tras varias visitas de los japoneses a su planta, también con grandes aportes de Eiji Toyoda (sobrino de Sakichi) y Taiichi Ohno (Villaseñor y Galindo, 2009).

Hacia los años sesenta, el Sistema de Producción Toyota ya era una filosofía que hacía a la compañía sobrevivir, pues supo coordinar y unir sus ideas para trabajar sus técnicas de forma disciplinada, basándose en la mejora continua para disminuir los desperdicios de su proceso productivo (Villaseñor y Galindo, 2009).

El Sistema de Producción Toyota (Lean Manufacturing), está conformado por una serie de herramientas, éstas herramientas se agrupan de manera gráfica en la “Casa del Sistema de Producción Toyota”, como se ilustra en la figura 2.1, lo cual representa un sistema estructural fuerte en el que una línea débil, debilita todo el sistema (Villaseñor y Galindo, 2009).

Las características clave de la producción esbelta están en la mejora continua, haciendo énfasis en las actividades de valor agregado y evitando desperdicios (Kolberg y Zühlke, 2015).

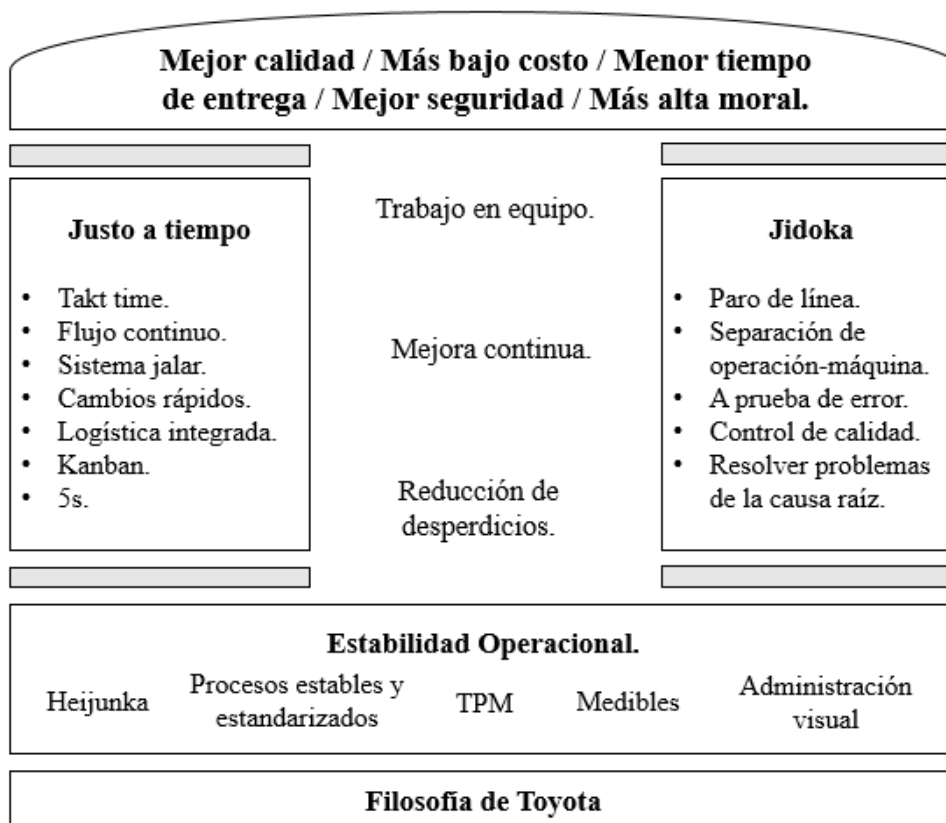


Figura 2.1 Casa del Sistema de Producción Toyota.

### 2.1.2 Six Sigma.

La metodología Six Sigma busca identificar los problemas de una organización que pueden, o no, ser aparentes; lo cual se logra a través de investigación, recolección de datos y toma de acciones apropiadas para reducir el número de errores que están costando tiempo, oportunidades, dinero e incluso clientes (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

Desde la perspectiva de la calidad, los problemas se resuelven una vez que se descubren, entonces, la información y datos históricos constituyen la base para la identificación de problemas y el inicio del proceso de mejora de la calidad (Titmarsh, Assad y Harrison, 2020).

Six Sigma fue desarrollado por Motorola en 1987, con el fin de reducir los defectos de sus productos electrónicos. Al pasar de los años las compañías han adoptado la metodología, que incluso se fue enriqueciendo hasta lo que es en la actualidad (Gutiérrez y Vara, 2018).

En la historia de Six Sigma, además de Motorola, otras dos organizaciones contribuyeron en su desarrollo: Allied Signal en 1994 y General Electric en 1995. Ambos casos de éxito se debieron al liderazgo firme y entusiasta de sus directivos (Gutiérrez y Vara, 2018).

Los resultados de la aplicación de Six Sigma en las organizaciones pioneras fueron: un ahorro de 1000 millones de dólares aproximadamente durante tres años y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988 para Motorola; Allied Signal ahorró más de 2000 millones de dólares entre 1994 y 1999; y General Electric alcanzó más de 2570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997-1999) (Gutiérrez y Vara, 2018).

Las compañías hacen uso de las herramientas de Six Sigma para mejorar sistemáticamente y eliminar la variación. La mejora en los procesos se logra a través de la estandarización de los procesos para la eliminación de efectos y fallas, lo que impacta directamente en la calidad de los productos; el costo del producto es menor con lo cual las ganancias son mayores (Pereira, Bento, Ferreira, Sá y Silva, 2019).

Según Gutiérrez y Vara (2018), un proyecto Six Sigma es llevado a cabo mediante una metodología robusta de cinco fases denominada DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve y Control) o DMAMC (por sus siglas en español: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Estas etapas se describen en la tabla 2.2.

*Tabla 2.2 Metodología DMAIC para un proyecto Six Sigma.*

Etapa.	Descripción.
Definir.	Primera etapa de la metodología, consiste en definir la problemática a tratar o marco del proyecto, de acuerdo con su afectación al cliente, así como describir los beneficios que se esperan obtener.
Medir.	Se evalúan las métricas del proyecto para tener un mejor entendimiento y determinar el estado actual de la problemática.
Analizar	Se analiza el estado del proceso para llegar a conocer las causas que generan la problemática.
Mejorar.	Consiste en aplicar las estrategias de solución para lograr los objetivos propuestos.
Controlar.	La última etapa de la metodología consiste en diseñar un sistema funcional para mantener las soluciones implementadas y resultados obtenidos.

Entre sus beneficios, Six Sigma busca asegurar la mejora, formar equipos para maximizar esfuerzos, proporcionar estrategias de negocios alineadas a la mejora y acelerar resultados (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

La meta de Six Sigma se convierte en transformar la producción en un proceso que haga uso de soluciones estadísticas y análisis de datos para la solución de problemas (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

Los roles de los expertos en Six Sigma se identifican mediante cinturones de colores que representan el nivel y conocimiento para la implementación de la metodología; las características y actividades de acuerdo con Gutiérrez y Vara (2018) se muestran en la tabla 2.3.

*Tabla 2.3 Roles Six Sigma.*

Rol.	Descripción.
Campeones (Champions).	Son directivos y dueños del problema, responsables de garantizar el éxito del proyecto. Requieren liderazgo, entusiasmo, capacidad administrativa y dominio de DMAIC.
Cintas negras (Black Belt).	Son expertos en Six Sigma que se dedican de lleno a los proyectos, entre sus actividades está asesorar, liderar y mantener la mejora continua.
Cintas verdes (Green Belt).	Son personas dedicadas en tiempo parcial a los proyectos, expertos en Six Sigma, con capacidad de dar seguimiento y trabajar en equipo.
Cintas amarillas (Yellow Belt).	Son participantes del proyecto por su conocimiento en el problema, con conocimientos básicos en Six Sigma.

La metodología Six Sigma requiere el involucramiento de la alta dirección para ser exitosa; es necesario que los colaboradores entiendan la importancia de la calidad para la compañía y se sientan motivados ante la implementación de Six Sigma (Pereira et al., 2019). En este sentido, el proceso Six Sigma traduce el conocimiento en oportunidades para expandir los negocios (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

### **2.1.3 Lean y Six Sigma.**

En años recientes, las metodologías Lean y Six Sigma se aplican y estudian como una sola, a pesar de que han surgido como flujos separados de pensamiento para la mejora de operaciones (Lameijer et al., 2017). No son filosofías en competencia y se combinan en un solo concepto para maximizar los beneficios de ambos enfoques (Jacobs, 2015).

A través la implementación de Lean Six Sigma, se pueden alcanzar prácticas estables de gestión mediante una identificación y evaluación continua para la mejora, dando buenos resultados organizacionales y reducción de desperdicio en los procesos (Tenera y Pinto, 2014).

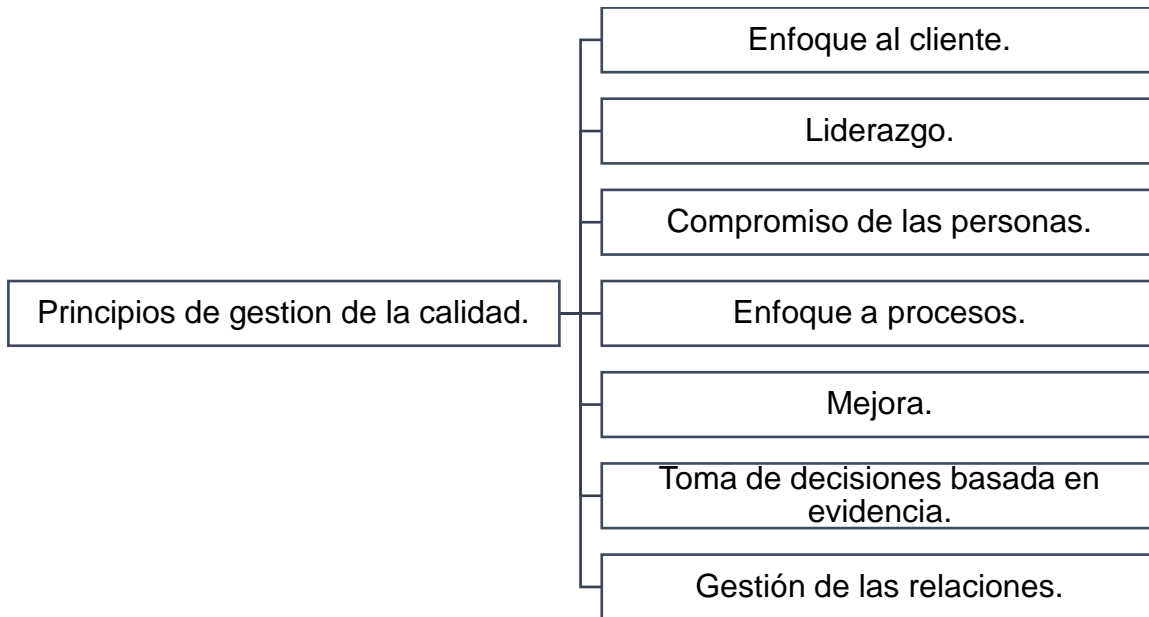
## **2.2 Normativas.**

Los estándares de trabajo son necesarios para mejorar la eficiencia de los procesos mediante procedimientos de operación. Estas implementaciones permiten incrementar la productividad de los procesos (Garre et al., 2017).

Los estándares de calidad ISO establecen los requisitos de los sistemas de gestión de calidad de las compañías, (AS en el caso de las industrias de giro Aeroespacial) aplicando los principios de la calidad: enfoque al cliente, liderazgo, compromiso de las personas, enfoque a procesos, mejora, toma de decisiones basada en evidencia y gestión de las relaciones (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

La capacidad de las empresas para obtener certificaciones en estándares internacionales para garantizar el nivel de calidad de sus productos es pieza clave para destacar dentro de la industria aeroespacial (Poom y León, 2019).

Existen siete principios básicos de gestión de la calidad se acuerdo a las normativas ISO9001 versión 2015 y AS9100 versión D, tal como se muestra en la figura 2.2.



*Figura 2.2 Principios de gestión de la calidad.*

La normativa AS9100 requiere de la identificación y trazabilidad de los productos aeroespaciales, esto de acuerdo al nivel crítico de los diferentes componentes. Las estructuras de productos o servicios son necesarias para cumplir con esta trazabilidad de requerimientos y procesos (Tekin, 2014).

Cabe destacar que, tanto la norma ISO9001 2015 como AS9100 D están basadas y pueden aplicarse mediante el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), como se muestra en la figura 2.3, donde los números en paréntesis representan las secciones aplicables de las normas.



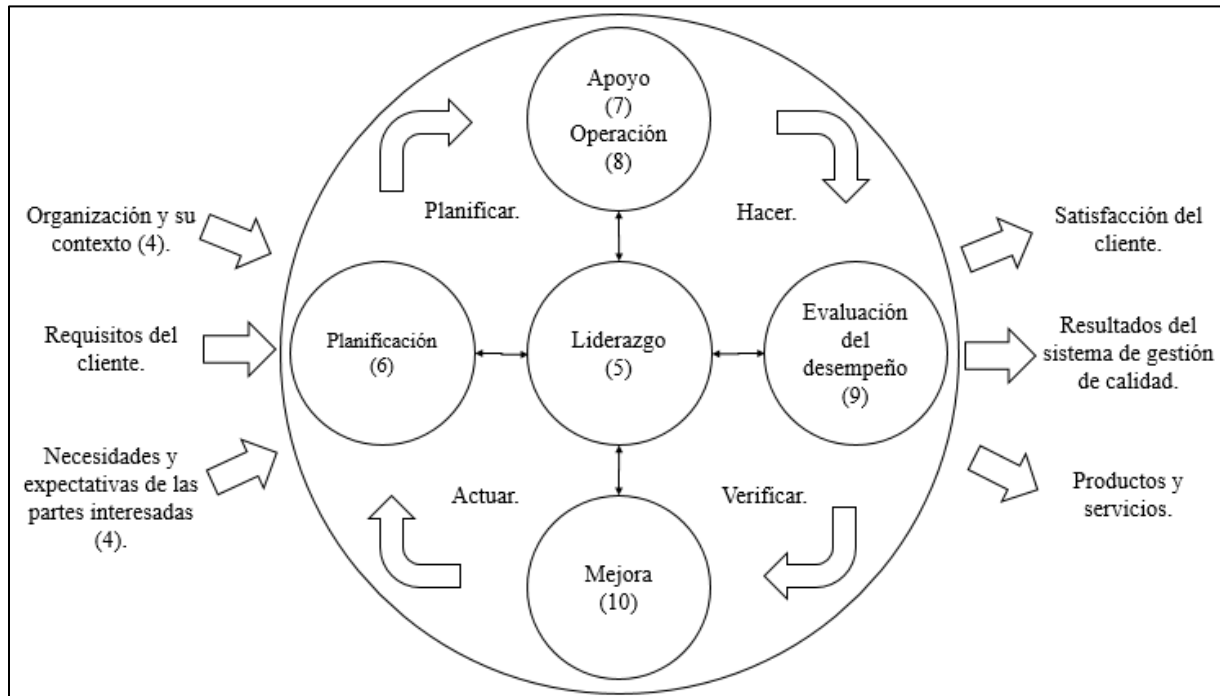


Figura 2.3 Ciclo PHVA en Sistemas de Gestión de Calidad.

Las etapas del ciclo PHVA se describen en la tabla 2.4, de acuerdo a las normas ISO9001:2015 y AS9100 D.

Tabla 2.4 Ciclo PHVA.

Etapa.	Descripción.
Planificar.	En esta etapa se describen los objetivos, se identifican riesgos y oportunidades y se definen los recursos necesarios para abordar el proceso.
Hacer.	Corresponde a ejecutar lo planificado e la etapa anterior.
Verificar.	Consiste en revisar las actividades realizadas para evaluar el buen funcionamiento.
Actuar.	Es la etapa en las que se toman decisiones para mejorar.

### **2.3 Lean Six Sigma y Sistema de Gestión de la Calidad.**

El utilizar de manera simultánea los beneficios de Lean Six Sigma y los sistemas de gestión de calidad, juega un papel importante en el desarrollo y éxito de las organizaciones (Adina-Petruța y Roxana, 2014). La efectividad en aplicación de Six Sigma y la gestión de la calidad puede ayudar a mejorar un posicionamiento competitivo con enfoque en la eficiencia interna de los procesos, liderazgo o estrategias de diferenciación (Malik y Blumenfeld, 2012).

Lean Six Sigma es popular por promover la mejora de sistemas, procesos o entidades; mientras que los sistemas de gestión de calidad basados en estándares ISO fomentan a las organizaciones a adoptar distintas formas de mejora para tener mayor capacidad de lograr los requerimientos de los clientes y otras partes interesadas, así como perfilarse para cubrir futuras necesidades y expectativas (Marques, Meyrelles, Saraiva y Frazão-Guerreiro, 2016).

Los sistemas de gestión basados en ISO9001 o su derivado AS9100 por sí mismos no garantizan el éxito para una empresa ni el cumplimiento de los requerimientos de sus clientes, se requiere de la aplicación de técnicas de control de calidad, pero con el paso del tiempo se han desarrollado otras metodologías, conceptos y herramientas para la gestión de la calidad, que pueden implementarse como complementarias (Aleksandrova, Vasiliev y Alexandrov, 2019).

Al explorar las compatibilidades entre Six Sigma y los sistemas de gestión de calidad ISO, ambos enfoques pueden ser combinados para alcanzar nuevos beneficios (Marques, Requeijo, Saraiva y Frazão-Guerreiro, 2013), es decir, que pueden formar una sinergia que asegure mejores resultados (Yadav, Shankar y Singh, 2020), puesto que comparten varios principios, pero tienen diferentes propósitos (Marques et al., 2013).

Mientras Six Sigma está orientado a los beneficios económicos a través del enfoque al cliente, los sistemas de gestión buscan mejorar los procesos existentes para la satisfacción del cliente. Los dos objetivos son compatibles y complementarios (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

Adicionalmente a los sistemas de gestión, Six Sigma enfatiza en el pensamiento estadístico, haciendo uso de métodos estadísticos para evaluar los procesos y mejorarlos al reducir defectos y fallas (Adina-Petruța y Roxana, 2014). Cabe mencionar que Lean Manufacturing también puede aportar a los sistemas de gestión, por ser una metodología con iniciativas de enfoque a la mejora, al eliminar desperdicios e incrementar la satisfacción del cliente (Khalili, Ismail y Karim, 2017).

Al aplicar un sistema de gestión de calidad, se considera que Six Sigma puede aportar a identificar las herramientas y técnicas a utilizar para el desarrollo, implementación, mantenimiento y mejora del sistema (Marques et al., 2013).

Por ejemplo, en el estándar ISO, no se especifican requerimientos explícitos para reducir desperdicios, sin embargo, es de gran ayuda para estandarizar el trabajo y lograr mejoras desde la aplicación de metodologías de solución de problemas, en este caso un aprovechamiento de proyectos DMAIC, se podría utilizar para fijar esfuerzos en incremento de mejoras (Marques et al., 2016).

La compatibilidad en la combinación de Six Sigma y los sistemas de gestión está en la documentación bien estructurada de procesos (véase descripción y partes de un proceso en figura 2.4 (ISO9001 2015 y AS9100 D)), procedimientos explícitos, tareas claramente definidas, indicadores y metas alcanzables (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

Otros factores en común son la estrategia de negocios, compromiso y liderazgo, programas de entrenamiento enfoque al cliente gestión de la información y datos, mejora continua, cultura de la estructura y clima organizacional, empoderamiento, trabajo en equipo, gestión de procesos, comunicación y colaboración, así como uso y desarrollo de la capacidad y actitud de las personas (Prabhushankar, Devadasan, Shalij y Thirunavukkarasu, 2009).

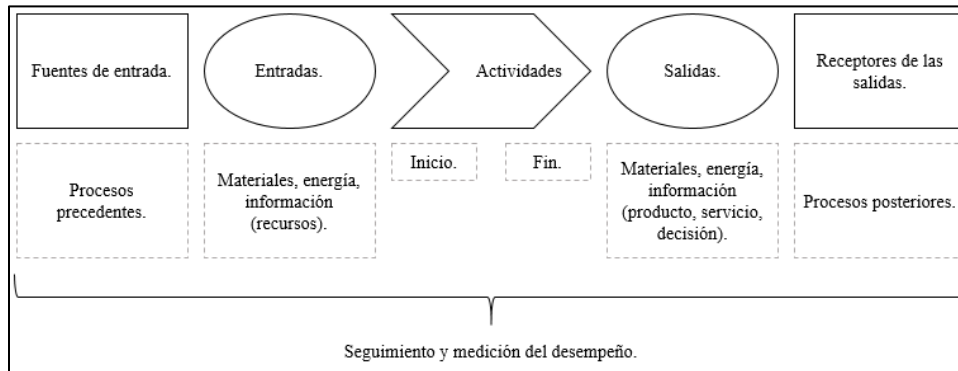


Figura 2.4 Elementos de un proceso.

## 2.4 Sector Aeroespacial e Industria de la Automatización.

La creciente demanda de productos aeroespaciales y la competencia en esta industria requiere productos de alta calidad. A su vez, la complejidad de este tipo de productos requiere procesos productivos y cadenas de suministro robustas (Tekin, 2014).

La apertura en la economía mexicana ha propiciado el contacto con grandes industrias como la Aeroespacial, que a partir de su adopción se ha visto una rápida adaptación a la innovación y tecnología, aumentando las capacidades de la región otorgando así una ventaja competitiva (Chávez, 2018).

El clúster aeroespacial más importante del país se encuentra en Sonora, donde se llevan a cabo procesos como fundición, mecanizado y manufactura de componentes (Chávez, 2018).

La naturaleza de la industria aeroespacial demanda un alto grado de sofisticación, innovación tecnológica y capacitación permanente de las personas, además de alto grado de sensibilidad por ser un sector del que dependen vidas humanas (Vázquez y Bocanegra, 2018).

De acuerdo con Chávez, (2018), entre las ventajas competitivas de México y en específico Sonora se encuentran: ubicación geográfica de fácil acceso, mano de obra calificada y bajos costos de operación, además de verse favorecido el sector por el Tratado de Libre Comercio y apoyos gubernamentales para el desarrollo de la industria.

Dichos beneficios han permitido al Estado de Sonora posicionarse en un sitio destacable para el sector para mantener y aumentar la relación con la industria aeroespacial (Chávez, 2018).

A partir de los resultados de una investigación realizada en 2013 por la Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología, acerca de la distribución de la industria aeroespacial en México, se puede observar que el Estado de Sonora tenía la mayor cantidad de empresas del sector (Vázquez y Bocanegra, 2018). Información mostrada en la figura 2.5.

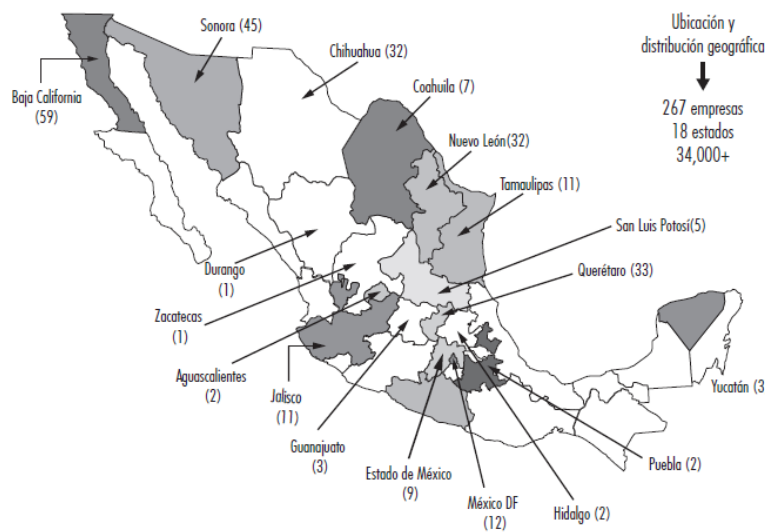


Figura 2.5 Distribución Industria Aeroespacial en México.

Basado en los resultados de la investigación de Poom y León (2019), algunas de las estrategias clave para el auge de la industria aeroespacial en Sonora son la segmentación del mercado a ciertos componentes como turbinas, mejora de la calidad de acuerdo con estándares internacionales, aplicación de un modelo de desarrollo de proveedores para dar participación a pequeñas y medianas empresas de la región y el diseño de estrategias de optimización tecnológica.

Dado que la industria aeroespacial se encuentra en un nivel emergente, lo anterior se vuelve una oportunidad a aprovechar para permitir el desarrollo regional (Poom y León, 2019).

Siguiendo los resultados de las estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas de TRADEMAP (2021), la participación de México en el

sector Aeroespacial es mundial. Países como Estados Unidos de América, Alemania y Reino Unido son los principales importadores de productos de este mercado provenientes de México. Datos del periodo 2016 al 2020 mostrados en la figura 2.6.

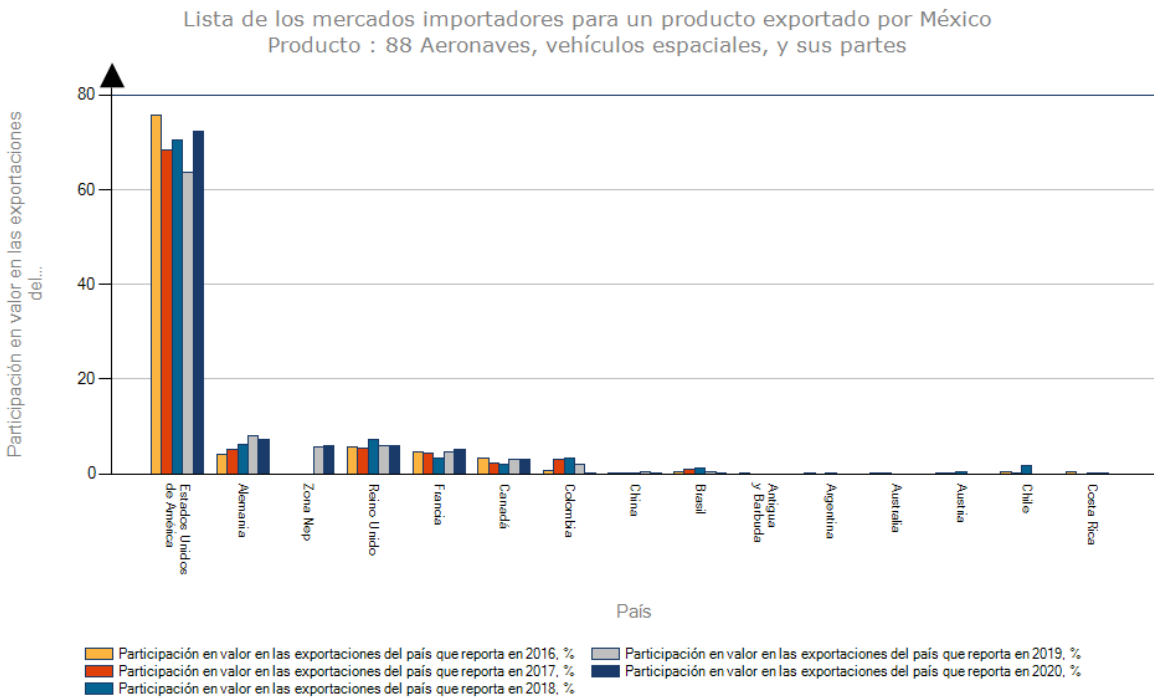


Figura 2.6 Porcentaje de exportaciones de productos aeroespaciales desde México.

Por otra parte, en el contexto de la globalización, las compañías enfrentan cambios severos puesto que se vuelve complejo el predecir riesgos, requerimientos y demandas cambiantes. Conforme avanza la industria, los procesos cambian, desde procesos manuales hasta procesos completamente automatizados (Buergin, Minguillon, Wehrle, Haefner y Lanza, 2017).

Los nuevos procesos automatizados pueden incluir la idea de la producción lean para lograr la producción inteligente con procesos de mayor valor agregado (Kolberg y Zühlke, 2015).

Es posible evaluar el desempeño de los procesos automatizados mediante indicadores entre los que se encuentran el costo de inversión, calidad de los productos

obtenidos, tiempo de procesamiento y las variantes de los productos a ser producidos (Buergin et al., 2017).

Los proyectos de automatización no son económicos, sin embargo, las compañías requieren incrementar su capacidad tecnológica para lograr cumplir con los requerimientos del mercado (Russell, 2010).

La manufactura inteligente promete un futuro de producción personalizada mediante procesos automatizados, ofreciendo además costos competitivos. Los estándares seguidos por las industrias les proporcionan un fundamento sólido para poder desarrollar soluciones automatizadas (Lu, Xu y Wang, 2020).

## **2.5 Enfoque al Cliente.**

La situación actual de la economía exige a las organizaciones proponer soluciones rentables para tener ventaja competitiva (Tenera y Pinto, 2014). Hay tres pilares clave de la calidad, los cuales son: el cliente, el empleado y el proceso. Al ser el cliente quien define la calidad del producto o servicio de ello parte la toma de decisiones (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

Las compañías no están solamente orientadas a los productos, toman en cuenta las necesidades y satisfacción de los clientes, las cuales están continuamente incrementando la demanda en cuanto a calidad, velocidad y precios, forzando a las compañías a tener una producción más eficiente (Pereira et al., 2019)

Según lo indican las normativas ISO9001 2015 y AS9100 D, las organizaciones deben demostrar compromiso y liderazgo respecto al cliente, manteniendo un enfoque que permita determinar, comprender y cumplir los requisitos. También identificar y considerar los riesgos y oportunidades respecto a la satisfacción del cliente; así como mantenerse en constante aumento de la satisfacción de los clientes.

Las tendencias en la industria actual requieren de la pronta respuesta de las organizaciones en la competencia del mercado y la satisfacción del cliente recibe a su vez mayor atención (Titmarsh et al., 2020).

El desafío consiste en el incremento de la demanda de los clientes y las variantes en los productos y servicio. Para mantener la competitividad, las compañías deben ser flexibles para adaptarse a las condiciones cambiantes (Buergin et al., 2017).

Las empresas requieren de la implementación de metodologías de gestión que les permita mejorar las características de sus productos y servicios, disminuir costos y aumentar la satisfacción (Tenera y Pinto, 2014).

## **2.6 Medición de la Satisfacción.**

Por requisito de los estándares de la calidad ISO9001 2015 y AS9100 D, las organizaciones deben dar seguimiento al grado en que se cumplen las necesidades y expectativas de los clientes. Es posible realizar este seguimiento mediante técnicas como solicitud de retroalimentación, encuestas, evaluación de permanencia, recomendaciones, agradecimientos y felicitaciones, garantías utilizadas, entre otros factibles de acuerdo con el tipo de producto/ servicio y cliente.

Una forma de evaluación es también el uso de indicadores clave de rendimiento KPI (por sus siglas en inglés Key Performance Indicators), para mostrar información clave del proceso y en este caso, de los procesos que intervienen directamente con el cliente y su satisfacción.

La satisfacción del cliente en las etapas del producto o servicio pueden calcularse mediante la metodología Six Sigma para obtener los mejores resultados (Pereira et al., 2019). De esta manera, utilizando una combinación de herramientas Six Sigma, los indicadores clave de rendimiento (KPI) permiten visualizar el estatus de los procesos para tomar decisiones informadas y acordes a las tendencias actuales logrando la meta global de reducción de desperdicios (Titmarsh et al., 2020).



## 2.7 Estado del Arte.

Se realiza un análisis de las investigaciones consultadas como referencia, cuyo contenido está relacionado con el tema de esta tesis; a continuación, se muestra un resumen de su aplicación y resultados obtenidos.

- Lean Six Sigma:

Un estudio importante que consistió en la aplicación de la manufactura esbelta en la industria aeroespacial demuestra que, aunque la manufactura esbelta se desarrolló originalmente para la industria automotriz, la industria aeroespacial y otras empresas de fabricación también pueden aplicar estos principios para obtener mejoras en la eficiencia de la producción. Entre los resultados obtenidos en este estudio estuvieron: reducción de movimientos y esperas en un proceso, mejor ambiente de trabajo, eliminación de material innecesario en el inventario, reducción de esperas entre procesos, reducción del transporte para promover el flujo continuo e identificación y clasificación de residuos. Además, se definieron estándares de trabajo para mejorar la eficiencia del proceso de fabricación mediante la creación de un procedimiento operativo estándar. Todas estas implementaciones llevaron al aumento de la productividad del proceso estudiado (Garre et al., 2017).

Según un estudio realizado al método DMAIC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Control) en Six Sigma como un enfoque para la resolución de problemas, proporciona una caracterización de los tipos de problemas para los que DMAIC es un método adecuado, pero también identifica problemas para los que puede resultar ineficaz. Una limitación es que la metodología es estrecha y no aprovecha el conocimiento específico del dominio de la tarea, además se omite una guía estratégica para asegurar la eficiencia de la búsqueda de diagnóstico de problema, si no se tiene conocimiento en el método este paso puede resultar complejo. Entre las fortalezas del método están las técnicas estadísticas y la estructuración para solución de problemas. Se recomienda que quienes adopten el método deben ser conscientes de sus posibles limitaciones (De Mast y Lokkerbol, 2012).

Una investigación realizada propone el uso de Six Sigma desde la perspectiva de la Industria 4.0; se estudia la influencia de las tecnologías de la información y la comunicación y su relación con Lean Six Sigma. Como resultado se concluyó que el uso de una combinación de herramientas Six Sigma, indicadores clave de rendimiento y los elementos de la Industria 4.0 le da a la organización una perspectiva para conocer el estado de la producción y tomar decisiones informadas (Titmarsh et al., 2020).

En 2015, un estudio evalúa el impacto cultural de Lean Six Sigma y el éxito empresarial mediante un análisis científico que relaciona los aspectos culturales y de liderazgo de la metodología, para comprender la importancia, analizar relaciones de causa y efecto y obtener conocimientos más profundos sobre la metodología. Se examinan las relaciones e impactos entre cinco variables: Lean Six Sigma, cultura corporativa, cultura nacional, estilo de liderazgo y éxito corporativo para llegar a un modelo consistente. Se obtiene como resultado que la cultura corporativa y los estilos de liderazgo tienen el mayor impacto en la implementación exitosa de Lean Six Sigma y éxito empresarial (Jacobs, 2015).

La investigación denominada “una revisión de los factores críticos de éxito para la implementación exitosa de Lean Six Sigma y Six Sigma en pequeñas y medianas empresas” busca los factores críticos de éxito que condicionan el éxito de la implementación de Lean Manufacturing y Six Sigma en pequeñas y medianas empresas, así como las diferencias con respecto a las grandes organizaciones. Como parte de los resultados obtenidos, se afirma que el compromiso de la alta dirección y la vinculación de Six Sigma con la estrategia empresarial son los factores críticos de éxito de máxima prioridad, además que es necesario para desarrollar un buen plan de comunicación y vincular Six Sigma con los clientes (Stankalla et al., 2018).

Se realizó una investigación para evaluar la calidad y utilidad de Lean Six Sigma en el ámbito académico y profesional. Se encontró que la orientación ofrecida es esquemática y describe en términos generales lo que debería lograrse, pero no ofrece ofertas específicas y asesoramiento operativo sobre cómo llegar. Se concluye además que la evaluación de la calidad y el asesoramiento para implementar Lean Six Sigma son necesarios como un apoyo. El estudio señala una importante necesidad de

conocimientos científicos en el proceso de implementación y una literatura académica con el desarrollo y prácticas en campo para maximizar su impacto (Lameijer et al., 2017).

De acuerdo con un artículo publicado en 2014, se propone un modelo de mejora de la gestión de proyectos Lean Six Sigma, integrando un conjunto ampliado y adaptado de herramientas estadísticas acorde a las variables y los procesos involucrados en su aplicación. Con la mejora implementada en el modelo se abordaron de manera efectiva las acciones, priorizando los problemas y soluciones a implementar para mantener la mejora continua de los procesos en una organización (Tenera y Pinto, 2014).

Un estudio realizado que involucra la manufactura esbelta en automatización ofrece una perspectiva interesante de aporte a la industria 4.0, puesto que introduce el concepto Lean Automation, que se refiere a optimizar la tecnología de automatización al reducir su complejidad y evitar los pasos del proceso que no crean valor mediante la integración de la manufactura esbelta. La automatización representa una oportunidad en la industria y al considerar estrategias de ahorro se vuelve una opción aún más prometedora (Kolberg y Zühlke, 2015).

- Lean Six Sigma y los sistemas de calidad.

Se realizó un análisis que consistió en el uso simultáneo e integrado de Six Sigma con los sistemas de gestión de la calidad ISO 9000, aplicado en una institución de nivel superior, para la mejora continua, desarrollo de la institución y calidad, enfocado al cumplimiento de metas como competitividad, innovación y desempeño. Como resultados obtenidos se presenta que los beneficios de Six Sigma e ISO 9000 juegan un papel importante en el desarrollo y éxito de una organización (Adina-Petruța y Roxana, 2014).

De acuerdo a un estudio que trata acerca de la integración de la gestión de calidad y tecnologías digitales realizado en 2019, se menciona que los sistemas de gestión no garantizan por sí mismos el éxito y ni el cumplimiento de todos los requisitos de los clientes, se propone entonces la adición de herramientas, como lo son los métodos existentes para el control de calidad e incluidas también las nuevas tecnologías digitales que faciliten el control de los procesos. (Aleksandrova et al., 2019).

Una investigación realizada en 2017 menciona que las prácticas Lean mejoran los sistemas de calidad y son compatibles con ISO 9001. Ambas son iniciativas claras con meta en la mejora de efectividad y eficiencia. Al integrar Lean Manufacturing a los sistemas de gestión de la calidad se puede mejorar al identificar y eliminar desperdicios, creando un mejor valor de los resultados hacia los clientes. (Khalili et al., 2017).

Se revisó una investigación que propone la integración de Lean Six Sigma e ISO 9001, argumentando el aprovechamiento popular que representa Lean Six Sigma en conjunto con el estándar ISO que busca la mejora de procesos y satisfacción de clientes y partes interesadas. (Marques et al., 2016).

Un estudio plantea que un modelo innovador de Six Sigma y los sistemas de gestión de la calidad pueden resultar en beneficios combinados, además de apoyar a las organizaciones a lograr consistencia en sus operaciones y resultados, facilitando la transición de una compañía con aseguramiento de la calidad hacia una compañía de clase mundial. (Prabhushankar et al., 2009).

- Industria Aeroespacial:

En cuestión de la industria aeroespacial en el Estado de Sonora, se realizó un estudio que indica que se ha tenido una apertura económica en México, misma que ha permitido el desarrollo de esta industria, especialmente a partir del 2003. Particularmente en Sonora se ha establecido un clúster importante dedicado a actividades como fundición y mecanizado. Los factores que han favorecido al Estado en este sentido son su posición geográfica, mano de obra, bajos costos operativos y el Tratado de Libre Comercio. No obstante, se menciona que es importante mantener las condiciones a través de estrategias que permitan incrementar la relación que se ha formado con la industria Aeroespacial. (Chávez, 2018).

Se llevó a cabo una investigación que caracteriza a las empresas aeroespaciales en el Estado de Sonora, de acuerdo a sus actividades, factores de localización, redes y actividades promotoras, concluyendo en resaltar la necesidad de fortalecer dichos componentes clave para el desarrollo de la industria. (Poom y León, 2019).

En un artículo publicado en 2018 se describe la industria aeroespacial en México, específicamente en Sonora. Mencionando las ventajas del Estado y características que han propiciado su establecimiento. (Vázquez y Bocanegra, 2018).

- Automatización de procesos:

En un estudio denominado “automatización inteligente de procesos y sistemas de fabricación” se encontró que los estándares de automatización proporcionan una sólida base para el desarrollo de soluciones de fabricación inteligentes. En este sentido, la automatización de procesos se puede acelerar mediante la difusión, adopción y mejora de los estándares, impulsado por las necesidades y sobre todo enfocándose en satisfacer la demanda cambiante. Gracias a la automatización es posible lograr la producción masiva de productos personalizados a través de operaciones de fabricación automáticas con precios competitivos (Lu et al., 2020).

En un estudio para calificar la efectividad de los sistemas de automatización industrial, se describe la evaluación del diseño y satisfacción de la automatización. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede obtener una calificación de satisfacción para proyectos de automatización de acuerdo con varios factores a considerar para la organización que desea aplicarlos. Dichos factores deben de considerarse por las empresas para emplear este tipo de tecnologías (Russell, 2010).

Se realizó un estudio para desarrollar un método para dar trazabilidad a la estructura del producto en la industria aeroespacial a través de un sistema de gestión de datos de fabricación en toda la cadena de suministro. Con este nivel de seguimiento del producto es posible dar trazabilidad a todos los componentes del producto terminado y a lo largo de las etapas de fabricación, incluida toda la cadena de valor. Gracias a un nivel de seguimiento detallado y disponibilidad de la información se facilitan las revisiones y modificaciones requeridas de manera rápida y precisa (Tekin, 2014).

- Medición de la satisfacción:

En el artículo “demostración de un concepto para la automatización sistemas de ensamble en una fábrica” se introduce y aplica el concepto de automatización para el diseño de líneas de montaje; El cambio del nivel de automatización a lo largo del tiempo

se basa en una evaluación antes y después del desempeño del impacto de los impulsores del cambio, para hacer notorio el cambio y beneficios obtenidos. Se emplearon además indicadores clave de rendimiento (KPI) relacionados con los costos y requisitos de calidad para evaluar el desempeño (Buergin et al., 2017).

En 2019 se realizó un estudio en una empresa que fabrica autopartes, con el objetivo analizar el indicador clave de rendimiento (KPI) satisfacción del cliente en el diseño y etapas de desarrollo del producto para obtener siempre el resultado óptimo. La satisfacción del cliente se calculó utilizando la metodología DMAIC, estableciendo los límites, de manera que, si hay una alerta por incumplimiento de estos límites, se pueden tomar medidas correctivas y preventivas para que no haya recurrencia del problema. De acuerdo con los resultados obtenidos, fue posible identificar la recurrencia de los problemas y conocer las causas para realizar los cambios o mejoras en los procesos (Pereira et al., 2019).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS.**

En este capítulo, se describe la metodología a seguir para lograr la integración de Lean Six Sigma y el Estándar Aeroespacial AS9100D: Sistemas de Gestión de la Calidad – Requisitos para las Organizaciones de Aviación, Espacio y Defensa y su aplicación práctica en una organización de giro Aeroespacial, específicamente en el proceso comercial, para incrementar la eficiencia del proceso mediante las herramientas asociadas previamente.

Se destaca que, el desarrollo de la presente metodología se llevará a cabo mediante una investigación aplicada transversal de tipo descriptiva, la cual se detalla a continuación.

#### **3.1 Caracterización del Trabajo.**

El proyecto se llevará a cabo en una empresa del sector Aeroespacial que se dedica a la automatización de procesos. La organización ofrece servicios de programación de robots, soldadura robótica y programación de PLC (Programmable Logic Controller), para la integración de equipos automatizados en empresas que se dedican a la producción de partes para industrias de diferentes sectores, como automotriz, aeroespacial, electrodomésticos, salud, minería, entre otros.

Se pretende implementar el proyecto en una de las áreas de la organización, siendo el proceso comercial el proceso en estudio. Toda la información obtenida y presentada corresponderá a este proceso, mientras que los métricos corresponden a actividades comerciales enfocadas a la presentación de propuestas.

Se pretende analizar la efectividad de las propuestas que se presentan, por lo cual se evaluarán las mismas desde el tiempo que toman para analizarse, hasta la efectividad del seguimiento con cliente y asignación del proyecto.

La información a analizar corresponde a proyectos del periodo Enero a Octubre 2021 de la organización, por lo cual se tomará una muestra aleatoria representativa de la población para analizarla posteriormente. Se hará uso del muestreo aleatorio simple con números aleatorios creados desde una hoja de cálculo, donde el tamaño de la

muestra está dado por un diseño de esquema de muestreo con MIL STD 105E (véase anexo 1).

La información a evaluar se encuentra en procedimientos escritos e indicadores clave de rendimiento, así como en los registros de la organización, aunado a esto, se revisará el estándar Aeroespacial AS9100 y se evaluarán las cláusulas aplicables al proceso comercial: evaluación de los requisitos, enfoque al cliente y medición de la satisfacción, para determinar cumplimiento y se abordará el estudio mediante la metodología y herramientas Lean Six Sigma.

### **3.2 Desarrollo del Estudio.**

El presente estudio se clasifica como un proyecto de investigación aplicada, está enfocado a las áreas de oportunidad de una organización que serán abordadas mediante las metodologías Lean Six Sigma y el estándar Aeroespacial AS9100, aplicando los principios de investigación.

El presente estudio es de tipo descriptivo transversal por realizarse con información limitada a un determinado periodo de tiempo; por otra parte, las variables a considerar son variables cuantitativas, por lo cual las herramientas a aplicar corresponderán al análisis de variables cuantitativas y continuas.

Se procederá a clasificar cada proyecto de acuerdo al tiempo que toma la presentación de la oferta, con base en ello se podrán determinar las presentaciones en tiempo y tardías, siendo la entrega a tiempo un factor clave en Aeroespacial. Estos datos, son de tipo cuantitativo, en el cual la variable de entrega de propuestas en tiempo depende de las variables independientes como capacidad de los ejecutores, complejidad de la propuesta, requisitos del cliente, volumen de trabajo y actividades de seguimiento.

Para la clasificación de las propuestas se realizará una evaluación, tomando como referencia un parámetro de tiempo máximo dentro del cual una oferta se considera apropiada.



### 3.3 Análisis de Datos.

Una vez concluida la recolección de datos, es prescindible proceder a su análisis para determinar un punto de partida a abordar mediante una asociación factible de las herramientas en aplicación: Lean Six Sigma y Norma AS9100.

A continuación, se procederá a evaluar el estado actual del proceso en estudio (comercial) y se recolectarán los datos necesarios para identificar las problemáticas o áreas de oportunidad para abordar mediante las herramientas previamente asociadas.

El siguiente paso corresponde a la implementación de las herramientas y controles aplicables en el proceso comercial, derivados de la norma AS9100D y Lean Six Sigma, según aplique.

Algunas de las herramientas estadísticas de análisis a incluir como apoyo para la investigación son:

- Estadística descriptiva.
- Pruebas de hipótesis.
- Intervalos de confianza.

Una vez aplicadas las herramientas, es importante comparar la información del proceso antes y después, es decir comparar los resultados obtenidos con el punto de partida para identificar los beneficios obtenidos y es posible que nuevas áreas de oportunidad. Cabe destacar que es necesario también elaborar los correspondientes planes de acción para seguimiento.

Finalmente, se procederá a describir las conclusiones obtenidas, evaluar el cumplimiento de objetivos, confirmar el rechazo o no rechazo de las hipótesis y redactar las recomendaciones para proyectos futuros derivados del estudio presente.

La secuencia de actividades para la investigación se encuentra representada de forma gráfica en el diagrama mostrado en la figura 3.1, en el cual se especifica de manera general el procedimiento a seguir para el desarrollo del proyecto de investigación.

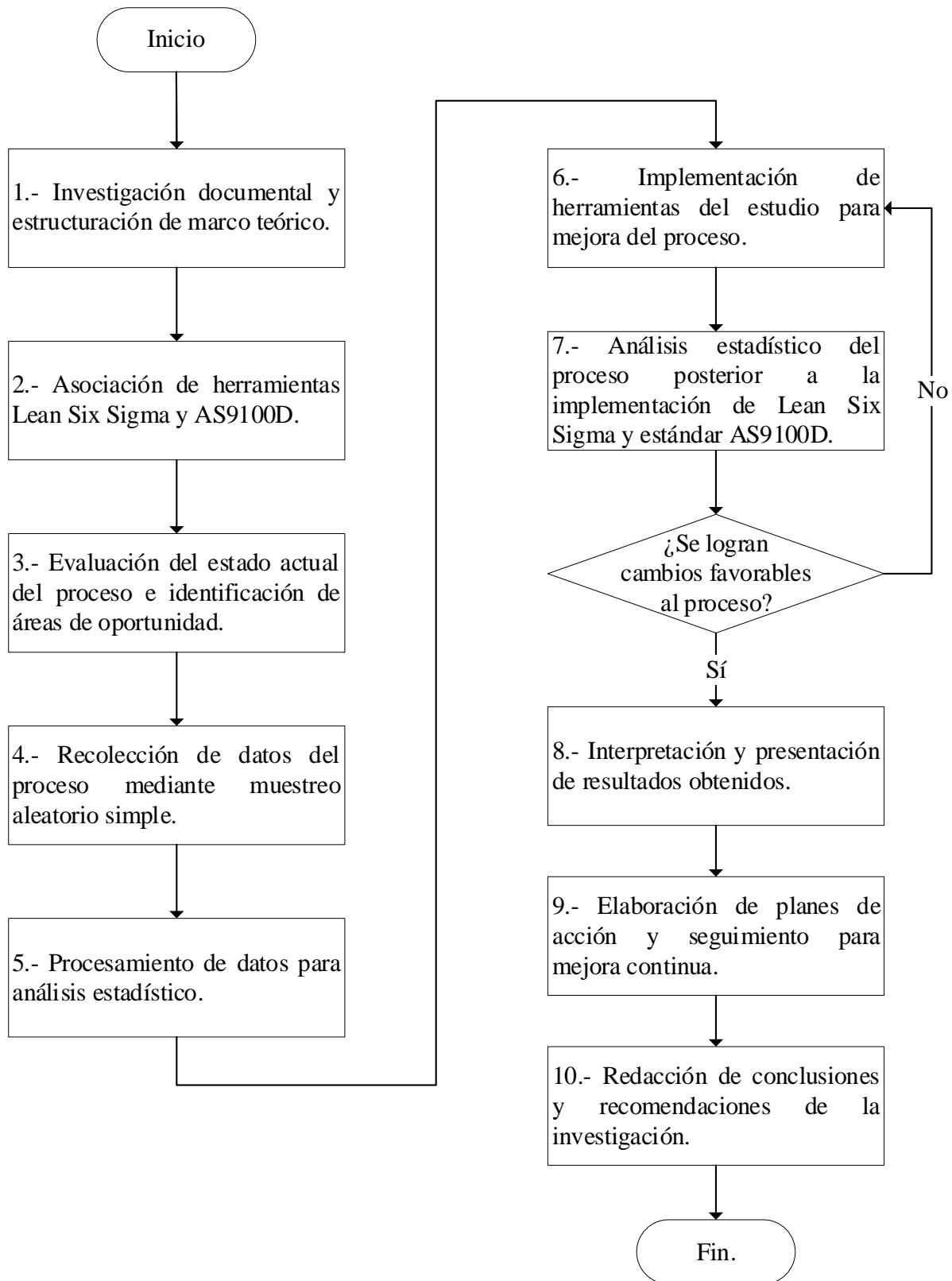


Figura 3.1 Diagrama de flujo de la investigación.

### 3.4 Materiales.

Para la realización efectiva del estudio son requeridos diversos materiales, mismos que se describen a continuación.

Equipo de cómputo (véase figura 3.2). Una computadora es necesaria como una herramienta indispensable para el registro digital de la información, procesamiento de los datos y búsqueda de recursos en red.



*Figura 3.2 Equipo de cómputo.*

Acceso a internet (véase ícono representativo en la figura 3.3). Este recurso es necesario para la búsqueda de información en red, así como para mantener la comunicación remota con los involucrados en la investigación.



*Figura 3.3 Ícono de internet.*

Programas de procesamiento digital de información para: edición de texto, presentación de información, creación de gráficos y hoja de cálculo. Véase figura 3.4.



*Figura 3.4 Programas de procesamiento digital de información.*

Buscadores de internet. Ejemplo mostrado en la figura 3.5. Se utilizan para agilizar la búsqueda de información en red.



Figura 3.5 Ejemplo buscador de internet.

Base de datos en internet. Se opta por realizar la búsqueda de material informativo en internet utilizando bases de datos confiables, como las mostradas en la figura 3.6.



Figura 3.6 Ejemplo bases de datos en internet.

Bases de datos de la compañía en estudio. Se obtendrán datos para analizar de los registros en bases de datos de la compañía en estudio. Ejemplificado en la figura 3.7.



Figura 3.7 Registros en base de datos.

Los materiales presentados son necesarios en la investigación para propiciar su ejecución, buen desempeño y seguimiento; son requeridos desde el planteamiento mismo, además de que aportarán a la documentación de manera escrita y gráfica para ser presentada en conjunto con los resultados obtenidos.

## 4. DESARROLLO Y RESULTADOS.

En el capítulo “Desarrollo y Resultados” se describe la aplicación de la metodología planteada en el capítulo 3. Se muestra el paso a paso de la implementación, así como los resultados obtenidos.

Se comienza por desarrollar la asociación de las metodologías en estudio (Lean Six Sigma y el estándar AS9100), para posteriormente aplicarlo a través de un proyecto DMAIC en el proceso comercial de una empresa Aeroespacial dedicada a la automatización de procesos. Todo el estudio está enfocado al logro de objetivos.

### 4.1 Asociación AS9100 D y Lean Six Sigma.

La asociación entre el estándar Aeroespacial AS9100D para sistemas de gestión de la calidad y las herramientas de Lean Six Sigma se describe mediante la tabla 4.1, mostrando las herramientas sugeridas para la implementación de ambos.

*Tabla 4.1 Herramientas de gestión de calidad y Lean Six Sigma.*

Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
4.1	Comprensión de la organización y su contexto.	Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas y plan de acción.
4.2	Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.	Matriz de partes interesadas, incluyendo requisitos legales y reglamentarios.
4.3	Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad.	Alcance descrito incluyendo los límites y la aplicabilidad.
4.4	Sistema de gestión de la calidad y sus procesos.	Procesos necesarios para el sistema de gestión de calidad. SIPOC.

Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
		Manual del sistema de gestión de calidad: partes interesadas, alcance, procesos, secuencia e interacción de procesos, responsabilidades y autoridades.
5.1	Liderazgo y compromiso.	Proceso de Negocio.
5.1.1	Generalidades del liderazgo.	Políticas de enfoque a la satisfacción del cliente.
5.1.2	Enfoque al cliente.	Tendencias de entregas a tiempo.
5.2	Establecimiento de la política de calidad.	Política de calidad.
5.3	Roles, responsabilidades y autoridades.	Rol/perfil de puestos de todos los cargos. Nombramiento del Representante de la dirección.
6.1	Acciones para abordar riesgos y oportunidades.	Evaluaciones de riesgos: AMEF
6.2	Objetivos de calidad y planificación para lograrlos.	KPI y plan de acción.
6.3	Planificación de los cambios.	Control y registro de cambios.
7.1	Recursos.	Presupuestos.
7.1.2	Personas.	Análisis de capacidad: distribución del trabajo.
7.1.3	Infraestructura.	Inventario.

Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
		Programa de mantenimiento de infraestructura y equipos.
7.1.4	Ambiente para la operación de los procesos.	Encuesta de ambiente laboral que incluya condiciones sociales, psicológicas y físicas.
7.1.5	Recursos de seguimiento y medición.	Registro del equipo de seguimiento y medición que incluya: tipo de equipo, identificación única, ubicación, método de calibración y verificación, frecuencia y criterios de aceptación. Procedimiento de uso y retirada de equipos de medición. Análisis del sistema de medición (repetibilidad y reproducibilidad).
7.1.6	Conocimientos de la organización.	Programa de capacitación y evaluaciones.
7.2	Competencia.	Expediente de competencias: exámenes, comprobantes de estudios, constancias de experiencia.
7.3	Toma de conciencia.	Inducción y entrenamiento a: política de calidad, objetivos, contribución a la eficacia del sistema de gestión, implicaciones de incumplimientos, información

Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
		documentada y sus cambios, conformidad de los productos, seguridad de los productos, comportamiento ético.
7.4	Comunicación.	Matriz de comunicación.
7.5	Información documentada.	Estructura documental. Procedimiento de control de información documentada y protección de datos. Lista maestra de documentos.
8.1	Planificación y control operacional.	Procedimiento de planificación.
8.1 y 8.4	Transferencia del trabajo.	Procedimiento para el control de la transferencia temporal y permanente del trabajo
8.1.1	Gestión de riesgos operacionales.	Procedimiento de gestión de riesgos y AMEF.
8.1.2	Gestión de la configuración.	Procedimiento gestión de la configuración.
8.1.3	Seguridad del producto.	Procedimiento seguridad del producto,
8.1.4	Prevención de piezas falsificadas.	Procedimiento prevención de piezas falsificadas.
8.2	Requisitos para los productos y servicios.	Procedimiento comercial:



Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
		Comunicación con el cliente, determinación, revisión y cambios de los requisitos (Voz del cliente).
8.3	Diseño y desarrollo.	Procedimiento de diseño: planificación, entradas, controles, salidas y cambios. Procedimiento de ensayo para verificación y validación del diseño.
8.4	Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente.	Procedimiento de compras. Criterios para la selección, evaluación y reevaluación de proveedores. Registro de proveedores que incluya estado y alcance de aprobación.
8.5	Producción y provisión del servicio.	Procedimiento de producción/prestación de servicios.
8.1 y 8.5	Plan de control con: requisitos, criterios, recursos y control.	Plan de control.
8.5.1.2	Validación y control de los procesos especiales.	Procedimiento de validación y control de los procesos especiales.
8.5.1.3	Verificación del proceso de producción.	Procedimiento de verificación.
8.5.1.3	Evidencia de inspección.	Inspección del Primer Artículo FAI

Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
8.5.2	Identificación y trazabilidad.	Registro secuencial de producción.
8.5.3	Propiedad perteneciente a los clientes o proveedores externos.	Identificación, verificación, protección y salvaguardo de la propiedad perteneciente al cliente o proveedor externo.
8.5.4	Preservación.	Requisitos de: prevención, detección y eliminación de objetos extraños (FOD), manipulación y almacenamiento, marcado y etiquetado, control de ciclo de vida y rotación de inventario, manipulación y almacenamiento
8.5.5	Actividades posteriores a la entrega.	Actividades postventa.
8.5.6	Control de los cambios.	Evidencia de control de cambios.
8.6	Liberaciones de los productos y servicios.	Evidencia de liberación de calidad.
8.7	Control de salidas no conformes.	Procedimiento de control de salidas no conformes.
9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación.	Gráficos de control de los procesos para evaluación del desempeño.
9.1.2	Satisfacción del cliente.	Retroalimentación con al menos: Conformidad de los productos y servicios, desempeño de entrega

Cláusula	Descripción.	Herramienta propuesta aplicable, incluidas Lean Six Sigma.
		a tiempo, reclamos, solicitudes de acciones correctivas.
9.1.3	Análisis y evaluación.	Análisis de datos de las salidas de los procesos.
9.2	Auditoría interna.	Procedimiento de auditoría interna. Plan, programa e informe de auditoría.
9.3	Revisión por la dirección.	Plan e informe de revisión por la dirección.
10.2	No conformidad y acción correctiva.	Procedimiento de no conformidades y acciones correctiva. Requisición de acción correctiva.
10.3	Mejora continua.	Procedimiento de mejora continua. Plan de mejora continua. Evento Kaizen.

## 4.2 Aplicabilidad de AS9100 en el Proceso Comercial.

De acuerdo al estándar Aeroespacial AS9100 D, las cláusulas aplicables a un proceso comercial están enfocadas al cumplimiento de los requisitos de los clientes. Derivado del análisis en la Tabla 4.1, en la Tabla 4.2 se describen los requisitos que estipula la norma directamente hacia el proceso comercial o de ventas y se muestra también la propuesta sobre cómo abordarlos haciendo uso de Lean Six Sigma.

Tabla 4.2 Métricos AS9100 y Lean Six Sigma

Métrico AS9100 D.	Propuesta de cumplimiento Lean Six Sigma.
<b>5.1.2 Enfoque al cliente.</b>	
Determinar, comprender y cumplir los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.	Identificación de parámetros de calidad críticos CTQ: voz del cliente.
Determinar y considerar los riesgos y oportunidades que pueden afectar a la conformidad de productos y servicios, así como su capacidad de aumentar la satisfacción del cliente.	Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).
Enfoque en el aumento de la satisfacción del cliente.	Plan de calidad.
Medir la conformidad del producto y servicio, el desempeño de la entrega a tiempo y tomar las acciones apropiadas si no se alcanzan los resultados previstos.	Recolección y análisis de datos para cálculo de métricas como DPMO y nivel Sigma.
<b>8.2.1 Comunicación con el cliente.</b>	

<b>Métrico AS9100 D.</b>	<b>Propuesta de cumplimiento Lean Six Sigma.</b>
Proporcionar al cliente la información relativa a los productos y servicios.	Diagrama de flujo del proceso. VSM.
Tratar las consultas, contratos o pedidos, incluyendo los cambios del cliente.	Criterios de especificación de los servicios.
Obtener retroalimentación relativa a los productos y servicios.	Seguimiento ante no conformidades y acciones correctivas.
Establecer los requisitos para las acciones de contingencia, cuando sea pertinente.	
<b>8.2.2 Determinación de los requisitos para los productos y servicios.</b>	
Asegurar que los requisitos para los productos y servicios se definen, incluyendo cualquier requisito legal y reglamentario aplicable y aquellos considerados necesarios.	Plan de auditoría. Plan de capacitación.
Asegurar que la organización puede cumplir con las declaraciones acerca de los productos y servicios que ofrece.	Diagrama de flujo del proceso. VSM.
Determinar los requisitos especiales de los productos y servicios.	Voz del cliente.
Identificar los riesgos operacionales (por ejemplo, nuevas tecnologías, habilidad y capacidad para suministrar plazos de entregas cortos).	AMEF.
<b>8.2.3 Revisión de los requisitos para los productos y servicios.</b>	

<b>Métrico AS9100 D.</b>	<b>Propuesta de cumplimiento Lean Six Sigma.</b>
<p>Asegurar que se tiene la capacidad de cumplir los requisitos de lo que se va a ofrecer a los clientes.</p> <p>Conservar información documentada sobre los resultados de la revisión y cualquier requisito nuevo para los productos y servicios.</p>	<p>SIPOC</p>
<p><b>8.2.4 Cambios en los requisitos para los productos y servicios.</b></p>	
<p>Asegurar que cuando se cambien los requisitos, la información documentada pertinente sea modificada y las personas sean conscientes de cambios.</p>	<p>Registro del control de cambios.</p>
<p><b>8.5.5 Actividades posteriores a la entrega.</b></p>	
<p>Cumplir los requisitos para las actividades posteriores a la entrega asociadas con los productos y servicios, considerando:</p> <p>Los requisitos legales y reglamentarios.</p> <p>Las consecuencias no deseadas asociadas a los productos y servicios.</p> <p>La naturaleza, el uso y la vida útil prevista de los productos y servicios.</p> <p>Los requisitos y retroalimentación del cliente.</p> <p>La recogida y análisis de datos sobre el servicio (desempeño, fiabilidad, lecciones aprendidas).</p>	<p>Control estadístico de procesos.</p> <p>AMEF.</p> <p>Análisis del proceso.</p>

<b>Métrico AS9100 D.</b>	<b>Propuesta de cumplimiento Lean Six Sigma.</b>
<p>El control, actualización y provisión de documentación relativa al uso, mantenimiento, reparación y revisión.</p> <p>El soporte al producto / cliente.</p>	
<p>Tomar las acciones apropiadas cuando se detectan problemas después de la entrega, incluyendo la investigación y el informe.</p>	<p>Benckmark.</p> <p>Lluvia de ideas.</p>
<b>8.7 Control de salidas no conformes.</b>	
<p>Asegurar que las salidas que no sean conformes con los requisitos se identifican y se controlan para prevenir su uso o entrega no intencionada.</p>	<p>Análisis de la causa raíz: Matriz causa efecto, 5 por qué, diagrama Causa y Efecto.</p> <p>Cálculo de DPMO.</p>
<b>9.1.2 Satisfacción del cliente.</b>	
<p>Realizar el seguimiento de las percepciones de los clientes del grado en que se cumplen sus necesidades y expectativas, determinando los métodos para obtener, realizar el seguimiento y revisar esta información.</p>	<p>Encuestas de satisfacción respecto a conformidad de los productos y servicios, así como el desempeño de la organización.</p> <p>Toma de acciones sobre la retroalimentación del cliente.</p> <p>Lluvia de ideas para la toma de decisiones.</p>

Aunque de manera indirecta otros requisitos impactan en las actividades relacionadas a clientes, como el establecimiento de objetivos de la calidad, control de información documentada, gestión de riesgos, planificación, gestión de no conformidades y acciones correctivas, revisión por la dirección, auditorías, entre otros.

Cabe destacar que uno de los principios del estándar es el enfoque al cliente, por lo tanto, se considera que la aplicabilidad de cada cláusula tiene dicho enfoque.

### 4.3 Herramientas Lean Six Sigma por Fases DMAIC.

En la tabla 4.3 se muestran las herramientas que serán aplicadas en cada una de las fases del proyecto DMAIC. Dicha selección de herramientas está basada tanto en el sistema de gestión de la calidad como en Six Sigma y Lean Manufacturing.

*Tabla 4.3 Herramientas Lean Six Sigma para proyecto DMAIC*

Fase	Herramienta
Definir ( <i>Define</i> ).	Descripción de la problemática, justificación, alcance, parámetros de calidad críticos CTQs: voz del cliente, diagrama de flujo, diagrama Causa y Efecto, matriz causa-efecto, métricos (variables dependientes), roles y responsabilidades, SIPOC.
Medir ( <i>Measure</i> ).	Lluvia de ideas de variables independientes, plan de recolección de datos, recolección de datos, Análisis del sistema de medición (R&R), AMEF, VSM, cálculo de DPMO y nivel Sigma.
Analizar ( <i>Analyze</i> ).	Análisis del proceso a micronivel, benchmark, cuantificar resultados (estadística básica, prueba de hipótesis, intervalo de confianza), descripción de KPIs y oportunidades de mejora, análisis de la causa raíz (5W), identificar desperdicios.



Fase	Herramienta
Mejorar ( <i>Improve</i> ).	Evaluación de KPIs, alternativas de solución, determinar solución óptima, actualización de AMEF, VSM en estado futuro, plan piloto de desarrollo e implementación (PHVA), validación de mejoras (comparativa antes y después de nivel sigma y DPMO).
Controlar ( <i>Control</i> ).	Aplicación de principio a prueba de error, control estadístico, plan de monitoreo (seguimiento y plan de acción para KPIs), procedimiento estándar de operación, plan de capacitación, plan de control, plan de auditoría.

## 4.4 Aplicación DMAIC.

A continuación, se presentará la aplicación de la metodología DMAIC, donde se mostrará cada fase y las herramientas utilizadas, soportadas del enfoque Lean Manufacturing y atendiendo a los requisitos del estándar AS9100: D.

Durante la etapa Definir se hará una descripción de la problemática a atender, además de un análisis que sirva para identificar cómo se abordará el estudio.

Posteriormente, en la etapa Medir se obtendrán los métricos del proceso, para lo cual se hará uso de técnicas de recolección de datos, así como otras herramientas para conocer el proceso y sus variables cuantificables.

Una vez terminada la fase de Medir se continuará con Analizar. En esta etapa se hará uso de estadísticos y herramientas necesarias para la evaluación del estado actual del proceso, con el fin de conocer los métricos que van a abordarse en las etapas siguientes.

Se continua después con la fase Mejorar, durante la cual se mostrará la implementación de estrategias de mejora y aprovechamiento de las oportunidades para el logro de objetivos.

Finalmente, se llevará a cabo la fase Controlar, en la cual se desarrollarán los planes de acción de seguimiento de las propuestas implementadas, con un enfoque a la mejora continua.

## **4.4.1 Definir (*Define*).**

### **4.4.1.1 Descripción de la Problemática.**

El área comercial o de ventas de una empresa dedicada a la Automatización y que brinda servicios al sector Aeroespacial, presenta cierta variación en sus operaciones, la cual se traduce en resultados que no pueden ser predecibles y que cambian de acuerdo con las condiciones del mercado, se puede notar que existen áreas de oportunidad que al atenderlas se podrían traducir en beneficios notorios para la organización en estudio.

El estudio se enfoca en analizar la efectividad de las propuestas que se presentan a los clientes, evaluando la variable del tiempo de respuesta para atención a los requerimientos.

### **4.4.1.2 Justificación.**

Mediante la aplicación de un proyecto DMAIC para la atención y mejora del departamento Comercial de la empresa, se busca estudiar a fondo el proceso y los métricos dictados por las actividades y requisitos del estándar AS, para llegar a conocer las variables que determinan el éxito en el mercado para la organización y cómo incrementarlas mediante la aplicación de Lean Six Sigma y los requisitos aplicables del estándar Aeroespacial en conjunto.

### **4.4.1.3 Alcance.**

Aplicación de la metodología DMAIC a la solución de la problemática de calidad: incremento de efectividad de las salidas hacia a los clientes por parte del área comercial mediante la atención a las variables precisas que determinan el éxito en el mercado para la organización.

Se emplea el estándar Aeroespacial como base para el cumplimiento de los requisitos reglamentarios de la organización, buscando crear una sinergia entre las

herramientas involucradas que sirva para como una herramienta de competencia organizacional.

#### 4.4.1.4 Parámetros de Calidad Críticos CTQs: Voz del Cliente.

Los requisitos del cliente para el área comercial están descritos y se pueden medir de manera diferente, de acuerdo a la información mostrada en la tabla 4.4. Se incluyen aquellas características que por conocimiento demandan los clientes y enseguida se establecen los métricos de cada una de ellas, siendo así una guía para la organización en cuanto al cumplimiento de la voz del cliente, en específico en el área que tiene comunicación directa y fluida con los clientes.

*Tabla 4.4 Voz del cliente.*

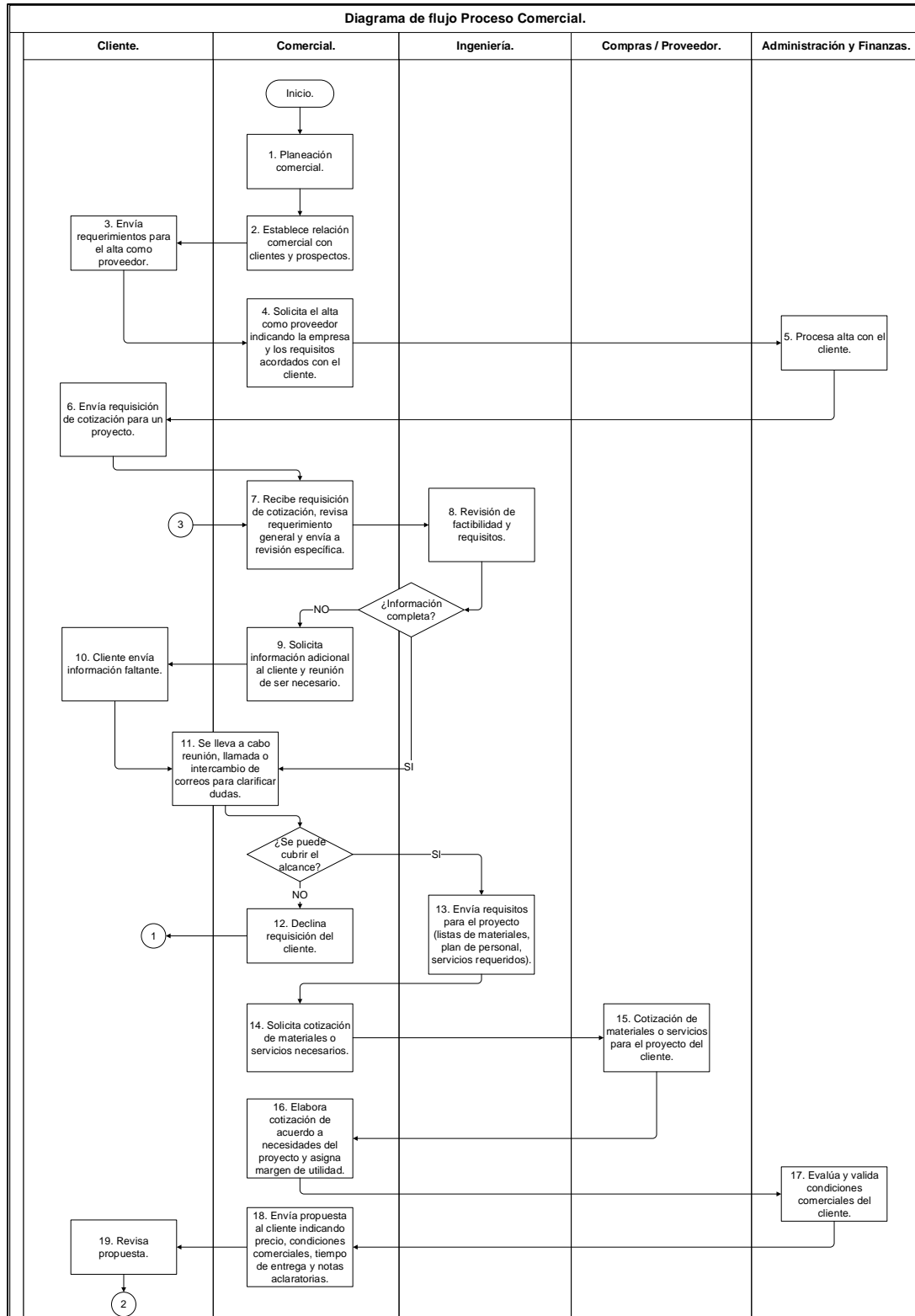
Voz del cliente.	Métricos.
Participación en nuevos proyectos.	Cantidad de requerimientos de clientes. Disponibilidad para cubrir un nuevo proyecto.
Atención a requisitos para los servicios.	Disponibilidad del personal de ventas para evaluación de requisitos y propuestas de proyectos.
Tiempo de respuesta en evaluación de propuestas y precios.	Entrega de cotización en tiempo máximo de 1 semana.
Ofrecimiento de propuestas técnicamente atractivas.	Propuestas de mejora respecto a los requisitos previamente especificados por el cliente.
Negociación atractiva.	Descuento en precio final.

Voz del cliente.	Métricos.
Seguimiento comercial.	Comunicación constante con el cliente.
Atención a quejas.	Tiempo de respuesta en solución de problemas.

#### 4.4.1.5 Diagrama de Flujo.

En la figura 4.1 se muestra el diagrama de flujo detallado del proceso comercial, en el cual se muestran las actividades directas del área, así como aquellas realizadas por otras áreas como ingeniería, compras, administración, e incluso el propio cliente, pero que tienen influencia directa en el proceso de ventas.

A lo largo de este proceso se busca identificar las actividades clave para mantenerlas y mejorarlas, así como aquellas que no generan valor agregado para reducirlas hasta lograr sustituirlas o en su defecto eliminarlas.



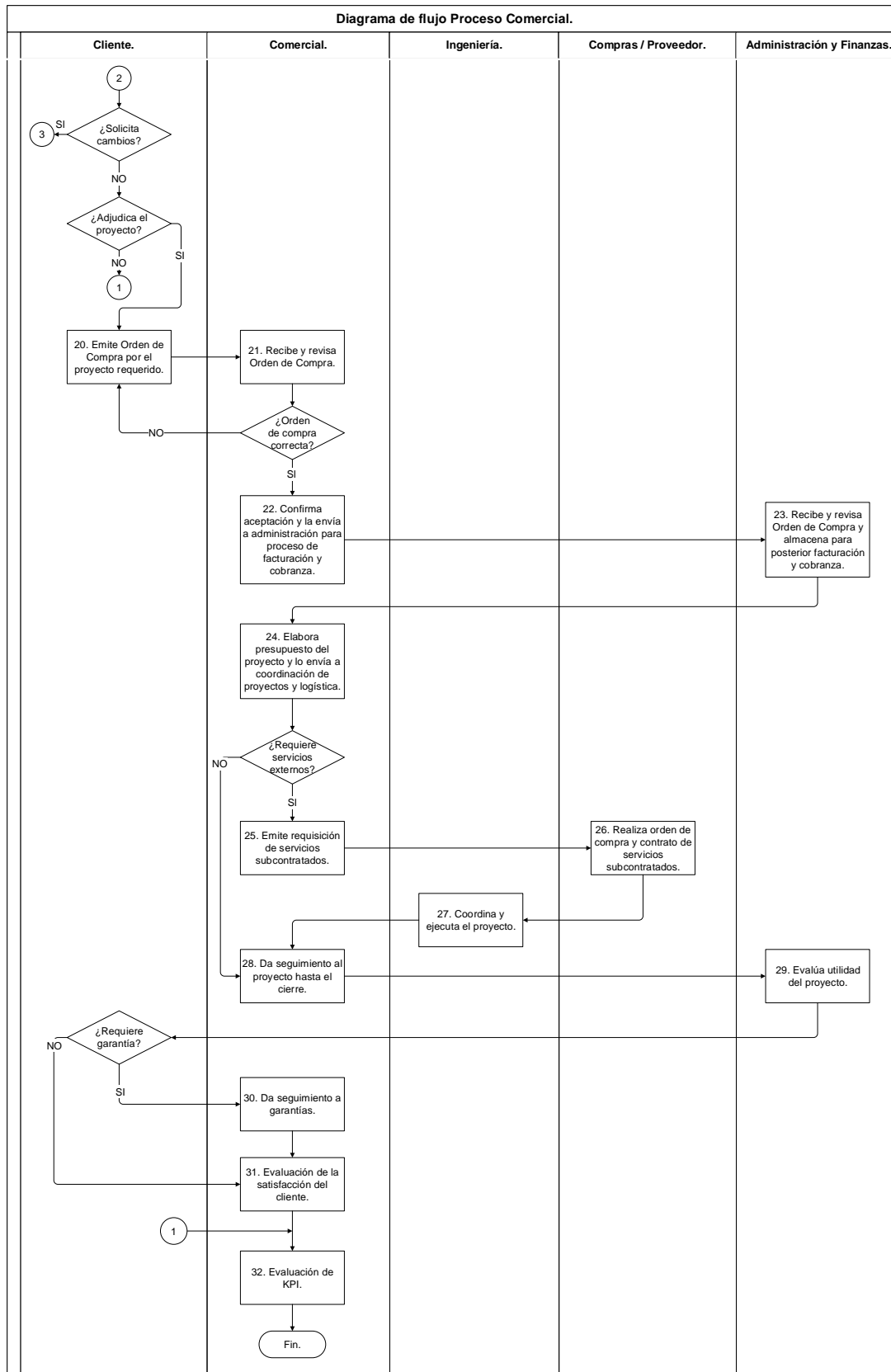


Figura 4.1 Diagrama de flujo proceso comercial.

#### 4.4.1.6 Diagrama Causa-Efecto.

Se considera que el proceso comercial, al no estar estandarizado presenta cierta variación que afecta en los resultados obtenidos, esta situación hace que los resultados se vuelvan un tanto impredecibles. En la figura 4.2 se muestra un diagrama Causa-Efecto en el cual el principal efecto es la variabilidad que presenta el proceso comercial, se identifican aquí las causas principales, derivadas de seis pasos generales de la ejecución del proceso. Se analizará cada causa en las siguientes etapas del estudio para abordarlas desde la causa raíz.

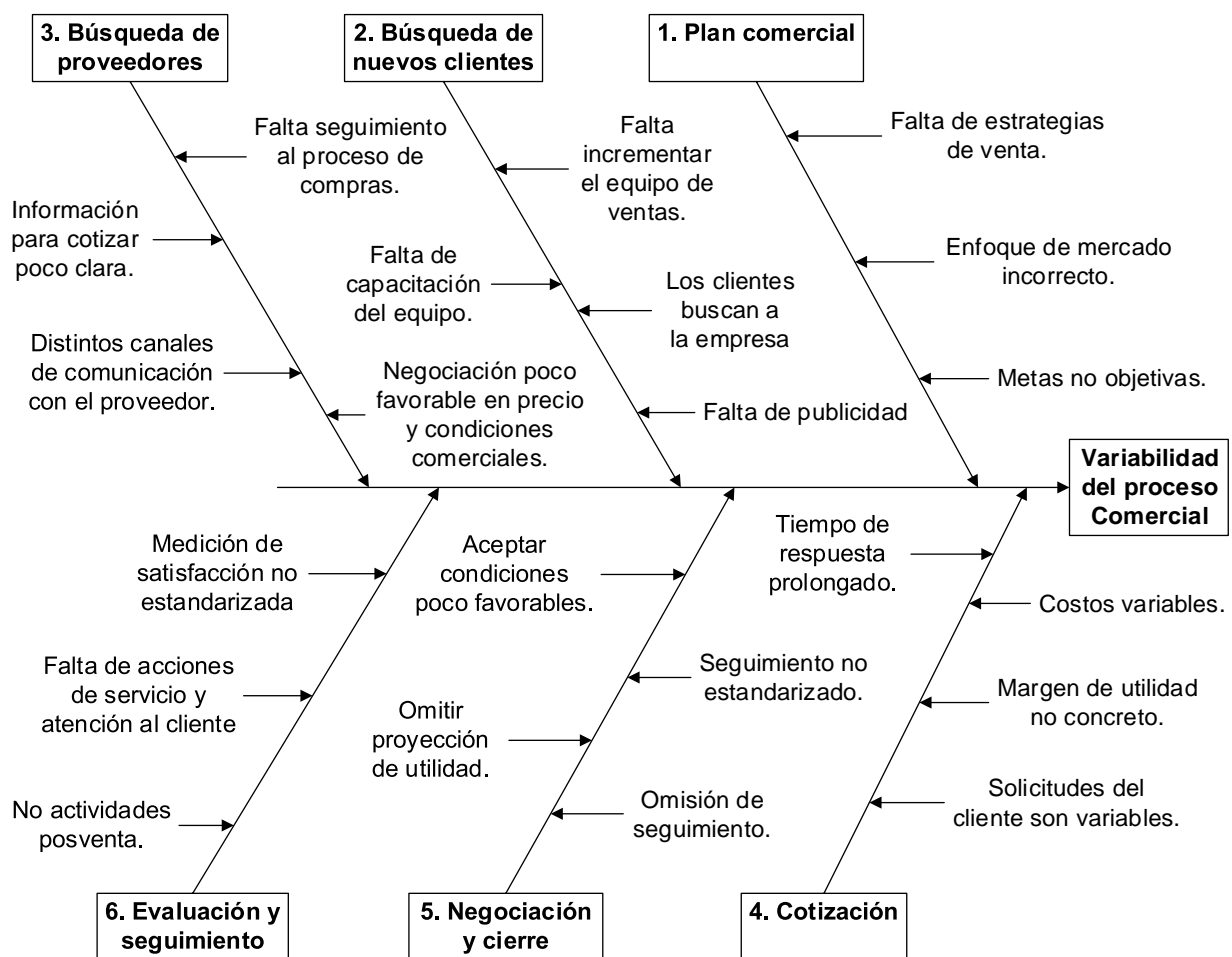


Figura 4.2 Diagrama Causa-Efecto.



#### **4.4.1.7 Matriz Causa-Efecto.**

Existen varias causas de variabilidad del proceso comercial, además se han identificado los siguientes efectos principales a ser analizados, por ser los de mayor impacto: pérdida de un proyecto, incumplimiento de alcances y pérdida total del cliente.

Al revisar el diagrama de causa y efecto, se considera que las causas principales son: tiempo de respuesta prolongado, desconocimiento de la proyección de utilidad de un producto o servicio ofrecido al cliente, omisión del seguimiento con clientes tanto desde el primer contacto como hasta el cierre de la venta y actividades posteriores a la entrega, finalmente otras de las causas primordiales es la falta de una estrategia de ventas adecuada y acorde a las necesidades y posibilidades de la organización. Un análisis de causa y efectos principales del proceso comercial se muestra en la tabla 4.5. Se incluye una ponderación para priorización de atención a cada efecto y sus causas.

Como se observa en los resultados de la matriz de causa y efecto, al ponderar el peso de los criterios (causas) y asignar el grado de influencia para cada efecto, se obtiene que el orden de prioridad para abordar los efectos es en cuanto al cumplimiento de alcances, posterior la permanencia del cliente y al final el obtener un proyecto en individual; al atacar las causas, los efectos se verán directamente reducidos.

En el sentido de trabajar conforme al cumplimiento de los alcances se trabaja en la satisfacción del cliente al ofertar productos y servicios de calidad, lo que se piensa que como resultado traerá un incremento en la participación en el mercado.

Tabla 4.5 Matriz causa y efecto

Matriz de causa y efecto.						
Proceso: Comercial	Analista: KADM				Fecha: 11-2021	
	Criterios de evaluación (causas).					
	Tiempo de respuesta prolongado.	Omitir análisis de proyección de proyecto.	Falta de seguimiento antes, durante y después de la venta.	Falta de estrategias de venta.		
Peso de los criterios:	0.2	0.3	0.1	0.4	Puntaje total.	Prioridad de relación.
Efecto.	1=No, 3=Un poco, 5=Si.					
No ganar el proyecto.	3	3	5	5	4	1
Incumplimiento de alcances.	1	5	5	1	2.6	3
Perder un cliente.	3	5	1	5	4.2	2

#### 4.4.1.8 Métricos (Y's).

Como métricos del proceso o variables dependientes se han identificado los siguientes a considerarse en el estudio:

Y1= Proyectos ganados.

Y2= Nuevos clientes.

Y3= Participación en el mercado.

Dichas variables dependen en su totalidad del desempeño del proceso, pues son parte de los resultados de la ejecución del trabajo y existen otras variables (independientes) que se encuentran totalmente relacionadas, estas se estudiarán en los apartados siguientes.

#### **4.4.1.9 Asignación de Roles y Responsabilidades.**

Para la ejecución del proyecto, se tendrá participación de distintos perfiles, cada uno con sus responsabilidades específicas, como se muestra en la tabla 4.6.

*Tabla 4.6 Roles y responsabilidades DMAIC.*

Rol.	Responsable.	Responsabilidad.
Dueño del proyecto.	Gerente General.	Establecer proyecto, revisión y toma de decisiones.
Black Belt.	Gerente Comercial.	Asesor del proyecto.
Candidato Green Belt.	Ingeniero Comercial.	Líder, analista y ejecutor del proyecto.

Se especifican los roles a desempeñar por cada uno así como las responsabilidades adquiridas. El objetivo es el trabajo conjunto y la evaluación del proyecto y alternativas para hacer posible el logro de los resultados esperados.

#### **4.4.1.10 Diagrama SIPOC.**

Con el apoyo de la herramienta SIPOC (por sus siglas en inglés Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers, que quiere decir Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes) se describe a continuación el proceso comercial incluyendo las entradas y salidas del proceso, así como los emisores y receptores (proveedores y clientes) de dichos pasos dentro del proceso. Esta herramienta será útil para identificar cada etapa del proceso incluido todo lo que interfiere anterior y posteriormente. El resultado del esquema SIPOC se muestra en la tabla 4.7 a continuación.

Tabla 4.7 SIPOC

Proveedores.	Entradas.	Proceso.	Salidas.	Clientes.
Cliente	Requisición de cotización.	<pre> graph TD     Inicio([Inicio]) --&gt; 1[1. Elaboración de plan comercial.]     1 --&gt; 2[2. Búsqueda de nuevos clientes hasta el alta como nuevo proveedor.]     2 --&gt; 3[3. Búsqueda de proveedores.]     3 --&gt; 4[4. Cotización del proyecto.]     4 --&gt; 5[5. Negociación y cierre de la venta.]     5 --&gt; 6[6. Elaboración del presupuesto.]     6 --&gt; 7[7. Seguimiento al proyecto y actividades posventa.]     7 --&gt; Fin([Fin.])                     </pre>	Requisitos del cliente.	Ingeniería.
Ingeniería.	BOM de materiales y plan de personal.		Lista de materiales.	Compras.
Compras.	Cotizaciones de materiales requeridos.		Cotización.	Cliente.
Cliente.	Orden de compra o contrato de prestación de servicios.		Firma y aceptación del proyecto.	Cliente.
Cliente.	Cambio de ingeniería.		Presupuesto del proyecto.	Ingeniería, compras, administración y finanzas, Recursos Humanos.
Ingeniería.	Revisión de requisitos de cambios.		Cotización por cambio de ingeniería.	Cliente.
Cliente.	Quejas, agradecimiento, retroalimentación		Resultados de indicadores KPI.	Sistema de gestión de la calidad.

#### **4.4.2 Medir (*Measure*).**

Durante esta etapa se abordarán las estrategias de medición del proceso en estudio, para su posterior análisis y toma de decisiones. Entre las herramientas a utilizar se encuentran la identificación de variables independientes, plan para la recolección de datos, recolección de datos del proceso para su evaluación, Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), mapa de la cadena de valor (Value Stream Mapping VSM), cálculo de DPMO y nivel Sigma del estado actual del proceso.

##### **4.4.2.1 Lluvia de Ideas de Variables Independientes.**

Tomando como referencia la participación en el mercado como la variable dependiente a trabajar, a continuación se enlistan las variables que infieren al efecto de dicha variable.

Y= Participación en el mercado.

$Y = X1 + X2 + X3$

X1= Tiempo de respuesta al cliente.

X2= Solicitudes recibidas.

X3= Actividades de seguimiento.

Dentro del proceso existen actividades específicas que llegan a sumar o restar al hecho de que la organización destaque por su competencia y reconocimiento en el mercado en que se desarrolla. Después de una sesión de lluvia de ideas se obtiene que el tiempo de respuesta del departamento hacia los clientes, el desempeño de la empresa, la cantidad de invitaciones o solicitudes que se reciben y la efectividad y/o frecuencia de las actividades de seguimiento son las principales para dictar la participación en el mercado.

Después de una revisión a las variables independientes que se han identificado, se opta por trabajar sobre el tiempo de respuesta del área hacia los clientes, siendo una

actividad que se considera puede mejorar para ser utilizado como herramienta competitiva.

#### 4.4.2.2 Plan de Recolección de Datos.

Para evaluar el proceso se busca llevar a cabo un análisis estadístico, el cual requiere recopilar los datos que van a evaluarse.

Con el fin de mantener una estructura definida para la actividad de recolectar la información, se desarrolló un plan de recolección de datos (tabla 4.8), en la cual se muestra el propósito de la actividad, tipo de datos a recolectar, periodo, responsables, lugar y fechas, entre otros aspectos relevantes para lograr tener la evidencia sobre la cual va a trabajarse posteriormente.

Tabla 4.8 Plan de recolección de datos

Plan de recolección de datos			
Propósito	Analizar tiempo de análisis de proyectos para propuesta comercial.		
Medida	Tiempo en elaborar una propuesta.		
Tipo de medida	Medida discreta.	Unidad de medida	Días.
Estratificación de datos	Por proyecto.	¿Cómo se mostrara la información?	En hoja de cálculo a través de gráficos y tablas.
¿Cómo se recolectaran los datos?		Contabilizando días desde la recepción de la requisición hasta el envío de una propuesta.	
Responsable	Kathia D.	¿Cuándo se recolectara?	Noviembre 2021
¿Dónde se recolectará?	Empresa en estudio.	Muestreo	Proyectos de Enero a Octubre de 2021.

#### 4.4.2.3 Recolección de Datos.

Una vez definido el plan para la recolección de datos se procede a la ejecución del mismo, los resultados se presentan en la tabla 4.9. Se recopila el tiempo que toma la presentación de propuestas (cotizaciones) hacia los clientes, midiendo en días y tomando en cuenta las propuestas emitidas entre enero y octubre de 2021.

Tabla 4.9 Recolección de datos.

Días en emitir una cotización (proyectos cotizados entre Enero y Octubre 2021)											
1	2	1	2	1	3	1	10	1	1	12	11
1	1	8	2	1	2	1	9	1	18	3	1
2	1	7	2	1	2	3	4	1	7	2	1
3	1	3	2	1	2	1	1	1	1	2	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	7	9	1
1	14	1	1	16	3	1	2	1	1	1	6
1	3	1	1	1	12	1	4	1	2	1	8
11	1	2	14	1	1	18	1	2	16	1	1
1	2	4	1	3	3	2	1	1	1	7	1
3	1	12	4	1	4	1	1	2	1	1	1
1	4	7	6	1	2	1	1	3	1	1	1
1	2	7	1	1	18	1	1	2	1	2	14
1	1	7	2	10	1	1	1	5	11	2	2
17	7	2	1	10	4	8	21	1	1	1	8
13	13	2	1	1	2	1	5	1	12	2	1

#### 4.4.2.4 Análisis del Sistema de Medición (R&R).

De acuerdo a la información recolectada correspondiente a los días que ha tomado elaborar cada propuesta económica al cliente, se busca tomar la decisión en cuanto a si la oferta se presentó en tiempo o no, para ello se deberá decidir si cada cotización es adecuada o inadecuada (en términos de tiempo).

Con el propósito de evaluar la capacidad de medición para la toma de decisión que lleva a esta clasificación de las propuestas, se realiza un estudio R&R (repetibilidad y reproducibilidad) por atributos, considerando un total de 30 muestras seleccionadas aleatoriamente y previamente clasificadas como OK (adecuada) y No OK (no adecuada), además se seleccionaron dos analistas para efectuar las mediciones por reproducibilidad del estudio, cada uno de los cuales evaluó cada muestra en dos ocasiones con motivos de repetibilidad; La información utilizada para el estudio se muestra en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Datos estudio R&R.

Muestra	Atributo	Analista A1	Analista A2	Analista B1	Analista B2
1	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK
7	NOK	NOK	NOK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK
12	NOK	NOK	OK	NOK	NOK



Muestra	Atributo	Analista A1	Analista A2	Analista B1	Analista B2
13	OK	OK	OK	OK	OK
14	OK	OK	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK	OK	OK
16	OK	OK	OK	OK	OK
17	OK	OK	OK	OK	OK
18	OK	OK	OK	OK	OK
19	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	OK
21	OK	OK	OK	OK	OK
22	OK	OK	OK	OK	OK
23	OK	OK	OK	OK	OK
24	OK	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK
27	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
28	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
29	OK	OK	OK	OK	OK
30	OK	OK	OK	OK	OK

Se procedió a realizar un análisis de concordancia de atributos, los resultados obtenidos del estudio se observan gráficamente en la figura 4.3, a continuación se muestran los resultados y conclusiones referentes a la evaluación del sistema de medición.

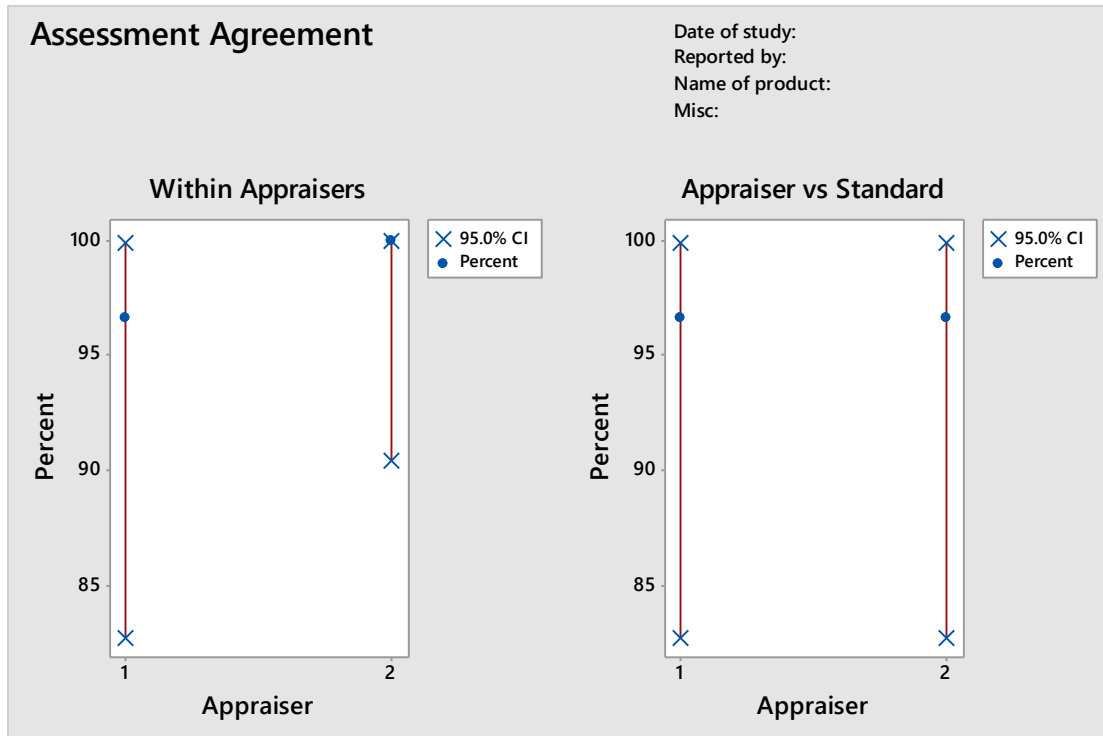


Figura 4.3 Análisis de concordancia de atributos.

En el gráfico a la derecha (figura 4.3) se observa la repetibilidad del estudio, el analista 1 coincide en 96.67% con las mediciones efectuadas entre sus dos evaluaciones, mientras que el analista 2 coincide en todo momento con sus mismas evaluaciones.

En el gráfico a la izquierda (figura 4.3) se observa la concordancia de los analistas conforme al experto, obteniendo que en ambos casos coinciden en un 96.67%, lo cual significa el porcentaje de mediciones correctas realizadas por cada analista.

Se realiza un análisis individual por evaluador para analizar las veces que el evaluador coincide consigo a través de las pruebas, los resultados se muestran en las tablas 4.11 y 4.12.

*Tabla 4.11 Acuerdo de evaluación individual por evaluador.*

Evaluador	# Inspeccionados	# Concordancias	Porcentaje	95% CI
1	30	29	96.67	(82.78, 99.92)
2	30	30	100.00	(90.50, 100.00)

*Tabla 4.12 Estadísticos Kappa de Fleiss evaluación individual por evaluador.*

Evaluador	Respuesta	Kappa	SE Kappa	Z	P (vs > 0)
1	NOK	0.83827	0.182574	4.59142	0.0000
1	OK	0.83827	0.182574	4.59142	0.0000
2	NOK	1.00000	0.182574	5.47723	0.0000
2	OK	1.00000	0.182574	5.47723	0.0000

A través del análisis individual por evaluador se puede determinar la repetibilidad del sistema de medición, se observa que hay concordancia de los analistas con ellos mismos. El índice Kappa indica que el analista 1 tiene un nivel aceptable con 0.83, mientras que el analista 2 es completamente aceptable con Kappa = 1.

Con un 95% de confianza, se obtiene que la repetibilidad de los inspectores es entre 82.78% y 99.92% para el analista 1 y entre 90.5% y 100% para el analista 2.

Parte importante del estudio R&R es evaluar la exactitud del sistema de medición, para el cual se analiza si la estimación del evaluador en los diferentes ensayos coincide con el estándar conocido. Los resultados de los cálculos se observan en las tablas 4.13 y 4.14.

*Tabla 4.13 Acuerdo de evaluación cada evaluador contra el estándar.*

Evaluador	#Inspeccionados	#Concordancias	Porcentaje	95 % CI
1	30	29	96.67	(82.78, 99.92)
2	30	29	96.67	(82.78, 99.92)

*Tabla 4.14 Discrepancia en la evaluación cada evaluador contra el estándar.*

Evaluador	# OK/ NOK*1	%	# NOK / OK*2	%	#Combinados*3	%
1	0	0.00	0	0.00	1	3.33
2	1	25.00	0	0.00	0	0.00

\*1 # OK / NOK: Evaluaciones a través de ensayos = OK / estándar = NOK.

\*2 # NOK / OK: Evaluaciones a través de ensayos = NOK / estándar = OK.

\*3 # Combinados: Las evaluaciones de los ensayos no son idénticas.

En la tabla 4.14 se aprecia un resumen de las discrepancias de cada analista, mostrándose en cantidad y porcentaje las evaluaciones clasificadas como adecuadas cuando no lo son, así como las evaluaciones clasificadas como no adecuadas cuando son adecuadas y también las discrepancias entre un ensayo y otro efectuado por el mismo analista.

*Tabla 4.15 Estadísticos Kappa de Fleiss cada evaluador contra el estándar.*

Evaluador	Respuesta	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	NOK	0.919137	0.129099	7.11961	0.0000
1	OK	0.919137	0.129099	7.11961	0.0000
2	NOK	0.838275	0.129099	6.49325	0.0000
2	OK	0.838275	0.129099	6.49325	0.0000

En tema de exactitud, evaluando a cada operador contra la opinión experta, se obtienen buenos resultados con índices Kappa de 0.91 y 0.83 respectivamente para los analistas 1 y 2 (tabla 4.15), siendo índices aceptables.

La exactitud de las mediciones de los analistas se encuentra entre el 82.78% y 99.92% con un nivel de confianza del 95%.

Para determinar la reproducibilidad del sistema de medición, se analiza si las estimaciones de los evaluadores coinciden entre sí. Los resultados del análisis de concordancia entre evaluadores se muestran en las tablas 4.16 y 4.17 a continuación.

*Tabla 4.16 Acuerdo de evaluación entre evaluadores.*

#Inspeccionados	#Coincidencias	Porcentaje	95%CI
30	28	93.33	(77.93, 99.18)

*Tabla 4.17 Estadísticos Kappa de Fleiss entre evaluadores.*

Respuesta	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
NOK	0.798706	0.0745356	10.7158	0.0000
OK	0.798706	0.0745356	10.7158	0.0000

Al evaluar la concordancia entre analistas, se obtiene el resultado de reproducibilidad, mostrando índices Kappa aceptables (0.79), además un intervalo de confianza para la concordancia entre el 77.93% y 99.18% con un 95% de confianza.

Otro de los análisis importantes para el estudio del sistema de medición es el grado de coincidencias de las estimaciones de todos los analistas conforme al estándar conocido del experto, los resultados de estos cálculos se pueden observar en las tablas 4.18 y 4.19.

Tabla 4.18 Acuerdo de evaluación todos los evaluadores contra el estándar.

#Inspeccionados	#Coincidencias	Porcentaje	95%CI
30	28	93.33	(77.93,99.18)

Tabla 4.19 Estadísticos Kappa de Fleiss todos los evaluadores contra el estándar.

Respuesta	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
NOK	0.878706	0.0912871	9.62574	0.0000
OK	0.878706	0.0912871	9.62574	0.0000

Finalmente, analizando la concordancia de los analistas contra el estándar, también se obtienen índices Kappa aceptables (0.87), con un intervalo de concordancia entre 77.93% y 99.18% al 95% de confianza.

#### 4.4.2.5 Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF).

Continuando con la fase de medición, se realiza un Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) para conocer cuáles son los principales riesgos y su afectación al proceso Comercial.

Se evalúa cada Modo de Falla de acuerdo con los criterios de Severidad, Ocurrencia y Detección, ponderando cada criterio de acuerdo a la información mostrada en las tablas siguientes:

Tabla 4.20, define los criterios de severidad y permite calificar en una escala numérica grado de afectación que produce el fallo.

Tabla 4.21, define la frecuencia de ocurrencia del fallo, ponderando de acuerdo a las veces que ha sucedido determinado modo de falla.

Tabla 4.22, define la capacidad de detección del fallo antes de que ocurra, evaluando cuán capaz es el proceso para detectar y prevenir su ocurrencia.

*Tabla 4.20 AMEF evaluación de severidad.*

Evaluación de la Severidad		
Severidad	Criterio	Calificación
Muy alto	Pérdida humana, incumplimiento legal.	10
	Pérdida del negocio con el cliente.	9
Alto	Reclamo del cliente.	8
	No Conformidades Menores.	7
Moderado	Insatisfacción del cliente con afectación financiera (reduce utilidad).	6
	No conformidad en el proceso.	5
	Insatisfacción menor de parte del cliente.	4

<b>Evaluación de la Severidad</b>		
<b>Severidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Bajo	Insatisfacción menor a nivel empresa.	3
	Insatisfacción menor a nivel comercial.	2
Remoto	Nulo.	1

Tabla 4.21 AMEF evaluación de ocurrencia.

<b>Evaluación de la Ocurrencia</b>		
<b>Ocurrencia</b>	<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Muy alto	Fallos persistentes.	10
	Muy probable que ocurra.	9
Alto	Falla casi inevitable.	8
	Han ocurrido fallas a menudo.	7
Moderado	Fallas ocasionalmente experimentadas pero no en grandes.	6
	Fallas ocasionalmente experimentadas.	5
	Fallas aisladas remotamente posibles.	4
Bajo	Sólo fallas aisladas.	3
	Sólo fallas aisladas, no ha sucedido después.	2
Remoto	No han sucedido fallas.	1



Tabla 4.22 AMEF evaluación de detección.

<b>Evaluación del grado de Detección</b>		
<b>Detección</b>	<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Casi Imposible	La certeza absoluta de la no detección.	10
Muy remoto	Los controles probablemente no detectan.	9
Remoto	Los controles tienen poca probabilidad de detección.	8
Muy bajo	Los controles tienen poca probabilidad de detección.	7
Bajo	Los controles pueden detectar.	6
Moderado	Los controles pueden detectar.	5
Moderadamente alto	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar.	4
Alto	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar.	3
Muy alto	Controles casi seguros de detectar.	2
Muy muy alto	Controles seguros para detectar.	1

A continuación en la tabla 4.23 se muestra el resultado de la implementación del AMEF en el proceso comercial, antes de definir las oportunidades de mejora y acciones a tomar.

Se observa que hay riesgos que tienen una calificación muy alta, se han resaltado para darles prioridad de atención para mitigarlos. Entre ellos se encuentran la insatisfacción de los clientes, pérdida de proyectos, errores en revisión de requerimientos por cotizar, entre otros importantes.

Tabla 4.23 AMEF proceso comercial estado actual.

No.	Riesgo.	Efecto potencial del riesgo.	Causas del fallo.	Método de detección.	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Oportunidad.	Departamento(s) responsable(s).	Efectividad.	Toma de acciones.	Severidad2	Ocurrencia2	Detección2	NPR2	
1	Ofrecer servicios obsoletos.	Reducción de las ventas.	No innovar de acuerdo a las necesidades del mercado.	Directorio de clientes y prospectos.	9	2	3	54									0
2	No ganar nuevos clientes.	No obtener proyectos a realizarse	Omitir dar seguimiento a clientes, no realizar contacto con prospectos.	Evaluación de nuevos lanzamientos en el mercado.	6	6	3	108									0
3	No contar con requerimiento completo del cliente	Generar una cotización errónea y no cubrir los alcances requeridos	Mala comunicación y falta de seguimiento al cliente	RFQ y comunicación continua con el cliente.	8	2	2	32									0
4	Omitir revisión de factibilidad del RFQ antes de cotizarlo.	Enviar al cliente una propuesta que no es factible para la empresa.	No tener disponibilidad, considerar recursos insuficientes.	Revisión de cotización.	9	4	3	108									0
5	Elaborar una cotización con errores.	Proponer un costo o fecha de entrega que no se puedan cumplir.	Omitir aspectos importantes para cotizar.	Aprobación de cotización.	7	3	5	105									0
6	Iniciar un proyecto sin orden de compra de parte del cliente.	Gasto en proyecto no concretado	Cliente no formaliza la aceptación del proyecto.	Cláusula en cotización: no iniciar ningún trabajo sin tener orden de compra.	8	2	2	32									0
7	Aceptar condiciones de pago poco factibles.	Falta de recursos para financiar el proyecto.	Análisis erróneo.	Revisión de RFQ y cotización. Negociación de condiciones comerciales	6	2	5	60									0
8	Pérdida de un proyecto	Perder la venta y no contar con retroalimentación.	Mala comunicación y falta de seguimiento al cliente	KPI cotizaciones emitidas.	8	7	2	112									0
9	Error en presupuesto	Exceder en el uso de recursos disponibles para el proyecto.	Mal cálculo de presupuesto	Evaluación de gasto vs presupuesto.	6	4	4	96									0
10	Error en facturación y cobros.	Retraso en pagos del cliente.	Omitir comunicar condiciones comerciales	Comunicación de ordenes de compra recibidas.	6	3	2	36									0
11	Quejas de clientes.	No cumplir con el alcance cotizado del proyecto.	No dar seguimiento durante el transcurso del proyecto.	Alcances del proyecto, matriz de open issue o puntos pendientes.	8	2	3	48									0
12	Atrasos en liberación del proyecto.	Retraso en pagos del cliente.	Omitir el seguimiento a open issues.	Evaluar los servicios dados y detectar áreas de oportunidad de mejora	8	3	3	72									0
13	Clientes no satisfechos.	Malas referencias y pérdida de clientes.	Falta de seguimiento a proyectos	Medición de la permanencia, QR's, evaluar RFQ's vs ordenes de compra.	9	5	3	135									0

#### 4.4.2.6 Mapeo de la Cadena de Valor VSM.

Como parte de la medición del proceso se decide elaborar un mapeo de la cadena de valor (VSM por sus siglas en inglés: Value Stream Mapping) del proceso comercial, poniendo sobre la mesa un esquema representativo del proceso que involucre los tiempos de las actividades y muestre el flujo de las mismas es posible identificar las áreas de oportunidad y desperdicios presentes para eliminar o por lo menos reducir su impacto.

El resultado del VSM del proceso en estudio se muestra en la figura 4.4. Se puede observar una gran oportunidad para implementación de controles al proceso para apoyar en su organización y flujo de actividades. Otra característica que se observa es la presencia de grandes periodos de esperas debidos a varias causas en distintas etapas del proceso.

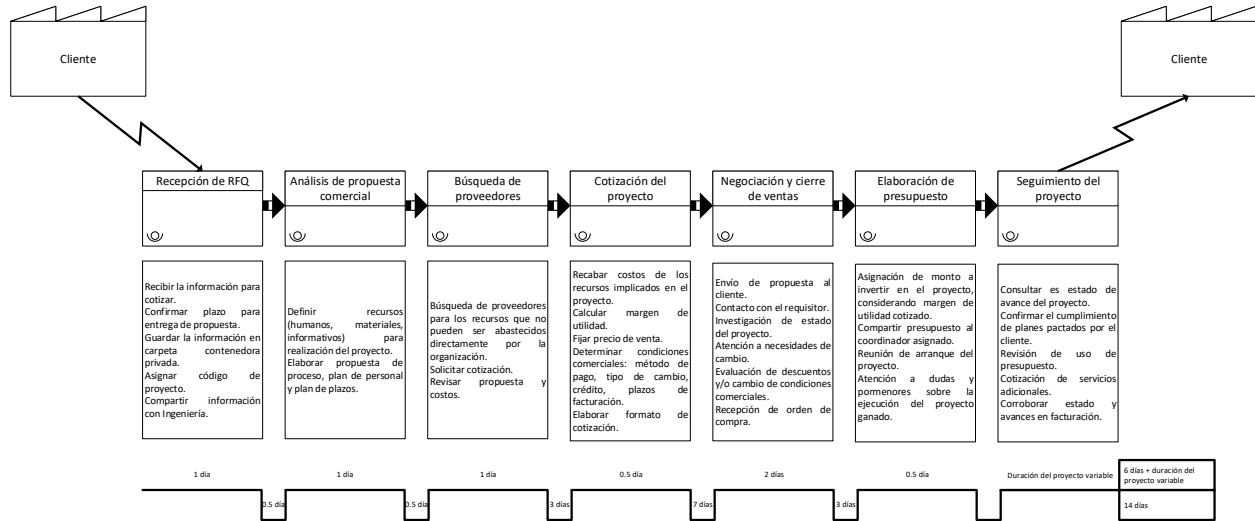


Figura 4.4 VSM proceso comercial en estado actual.

#### 4.4.2.7 Cálculo de DPMO y Nivel Sigma.

Seguidamente se procede a realizar el cálculo del nivel sigma actual del proceso, así como los defectos por millón de oportunidades (DPMO) que se tienen.

De acuerdo a los datos recopilados en el apartado previo (4.4.2.3) y tomando en consideración que un defecto es una cotización que tardó más de 7 días en ser emitida hacia el cliente, se tienen los siguientes cálculos:

Número de oportunidades: 180

Número de defectos: 29

$$\% \text{ YIELD: } \frac{(\text{Número de oportunidades} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de oportunidades}} \times 100 = \frac{(180-29)}{180} \times 100 = 83.88 \%$$

$$\text{DPMO: } \frac{(1000000 \times \text{Defectos})}{\text{Número de oportunidades}} = \frac{(1000000 \times 29)}{180} = 161111$$

Nivel Sigma: 2.49

Se obtiene un porcentaje de yield (desempeño del proceso) de 83.88%, con más de 160 defectos por millón de oportunidades, lo cual se traduce en un nivel sigma de 2.49, que es un nivel bajo para el proceso, demostrando así la necesidad de implementación de acciones de control y mejora al proceso.

### 4.4.3 Analizar (*Analyze*).

Prosiguiendo con la metodología DMAIC, la siguiente fase es Analizar. Esta etapa consiste en realizar un análisis detallado de la información obtenida en la fase anterior con el uso de técnicas estadísticas y administrativas.

Se hará uso de herramientas como el análisis a micronivel, análisis “benchmark” o comparación de casos similares, la cuantificación de resultados mediante pruebas estadísticas, una descripción de oportunidades de mejora, análisis de causa raíz, establecimiento de indicadores clave de rendimiento y el la tan requerida identificación de desperdicios.

#### 4.4.3.1 Análisis del Proceso a Micronivel.

Evaluando el procedimiento de cotizaciones se realiza una revisión detallada de todas las actividades implicadas desde la recepción del requerimiento y hasta la emisión de una propuesta al cliente.

Se busca evaluar hasta el más mínimo nivel del proceso en conjunto con las entradas y salidas hacia el mismo, dicho análisis se presenta en la tabla 4.24, en la que se describen las etapas, entradas y salidas del proceso comercial de manera detallada.

*Tabla 4.24 Análisis del proceso a micronivel.*

Entrada	Actividad	Salida
Solicitud de cotización.	Recepción de la solicitud. Revisión de fecha de entrega (si contiene).	Confirmación de recibido.
Información para cotizar.	Revisión puntual de los requisitos del cliente y análisis de factibilidad.	Solicitud de apoyo técnico y compras para considerar en la propuesta.

Entrada	Actividad	Salida
Comentarios ingenieriles respecto a la solicitud. Cotización de materiales y/o servicios de proveedores.	Estimación de costos y establecimiento de margen de utilidad	Precio de venta.
Información previa como proyectos anteriores, del cliente requisitor.	Fijación de condiciones comerciales para el proyecto.	Periodo de crédito, estructura de facturación y cobranza.
Análisis de cotización.	Revisión general de todas las consideraciones y cálculos.	Cotización del proyecto al cliente requisitor.

De acuerdo con el estado actual del proceso y analizando las actividades, entradas y salidas puntuales para la emisión de una cotización, se observa que no se mantienen controles para monitorear y dar seguimiento cuando los requerimientos son más de uno, así como no se tiene fijado un periodo dentro del cual una cotización debe emitirse, siendo así que el procedimiento puede tomar varios días sin mostrar una alarma o detalle pendiente por atender.

#### 4.4.3.2 Análisis de la Competencia (Benchmark).

Prosiguiendo con una comparación del mercado, tras una investigación a casos similares se ha observado que las empresas utilizan estrategias que resultan atractivas y pudieran aplicarse para mejorar, como lo son las siguientes:

*Programas de fidelidad.* Otorgar preferencia a clientes recurrentes, haciendo atractivo el mantener la relación comercial por beneficios a mediano y largo plazo.

*Promoción de la marca en medios de comunicación.* Hacer promoción de los productos o servicios que pueden ser ofertados a los clientes, así como alcances de la empresa, incluido el alcance geográfico de los servicios.

*Propuestas llamativas visualmente.* Incluir imágenes de los productos, proyectos y servicios para que los clientes tengan la confianza respecto a la calidad ofrecida y lograda por la empresa.

*Participación en eventos.* Se desarrollan eventos como congresos, exposiciones y conferencias de manera física y virtual en la cual asisten gran cantidad de clientes y proveedores que podrían ser clave, dichos eventos son una oportunidad de darse a conocer dentro de la comunidad comercial en la cual se encuentra la empresa.

*Uso de softwares para gestión de ventas.* Facilita el seguimiento de las ventas y clientes, además de que permite evaluar cada etapa del proceso y sus resultados, eliminando las omisiones.

El área de ventas es un departamento que demanda la creatividad y excelente servicio hacia los clientes, es un área primordial por ser de los primeros eslabones de la cadena de valor de toda una empresa, la implementación de tácticas innovadoras presenta una gran oportunidad para la obtención de nuevos resultados.

Las técnicas revisadas podrían ser de aporte en el proceso, especialmente aquellas que tienen que ver con el control interno del proceso; una vez desempeñando un proceso robusto los resultados comenzarán a fluir en armonía y con la organización planteada en la descripción del proceso de ventas.

#### **4.4.3.3 Cuantificar Resultados.**

Continuando con el análisis estadístico de las mediciones efectuadas, se realizan las siguientes técnicas, cuyos resultados se describen a continuación.

En la tabla 4.25 se muestra la estadística básica de las mediciones realizadas, se puede observar que el proceso pareciera ser en general rápido, una cotización se emite

en promedio en menos de cuatro días y la mayor parte de las ofertas no tardan más de un día en llegar al cliente, sin embargo, la desviación estándar del proceso es tan amplia que demuestra que hay casos en los que las cotizaciones se procesan durante más de dos semanas.

Tabla 4.25 Estadística básica del proceso

Estadística básica		
Tendencia Central	Media Aritmética	3.6278
	Mediana	1.0000
	Moda	1.0000
Dispersión	Mínimo	1.0000
	Máximo	21.0000
	Rango	20.0000
	Varianza Muestral	19.4529
	Desviación Estándar Muestral	4.4105
Posición	Percentil 5	1.0000
	Percentil 50	1.0000
	Percentil 95	14.0000

Se opta también por desarrollar un intervalo de confianza al 95% para el tiempo medio para cotizar en días.

n=	180
Media=	3.6278
Desviación estándar=	4.4105
t ( $\alpha/2$ / 95%)=	-1.9733
Intervalo Superior=	4.2765
Intervalo Inferior=	2.9791



Obteniendo como resultado de este análisis que en promedio una cotización es procesada entre 2.97 y 4.27 días.

Como análisis adicional se realiza una prueba de hipótesis para la media del tiempo en emitir una cotización. El área comercial desea que el tiempo en cotizar no exceda de 7 días.

1.  $h_1 = \mu < 7$

2.  $h_0 = \mu \geq 7$

3.  $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

4. t en tabla = -1.6534

5. Si  $t_c < -1.6765 =$  Se rechaza  $h_0$

6. t Calculada = -10.2580

7. Decisión = Se rechaza  $h_0$

8. Conclusión = Con un 95% de confianza hay evidencia suficiente para decir que el tiempo en emitir una cotización no excede de 7 días.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se descarta la opción de que el tiempo en cotizar es mayor a 7 días, esto con un 95% de confianza.

#### 4.4.3.4 Descripción de Oportunidades de Mejora y KPI.

Como parte de la búsqueda de alternativas de solución se plantea el indicador clave de rendimiento (KPI Key Performance Indicator) que dicta que las cotizaciones deben procesarse en un tiempo no mayor a 7 días y como estrategia de cumplimiento se proponen las oportunidades de mejora plasmadas en la tabla 4.26.

Tabla 4.26 Oportunidades de mejora y KPI.

KPI	Oportunidad de mejora
Emitir cotizaciones en un plazo no mayor a 7 días.	Uso de software para seguimiento de propuestas.
	Asignación de tareas a todos los integrantes del equipo.
	Facilitar el acceso a la información y consulta de registros.

Este análisis de oportunidades de mejora se retomará en secciones más adelante para brindar el debido seguimiento a la ejecución de las propuestas aquí plasmadas, las cuales consisten en una mejor división del trabajo para aumentar el control de las actividades, así como el uso de nuevas tecnologías de la información que permitan facilitar y estandarizar las actividades de ventas.

#### 4.4.3.5 Análisis de la Causa Raíz.

Con el objetivo de identificar la causa raíz de las fallas en el proceso comercial se desarrolla la estrategia de cinco por qué, que consiste en cuestionar el porqué de una situación en repetidas ocasiones (cinco) para llegar así al principio originador del problema. Para un análisis más completo, se ha realizado desde distintos enfoques: análisis específico (tabla 4.27), análisis de detección (tabla 4.28) y análisis sistémico (tabla 4.29).

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis, se obtiene que las causas raíz son tanto las actividades de seguimiento como de monitoreo del proceso, incluido el tiempo tardado en el desarrollo de estas actividades.

Tabla 4.27 Análisis de cinco por qué específico.

1L	Específico.	
1W	¿Por qué los resultados del proceso son cambiantes y no predecibles?	Porque cada uno de los clientes es diferente y la atención no está estandarizada.
2W	¿Por qué el proceso no está estandarizado?	Porque aunque las actividades están definidas no se mantiene un registro de las mismas y se tiene a omitir el seguimiento.
3W	¿Por qué se omite el seguimiento?	Los análisis son al final de cada mes o cuando se recuerdan.
4W	¿Por qué los análisis son espaciados?	Porque no se mantiene el registro de actividades y afecta los resultados.
5W	¿Por qué se afectan los resultados?	Porque se tienden a omitir las necesidades de seguimiento o atención, o bien son muy tardadas.

Tabla 4.28 Análisis de cinco por qué de detección.

2L	Detección.	
1W	¿Por qué los resultados del proceso son cambiantes y no predecibles?	Porque se desconoce el estatus del proceso.
2W	¿Por qué se desconoce el estatus del proceso?	Porque no se da un seguimiento periódico.
3W	¿Por qué no se da un seguimiento periódico?	Porque cada miembro del equipo ejecuta sus actividades y no se registran a manera de recordatorio.

2L	<b>Detección.</b>	
4W	¿Por qué no se registran las actividades?	Porque no es una actividad parte del proceso.
5W	¿Por qué el registro no es parte del proceso?	No se lleva a cabo un control para monitoreo del proceso.

Tabla 4.29 *Análisis de cinco por qué sistémico.*

3L	<b>Sistémico.</b>	
1W	¿Por qué los resultados del proceso son cambiantes y no predecibles?	Porque no se maneja evidencia de las actividades.
2W	¿Por qué no hay evidencia de las actividades?	Porque solo las personas conocen en qué están trabajando y no lo documentan.
3W	¿Por qué no se documentan las actividades y resultados?	Porque solo se maneja una hoja de cálculo que se alimenta al final de cada mes con los resultados que se consideran más relevantes.
4W	¿Por qué el registro de la información es parcial?	Porque no es una actividad parte del proceso.
5W	¿Por qué el registro no es parte del proceso?	No se lleva a cabo un control para monitoreo del proceso.

#### **4.4.3.6 Identificar Desperdicios.**

Después de un análisis del proceso y mediante el uso y análisis de las herramientas aplicadas en secciones anteriores, se han identificado los siguientes desperdicios:

*Espera.* Durante el desarrollo del proceso se depende de otras áreas ajenas a la comercial, un atraso de esas áreas llega a afectar los resultados del proceso, sin embargo, al ser las respuestas se requiere optimizar esta actividad. Otro tipo de espera son las cotizaciones en espera de ser realizadas mientras otras propuestas están desarrollándose, en este caso una priorización de actividades y división del trabajo puede ser ideal.

*Sobre procesamiento.* Es posible que las revisiones y opiniones al respecto de una propuesta sean excesivas lo cual incrementa el tiempo y puede que dichas opiniones sean de no valor agregado cuando el mismo miembro del equipo comercial puede identificarlo. Las observaciones a las propuestas pueden ser de áreas administrativas, financieras y operativas.

*Movimiento innecesario.* Las propuestas pasan por etapas de revisión en las cuales hay que enviar los avances, pudiendo tener la información concentrada en el mismo lugar con visibilidad para todos los involucrados.

*Productos defectuosos.* Son todas las cotizaciones las cuales su proceso tomó más tiempo de lo indicado por el proceso, o bien lo especificado por el cliente y en ocasiones se descartan y no son tomadas en cuenta.

Otro tipo de desperdicios identificados:

*Talento.* Las tareas que no se dividen equitativamente entre los miembros del equipo e incluso hay actividades duplicadas u omitidas, sería ideal también tomar en cuenta ideas novedosas respecto al trabajo.

*Ideas y capital.* Las oportunidades de mejora propuestas que no se implementan por falta de autorizaciones para invertir.

#### **4.4.4 Mejorar (*Improve*).**

Durante la etapa de mejora se presentarán las alternativas de solución optadas así como la validación de los cambios logrados.

Se hará uso de herramientas variadas entre las cuales figura la evaluación de indicadores clave, selección de las alternativas óptimas, actualización del AMEF, VSM en estado futuro, plan piloto de desarrollo e implementación (ciclo PHVA Planear, Hacer, Verificar y Actuar) y finalmente una validación estadística de las mejoras obtenidos.

##### **4.4.4.1 Evaluación de KPIs.**

El indicador clave de rendimiento para evaluar el proceso se tiene como: emitir cotizaciones en un plazo no mayor a 7 días. Se espera que esta métrica aporte en reducción de tiempo de procesamiento, eliminación de actividades duplicadas, mejor asignación de tareas y por supuesto la implementación de los controles necesarios que propicien el seguimiento.

En el periodo comprendido de Noviembre 2021 a Febrero 2022 se emitieron un total de 67 cotizaciones a clientes, dentro de las cuales solo una de ellas excedió el plazo de 7 días en ser entregada al cliente solicitante, en una escala de 100% el porcentaje de cotizaciones a tiempo (de acuerdo al parámetro de la organización) es de 98.5%.

Cabe destacar que aunque el cliente confirmó la recepción de la propuesta económica, para la empresa se considera aún fuera de los parámetros definidos, pues el tiempo de respuesta se considera primordial y la presentación de ofertas a tiempo juega un papel muy importante en la toma de decisiones del cliente.

#### **4.4.4.2 Alternativas de Solución.**

Entre las alternativas de solución propuestas para resolver la problemática en cuestión se encuentran las siguientes:

- ✓ Modificación del procedimiento estándar de operación del proceso.
- ✓ Implementación de un sistema de Planificación de Recursos Empresariales ERP, por sus siglas en inglés (Enterprise Resource Planning).
- ✓ Implementación de un sistema para Gestión de Relaciones con el Cliente CRM, por sus siglas en inglés (Customer Relationship Management).
- ✓ Brindar capacitación al equipo comercial.
- ✓ Acciones del Sistema de Gestión de Calidad para el proceso Comercial.

Se evalúa cada una de ellas y la decisión se toma en el apartado siguiente.

#### **4.4.4.3 Determinar Solución Óptima.**

Se opta por seguir varias de las alternativas, puesto que son complementarias unas de otras, además de que la disponibilidad de recursos lo permite.

##### ***Modificación del procedimiento estándar de operación del proceso.***

Dentro del procedimiento escrito para el proceso se agregan los nuevos controles revisados, incluida la forma de registrar las actividades y dar seguimiento para cumplir con el objetivo establecido.

##### ***Brindar capacitación al equipo comercial respecto a las problemáticas del proceso y cómo resolverlas.***

Se mantuvieron sesiones de capacitación con el equipo acerca de los nuevos cambios y manera de trabajar recién definida a raíz de una mejora implementada. En la figura 4.5 se muestra evidencia de la capacitación brindada a las personas involucradas en el proceso.

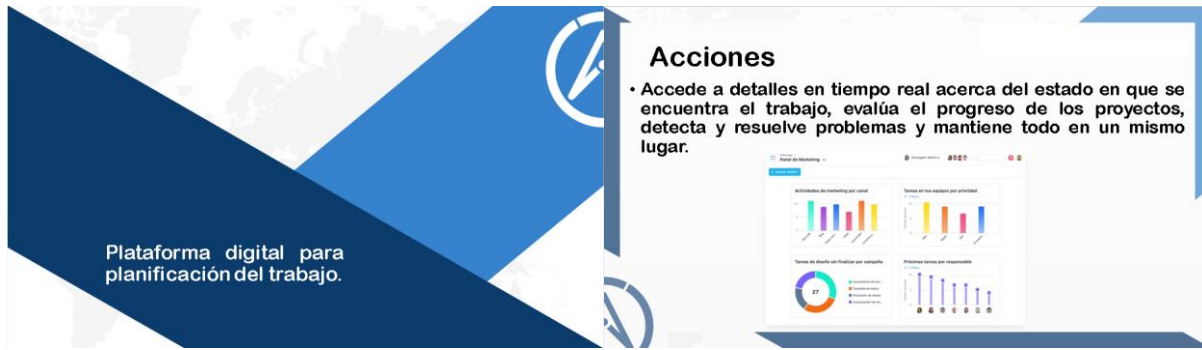


Figura 4.5 Capacitación respecto a la mejora.

### ***Acciones del Sistema de Gestión de Calidad para el proceso Comercial.***

Se llevó a cabo una auditoría interna del Sistema de Gestión de Calidad para el proceso Comercial, indicando las fallas a los requisitos del cliente, además del registro de salidas no conformes del proceso mediante su atención con el uso de acciones correctivas. Los hallazgos de la auditoría se enfocaron en la gestión de riesgos, con lo cual las acciones correctivas se alinearon a la actualización y seguimiento del control de riesgos a través del análisis AMEF.

### ***Implementación de un sistema para Gestión de Relaciones con el Cliente CRM, por sus siglas en inglés (Customer Relationship Management).***

Se optó por seleccionar una plataforma digital que permite al equipo mantenerse sincronizados, cumplir con los plazos y alcanzar los objetivos, planificar cada paso y organiza todos los detalles del trabajo.

Este sistema hace posible que se visualice rápidamente en qué estado se encuentra el trabajo, identifica los próximos pasos y toma acciones concretas para mantener al día las tareas, además de que permite acceder a detalles en tiempo real acerca del estado en que se encuentra el trabajo, evalúa el progreso de los proyectos, detecta y resuelve problemas y mantiene todo en un mismo lugar.



En referencia al objetivo del proceso en evaluación, ayuda a cumplir fechas de entrega visualizando el trabajo en un calendario, además de asignar fechas de entrega que el programa mismo enviará como recordatorio al usuario.

La página principal del sistema se muestra en la figura 4.6 en la cual se observan las plantillas para desarrollo del proceso.



Figura 4.6 Página principal del sistema.

Se diseñaron tableros de trabajo del equipo en los que se esquematizaron las actividades para cada tarea del proceso, como se ilustra en la figura 4.7.

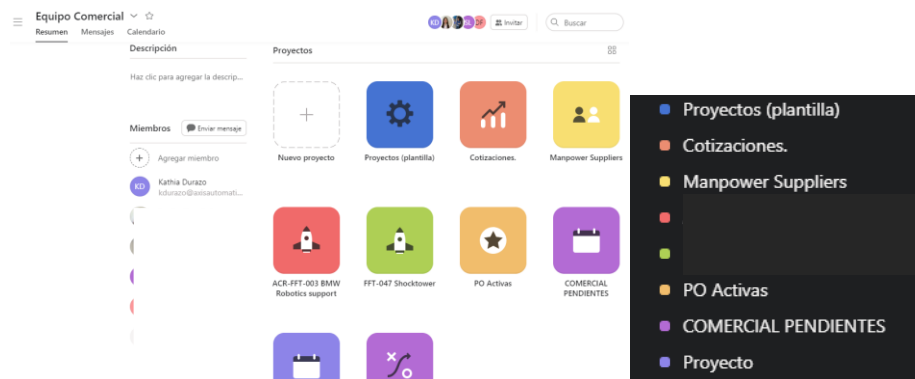


Figura 4.7 Tableros de trabajo del equipo.

Otro aspecto importante es la asignación de actividades por persona, con el uso del sistema es posible hacer una división equitativa de tareas además de que permite monitorear el avance en tiempo real. Este punto se puede observar en la figura 4.8.

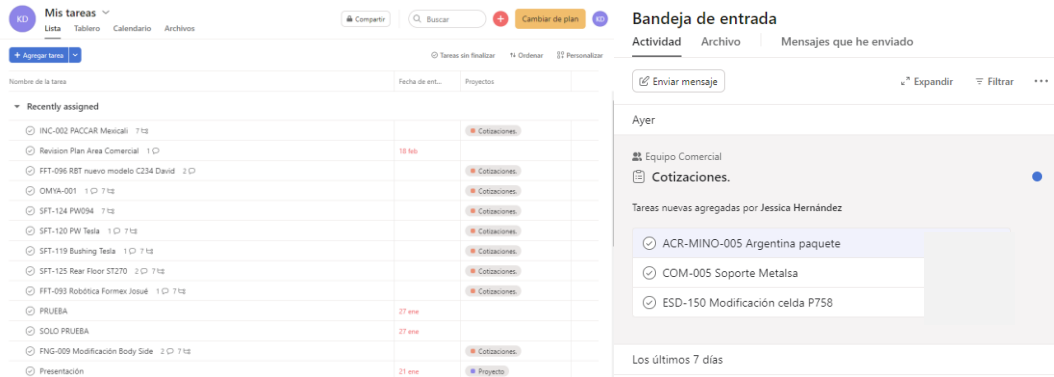


Figura 4.8 Evidencia de asignación de actividades por persona.

Cabe mencionar que otro aspecto importante es el poder monitorear, por todos los integrantes del equipo, el estatus de trabajo de las cotizaciones hacia clientes, clasificadas además según su nivel de avance. Dicha clasificación se presenta en la figura 4.9.

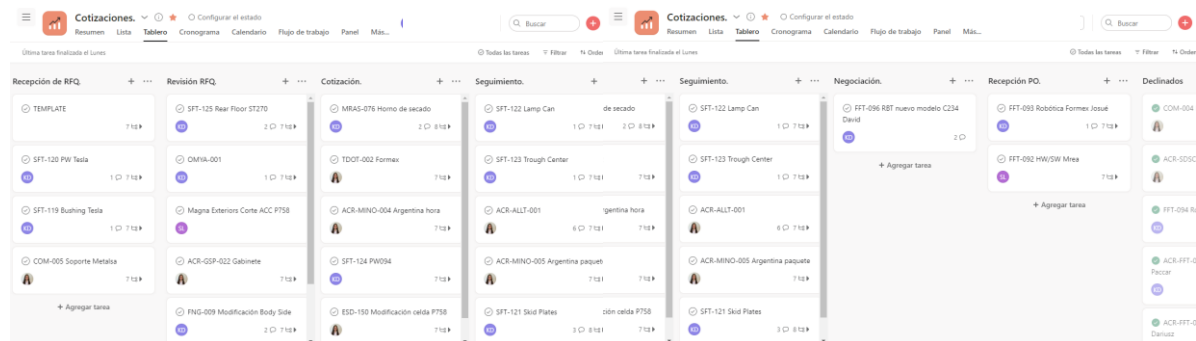


Figura 4.9 Estatus y clasificación de cotizaciones.

Se diseña además un tablero para seguimiento de cotizaciones ganadas que se convierten en proyectos activos, esto es necesario para el área de ventas con el fin de estar al tanto de los avances así como de cualquier contratiempo que pueda surgir con el cliente, facilitando además las actividades de seguimiento y retroalimentación con el cliente en cada etapa del proyecto. Este esquema de proyectos se muestra en la figura 4.10.

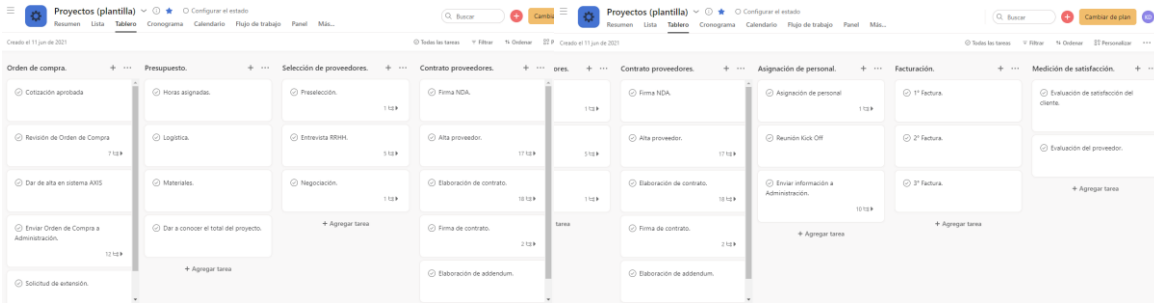


Figura 4.10 Tablero para seguimiento de cotizaciones asignadas.

Se opta también por la estandarización de todas las actividades, incluidas las más pequeñas o específicas dentro de una plantilla que asegure que ninguna actividad será omitida, como se detalla en la figura 4.11.

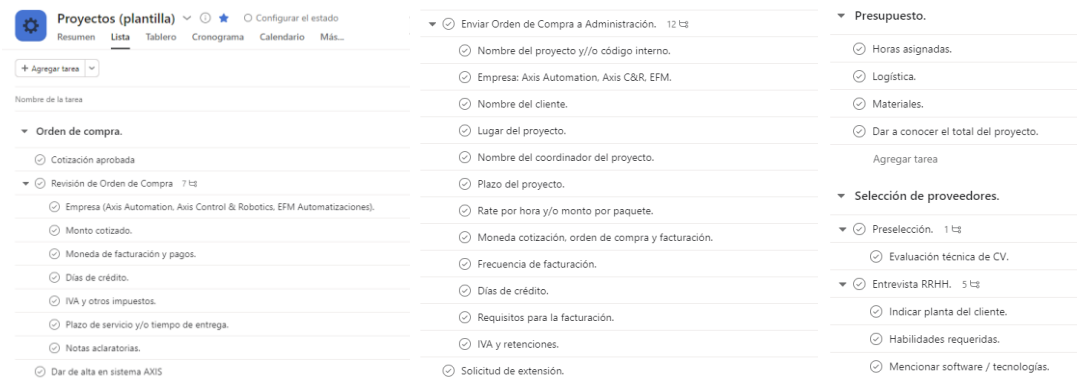


Figura 4.11 Estandarización de las actividades.

También se trabaja en aquellas actividades que involucran la medición del grado de conformidad del cliente (figura 4.12), tal cual se detalla en el estándar aeroespacial

y servirá para obtener la retroalimentación de los usuarios finales y sobre ello mejorar de manera continua.

▼ Facturación.

1ª Factura.

2ª Factura.

3ª Factura.

Agregar tarea

▼ Medición de satisfacción.

Evaluación de satisfacción del cliente.

Evaluación del proveedor.

Agregar tarea

+ Agregar sección

Figura 4.12 Evaluación de la conformidad.

En la figura 4.13 se muestra la asignación de responsables a las tareas del área, facilitando así las tareas de seguimiento y asegurando el conocimiento del personal de ventas respecto a cada proyecto.

Cotizaciones. Resumen Lista Tablero Cronograma Más... salir Buscar

+ Agregar tarea

Nombre de la tarea Responsable Fr

Recepción de RFQ

- TEMPLATE 7 t
- SFT-120 PW Testa 1 7 t
- SFT-119 Bushing Testa 1 7 t
- COM-005 Soporte Metálica 7 t

Agregar tarea

Revisión RFQ

- SFT-125 Rear Floor STD70 2 7 t
- OMYA-001 1 7 t
- Magna Exteriores Corte ACC P758
- ACR-GSP-022 Gabinete 7 t
- FNG-009 Modificación Body Side 2 7 t
- INC-002 PACCAR Mexicali 7 t

Cotización.

- MRAS-076 Homo de secado 2 8 t
- TDOT-002 Formex 7 t
- ACR-MINO-004 Argentina hora 7 t
- SFT-124 PW094 7 t
- ESD-150 Modificación celda P758 7 t

Agregar tarea

Seguimiento.

- SFT-122 Lamp Can 1 7 t
- SFT-123 Trough Center 1 7 t
- ACR-ALLT-001 6 7 t
- ACR-MINO-005 Argentina paquete 7 t
- SFT-121 Skid Plates 3 8 t

Figura 4.13 Asignación de responsabilidades.

Como parte de la estrategia de distribución del tiempo se desarrolla una agenda de actividades para asignar tareas en los tiempos necesarios, además se incluyen recordatorios para evitar pasar por alto alguna actividades. Esta estrategia se muestra en la figura 4.14.

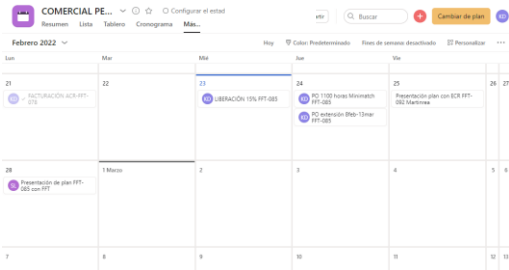


Figura 4.14 Distribución del tiempo.

Otra de las aplicaciones implementadas es una clasificación de prioridades para el desempeño de las actividades de acuerdo a su orden de importancia. Aplicación mostrada en la figura 4.15.

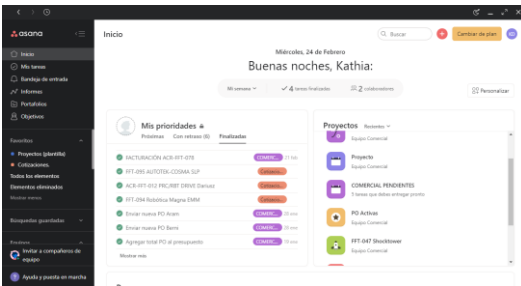


Figura 4.15 Clasificación de prioridades.

#### 4.4.4.4 Actualización de AMEF.

Como parte de la mejora se retoma el análisis AMEF y se describen las actividades de seguimiento para determinar las oportunidades respecto a los modos de falla identificados, esto priorizando en orden de acuerdo con el nivel de riesgo que se obtuvo a partir de la ponderación de severidad, ocurrencia y detección. En la tabla 4.30 se aprecian los resultados obtenidos y puede visualizarse la reducción exitosa de los principales riesgos.

*Tabla 4.30 AMEF proceso comercial después de la mejora.*

No.	Riesgo.	Efecto potencial del riesgo.	Causas del fallo.	Método de detección.	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Oportunidad.	Departamento(s) responsable(s).	Efectividad.	Toma de acciones.	Severidad2	Ocurrencia 2	Detección2	NPR2
1	Otorgar servicios obsoletos.	Reducción de las ventas.	No innovar de acuerdo a las necesidades del mercado.	Directorio de clientes y prospectos.	9	2	3	54								0
2	No ganar nuevos clientes.	No obtener proyectos a realizarse	Omitir dar seguimiento a clientes, no realizar contacto con prospectos.	Evaluación de nuevos lanzamientos en el mercado.	6	6	3	108	Realizar estudio de mercado de los sectores que se quieran abarcar anualmente	Comercial	Seguimiento de estrategias del plan comercial.	Plan comercial para el periodo. Visitas a los clientes.	6	4	2	48
3	No contar con requerimiento completo del cliente	Generar una cotización errónea y no cubrir los alcances requeridos	Mala comunicación y falta de seguimiento al cliente	RFQ y comunicación continua con el cliente.	8	2	2	32								0
4	Omitir revisión de factibilidad del RFQ antes de cotizarlo.	Enviar al cliente una propuesta que no es factible para la empresa.	No tener disponibilidad, considerar recursos insuficientes.	Revisión de cotización.	9	4	3	108	Revisión de RFQ donde se considere la disponibilidad de todos los recursos necesarios.	Comercial, Ingeniería	Considerar disponibilidad de recursos.	Emitir propuesta de acuerdo a revisión previa de requisitos del cliente.	9	1	2	18
5	Elaborar una cotización con errores.	Proponer un costo o fecha de entrega que no se puedan cumplir.	Omitir aspectos importantes para cotizar.	Aprobación de cotización.	7	3	5	105	Uso de plantillas para cotizar considerando todos los aspectos necesarios.	Comercial	Mejora en los costos presentados.	Template para cotizar.	7	2	2	28
6	Iniciar un proyecto sin orden de compra de parte del cliente.	Gasto en proyecto no concretado	Cliente no formaliza la aceptación del proyecto.	Cláusula en cotización: no iniciar trabajo sin tener orden de compra.	8	2	2	32								0
7	Aceptar condiciones de pago poco factibles.	Falta de recursos para financiar el proyecto.	Análisis erróneo.	Revisión de RFQ y cotización. Negociación de condiciones comerciales	6	2	5	60								0
8	Pérdida de un proyecto	Perder la venta y no contar con retroalimentación.	Mala comunicación y falta de seguimiento al cliente	KPI cotizaciones emitidas.	8	7	2	112	Sistema de seguimiento de ventas.	Comercial	Información centralizada y en tiempo real del estatus del proceso.	Uso de plataforma digital para seguimiento del proceso.	8	2	1	16
9	Error en presupuesto	Exceder en el uso de recursos disponibles para el proyecto.	Mal cálculo de presupuesto	Evaluación de gasto vs presupuesto.	6	4	4	96								0
10	Error en facturación y cobros.	Retraso en pagos del cliente.	Omitir comunicar condiciones comerciales	Comunicación de ordenes de compra recibidas.	6	3	2	36								0
11	Quejas de clientes.	No cumplir con el alcance cotizado del proyecto.	No dar seguimiento durante el transcurso del proyecto.	Alcances del proyecto, matriz de open issue o puntos pendientes.	8	2	3	48								0
12	Atrasos en liberación del proyecto.	Retraso en pagos del cliente.	Omitir el seguimiento a open issues.	Evaluar los servicios dados y detectar áreas de mejora.	8	3	3	72								0
13	Cientes no satisfechos.	Malas referencias y pérdida de clientes.	Falta de seguimiento a proyectos	Medición de la permanencia, QR's, evaluar RFQ's vs ordenes de compra.	9	5	3	135	Recopilar comentarios, retroalimentación desde el área de ingeniería.	Comercial, Ingeniería	Conocer el grado de satisfacción del cliente.	Visualizar el trabajo brindado desde la perspectiva del cliente para implementar acciones.	8	1	1	8

#### 4.4.4.5 VSM Estado Futuro

En la etapa de mejora también se retoma el mapeo de la cadena de valor. Como se han identificado los principales desperdicios y también se han implementado ciertas actividades de mejora, la cadena de valor del proceso comercial se vuelve más robusta, fluida, con mayor control y con menos actividades que no agregan valor.

Los resultados obtenidos de las mejoras se plasman en el VSM de estado futuro de la figura 4.16.

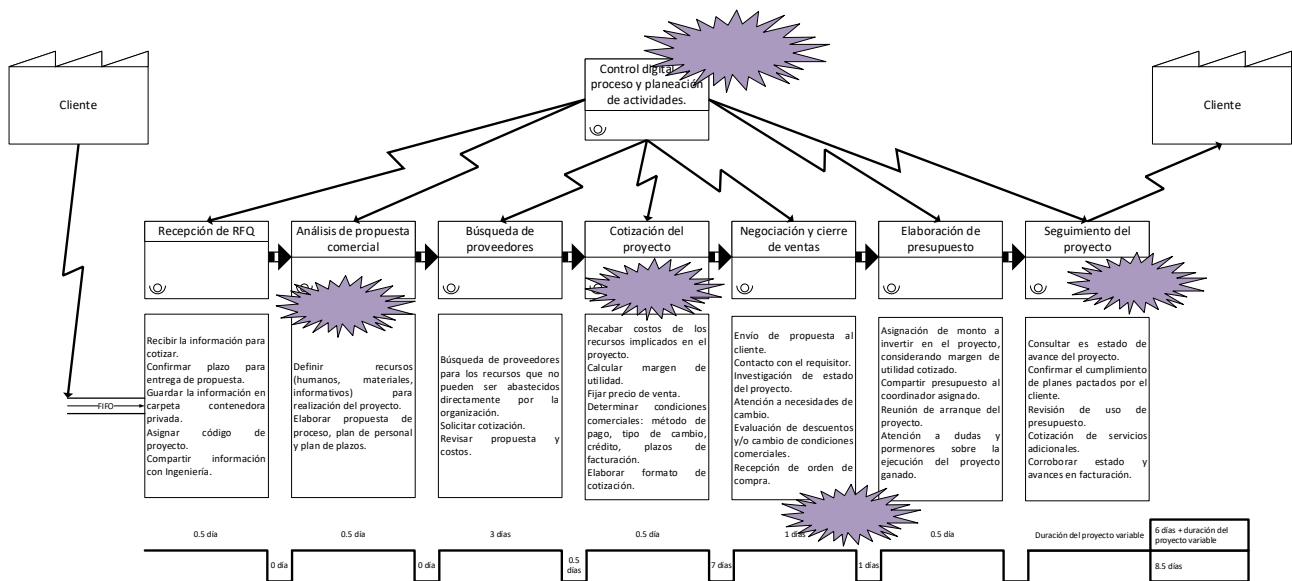


Figura 4.16 VSM del proceso comercial en estado futuro.

#### 4.4.4.6 Plan Piloto de Desarrollo e Implementación (PHVA).

Prosiguiendo con la etapa de mejora, se realiza el ciclo Planear – Hacer – Verificar – Actuar, a manera de plan de desarrollo e implementación. Cabe mencionar que se toman en consideración los principios que dicta el estándar aeroespacial para conformar este ciclo de la mejora. Los resultados de su conformación se encuentran plasmados en la figura 4.17.

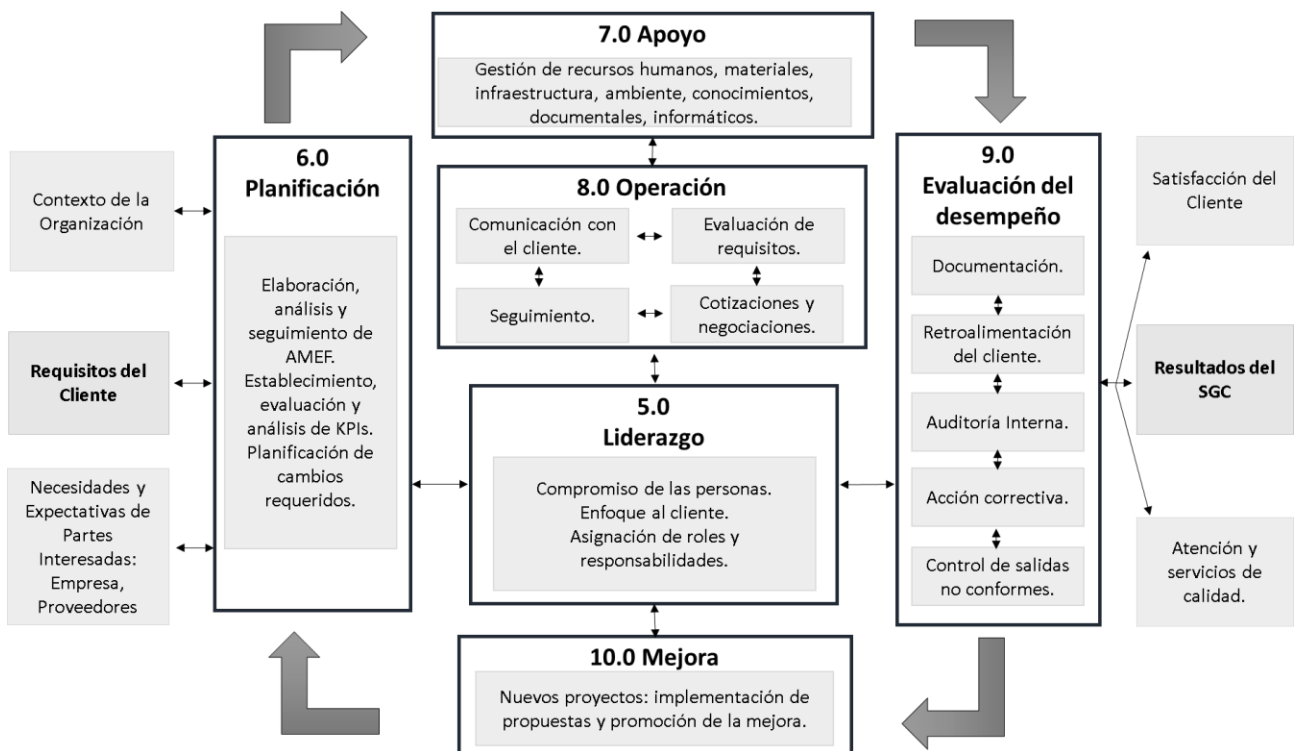


Figura 4.17 Ciclo Planear - Hacer - Verificar - Actuar.



#### 4.4.4.7 Validación de Mejoras.

Para concluir la fase de mejora se optó por evaluar nuevamente el estado del proceso, se consideró el plan de recolección de datos pero tomando en consideración las cotizaciones emitidas en el lapso comprendido entre noviembre 2021 y febrero 2022. Los datos recolectados se muestran en la tabla 4.31.

Tabla 4.31 Recolección de datos después de la mejora.

Días en emitir una cotización (proyectos cotizados entre Noviembre 2021 y Febrero 2022)											
7	2	4	5	5	1	3	1	2	1	1	7
9	6	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
2	2	3	5	1	1	1	2	2	3	1	1
1	1	1	7	2	2	1	1	1	3	5	1
1	1	3	1	1	1	1	1	4	4	3	2
6	2	1	1	2	1	2	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Posteriormente se procede a calcular el nuevo nivel sigma del proceso, así como los defectos por millón de oportunidades que ahora se tienen.

Número de oportunidades: 67

Número de defectos: 1

$$\% \text{ YIELD: } \frac{(\text{Número de oportunidades} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de oportunidades}} \times 100 = \frac{(67-1)}{67} \times 100 = 99 \%$$

$$\text{DPMO: } \frac{(1000000 \times \text{Defectos})}{\text{Número de oportunidades}} = \frac{(1000000 \times 1)}{67} = 14925.3731$$

Nivel Sigma: 3.67

*Tabla 4.32 Comparación de nivel Sigma y DPMOs*

<b>Estatus</b>	<b>Nivel Sigma</b>	<b>DPMOs</b>	<b>% DPMOs</b>
Antes	2.49	161 111.00	100%
Después	3.67	14 925.37	9%

En una escala de 100%, una vez implementadas las mejoras en el proceso se tienen solo el 9% de los defectos que se tenían al principio, es decir que se ha logrado una reducción del 91% de defectos por millón de oportunidades (DPMOs), cálculos mostrados en la tabla 4.32.

### **4.4.5 Controlar (*Control*).**

Durante la fase final de DMAIC (controlar) se desarrollarán los planes de control que aseguren la permanencia de las mejoras realizadas, así como el enfoque en la mejora y estandarización del proceso.

Se presentarán las siguientes herramientas de aporte al control del proceso: principio a prueba de error, herramientas estadísticas, plan de monitoreo de indicadores, procedimiento estándar de operación del proceso, plan de capacitación, plan de control y plan de auditorías.

#### **4.4.5.1 Aplicación de Principio a Prueba de Error.**

Se elaboran las plantillas con todos los pasos del proceso, al estar trabajando en un sistema digital, las actividades se encuentran secuenciadas, de tal forma que se requiere completar todas las tareas necesarias para concluir con éxito al final.

Entre los requisitos establecidos para la elaboración de una propuesta se encuentran:

1. Recepción y almacenamiento (resguardo) de RFQ.
2. Revisión de RFQ.
3. Cotización.
4. Seguimiento.
5. Negociación.
6. Recepción de orden de compra.

Además, se han determinado las sub actividades para cada una de ellas, de manera que el proceso debe seguirse a detalle.

Ejemplo de asignación de sub actividades para una cotización ilustrado en la figura 4.18.

<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre del proyecto y/o código interno.
<input checked="" type="checkbox"/>	Empresa:
<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre del cliente.
<input checked="" type="checkbox"/>	Lugar del proyecto.
<input checked="" type="checkbox"/>	Nombre del coordinador del proyecto.
<input checked="" type="checkbox"/>	Plazo del proyecto.
<input checked="" type="checkbox"/>	Rate por hora y/o monto por paquete.
<input checked="" type="checkbox"/>	Moneda cotización, orden de compra y facturación.
<input checked="" type="checkbox"/>	Frecuencia de facturación.
<input checked="" type="checkbox"/>	Días de crédito.
<input checked="" type="checkbox"/>	Requisitos para la facturación.
<input checked="" type="checkbox"/>	IVA y retenciones.
<input checked="" type="checkbox"/>	Solicitud de extensión.

Figura 4.18 Subdivisión del trabajo.

#### 4.4.5.2 Control Estadístico.

En la tabla 4.33 se presenta el análisis estadístico aplicado al proceso posterior a las mejoras implementadas. Se observa cómo el tiempo en cotizar promedio se reduce a poco más de dos días, además la variación entre propuestas es mucho más baja de acuerdo a su desviación estándar.

Tabla 4.33 Estadística básica del proceso después de la mejora.

Estadística básica		
Tendencia Central	Media Aritmética	2.2836
	Mediana	1.0000
	Moda	1.0000
Dispersión	Mínimo	1.0000
	Máximo	9.0000
	Rango	8.0000
	Varianza Muestral	3.6305
	Desviación Estándar Muestral	1.9054
Posición	Percentil 5	1.0000
	Percentil 50	1.0000
	Percentil 95	6.7000

Continuando con el análisis en materia de estadística, se calculó un nuevo intervalo de confianza al 95% para el tiempo medio para cotizar en días, obteniendo como resultado que el tiempo en cotizar se encuentra entre 1.81 y 2.74 días, considerablemente menor al tiempo que tomaba una cotización antes de las mejoras implementadas.

n=	67
Media=	2.2836
Desviación estándar=	1.9054
t ( $\alpha/2$ / 95%)=	-1.9966
Intervalo Superior=	2.7483
Intervalo Inferior=	1.8188

#### 4.4.5.3 Plan de Monitoreo.

Se desarrolla un plan de monitoreo para el seguimiento de KPIs (figura 4.19), diseñado de tal forma que puedan presentarse los resultados obtenidos de manera mensual y de esta forma poder tomar decisiones acertadas y a tiempo.

A grandes rasgos, los indicadores clave de rendimiento a evaluar en el periodo son: incremento de ventas, tiempo para la emisión de propuestas, contratos con clientes nuevos, meta de utilidad anual.

DASHBOARD																	
ÁREA	DEPARTAMENTO	KEY PERFORMANCE INDICATOR	MÉTRICO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	TOTAL	CUMPLIMIENTO
COMERCIAL	VENTAS	Incrementar las ventas en 20% en 2021 con respecto a 2020	% de venta														100%
COMERCIAL	VENTAS	Emisión de propuestas comerciales en un plazo no mayor a 7 días.	% de cotizaciones a tiempo														100%
COMERCIAL	VENTAS	Obtener al menos 3 clientes nuevos.	# clientes														100%
COMERCIAL	VENTAS	Obtener una utilidad proyectada promedio de 25% en los proyectos de 2021	% Utilidad promedio														100%

Figura 4.19 Evaluación de indicadores.

#### 4.4.5.4 Procedimiento Estándar de Operación.

El siguiente paso en la etapa de control es definir el procedimiento estándar de operación para el área comercial a manera de estandarizar las actividades a realizar y evitar la variabilidad.

Al contar con el estándar aeroespacial, se tiene un procedimiento establecido, se realizaron los cambios incluyendo las nuevas herramientas de Lean Six Sigma, planes y nuevas actividades para optimizar el proceso comercial para ventas. Se muestra la carátula del procedimiento en la figura 4.20 con sus debidas actualizaciones ya mencionadas.

	<b>Procedimiento Área Comercial</b>	Hoja: <b>1 de 5</b>
	Referencia a la cláusula de la norma: ISO 9001:2015: 5.1.2, 8.2, 8.5.5, 9.1.2 AS 9100 D: 5.1.2, 8.2, 8.5.5, 9.1.2	Revisión: 6

ACTIVIDAD	NOMBRE	PUESTO	FIRMA	FECHA
<b>ELABORO:</b>				
<b>AUTORIZO:</b>				

<b>CONTROL DE CAMBIOS</b>			
No. de Revisión que se afecta	Fecha en que se propone el cambio	Capítulo o Subíndice Modificado	Descripción del cambio
0	Enero 2018	N/A	NUEVA CREACION
1	1		
2	F		
3	11		
4	1		
5			
6	2	7	Desarrollo del proceso

Figura 4.20 Procedimiento de operación.

#### 4.4.5.5 Plan de Capacitación.

Otro de los planes desarrollados es el plan de capacitación, en este se han considerado capacitaciones para el personal que lleva a cabo el proceso en los siguientes aspectos tanto generales como específicos:

- Sistema de gestión de la calidad.
- Uso de plataforma digital (en la cual se desarrollaron las mejoras al proceso).
- Indicadores clave de rendimiento KPI.
- Estrategias de mercado.

Dichos entrenamientos se encuentran programados de acuerdo a la calendarización mostrada en la figura 4.21.

		<b>PLAN DE CAPACITACIÓN ANUAL.</b>																																																Revisión: 0		AÑO: 2022	
		Referencia a la Norma ISO 9001:2015, AS9100 D : 7.1.6																																																			
TIPO DE CURSO		PROGRAMACIÓN																																																			
COMPETENCIA	CURSO	ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
GENERAL	Sistema de gestión de la calidad.	P																																																			
	Uso plataforma digital.	R																																																			
ESPECÍFICA	Indicadores clave de rendimiento KPI.	P																																																			
	Estrategias de mercado.	R																																																			

Prioridad Media	●
Prioridad Alta	●
Prioridad Baja	●

Programado	P
Realizado	R

Figura 4.21 Plan de capacitación.

#### 4.4.5.6 Plan de Control.

Con el fin de maximizar el control del proceso y tener opciones alternativas a situaciones adversas, se ha desarrollado un plan de control (figura 4.22), en el cual se especifican todas las fases del proceso, describiendo sus parámetros y especificaciones, incluyendo además las actividades de reacción ante alguna situación no planeada.



PLAN DE CONTROL DE CALIDAD: Proceso Comercial

FLUJO DE PROCESO.			CARACTERÍSTICAS.	MÉTODO.		EJECUCIÓN	RESPONSABLE.	REACCIÓN A SITUACIÓN DE ANOMALÍA.
No.	FASE / OPERACIÓN.	EQUIPO / MEDIO DE PRODUCCIÓN.	PARÁMETRO PROCESO.	TÉCNICA DE EVALUACIÓN.	ESPECIFICACIÓN.	FRECUENCIA.		
1	Planeación comercial.	Equipo de cómputo.	Distribución adecuada de los recursos.	Revisión por la dirección.	Alineación a objetivos organizacionales.	Anual	Comercial	Reajuste del plan comercial.
2	Búsqueda de clientes.	Visitas físicas y virtuales.	Cierre de ventas.	Revisión por la dirección.	Giro afn, plan de ventas acorde a los objetivos (rentabilidad).	Mensual	Comercial	Uso de nuevas estrategias de acercamiento.
3	Recepción de la solicitud del cliente.	Correo electrónico.	Ser proveedor registrado.	KPI	Permanencia del cliente en cuanto a consideración para participar en un proyecto.	Mensual	Comercial	Ofrecer catálogo de servicios previo a la solicitud.
4	Revisión de los requisitos.	Equipo de cómputo.	Factibilidad del proyecto.	Plataforma.	Contar con los recursos para desarrollar el proyecto.	Diano	Comercial	Revisión con el cliente final.
5	Estimación de costos.	Equipo de cómputo.	Consideración de todos los recursos necesarios.	Comparación de precios del mercado.	Reducir el costo sin comprometer la calidad.	Diano	Comercial	Revisión con área financiera y evaluación de escenarios.
6	Establecimiento de margen de utilidad.	Equipo de cómputo.	Porcentaje planteado por la empresa.	Comparación de precios del mercado.	Debe ser igual o mayor al porcentaje fijado.	Diano	Comercial	Revisión con área financiera y evaluación de escenarios.
7	Fijación de condiciones comerciales.	Equipo de cómputo.	Aseguramiento de pagos.	Flujo financiero.	Asegurar la remuneración adecuada y oportuna.	Diano	Comercial	Revisión con área financiera y evaluación de escenarios.
8	Emisión de la cotización.	Equipo de cómputo.	En plazo no mayor a 7 días.	KPI	Envío de oferta formal y demás requisitos del cliente.	Diano	Comercial	Contactar al cliente para notificar atrasos, y pedir mantener la oportunidad de participación en el nuevo proyecto.
9	Negociación y cierre de ventas.	Visitas físicas y virtuales.	Meta de ventas.	Revisión por la dirección.	Obtención de contrato.	Diano	Comercial	Solicitar retroalimentación para mejorar en futuras propuestas.
10	Elaboración de presupuesto.	Equipo de cómputo.	Margen de utilidad y optimización de tiempos.	Cálculo de precio de venta individual.	Distribución de los recursos y escala de tiempo adecuados.	Por proyecto	Comercial	Consulta de condiciones en orden de compra, contacto con el comprador y reevaluación de márgenes en finanzas.
11	Seguimiento del proyecto / Actividades posventa	Visitas físicas del virtuales.	Puntos críticos (etapas) de seguimiento.	KPI de Ingeniería	Tener presencia con los clientes.	Diano	Comercial	Atención a detalles de coordinación.

Figura 4.22 Plan de control.

4.4.5.7 Plan de Auditoría.

Como parte importante de la planeación en la etapa de control, se opta por desarrollar un plan de auditoría (figura 4.23) que especifique los tiempos de realización de auditorías internas, externas, revisiones por la dirección, actualización de análisis de riesgos y evaluación de indicadores.

Por normativa las auditorías son de carácter necesario, aunado a que permiten a la empresa estar preparada y consciente de la necesidad de evaluación como punto de partida hacia la mejora continua.

**PROGRAMA DE TRABAJO ANUAL DEL SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD**

PROCESO			AUDITOR LÍDER	EQUIPO AUDITOR	MÉTODO DE AUDITORIA	MES																			
TIPO.	NOMBRE	CRITERIOS				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC								
PRINCIPAL	Comercial	AS9100 D	A	B, C	Revisión documental, entrevista personal y toma de evidencia por muestreo.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Simulación	AS9100 D	A	B, C																					
	Diseño	AS9100 D	A	B, C																					
	Automatización	AS9100 D	A	B, C																					
	Ingeniería	AS9100 D	A	B, C																					
SOPORTE	Coordinación	AS9100 D	A	B, C																					
	Compras	AS9100 D	A	B, C																					
	Logística	AS9100 D	A	B, C																					
	Mantenimiento	AS9100 D	A	B, C																					
CALIDAD	Recursos Humanos	AS9100 D	A	B, C																					
	Resultados de indicadores (KPI)	AS9100 D	A	B, C																					
	Auditoría interna	AS9100 D	A	B, C																					
	Revisión por la dirección	AS9100 D	A	B, C																					
	Salidas no conformes	AS9100 D	A	B, C																					
	Acciones correctivas	AS9100 D	A	B, C																					
	Información documentada	AS9100 D	A	B, C																					
	Mejora continua	AS9100 D	A	B, C																					
	Gestión de riesgos operacionales	AS9100 D	A	B, C																					
	Gestión de la configuración	AS9100 D	A	B, C																					
Seguridad del producto	AS9100 D	A	B, C																						
Prevención de piezas falsificadas	AS9100 D	A	B, C																						

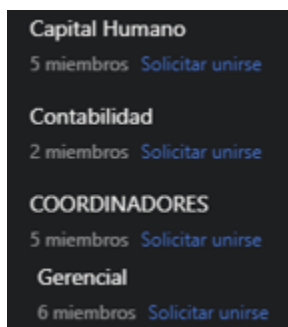
INDICACIONES	
AUDITORIA INTERNA AS 9100	
REVISION POR LA DIRECCION	
MEDICION Y SEGUIMIENTO DE INDICADORES	
ACTUALIZACION ANEF	
AUDITORIA EXTERNA AS 9100	

Figura 4.23 Plan de auditoría.

## 4.5 Resultados Obtenidos.

Después del desarrollo exitoso de DMAIC se obtiene una mejora considerable al proceso comercial puesto que se hace posible reducir la cantidad de fallas, mitigar riesgos, educar en el sentido de trabajo bajo métricas y evaluación y lo más importante, tener un proceso fiable y de resultados positivos.

A partir de los resultados de la implementación de los novedosos controles en el departamento comercial, otros departamentos han optado por el entrenamiento del personal y el uso de sistemas digitales y compartidos para el monitoreo de los procesos en tiempo real, ejemplo de esta diversificación de las mejoras realizadas se muestra en la figura 4.24.



<b>Capital Humano</b>
5 miembros <a href="#">Solicitar unirse</a>
<b>Contabilidad</b>
2 miembros <a href="#">Solicitar unirse</a>
<b>COORDINADORES</b>
5 miembros <a href="#">Solicitar unirse</a>
<b>Gerencial</b>
6 miembros <a href="#">Solicitar unirse</a>

Figura 4.24 Nuevas implementaciones.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A lo largo de este capítulo se expondrán las conclusiones y recomendaciones finales de la presente tesis, así como la descripción del cumplimiento de los objetivos e hipótesis planteadas en un principio.

Esta investigación tuvo por objetivo integrar Lean Six Sigma a un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la Norma AS 9100D para aumentar la competitividad al reducir desperdicios y eliminar variabilidad en el proceso comercial. Durante toda la investigación y desarrollo del presente trabajo se mantuvo en enfoque determinado en un principio, a continuación se presenta el cierre del proyecto.

### 5.1 Conclusiones.

En conclusión, el objetivo principal de integrar Lean Six Sigma a un Sistema de Gestión de la Calidad basado en la Norma AS 9100D se logró exitosamente, llegando a establecer una asociación funcional entre ellas.

En cuanto a los objetivos específicos, se describe su nivel de cumplimiento:

El primer objetivo específico fue reducir desperdicios del proceso comercial y se demostró una reducción tanto de defectos como de tiempo por optimización de actividades en el proceso.

El segundo objetivo fue eliminar la variabilidad del proceso comercial, motivo por el cual se desarrollaron los estándares del proceso como diagramas, procesos y planes, además del establecimiento de métricos sobre los cuales trabajar.

El objetivo siguiente fue mejorar los resultados de indicadores de calidad del área comercial y este objetivo se cumplió en medida que se logró reducir la cantidad de ofertas que se enviaban al cliente en destiempo.

Otro de los objetivos fue establecer un esquema de metas y ventas a largo plazo alineado con la estrategia global de la organización y los requisitos de AS9100 abordado mediante Lean Six Sigma y este se logra con el establecimiento de nuevos métricos anuales y los planes de monitoreo y control desarrollados.

El último objetivo planteado fue desarrollar una metodología que se pudiera replicar en otros procesos de la organización, así como industrias de un giro o sector distinto. Este objetivo se cumple de manera interna con la extensión de los controles aplicados hacia otros procesos de la organización.

Se presentan además las conclusiones obtenidas en cuanto a las hipótesis planteadas:

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación es correcto afirmar que existe una asociación entre Lean Six Sigma y el estándar Aeroespacial AS9100D, también se pueden establecer requisitos del estándar Aeroespacial para el proceso Comercial que se pueden mejorar mediante Lean Six Sigma y finalmente, se pueden establecer las variables del proceso Comercial que determinan la competitividad en la industria.

## **5.2 Recomendaciones.**

De acuerdo a los resultados y conclusiones presentadas se recomienda continuar con la utilización conjunta de herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma para fortalecer los estándares de calidad, se comprueba que al trabajar bajo el mismo fin los resultados obtenidos se ven favorecidos por el enfoque de cada tipo de herramienta.

En cuanto a la realización del presente estudio se recomienda que como futura investigación se prolongue el plazo de evaluación de los resultados obtenidos para comprobar con mayor evidencia (muestras más grandes) la efectividad de la asociación entre Lean Six Sigma y el estándar Aeroespacial, inclusive podría aplicarse a nuevos estándares de calidad.

## REFERENCIAS.

- Adina-Petruța, P. y Roxana, S. (2014). Integrating Six Sigma with Quality Management Systems for the Development and Continuous Improvement of Higher Education Institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 643–648. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.07.456
- Aleksandrova, S., Vasiliev, V. & Allexandrov, M. (2019). Integration of Quality Management and Digital Technologies. *International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)*, 2019, pp. 20-22, doi: 10.1109/ITQMIS.2019.8928426
- Basu, R. (2013). *Fit sigma: A lean approach to building sustainable quality beyond six sigma*. Hoboken, N.J: Wiley.
- Buergin, J., Minguillon, F., Wehrle, F., Haefner, B. y Lanza, G. (2017). Demonstration of a Concept for Scalable Automation of Assembly Systems in a Learning Factory. *Procedia Manufacturing*, 9, 33–40. doi: 10.1016/j.promfg.2017.04.026
- Centro de Comercio Internacional. (21 de mayo 2021) TRADEMAP: Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. Recuperado de: <https://www.trademap.org/>
- Chávez, F. (2018). La difusión tecnológica y la industria aeroespacial en Sonora. *TRASCENDER, CONTABILIDAD Y GESTIÓN*, (7), 2–14. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i7.12>
- De Mast, J. y Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604–614. doi: 10.1016/j.ijpe.2012.05.035
- Garre, P., Nikhil, V., Shashank, P., Harish, M. y Dheeraj, M. (2017). Applying lean in aerospace manufacturing. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 4, pp. 8439–8446). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.189
- Gutiérrez, P. H. y Vara, S. R. (2018). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México, D.F. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

- International Organization for Standardization [ISO] (2015). Sistemas de gestión de la calidad: requisitos. (ISO 9001: 2015). <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Jacobs, M. (2015). Cultural Impact on Lean Six Sigma and Corporate Success. doi:10.1007/978-3-658-07340-4
- Khalili, A., Ismail, M., y Karim, A. (2017). Integration of lean manufacturing and quality management system through structural equation modelling. 20, 4, 534-556.
- Kolberg, D. y Zühlke, D. (2015). Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. In IFAC-PapersOnLine (Vol. 28, pp. 1870–1875). doi: 10.1016/j.ifacol.2015.06.359
- Lameijer, B., De Mast, J. y Ronald J. (2017) Lean Six Sigma Deployment and Maturity Models: A Critical Review, Quality Management Journal, 24:4, 6-20, doi: 10.1080/10686967.2017.12088376
- Lu, Y., Xu, X. y Wang, L. (2020). Smart manufacturing process and system automation – A critical review of the standards and envisioned scenarios. Journal of Manufacturing Systems. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.jmsy.2020.06.010
- Malik, A., Blumenfeld, S. (2012), "Six Sigma, quality management systems and the development of organizational learning capability", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 29 Iss 1 pp. 71 – 91
- Marques, P., Meyrelles, P., Saraiva, P. y Frazão-Guerreiro, F. (2016). Integrating Lean Six Sigma with ISO 9001:2015. International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), pp. 894-898, doi: 10.1109/IEEM.2016.7798006.
- Marques, P., Requeijo, J., Saraiva, P., & Frazão-Guerreiro, F. (2013). Integrating Six Sigma with ISO 9001. International Journal of Lean Six Sigma, 4, 1, 36-59.
- Montgomery, D. C. y Runger, G. C. (2011). Applied statistics and probability for engineers. United States of America: John Wiley & Sons
- Pereira, M., Bento, I., Ferreira, L., Sá, J. y Silva, F. (2019). Using Six Sigma to analyse Customer Satisfaction at the product design and development stage. In Procedia

- Manufacturing (Vol. 38, pp. 1608–1614). Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.124
- Poom, T. y León, J. (2019). Caracterización de las Empresas Pertenecientes a la Industria Emergente del sector Aeroespacial del Estado de Sonora. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: División de Ciencias Económicas y Sociales*, (29), 33. <https://doi.org/10.46589/rdiasf.v0i29.228>
- Prabhushankar, G., Devadasan, S., Shalij, P., y Thirunavukkarasu, V. (2009). Design of Innovative Six Sigma Quality Management Systems. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 3, 1, 76-100.
- Russell, D. W. (2010). A metric for rating the effectiveness of industrial automation systems using a derivative of function point analysis. In *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* (Vol. 26, pp. 551–557). doi: 10.1016/j.rcim.2010.06.024
- SAE International (2016) *Sistemas de gestión de la calidad: requisitos para organizaciones de aviación, espacio y defensa. (AS9100D)* <https://www.sae.org/standards/content/as9100d/>
- Stankalla R., Koval, O. y Chromjakova, F. (2018): A review of critical success factors for the successful implementation of lean six sigma and six sigma in manufacturing small and medium-sized enterprises, *Quality Engineering*, doi: 10.1080/08982112.2018.1448933
- Tekin, E. (2014). A method for traceability and “as-built product structure” in aerospace industry. In *Procedia CIRP* (Vol. 17, pp. 351–355). Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.procir.2014.01.053
- Tenera, A. y Pinto, L. C. (2014). A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 912–920. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.102
- Titmarsh, R., Assad, F. y Harrison, R. (2020). Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing requirements: An Industry 4.0 perspective. *Procedia CIRP*, 90, 589–593. doi: 10.1016/j.procir.2020.02.044

- Vázquez, M. y Bocanegra, C. (2018). La industria aeroespacial en México: características y retos en Sonora. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 49(195). <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2018.195.63183>
- Villaseñor, C. A. y Galindo, C. E., (2009). *Manual de Lean manufacturing guía básica*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. Editorial Limusa.
- Womack, J. P., Jones, D. T. y Cuatrecasas, A. L. (2013). *Lean thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000.
- Yadav, N., Shankar, R., y Singh, S. (2020). Impact of Industry4.0/ICTs, Lean Six Sigma and quality management systems on organizational performance. *The Tqm Journal*, 32, 4, 815-835.



## ANEXOS

### Anexo 1

#### 1. MIL STD 105E

Tamaño de la muestra de acuerdo con la magnitud del lote y nivel de inspección requerida:

Tamaño de lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Especificación de plan de muestreo:

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra <i>n</i>	Nivel de calidad aceptable									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2										
B	3										
C	5										
D	8										
E	13										
F	20										0 1
G	32									0 1	1 2
H	50									0 1	1 2
J	80									0 1	1 2
K	125									0 1	1 2
L	200									0 1	1 2
M	315									0 1	1 2
N	500									0 1	1 2
P	800									0 1	1 2
Q	1 250									0 1	1 2
R	2 000									0 1	1 2

## PAPER NAME

**Tesis KADM\_completa\_rev0 (1).docx**

---

## WORD COUNT

**21363 Words**

## CHARACTER COUNT

**117939 Characters**

## PAGE COUNT

**115 Pages**

## FILE SIZE

**3.5MB**

## SUBMISSION DATE

**May 2, 2022 9:09 AM GMT-7**

## REPORT DATE

**May 2, 2022 9:19 AM GMT-7**

---

**● 13% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 8% Publications database
- Crossref Posted Content database
- Crossref database
- 12% Submitted Works database

**● Excluded from Similarity Report**

- Internet database

NOMBRE DEL TRABAJO

**039\_MII\_DURAZO MORENO KATHIA ALE  
JANDRA.pdf**

AUTOR

**KATHIA ALEJANDRA DURAZO MORENO**

RECUENTO DE PALABRAS

**28795 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**162143 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**130 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Nov 10, 2022 10:47 AM GMT-7**

FECHA DEL INFORME

**Nov 10, 2022 10:49 AM GMT-7****● 18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 12% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref