

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Contaduría y Administración

Doctorado en Ciencias de la Administración



**MODELO DE FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO PARA EL DESPLIEGUE DE
PROYECTOS SEIS SIGMA EN LA INDUSTRIA MAQUILADORA DE
EXPORTACIÓN**

Presenta: Mtra. Nancy Angélica Coronel González

Comité Tutorial: Dr. Raúl Valdivieso Martínez

Dr. Alexandre Vera-Cruz

Dr. Salvador Noriega Morales

Dr. Ricardo Varela

Dr. Alfonso Merino

México, D.F.

Abril del 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

DEDICATORIA

**A mis padres Rosita y Rodolfo,
por su sacrificio y entrega.**

**A mi hija Sarah,
por las horas robadas.**

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a los doctores Raúl Valdivieso Martínez, Alexandre Vera-Cruz y Salvador Noriega Morales, por sus conocimientos, su dirección y sobre todo su sabiduría. A los doctores Ricardo Varela y Alfonso Merino por su experiencia, su aportación y por su voluntad de unirse a este equipo.

Al Dr. Jorge Luis García por su empuje, por compartir sus herramientas y mostrarme el camino.

A los doctores Alfonso Herrerías y Patricia Jiménez, por su apoyo y valiosa ayuda para la conclusión de este trabajo. Al maestro Andrés Hernández y al Doctor Ricardo Melgoza, por brindarme la oportunidad de continuar con mi gran pasión: la docencia.

A los maestros Arturo Martínez Martínez, Eduardo Ochoa y Roberto Gómez por su contribución y apertura para el desarrollo de esta investigación.

A mis hermanos Bonny, Rodolfo y Rafael por su acompañamiento y por darme aliento en los momentos difíciles. A mis sobrinas Pamela y Paulina por su amor incondicional.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.2. Planteamiento del problema.....	11
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivos generales	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Preguntas de investigación	14
1.5. Hipótesis	15
1.5.1. Hipótesis generales	15
1.5.2. Hipótesis particulares.....	15
1.6. Justificación.....	17
1.7. Viabilidad de la Investigación.....	17
1.8. Alcance y Delimitaciones	18
1.8.1. Cuerpos de la literatura.....	18
1.8.2. Periodo Analizado.....	18
1.9. Tipo de investigación	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Origen y definición de Seis Sigma	20
2.1.1. Definición	21
2.2. Factores Críticos de Éxito	22
2.2.1. Definición y objetivo de los Factores Críticos del Éxito.....	22
2.2.2. Descripción de la técnica	23
2.2.3. Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma	24
2.3. Comparación de Seis Sigma y otras técnicas.....	31
2.3.2. Aplicación de Seis Sigma	38
2.4. Metodología de Seis Sigma	39
2.4.1. Proceso DMAMC	40
2.4.2. Herramientas Utilizadas para la ejecución de Proyectos Seis Sigma ..	42

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

2.4.3 Estructura de roles.....	46
2.4.3.1. Actividades de los roles de Seis Sigma	48
2.4.4. Entrenamiento de los especialistas.....	50
2.4.4.1. Disponibilidad de los miembros de la estructura de Roles.....	51
2.4.5. Selección Adecuada de Proyectos	54
2.4.6. Métricas para la post-evaluación de proyectos Seis Sigma.....	55
3. METODOLOGÍA.....	57
3.1. Diseño de la Investigación	57
3.1.1. Primera etapa	58
3.1.1.2. Descripción de la muestra	59
3.1.2. Segunda etapa.....	60
3.1.2.1. Instrumento de medición.....	60
3.1.2.2. Prueba piloto.....	61
3.1.3. Tercera etapa.....	62
3.1.3.1. Recolección de la información	62
3.1.3.2. Validación	62
3.1.3.3. Captura y análisis de la información	63
3.1.4. Cuarta etapa	63
3.1.4.1. Variables latentes	64
3.1.4.2. Generación del modelo.....	64
3.1.4.3. Validación del Modelo.....	65
3.1.5. Quinta etapa	65
3.2. Materiales.....	66
3.2.1. Equipo y paquete de cómputo	67
3.2.2. Fuentes de información	67
3.2.2.1. Literatura.....	67
3.2.2.2. Encuesta.....	67
3.2.2.3. Observación.....	68
3.2.2.4. Documentación de las Empresas	68
3.2.3. Técnicas	68

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

3.3. Verificación de hipótesis.....	70
3.3.1. Hipótesis generales	70
3.3.2. Hipótesis Particulares	79
3.3.3. Comprobación de Hipótesis.....	79
4. RESULTADOS	81
4.1. Prueba piloto	81
4.2. Validación del instrumento final.....	82
4.3. Validación del análisis factorial	83
4.4. Caracterización de la muestra.....	85
4.5. Resultados del análisis factorial	91
4.5.1. Componentes Identificados por el Método Componentes Principales ..	91
4.5.2. Cargas factoriales de las variables extraídas.....	93
4.5.3. Integración de variables latentes	95
4.6. Modelos de ecuaciones estructurales	98
4.6.1. Modelo planeación estratégica	99
4.6.2 Modelo recursos	100
4.6.3. Modelo ejecución	101
4.6.4. Modelo seguimiento.....	102
4.7. Análisis de los indicadores de los modelos	103
4.8. Composición de los modelos	106
4.8.1 Modelo planeación estratégica	107
4.8.2. Modelo recursos	109
4.8.3. Modelo ejecución	110
4.8.4. Factor seguimiento	112
4.9 Validación de las hipótesis.....	113
4.10. Contraste de los FCE	115
5. RESUMEN Y CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	122
ÍNDICE DE TABLAS.....	139
ÍNDICE DE FIGURAS	141

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

APÉNDICES.....	142
Apéndice 1. La Industria Maquiladora de Exportación en México	143
Apéndice 2. Control Total de la Calidad	147
Apéndice 3. Modelo Estadístico	150
ANEXOS	177
Anexo 1. Encuesta para determinar los Factores Críticos que favorecen el Éxito de los programas Seis Sigma.....	178
Anexo 2. Glosario de términos y abreviaturas.....	183
Anexo 3. Resultados del análisis efectuado en el software SPSS	188

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este capítulo es plantear el problema de esta investigación, estableciendo los objetivos y preguntas de la misma, de igual forma, se presentan las hipótesis, la justificación y la viabilidad. Se define el alcance, limitaciones, periodo analizado y el tipo de investigación.

1.1. Antecedentes

Actualmente, el fenómeno de la globalización ha generado un incremento en la competencia entre las compañías por tener un lugar importante en el mercado y la exigencia de producir a un menor costo y con la más alta calidad es imperativa. En este sentido la planeación estratégica en las empresas contempla cada vez más la necesidad de fabricar con calidad, reducir errores y defectos, mejorar la productividad y lograr la satisfacción total del cliente. Así surge la necesidad de adoptar algún sistema de calidad, disciplina o filosofía de mejoramiento continuo que proporcione la metodología y herramientas para obtener una mayor ventaja competitiva a nivel mundial.

Existen diversas filosofías, corrientes y estrategias de mejoramiento continuo que están siendo utilizadas por las organizaciones, algunas de ellas son: Control Total de la Calidad, Manufactura Esbelta, ISO 9000, Kaizen y Seis Sigma (Herron, 2006; Treville, 2006 y Holweg, 2007). Entre ellas destaca Seis Sigma, ya que implica la toma de datos, su análisis y el despliegue de proyectos para reducir defectos en

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

productos y servicios, los cuales conllevan a un aumento en los niveles de calidad del producto.

Y según señala Zinkgraf (1999), Seis Sigma es considerado una metodología de mejoramiento continuo debido a la selección sistemática de proyectos de mejoramiento y a su continua implementación.

Seis Sigma se basa en la utilización de herramientas y técnicas estadísticas para entender las variaciones en un proceso, y se involucra al personal en los diferentes roles que deban desempeñar para el logro de los objetivos de un proyecto Seis Sigma. A su vez, Byrne (2003) lo define como un sistema compuesto por técnicas y administración de recursos humanos para una óptima ventaja competitiva.

La filosofía detrás de Seis Sigma consiste en medir los defectos de un proceso, aplicar medidas para su eliminación sistemática y obtener la perfección, se considera que se cuenta con un nivel Seis Sigma cuando no se producen más de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades. Como metodología fue desarrollada por Motorola en la década de los 80's, Pande (2000).

Diversas investigaciones (Goh, 2002; Bañuelas et al., 2005 y Linderman et al., 2006) señalan que Seis Sigma puede incrementar la capacidad competitiva de una organización y mejorar la calidad de los productos o servicios.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Organizaciones como Motorola y General Electric proveen el mejor ejemplo del éxito de la metodología Seis Sigma, Gutiérrez (2008), Pande (2000) señala que en Motorola surgió una transformación al integrar Seis Sigma como estrategia operacional la cual está integrada por factores como liderazgo, trabajo en equipo, entrenamiento, métricas y atención al cliente. A su vez, Lucier (2001) reportó ahorros de \$940 millones en tres años en el caso de Motorola y un incremento en margen de operación de 14.4% a 18.4% para General Electric.

Es por eso que en los últimos años, diversas compañías mundiales adoptaron la filosofía Seis Sigma como sistema de calidad, algunos ejemplos de esto son: Ford, 3M, Honeywell y American Express. Estas compañías han implementado esta metodología como una estrategia para mejorar el comportamiento de sus organizaciones, como afirma Schroeder (2007).

Por otra parte, en México, diversas organizaciones están incorporando el programa Seis Sigma, entre ellas se encuentran: Vitro, Galvak, Praxair, Pinturas Berel, Tecnológico de Monterrey, CEMEX, Hylsa, General Cable, ITESM (2009), y López (2003) menciona otros ejemplos más de empresas mexicanas con la metodología Seis Sigma implementada: Central Video, Coca-Cola, Conexant, Empresas BIMBO y Kenworth Mexicana.

En Ciudad Juárez, Chihuahua, existen 243 empresas pertenecientes al ramo de la Industria Maquiladora de Exportación (IME), y se calcula que el 60% de éstas,

cuentan con el programa Seis Sigma, según AMAC (2009) y este porcentaje está constituido principalmente por los sectores: automotriz, electrónico, médico. Algunas de estas empresas son: Delphi, Honeywell, Cisco, Lexmark, Cordis, Toshiba, Johnson Control, Foxconn y Lear, AMAC (2009).

En conclusión, la filosofía Seis Sigma ha tenido aceptación a nivel mundial en distintos sectores industriales y de servicios y ha probado ser una estrategia organizacional que al ser implementada correctamente, se obtendrán ventajas competitivas respecto a la calidad del producto o servicio, a la satisfacción del cliente, y por consecuencia beneficios económicos.

1.2. Planteamiento del problema

En la literatura existen diversos casos documentados en donde la implantación de Seis Sigma ha sido exitosa y permanente, (Pande, 2000; Anon, 2003; Benedetto, 2003 y Roberts, 2004); sin embargo, Kumar (2007) señala que existen casos de fracaso al no obtener los resultados deseados con la metodología Seis Sigma.

Por otro lado, Zimmerman (2005) presenta los resultados de una encuesta conducida por *Aviation Week Magazine*, entre las principales compañías aeronáuticas y los resultados son los siguientes: Menos del 50% expresaron satisfacción con los resultados de Seis Sigma, el 20 % reportó un resultado regular, mientras que el 30% presentó una total insatisfacción.

Anbari (2004) presenta un estudio sobre 365 encuestados, representantes de 8,380 proyectos de Seis Sigma. Los resultados muestran que existe un alto índice de fracaso en la ejecución de proyectos Seis Sigma. Ver tabla 1.1.

Tabla 1.1. Resultados de ejecución de proyectos Seis Sigma

Año de estudio	Exitosos	Cuestionados	Fracasos
1994	16%	53%	31%
1996	27%	33%	40%
1998	26%	46%	28%

Fuente: Anbari (2004), p. 2

A nivel local se realizó un estudio exploratorio en el año 2007, en donde 34% de las 20 empresas consultadas, señalaron no haber obtenido los resultados deseados en la ejecución de ciertos proyectos Seis Sigma.

Una investigación sobre los Factores Críticos de Éxito (FCE) para el despliegue de proyectos Seis Sigma, podría explicar las diferencias entre los distintos resultados. Según Rockart (1979), un Factor Crítico de Éxito se define como: “El número limitado de áreas en las cuales los resultados, si son satisfactorios, asegurarán un funcionamiento competitivo y exitoso para la organización”.

Comparado con otras metodologías de investigación las cuales han identificado Factores Críticos de Éxito, la metodología utilizada en esta investigación, reduce los

factores de acuerdo a sus variables observadas y analiza las relaciones causales, para crear los Factores Críticos de Éxito que integran el modelo para la IME.

Se han determinado varios FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma los siguientes autores proponen un conjunto de FCE distinto: Brue (2002), Smith (2003), Kwak (2006), Schroeder (2007), Upton (2007), Choo (2007), Zu (2008) y Su (2008). Sin embargo, no se ha desarrollado un modelo para la IME que aporte los FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma.

De esta forma y con una creciente demanda de implantación de la metodología Seis Sigma en las empresas a nivel local, surge la necesidad de crear un modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma basado en la literatura y a su vez en el ámbito de la Industria Maquiladora de Exportación (IME), ubicada en Ciudad Juárez, Chihuahua.

1.3. Objetivos

Ante la problemática anterior, en la que no se conocen los Factores Críticos de Éxito para la Industria Maquiladora de Exportación, se establecen los objetivos generales y específicos de la investigación:

1.3.1. Objetivos generales

- Determinar los Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma que se encuentran en la literatura de ese campo del conocimiento.
- Generar un modelo, estadísticamente validado, que integre los Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la IME en Ciudad Juárez.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar y aplicar un instrumento de medición en la Industria Maquiladora de Exportación existente en Ciudad Juárez en relación a las actividades que se realizan para garantizar el éxito de Seis Sigma.
- Determinar las variables de cada uno de los Factores Críticos de Éxito y su grado de contribución en el modelo para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la IME.

1.4. Preguntas de investigación

De acuerdo a la problemática descrita anteriormente se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma que aplican en la IME en Ciudad Juárez?
- ¿Cuáles son las variables que integran los FCE del modelo para el despliegue

de proyectos Seis Sigma en la IME?

- ¿Cómo integrar los FCE en un modelo para la IME y validar su eficiencia?
- ¿Cómo determinar las relaciones existentes entre las variables que conforman cada uno de los FCE en el modelo para la IME en Ciudad Juárez?

1.5. Hipótesis

Para describir la relación entre las variables de estudio en este trabajo de investigación, se establecen las siguientes hipótesis:

1.5.1. Hipótesis generales

H₁: El despliegue eficiente de proyectos Seis Sigma depende de ciertos Factores Críticos de Éxito, los cuales se muestra en la Figura 1.1.

H₂: El modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma está integrado por determinadas variables observables.

1.5.2. Hipótesis particulares

H₃: El modelo de FCE para la IME es integrado por un modelo de ecuaciones estructurales para el despliegue de proyectos Seis Sigma.

H₄: El modelo de FCE para la IME está integrado por un conjunto de factores que a su vez se componen de variables y distintas relaciones (contribuciones).

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

La siguiente figura muestra de una forma gráfica los Factores Críticos de Éxito, encontrados en el proceso de revisión de la literatura:



Figura 1.1. Modelo conceptual de las relaciones hipotetizadas

Fuente: Elaboración propia

1.6. Justificación

Los beneficios que se obtendrán como resultado de ésta investigación serán:

- Valor Teórico: El desarrollo de este trabajo de investigación representa un avance importante en los conceptos teóricos de este campo, ya que contribuye con nuevos conocimientos que permitirán explicar mediante un modelo de ecuaciones estructurales los Factores Críticos de Éxito para la Industria Manufacturera de Exportación.
- Implicación práctica: Los fines prácticos de esta investigación se relacionan con la Industria Maquiladora de Exportación, ya que el Modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma representará una valiosa herramienta para una ejecución más eficiente de proyectos Seis Sigma en la IME.

1.7. Viabilidad de la Investigación

La investigación es viable, debido a que se calcula que el 65% de las empresas en la localidad pertenecientes al sector de la IME, cuentan con la metodología Seis Sigma implementada, según AMAC (2009). Además de acuerdo a los resultados del primer diagnóstico llevado a cabo durante la etapa de la prueba piloto, diversas empresas se encuentran interesadas en contar con el Modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la IME. Y la demanda de la implementación de Seis Sigma, como Sistema de Calidad en las empresas va en aumento debido a los resultados reportados por aquellas que lo implementaron.

1.8. Alcance y Delimitaciones

- El campo de investigación: El campo seleccionado para la determinación del modelo de FCE es la Industria Maquiladora de Exportación localizado en Ciudad Juárez, Chihuahua y se limitará únicamente a una muestra representativa de las empresas que hayan implementado la metodología Seis Sigma.
- Alcance: Las explicaciones derivadas de este estudio solamente aplican en los sectores muestreados de la IME.

1.8.1. Cuerpos de la literatura

El cuerpo de literatura está comprendido por las siguientes áreas:

- Planeación Estratégica
- Sistemas de Administración de la Calidad
- Filosofías de Mejoramiento Continuo
- Análisis Multivariante

1.8.2. Periodo Analizado

El periodo de tiempo comprendido para la realización de esta investigación es a partir de Agosto del 2007 para concluir en Octubre del 2011. La revisión sistemática de la literatura para determinar los factores críticos del éxito y los contenidos teóricos sobre Seis Sigma se realizó en el periodo comprendido entre el año 1995 al 2011, esto incluye revistas arbitradas, tesis de maestría y doctorales.

1.9. Tipo de investigación

De acuerdo al planteamiento del problema y al objetivo de la investigación el cual es integrar un modelo que sea generalizable al campo de estudio comprendido por la IME, el enfoque de esta investigación es cuantitativo.

El proceso de investigación inicia mediante la revisión sistemática de la literatura para definir los factores críticos de éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma, para así establecer las hipótesis, después proceder a la recolección de datos mediante un instrumento en un periodo de tiempo limitado, describiendo características del objeto de estudio, así mismo, determinar los factores críticos de éxito más influyentes y el grado de contribución para predecir relaciones en los resultados finales mediante un modelo, de acuerdo a las características descritas, el tipo de investigación se considera: descriptiva, explicativa, correlacional y seccional, Bernal (2006).

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se exponen los conceptos básicos y teóricos sobre los que se sustenta esta investigación. Así, se inicia con los conceptos que anteceden esta investigación como los conceptos relacionados con Seis Sigma y los Factores Clave del Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma propuestos por diversos investigadores.

2.1. Origen y definición de Seis Sigma

Diversos autores señalan que el inicio del desarrollo de Seis Sigma sucedió a mediados de los 80's y que se originó en la compañía Motorola (Barney, 2002; Anbari, 2004; Kwak, 2006; Kumar, 2008; Schroeder, 2008; Su, 2008) en 1991 la empresa Allied Signal lo adoptó, Su (2008). En 1995 la empresa General Electric lo implementó y lo difundió mundialmente después de haber documentado los beneficios financieros que obtuvo, (Anbari, 2004; Schroeder, 2008; Su, 2008) subsecuentemente otras empresas (American Standard, Boeing, DuPont, Kodak, Seagate, 3M) lo adoptaron como su estrategia de manufactura como según lo afirma Anbari (2004).

Los trabajos de investigación de (Andersson, 2006; Dahlgaard, 2006; Kumar, 2008 y Zu, 2008) señalan que el origen de Seis Sigma es una extensión de otras iniciativas del mejoramiento de la calidad como lo es TQM (Administración total de la calidad) y afirman que Seis Sigma incluye todas sus prácticas de operación. A su vez Black (2006), también señala que los principios de Seis Sigma emergieron de la filosofía

de TQM, incluyendo las siguientes consideraciones: Toda la organización debe sustentar el esfuerzo de calidad, la determinación de un entrenamiento continuo y el énfasis en analizar la causa raíz de los problemas.

2.1.1. Definición

En términos estadísticos Seis Sigma sugiere una meta de tan solo 3.4 defectos en un millón de oportunidades (Linderman, 2006; Ho, 2008) o lo que equivale a una tasa de éxito del 99.9997%, como se puede observar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Niveles de Sigma y DPMO

Nivel Seis Sigma	Porcentaje de éxito	Partes por millón fuera de especificación (PPM)	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)
1	30.9%	317300	697700
2	69.1%	45500	308700
3	93.3%	2700	66807
4	99.38%	63	6210
5	99.977%	0.57	233
6	99.9997%	0.002	3.4

Fuente: Brue (2002), p.4

Desde el punto de vista metodológico, Choo (2007), menciona la importancia de utilizar un método estructurado para resolver problemas de calidad y define a Seis Sigma como un ejemplo de metodología estructurada para la solución de problemas, Linderman (2003), Seis sigma es un método organizado y sistemático

para el mejoramiento del proceso y el desarrollo de servicios, que tiene como base métodos científicos y métodos estadísticos para una dramática reducción en tasas de defectos.

En términos prácticos por su aplicación a empresas, Kumar (2008), señala que Seis Sigma ha evolucionado hasta convertirse en una estrategia operacional, utilizada a través de todo el mundo.

2.2. Factores Críticos de Éxito

En este apartado se muestra la fundamentación del concepto del Factor Crítico de Éxito, así como su origen y procedimiento de implementación. También se presenta una revisión de la literatura de los Factores Críticos de Éxito.

2.2.1. Definición y objetivo de los Factores Críticos del Éxito

El concepto de factor crítico de éxito fue determinado por Ronald Daniel en los años sesenta, una década más tarde John F. Rockart lo retomó y realizó varios estudios de investigación al respecto. Rockart (1979) aporta la siguiente definición: “Es el número limitado de áreas en las cuales los resultados, si son satisfactorios, asegurarán un funcionamiento competitivo y exitoso para la organización”. Desde entonces ha sido utilizada ampliamente como una técnica efectiva en la implantación de determinadas estrategias organizacionales (Rockart, 1979, 1982;

Boynton, 1984 y Caralli, 2004).

El objetivo principal de la técnica de los factores críticos de éxito es determinar las actividades principales en las que una empresa debe centrar su atención. Otros objetivos adicionales serían ayudar a la planificación de las actividades y recursos, así como delimitar las áreas clave facilitando la asignación de prioridades dentro de ella.

2.2.2. Descripción de la técnica

Rockart (1982), plantea utilizar cuatro fuentes para identificar Factores Críticos de Éxito:

- La industria en la cual encuentra la empresa.
- La estrategia competitiva.
- Factores del entorno.
- Factores temporales.

Esta técnica implica, para su aplicación, los siguientes puntos básicos:

- Definir los objetivos estratégicos de la organización al interior de la misma usando cualquier medio.
- Definir una unidad de medida para evaluar el funcionamiento de la organización con respecto a esos objetivos.
- Identificar los factores críticos que contribuyen a ese funcionamiento, teniendo

el suficiente cuidado en su interpretación.

- Comunicar los FCE como parte de la estrategia de implantación al interior de la empresa.
- Monitorear los FCE y re-evaluarlos, para asegurar que se está cumpliendo el objetivo.

2.2.3. Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma

Existen diversos modelos sobre Factores Críticos de Éxito encontrados en la literatura, que sustentan esta investigación, en los siguientes párrafos se analizan diversos autores en sus distintos enfoques y sus contenidos teóricos, las cuales servirán de base para la determinación de los factores de éxito en la implantación de Seis Sigma.

Trece Factores Críticos de Éxito, fueron propuestos por Goldstein (2001), basándose en su experiencia al implementar Seis Sigma en diferentes compañías, agrega además que sus FCE pueden utilizarse en cualquier estrategia de negocios, no limitándolo únicamente a Seis Sigma. Los FCE propuestos son: Plan de acción, participación activa de la gerencia, revisión de proyectos, soporte técnico, recursos dedicados tiempo completo, entrenamiento, comunicación, selección de proyectos, seguimiento de proyectos, programa de incentivos, ambiente seguro, plan de proveedores, atención a las necesidades del cliente.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Antony (2002), presentó los factores clave para una implantación exitosa de la metodología Seis Sigma a partir de un estudio conducido en el Reino Unido en empresas de manufactura y de servicios, los factores son los siguientes:

- Involucramiento de la gerencia.
- Entendimiento de la metodología Seis Sigma, sus herramientas y técnicas.
- Alineamiento de objetivos de la metodología Seis Sigma hacia la estrategia de la empresa.
- Alineamiento de los objetivos de la metodología Seis Sigma hacia los clientes y hacia los proveedores.
- Seguimiento, selección, revisión y de proyectos.
- Conocimiento de la infraestructura organizacional que implica Seis Sigma.
- Entrenamiento en administración de proyectos.
- Mejoramiento en la cultura de la empresa.

En su investigación Banuelas (2002), señala doce Factores Críticos de Éxito, fundamentados en una revisión exhaustiva de la literatura y revisando casos de éxito y fracaso en la implementación de Seis Sigma, estos FCE son:

- Involucrar a la gerencia.
- Impulsar el cambio cultural.
- Mejorar la comunicación en todos los niveles.
- Implementar la infraestructura organizacional Seis Sigma.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Entrenar al grupo involucrado en técnicas y herramientas de Seis Sigma.
- Adherir Seis Sigma a la estrategia de negocios.
- Adherir Seis Sigma al cliente.
- Adherir Seis Sigma a recursos humanos.
- Adherir Seis Sigma a los clientes.
- Desarrollar habilidades en administración de proyectos.
- Seleccionar adecuadamente los proyectos Seis Sigma.

Johnson (2003), señaló cuatro factores de éxito, los cuales son:

- Desarrollar un compromiso sostenido y visible por parte de la gerencia.
- Educar a todos los participantes.
- Establecer expectativas claras y seleccionar cuidadosamente los líderes de los proyectos Seis Sigma.
- Seleccionar estratégicamente los proyectos Seis Sigma más importantes.

En otro sentido (Devane, 2004) propone una herramienta para el líder de la implementación que consta de seis etapas:

- Inicio
- Ajuste de la dirección
- Diseño
- Implementación
- Operación y mejoramiento continuo

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Kwak (2006), identificó cuatro elementos como parte de una implementación exitosa de proyectos Seis Sigma, de acuerdo a una revisión de la literatura y a entrevistas realizadas a líderes en la implementación de Seis Sigma:

1. Involucrar a la gerencia.
2. Propiciar y aceptar cambios culturales.
3. Entrenar a los involucrados en el cambio.
4. Administrar y seleccionar adecuadamente los proyectos.

Establecimiento de metas, utilización de herramientas y trabajo en equipo, son los tres FCE en los cuales se centra una investigación de Linderman (2006), destacando también la necesidad de establecer un sistema que evalúe los proyectos Seis sigma cuando han llegado a su terminación.

A su vez, Snee, (2007), propone un “sistema holístico” como requerimiento para alcanzar un “máximo mejoramiento sustentable” y consta de 6 puntos:

- Focalización en el mejoramiento de la empresa entera.
- Utilización de una adecuada selección de proyectos que identifique las estrategias correctas para cada proyecto.
- Utilización de la metodología DMAMC para la guía de proyectos.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Inclusión de métodos robustos de mejoramiento que manejen una amplia variedad de problemas dentro de la organización encontrados en los proyectos individuales.
- Utilización de análisis de variación en el proceso como parte cualquier proyecto de mejoramiento.
- Entendimiento del proceso de mejoramiento como una ecuación $Y = f(X)$.

La investigación de Schroeder (2007), sugiere cuatro elementos relevantes para la implantación de proyectos Seis Sigma:

- Desarrollar una estructura paralela.
- Preparación de especialistas.
- Implementar un método estructurado.
- Adoptar un sistema de métricas del desempeño.

Pandey (2007), presentó los resultados obtenidos de un caso de estudio sobre la implementación de Seis Sigma y entre sus hallazgos destaca que para lograr el éxito de una implementación, son necesarios los siguientes FCE:

- Contar con la información adecuada sobre los sistemas de calidad disponible.
- Los empleados a cargo de Seis Sigma deben contar con conocimientos en manejo de proyectos.
- Implementar un sistema de reconocimiento y recompensas para los empleados involucrados.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Considerar el factor humano en cualquier cambio organizacional.

En un estudio llevado a cabo por Kumar (2008), en el cual emplea una metodología basada en un modelo matemático, como resultado encontró los siguientes FCE para una implantación exitosa:

- Considerar al inicio de la implantación de la metodología una inversión económica por parte de la empresa.
- Entrenar al personal que estará involucrado en los cambios y la implantación de Seis Sigma en las técnicas y herramientas propias de la filosofía Seis Sigma.
- Realizar un cambio cultural en la organización, que involucre a todo el personal de todos los departamentos.

Zu (2008), señala que Factor Crítico más importante es el involucramiento de la Gerencia y menciona que de este Factor Crítico de Éxito se derivan otros factores como:

La estructura de roles, la asignación de recursos y el tercer factor consiste en aumentar la habilidad de todos los empleados para lograr un mejoramiento continuo.

La investigación de Ho (2008), destaca trece FCE de Seis Sigma, y plantea una matriz, citando los diversos autores que mencionan cada FCE. El estudio

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

comprende un periodo de revisión de literatura del año 2000 al año 2005. La matriz se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma

	Factor Crítico de Éxito	Estudios
1	Compromiso y participación de la alta gerencia	Dedeke (2002); Gitlow y Levine (2005); Harry y Schroeder (2000); Henderson e Evans (2000); Jiju y Banuelas (2002); Keller (2001); Pande et al. (2000); Snee y Hoerl (2003);
2	Estrategia de negocios basada en las demandas del cliente	Dedeke (2002); Harry y Schroeder (2000); Jiju y Banuelas (2002); Martens (2001); Pande et al. (2000); Smith et al. (2002)
3	Establecimiento de la estructura Seis Sigma	Dedeke (2002); Henderson e Evans (2000); Jiju y Banuelas (2002); Martens (2001); Smith et al. (2002); Snee y Hoerl (2003)
4	Ejecución de los proyectos y seguimiento a los resultados	Dedeke (2002); Harry y Schroeder (2000); Henderson e Evans (2000); Jiju y Banuelas (2002); Martens (2001); Martens (2001); Pande et al. (2000); Snee y Hoerl (2003)
5	Inversión en recursos esenciales	Brue (2002); Jiju y Banuelas (2002); Keller (2001); Pande et al. (2000); Smith et al. (2002)
6	Inversión y estructura de entrenamiento para entrenadores y mentores (como Black Belts)	Brue (2002); Harry y Schroeder (2000); Henderson e Evans (2000); Jiju y Banuelas (2002); Keller (2001); Snee y Hoerl (2003)
7	Sistema de incentivos y premios	Brue (2002); Dedeke (2002); Henderson e Evans (2000); Smith et al. (2002)
8	Uso de análisis de datos con información que se pueda obtener fácilmente	Henderson e Evans (2000); Keller (2001); Pande et al. (2000); Smith et al. (2002)
9	Atención a objetivos de corto y largo plazo	Pande et al. (2000)
10	Coordinación con un sistema de administración de conocimiento	Dedeke (2002); Henderson e Evans (2000); Pande et al. (2000)
11	Proyectos alineados con la estrategia de negocios de la compañía	Dedeke (2002); Jiju y Banuelas (2002)
12	Cooperación y comunicación	Henderson e Evans (2000); Snee y Hoerl (2003)
13	Utilización de herramientas Seis Sigma	Keller (2001); Pande et al. (2000); Jiju y Banuelas (2002)

Fuente: Ho (2008), p. 265

En esta tabla se destacan algunos Factores Críticos de Éxito, los cuales son continuamente citados por diversos investigadores, como lo son: Compromiso e

involucramiento de la gerencia, estrategias basadas en las demandas del cliente y establecimiento de la estructura Seis Sigma.

2.3. Comparación de Seis Sigma y otras técnicas

Existen diversas técnicas o filosofías, orientadas al mejoramiento de la calidad que están siendo adoptadas por organizaciones de todos los sectores en todo el mundo, como lo es Manufactura Esbelta, Shah (2007) y por consecuencia sus componentes: JIT, Kanban, SMED, TPM, 5S, Kaizen (Holweg, 2007; Herron, 2006 y Treville, 2006), las cuales han sido difundidas ampliamente en E.U.A., Shah (2007).

El objetivo de estas prácticas es maximizar la capacidad de utilización y minimizar recursos e inventarios, reducir tamaños de lote y estandarizar todos los procesos, (Treville, 2006).

Según, Schonbeger (2007), están siendo utilizadas las siguientes prácticas de calidad derivadas de prácticas de manufactura en Japón: TQM (Control Total de Calidad, JIT (Justo a Tiempo), Teoría Z, (basada en círculos de calidad), las cuales fueron implantadas en compañías como RCA, Deere, Tektroniks, Hewlett-Packard, 3M, Black and Decker, Stanadyne Diesel, AP Parts, por citar algunos ejemplos; todas estas empresas reportaron beneficios económicos y operacionales.

Nave (2002), compara entre los programas de Seis Sigma, Manufactura Esbelta y la Teoría de Restricciones, desde el punto de vista teórico, la metodología de aplicación y su enfoque, los resultados se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Comparación de Seis Sigma con otras técnicas

Programa	Seis Sigma	Manufactura Esbelta	Teoría de Restricciones
Teoría	Reducción de variación	Eliminación de desperdicio	Manejo de restricciones
Guía de Aplicación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir 2. Medir 3. Analizar 4. Mejorar 5. Controlar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar valor 2. Identificar cadena de valor 3. Flujo 4. Sistema Pull 5. Perfeccionar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar restricciones 2. Eliminar restricciones 3. Subordinar procesos 4. Elevar restricciones 5. Repetir ciclo
Enfoque	Enfocado a problemas	Enfocado al flujo	Sistema de restricciones

Fuente: Nave (2002), p. 3

Seis Sigma difiere de otras herramientas debido a sus procesos orientados al cliente y a su sistema basado en análisis de datos, Breyfogle (2003). Sin embargo Seis Sigma es considerado por algunos investigadores como la evolución del Sistema de Administración Total de Calidad TQM (*Total Quality Management*), (Anbari, 2002; Kwak y Anbari 2006).

Andersson (2006), presenta una comparación entre las técnicas Seis Sigma, TQM y Manufactura Esbelta, acerca de distintos aspectos como lo son: Origen, teoría,

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

proceso, estrategia, metodologías, herramientas, efectos primarios y secundarios y un punto de crítica, ver tabla 2.4.

Tabla 2.4. Diferencias entre TQM, Seis Sigma y Manufactura Esbelta

Conceptos	TQM	Seis Sigma	Manufactura Esbelta
Origen	La evolución de la calidad en Japón	La evolución de la calidad en Japón y en Motorola	La evolución de la calidad en Japón y Toyota
Teoría	Centrarse en los clientes	No hay defectos	Eliminar los residuos
Proceso	Mejorar los procesos uniformes	Reducir la variación y mejorar los procesos	Mejorar el flujo de los procesos
Estrategia	Comprometer a toda la organización	Gestión de proyectos	Gestión de proyectos
Metodologías	Planear, Hacer, estudiar, actuar	Definir, medir, analizar, mejorar, control y verificación	Comprender el valor del cliente, cadena de valor, análisis de flujo, la perfección
Herramientas	Herramientas analíticas y estadísticas	Herramientas avanzadas de estadística y análisis	Herramientas analíticas
Efectos Primarios	Aumentar la satisfacción del cliente	Ahorrar dinero	Reducir el tiempo de entrega
Secundarios	Logra la fidelidad del cliente y mejorarla	Alcanza los objetivos de negocio y mejorarlos	Reduce el inventario, aumenta la productividad
Crítica	No hay mejoras tangibles, recursos exigentes	No implica toda la organización, no tiene una visión del sistema	Reduce la flexibilidad, no es aplicable en todas las industrias

Fuente: Andersson (2006), p. 284

En la tabla 2.4, se visualizan tres sistemas o metodologías de calidad, desde diversos enfoques y aspectos relacionados con los principios y conceptos esenciales de cada sistema.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Según resultados de una investigación realizada por Dusharme (2006), sobre mejores logros obtenidos con diversas técnicas, Seis Sigma resultó ser la herramienta de administración de procesos y mejora continua que ha dado los mejores resultados. Un análisis de sus impactos aparece en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Clasificación de las técnicas para la mejora de procesos

Herramienta de mejora continua	Impacto (%)
Seis Sigma	53.60
Mapeo de procesos	35.30
Análisis de causa raíz	33.50
Análisis de causa y efecto	31.30
ISO 9001	21.00
Control estadístico de procesos	20.10
Administración de calidad total	10.30
Criterio Malcolm Baldrige	9.80
Administración del conocimiento	5.80

Fuente: Dusharme (2006), p. 2

En comparación con las estrategias tradicionales de administración de la calidad, Pfeifer (2004), destaca que Seis Sigma resulta ser más efectiva debido a la interrelación entre conceptos como: la estrategia, la estructura organizacional, los procedimientos y las herramientas que utiliza.

Sin embargo menciona que el principal reto para una implementación de Seis Sigma es su integración en los Sistemas de Administración de la Calidad ya existentes en

las empresas, ya que de esta forma se adquiere mayor ventaja de ambos sistemas, el comparativo entre Seis sigma y los sistemas de calidad se presentan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Comparación de Seis Sigma con otros sistemas de calidad

	Seis Sigma	Sistemas de Administración de la Calidad
Objetivo	Beneficio económico o través de la satisfacción del cliente	Satisfacción del cliente a través de productos de alta calidad
Estrategia	Alto nivel de calidad / bajo índice de fallas en todos los procesos de negocios	Organización de los procesos de negocios de acuerdo a los requerimientos estándares
Administración	Compromiso en la dirección y objetivos claros en los proyectos, creando una estructura organizacional que busca cumplir con los objetivos	Listado de responsabilidades para la administración
Organización	Dueños de procesos (Cintas Verdes); Líderes de proyectos (Cintas Negras)	Dueños de procesos, representantes de la administración (responsables de los sistemas de calidad)
Recursos	Requiere recursos para proyectos (recursos humanos básicamente)	Recursos humanos, infraestructura y ambiente de trabajo
Entrenamiento	En todas las áreas de la organización, diferentes niveles de cualificación dependientes de la función	Requerido, pero no específico
Administración de Proyectos	DMAMC/DMADV (enfocado a la mejora continua)	PDCA (modelo de mejora continua, voluntario)
Métodos en el enfoque a los procesos	SIPOC (enfoque a describir procesos individuales)	Modelo a sistemas de calidad basado en procesos
Documentación	No especificado	Lista de requerimientos

Fuente: Pfeifer (2004), p. 243

2.3.1 Beneficios y ventajas de Seis Sigma

Uno de los beneficios de la metodología Seis Sigma, como lo señalan (Maleyeff y Kaminski, 2002) es la eliminación de la subjetividad en la toma de decisiones, ya que se crea un sistema en donde cada miembro en una organización, recolecta información, la analiza y la despliega de una manera consistente.

Mientras que Choo (2007) destaca la ventaja que ofrece Seis Sigma al constituirse como un programa estructurado con tres elementos metodológicos: empleo de métricas comunes, uso de una serie de pasos estructurados para la solución de problemas y el análisis con una serie de herramientas.

Para Schroeder (2007), es resaltable el uso de diversas métricas de rendimiento que son empleadas en diversos niveles de una organización tanto de manufactura como de servicios y se dividen en métricas orientadas al cliente y métricas financieras, las cuales propician la creación de metas retadoras que llevaran a la organización a muy altos niveles de ejecución.

Kwak (2006), afirma que la expansión de Seis Sigma fue posible debido a que las organizaciones observaron que el ahorro en costos dependía del mejoramiento en los procesos mediante Seis Sigma.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Varios artículos reportan casos de beneficios económicos mediante la implantación de la metodología Seis Sigma (Harry y Schroeder, 2000). Se muestra en la tabla 2.7, un resumen de beneficios y ahorros económicos en distintas empresas.

Tabla 2.7. Beneficios y ahorros económicos reportados

Compañía / Proyecto	Métrica / Medidas	Beneficios / Ahorros
Motorola (1992)	Niveles de defecto en los procesos	Reducción en 150 veces
Raytheon / Sistemas de Integración de Aeronaves	Tiempo de inspección en el mantenimiento de depósitos	Reducción del 88% según mediciones durante días
GE / Negocio en arrendamiento de autovías	Tiempo de retorno en los talleres de reparación	Reducción del 62%
Allied Signal / Planta de laminados en Carolina del Sur	Capacidad Tiempo de ciclo Inventario Entregas a tiempo	Incremento del 50% Decremento del 50% Decremento del 50% Incremento a cerca de 100%
Allied Signal / Pastillas de freno Bendix IQ	Tiempo de ciclo en Concepto-a-Entrega	Reducción de 18 a 8 meses
Grupo Sistemas de Misiles, Aeronaves Hughes / Operaciones de soldadura de ola	Calidad Productividad	Mejora del 1000% Mejora del 500%
General Electric	Finanzas	\$2 billones de dólares en 1999
Motorola (1999)	Finanzas	\$15 billones de dólares durante 11 años
Dow Chemical / Proyecto de entrega de rieles	Finanzas	Ahorros en \$2.45 millones de dólares en gastos de capital
DuPont / Planta Yerkes en Nueva York (2000)	Finanzas	Ahorros en más de \$2 millones de dólares
Telefónica de España (2001)	Finanzas	Ahorros e incremento de ingresos en 30 millones de euros en los primeros 10 meses
Texas Instruments	Finanzas	\$600 millones de dólares
Johnson & Johnson	Finanzas	\$500 millones de dólares
Honeywell	Finanzas	\$1.2 billones USD

Fuente: Kwak (2006), p. 711

Esta tabla muestra los resultados reportados por empresas mundialmente reconocidas sobre el impacto económico de la ejecución de proyectos Seis Sigma en ámbitos industriales, teniendo como métrica las unidades financieras.

2.3.2. Aplicación de Seis Sigma

Son diversas las empresas en distintos sectores que han adoptado Seis Sigma como estrategia operacional, y han reportado numerosos beneficios económicos; Kwak (2006), afirma que la metodología Seis Sigma fue inicialmente aplicada en empresas del sector de manufactura y rápidamente se expandió a diferentes áreas funcionales como: Mercadotecnia, Ingeniería, Compras y Soporte administrativo.

Actualmente está siendo utilizada por otros tipos de sectores, como el Sector de servicio, Sector Manufactura, Sector de Instituciones de Educación, Sector Financiero, Sector del cuidado de la salud, Sector Construcción y Sector de Investigación y desarrollo, (Krupar, 2003; Antony, 2004; Antony and Fergusson, 2004; Kumar, 2006, Su, 2008).

En la localidad se encuentra en proceso de expansión hacia el sector de pequeña y mediana empresa, AMAC (2009), principalmente conformado por talleres de maquinado algunos con alto grado de tecnología, y niveles de entrenamiento y especialización alto.

Las empresas del sector servicio también están utilizando la metodología Seis Sigma, principalmente, instituciones de educación y hospitales.

Kumar (2006) desarrolló una tabla de aplicación industrial reportada por distintos investigadores, los resultados se muestran en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Aplicación industrial de Seis Sigma

Autor	Aplicación en el Sector Industrial
Hendricks and Kelbaugh (1998)	Implementaciones exitosas de proyectos Seis Sigma que han aumentado ganancias netas.
Lanyon (2003)	Mejoramiento del proceso de Recursos Humanos, utilizando Seis Sigma.
Motwani et al. (2004)	Implementación de Seis Sigma en Dow chemical's, alcanzaron su objetivo de \$1.5 billones.
Knowles et al. (2004)	Aplicación de Seis Sigma en una planta de alimentos en UK.
Banuelas et al. (2005)	Aplicación de Seis Sigma para reducir desperdicio en un proceso de coating.
Snee (2005)	Reportó el beneficio de Seis Sigma en Motorola, Allied Signal, General Electric etc.
Edgeman et al. (2005)	Documentó ahorros de \$2 y \$3 millones en una oficina de tecnología en Washington DC utilizando la estrategia de Seis Sigma.
Ehie and Sheu (2005)	Demostraron el valor de Seis Sigma y la Teoría de las restricciones.
Liu (2006)	Presentó una aplicación de Seis Sigma para reducir el tiempo de ciclo y defectos en el proceso de alta de reportes clínicos.
Mukhopadhyay and Ray (2006)	Utilización de Seis Sigma para reducir defectos en empaque.

Fuente: Kumar (2006), p. 458

En esta tabla diversos autores destacan la aplicación de Seis Sigma y algunos reportan el ahorro económico obtenido.

2.4. Metodología de Seis Sigma

Seis sigma es una metodología bien estructurada para el mejoramiento en la calidad de los procesos y productos, Su (2008); el principal beneficio que provee, es la eliminación de la subjetividad en la toma de decisiones, ya que como

menciona Maleyeff (2002), se crea un sistema en donde toda la empresa recolecta, analiza y despliega información de una forma consistente.

2.4.1. Proceso DMAMC

Un elemento de Seis Sigma es la metodología empleada para la resolución de problemas y consiste en 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, y su abreviatura más común es DMAMC (DMAIC, por sus siglas en inglés). Este es un método estructurado para el mejoramiento de los procesos, Schroeder (2007). Pandey (2006), a su vez lo define como un modelo de implementación y cambio.

Este procedimiento está basado en el ciclo de mejoramiento continuo PDCA (Plan-Do-Check-Act, por sus siglas en inglés) o Planear-Hacer-Verificar-Actuar; originalmente fué creado por Shewhart Walter y popularizado por Deming Edward en la década de los años cincuenta, Zu (2008).

La metodología DMAMC, es uno de los principios fundamentales de Seis Sigma, cada etapa incluye una serie de herramientas y técnicas para la resolución de problemas. El significado se describe a continuación:

- Definir: Identificar, evaluar y seleccionar proyectos, preparar la misión, seleccionar y lanzar el equipo.
- Medir: Consiste en la caracterización del proceso. En esta fase, se documentan los posibles modos de fallo y sus efectos al tiempo que se elaboran las primeras teorías sobre las causas de mal funcionamiento.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- **Analizar:** Se realiza el plan de recolección de datos y a continuación se procede al análisis de los mismos con el ánimo de establecer y determinar las pocas causas vitales del fallo del proceso.
- **Mejorar:** Es esta la fase en la que se determinan e implantan las soluciones para que el proceso alcance los resultados esperados.
- **Controlar:** Consiste en diseñar y documentar los mecanismos necesarios para asegurar que lo conseguido se mantenga una vez que el equipo del proyecto Seis Sigma haya implantado los cambios.

Se muestra en la figura 2.1 el ciclo DMAMC, base esencial de la metodología Seis Sigma.

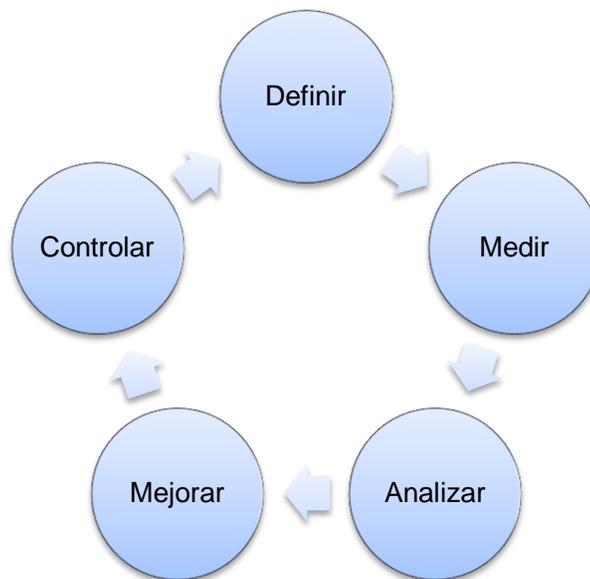


Figura 2.1. Fases de la metodología DMAMC

Fuente: Pandey (2007), p.153

Por su parte Kwak (2006), propone una serie de actividades principales por cada etapa de la metodología DMAMC, las cuales se muestran a continuación en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Actividades principales por etapa

Etapas Seis Sigma	Principales Actividades
Definir	Definir los requerimientos y expectativas del cliente. Definir los límites del proyecto, estableciendo metas y objetivos. Definir el proceso mapeando el flujo del proceso, separando las operaciones en sus componentes para un futuro análisis.
Medir	Medir el proceso para satisfacer las necesidades del cliente. Desarrollar un plan para la recolección de datos y métricas. Recolectar y comparar datos para determinar los problemas.
Análisis	Analizar las causas de los defectos y las fuentes de variación. Utilizando diagramas de espina de pescado y análisis de correlación. Determinar la variación en el proceso.
Mejorar	Mejorar el proceso eliminando la variación. Desarrollar soluciones creativas.
Control	Controlar las variaciones del proceso. Desarrollar una estrategia para monitorear y controlar el proceso ya mejorado. Implementar las mejoras de los sistemas y estructuras.

Fuente: Kwak (2006), p. 709

En esta tabla se describen las actividades que se realizan en cada etapa de la metodología Seis Sigma.

2.4.2. Herramientas Utilizadas para la ejecución de Proyectos Seis Sigma

El principio fundamental de Seis Sigma es llevar una organización a un nivel mejorado de capacidad sigma a través de la aplicación rigurosa de herramientas y técnicas estadísticas, (Antony et al., 2003).

Y de esta forma, existen diversas herramientas y técnicas que se utilizan en las diferentes etapas del proceso DMAMC. En la tabla 2.10 se muestran las diversas técnicas utilizadas por cada una de las etapas, Pande (2000).

Tabla 2.10. Técnicas por etapa

Medición	Análisis	Mejora	Control
Mapa del Proceso QFD Normalidad Gauge R&R Rendimiento FTY PPM, DPMO, DPU Capacidad del Proceso C_p , C_{pk}	Benchmarking 7 Herramientas Multivariable Regresión Prueba de Hipótesis Ji-Cuadrada T Student ANOVA	Diseño Experimental Diseño 2^2 Diseño 2^k	Gráficos de control Gráficos R-R Control Estadístico de Procesos FMEA

Fuente: Pande (2000), p. 117

En esta tabla se muestra un resumen de las técnicas estadísticas utilizadas según la metodología Seis Sigma en cada etapa de DMAMC.

Por otra parte Brue (2002), destaca ciertas herramientas para la ejecución de proyectos Seis Sigma: Mapeo de Procesos, matriz XY, análisis de sistema de medición, herramientas de capacidad del proceso, análisis multivariante, pruebas de hipótesis, análisis de Modo y Efecto de Falla, diseño de experimentos y plan de control.

A su vez, Antony (2003), muestra en la tabla 2.11 un comparativo de las estrategias de negocio y principios de Seis sigma y las herramientas y técnicas que son utilizadas en cada una de ellas.

Tabla 2.11. Estrategias, herramientas y técnicas de Seis Sigma

Estrategias de negocio y principios de Seis Sigma	Herramientas y técnicas de Seis Sigma
Administración de proyectos	Mapeo de procesos
Toma de decisiones basada en datos	Análisis de capacidad de procesos
Descubrimiento de conocimiento	Análisis de sistema de medición
Planeación de control de procesos	Diseño de experimentos
Herramientas y técnicas de colección de datos	Diseño robusto
Reducción de variabilidad	Despliegue de la función de calidad
Sistema de cintas (Master, Cintas Negra, Verde, Amarilla)	Modo de falla y análisis de efectos
Proceso DMAMC	Análisis de regresión
Herramientas de control de cambios	Análisis de medias y varianzas Pruebas de hipótesis Análisis de causa raíz Mapeo de procesos

Fuente: Antony et al. (2004), p. 1007

Antony (2005), ilustra los resultados de un estudio, mostrado en la tabla 2.12, efectuado sobre la utilidad y el conocimiento de técnicas de Seis Sigma seleccionadas. Cabe destacar que el nivel de conocimiento y desconocimiento de la técnica se presenta en un porcentaje, así como una ponderación otorgada al uso y utilidad de cada una de ellas.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Puede observarse que las herramientas: Mapeo del Proceso, Análisis de Modo y Efecto de falla, Análisis de Causa y Efecto e Histograma, son las que obtuvieron mayor ponderación y coinciden con las siguientes investigaciones: (Pande, 2000; Brue, 2002 y Dusharme, 2006).

Tabla 2.12. Herramientas y técnicas utilizando Seis Sigma

Herramientas/ técnicas	Conocido (%)	Desconocido (%)	Uso	Utilidad
Mapeo del Proceso	100	>0	4.438	4.600
Graficas del proyecto	44	56	3.857	3.500
Análisis de causa y efecto	100	0	4.188	4.333
Histograma	100	0	4.125	4.357
Gráfico de dispersión	94	6	2.333	2.462
Gráficos Run	56	44	3.111	4.200
Los gráficos de control	94	6	3.267	4.154
ANOVA	88	12	3.429	3.538
análisis de regresión	94	6	1.800	3.167
Diseño de experimentos	88	12	3.071	3.230
Métodos de Taguchi	81	19	2.846	3.100
MSA	63	37	2.700	3.500
Pruebas no paramétricas	25	75	2.000	2.333
Pruebas de hipótesis	94	6	1.867	3.571
QFD	69	31	3.273	3.889
FMEA	100	0	3.938	4.200
Poka-Yoke	94	6	3.067	4.083
Análisis de capacidad	100	0	1.188	4.231
Diagrama de afinidad	31	69	2.400	2.333
Benchmarking	94	6	3.067	3.714
Análisis de costos de calidad	50	50	3.000	3.667
Modelo SIPOC	44	56	3.286	3.167

Fuente: Antony (2005), p. 862

2.4.3 Estructura de roles

Una de las fortalezas del sistema Seis Sigma es su método de organización de especialistas, los roles de los miembros de la estructura de Seis Sigma de acuerdo a los estudios realizados de (Harry y Schroeder, 2000; Pande et al., 2000; Eckes, 2001; Brue, 2002 y Ho, 2008) son los siguientes, ver tabla 2.13.

Tabla 2.13. Roles de la estructura Seis Sigma

	Harry y Schroeder (2000)	Eckes (2001)	Brue (2002)	Pande et al. (2000)
Roles Individuales	-	-	Líderes ejecutivos	Grupo líder o Consejo
	Campeones	Patrocinador del equipo o Campeón	Campeones	Patrocinador del proyecto y Campeón
	-	-	-	Líder de implementación
	Maestro Cinta Negra	Equipo consultor – Maestro Cinta Negra	Maestro Cinta Negra	Entrenador Seis Sigma / Maestro Cinta Negra
	Cinta Negra	Líder de equipo – Cinta Negra	Cinta Negra	Líder de equipo / Líder de proyecto / Cinta Negra
	Cintas Verdes	Líder de equipo – Cinta Verde	Cinta Verde	Miembros del equipo (incluyendo Cintas Verdes)
	-	Miembros del equipo	-	-
	-	-	-	Dueño del proceso

Fuente: Ho (2008), p. 264

Seis Sigma utiliza un grupo de especialistas, que forman parte de una estructura jerárquica Zu (2008), en donde el nivel más alto es el “Champion” que lo conforman los altos ejecutivos y proporcionan el despliegue y recursos

Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación

económicos para los proyectos Seis Sigma, estos niveles jerárquicos se muestran en la figura 2.2.

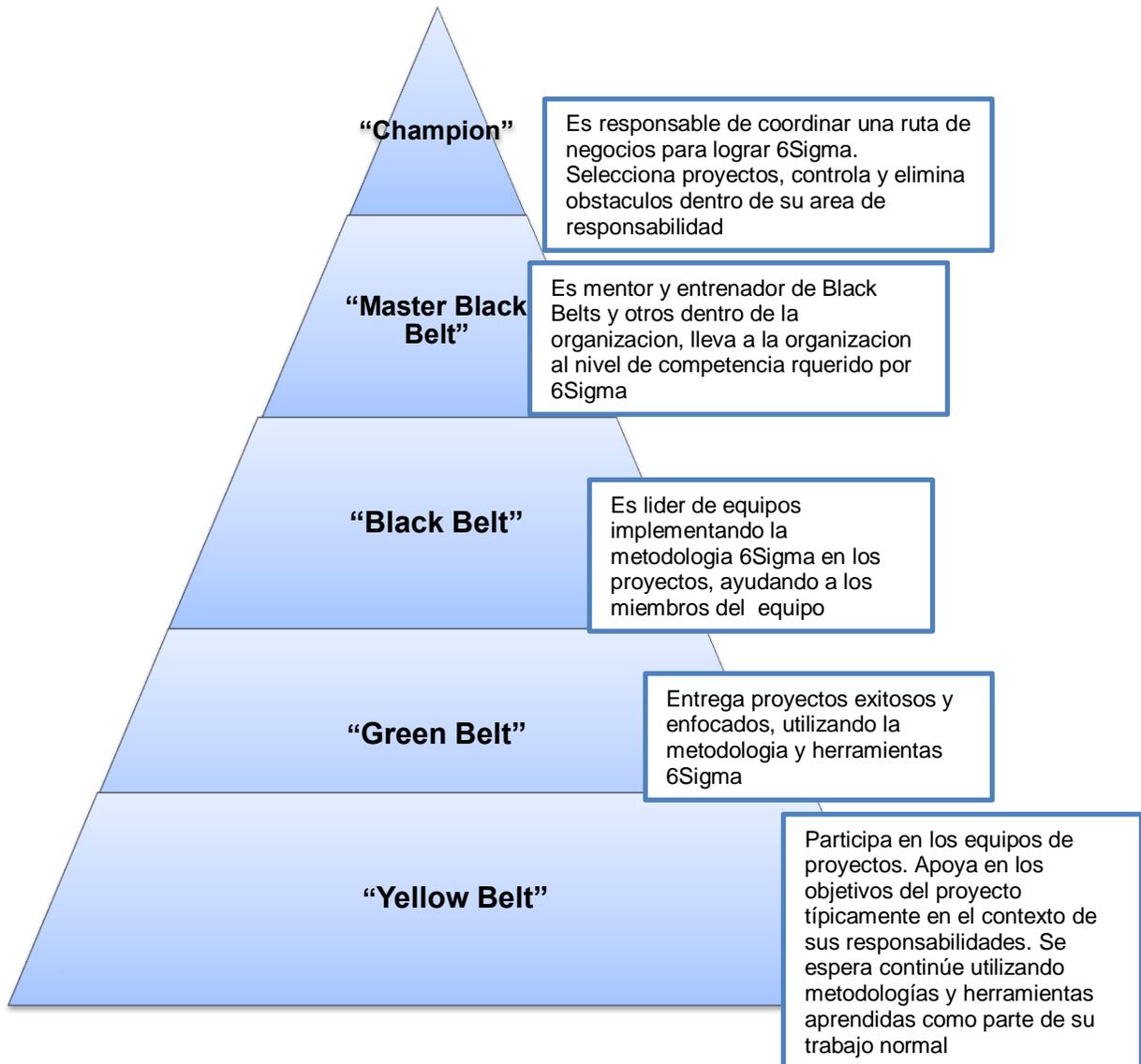


Figura 2.2. Roles de especialistas Seis Sigma

Fuente: Pandey (2007), p. 152

La figura 2.2, muestra el nivel jerárquico de la organización de los especialistas de Seis Sigma.

2.4.3.1. Actividades de los roles de Seis Sigma

Las actividades de los distintos roles de la estructura Seis Sigma son definidos de acuerdo a los siguientes investigadores: (Harry y Schroeder, 2000; Eckes, 2001; Brue, 2002, Pandey, 2007 y Ho, 2008).

En este sentido señala Zu (2008), este mecanismo ayuda a coordinar y controlar el trabajo a través de todos los niveles de la organización para asegurar que todos los proyectos se encuentran alineados a la estrategia general del negocio.

En lo que se refiere al especialista Champion, las actividades son las siguientes:

- Crear la visión de Seis Sigma para su negocio.
- Posee entrenamiento estadístico básico.
- Definir el camino para implementar Seis Sigma.
- Asesorar a Black Belt y al Master Black Belt.
- Apoyar en el despliegue y suministro de recursos.
- Reportar el estado de actividades de Seis Sigma.

El especialista Master Black Belt, tiene por funciones:

- Desarrollar el programa y el material de entrenamiento de Seis Sigma.
- Entrenar al grupo directivo y a los Black Belt.
- Trabajar con proveedores y clientes externos para extender el programa Seis Sigma.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Apoyar y asesora a los Black Belt durante el desarrollo de los proyectos y en el uso de herramientas e interpretación de los datos.
- Consultar con el grupo directivo respecto de la planeación estratégica y táctica.
- Desarrollar la cultura Seis Sigma y la red de trabajo de los Black Belt.

El especialista Black Belt se caracteriza por las siguientes actividades:

- Son los agentes de cambio.
- Seleccionados por los conocimientos técnicos, las habilidades interpersonales y su liderazgo.
- Proporciona conocimiento experto para la mejora de equipos de trabajo.
- Implementa actividades para mejora de la calidad.
- Desarrolla y entrena a los Green Belt.
- Desarrollados mediante entrenamiento estadístico aplicado al trabajo.
- Proporciona dirección a los equipos, administra el riesgo, transfiere conocimientos, descubre nuevas perspectivas y obtiene resultados financieros favorables.

El especialista Green Belt, tiene las siguientes características

- Primera línea de defensa contra defectos.
- Entrenado en herramientas estadísticas básicas.
- Identifica oportunidades.
- Implementa soluciones y mantiene las mejoras.

2.4.4. Entrenamiento de los especialistas

Los integrantes de la estructura de Seis sigma reciben un intensivo entrenamiento diseñado para mejorar sus conocimientos y habilidades en métodos estadísticos, administración de proyectos, diseño de proceso, técnicas de solución de problemas y habilidades gerenciales, Snee (2003). Ver tabla 2.14.

Tabla 2.14. Entrenamiento para roles Seis Sigma

Rol	Entrenamiento	Duración
Champions	Entrenamiento en conceptos clave de 6 sigma y en sus roles dentro de la organización seis sigma. Entrenamiento sobre sus proyectos Green y Black Belt y cómo seleccionar adecuadamente.	Dos días
Black Belt	Desarrollar habilidades avanzadas para conducir un plan para el cliente (satisfacción y productividad).	Seis meses
Green Belt	Desarrollar habilidades, satisfacción del cliente y mejoramiento de productividad.	Diez días
Otros miembros	Entrenamiento basico para relacionar los procesos de la empresa.	Un día

Fuente: Pandey (2007), p. 152

Esta tabla 2.14, muestra el entrenamiento requerido para los especialistas que conforman la estructura Seis Sigma. Cabe mencionar que el entrenamiento es un Factor Crítico de Éxito muy importante según diversos investigadores.

Por otra parte Cheng (2008), realiza una comparación de acuerdo al entrenamiento requerido entre las filosofías TQM y Seis Sigma, resaltando el conocimiento requerido de herramientas estadísticas en Seis Sigma, ver la tabla 2.15.

Tabla 2.15. Entrenamiento TQM y Seis Sigma

Sistema	TQM	Seis Sigma
Curso Básico	ISO 9001, ISO 9003, QCC, mejora sugerencia, TQM, SPC, gestión por objetivos.	Estadísticos básicos, PPM, la gestión de la satisfacción del proceso, ingeniería de valor, el costo de la calidad.
Curso Avanzado	ISO 14001, QFD, el método de Taguchi, FMEA, ingeniería de confiabilidad, ingeniería concurrente y el problema	Diseño ecológico, la concurrencia de ingeniería, diseño de calidad.

Fuente: Cheng (2008), p. 184

2.4.4.1. Disponibilidad de los miembros de la estructura de Roles

Nonthaleerak (2008), presenta un análisis de las ventajas y desventajas sobre la dedicación del tiempo de trabajo del Rol o Especialista Black Belt (BB), considerando tiempo completo y tiempo parcial dentro de su jornada normal de trabajo.

Un factor de decisión importante podría ser el costo, en este estudio el resultado es que una dedicación de tiempo parcial, conlleva un menor costo, ver tabla 2.16.

Tabla 2.16. Ventajas y Desventajas de los Roles BB

Roles BB	Ventajas	Desventajas
Tiempo completo BB	Muy motivados. Dedicado a proyecto Seis Sigma Rápido progreso. Maneja proyectos complicados.	Ninguna autoridad en el área de mejora. Costo elevado.
Tiempo parcial BB	El Proyecto está integrado en el día a día de trabajo. Los cinturones tienen autoridad ya que los proyectos son realizados en su zona de responsabilidad. Ganancia de operación de la cooperación como el trabajo en el área. Menores costos	Alta carga de trabajo. Cinturones tienen menos motivación y menos satisfacción en el proyecto de hacer Seis Sigma. Los proyectos pueden ser retrasados. De alcance limitado del proyecto por falta de tiempo.

Fuente: Nonthaleerak (2008), p. 283

Esta tabla muestra las Ventajas de un especialista de tiempo completo comparado con un especialista dedicado solo tiempo parcial.

De la misma manera, se muestra en las figuras 2.3 y 2.4 las estructuras de reporte directo e indirecto sobre el campeón y dueño del proyecto.

La estructura de reporte directo en cuanto a costo es más elevada pero los resultados observados son más satisfactorios, ya que los proyectos avanzan de una forma más eficiente.



Figura 2.3. Estructura de Reporte Directo
Fuente: Nonthaleerak (2008), p. 285

Nonthaleerak (2008), argumenta que en el caso del reporte indirecto puede existir cierto nivel de riesgo para completar exitosamente el proyecto Seis Sigma.

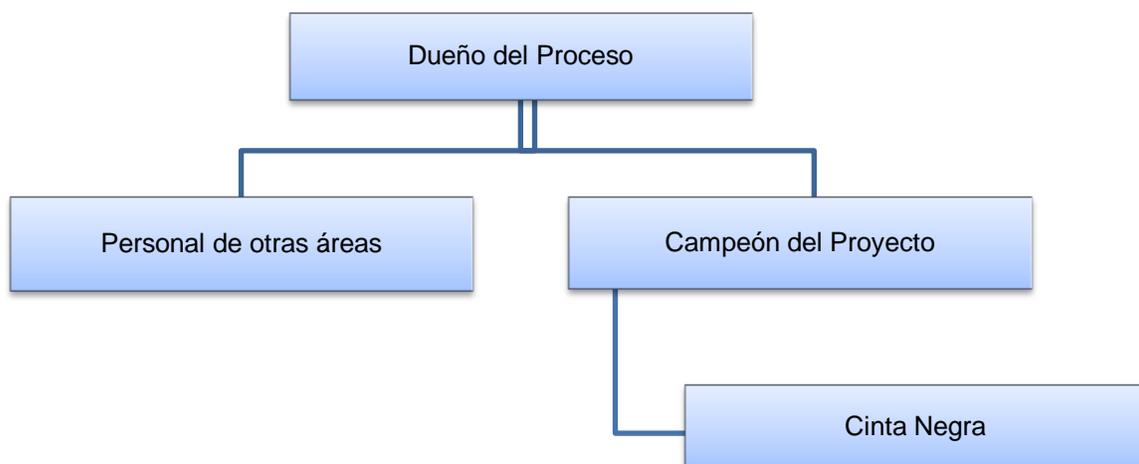


Figura 2.4. Estructura de Reporte Indirecto
Fuente: Nonthaleerak (2008), p. 285

2.4.5. Selección Adecuada de Proyectos

La selección de proyectos es el proceso de evaluar proyectos individuales o grupos de proyectos y decidir cuáles serán realizados, logrando de esta forma cumplir con los objetivos de la compañía, Su (2008).

A su vez, Snee (2002) afirma que los proyectos de Seis sigma adecuados deben poseer ciertas características que estén relacionadas a las prioridades de la empresa como lo es mayor grado de importancia para la organización y metas razonables. Fundin (2003) recomienda utilizar la retroalimentación del cliente al seleccionar proyectos. De acuerdo a una investigación de Bañuelas (2006), existen diversos métodos o herramientas para la selección de proyectos Seis Sigma, el resultado se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.17. Métodos de selección proyectos Seis Sigma

Autor	Métodos o herramientas para seleccionar proyectos Seis Sigma
Larson (2003)	Graficas Pareto
De Feo and Barnard (2004)	Revisión de información
Adams et al. (2003)	Matriz de Rango de Proyectos
Kelly (2002)	Matriz de Selección de Proyectos
Pande et al., (2002)	QFD
Breyfogle et al., (2001)	Matriz de asesoramiento de proyecto
Pyzdek (2000, 2003)	PPI, AHP, QFD, TOC

Fuente: Bañuelas (2006), p. 523

La tabla 2.18, muestra una matriz con los criterios para la selección de Proyectos Seis Sigma, más utilizados, según estudio de Banuelas (2006).

Tabla 2.18. Criterio para la selección de proyectos Seis Sigma

Criterio para la selección de Proyectos Seis Sigma	Harry and Schroeder (2000)	Pande et al. (2000)	Snee (2001)	Goldstein (2001)	Breyfogle et al. (2001)	Pyzdek (2000, 2003)	Linch and Soloy (2003)	Antony (2004)
Impacto del cliente	*	*			*	*	*	*
Impacto financiero	*	*	*	*	*	*	*	*
Compromiso de alta gerencia		*						
Métricas	*	*	*	*	*	*	*	
Aprendizaje		*						*
Estrategias de negocio	*	*	*		*	*		*

Fuente: Banuelas (2006), p. 520

2.4.6. Métricas para la post-evaluación de proyectos Seis Sigma

Seis Sigma enfatiza el uso de diversas métricas cuantitativas para la evaluación de los proyectos Seis Sigma, Zu (2008), señala que estas métricas son utilizadas para establecer metas y objetivos y Linderman (2003), destaca que el establecimiento de metas puede incrementar la magnitud de los proyectos de mejoramiento y también el desempeño de los empleados en alcanzar dichas metas.

En conclusión estas métricas convierten las estrategias operacionales en tareas específicas para la organización, Barney (2002).

Antony (2005), muestra una investigación sobre las métricas y el porcentaje de empresas que las utilizan, ver tabla 2.19.

Tabla 2.19. Métricas Seis Sigma

Métricas Seis Sigma	Porcentaje de empresas que utilizan la métrica (%)
Número de quejas	94
Porcentaje de desperdicio	81
Costo de la mala calidad	75
Tasa de defectos	75
Capacidad de proceso	63
Calidad por primera vez	25
Calidad compuesta	13

Fuente: Antony (2005), p. 862

Según una filosofía de las corrientes actuales de calidad, dice que si no es medible no es mejorable, también uno de los requisitos en el cumplimiento de las normas de ISO9000, es el establecimiento de métricas en todas las operaciones realizadas para la elaboración de algún producto.

3. METODOLOGÍA

El objetivo de este capítulo es presentar la metodología que se aplicó en el desarrollo de esta investigación. Se analiza la información proveniente de la recolección de datos mediante el paquete computacional SPSS y AMOS el cual es un módulo para analizar las ecuaciones estructurales.

3.1. Diseño de la Investigación

De acuerdo al tipo de investigación, y a los objetivos del proyecto, la investigación se realizó en un proceso de cinco etapas, en la tabla 3.1, se presenta una matriz que resume las etapas y el producto final que se obtendrá como resultado de cada una de las cinco etapas.

Tabla 3.1. Actividades y resultados obtenidos por cada etapa

Etapa	Actividades	Resultados
Primera etapa	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de la literatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Factores Críticos de Éxito • Variables • Métodos de prueba
Segunda etapa	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de cuestionario • Prueba piloto 	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Validación
Tercera etapa	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del instrumento • Recolección y análisis de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos FCE • Reducción de Variables • Validación
Cuarta etapa	<ul style="list-style-type: none"> • Modelado de Ecuaciones estructurales en AMOS 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de FCE para la IME • Validación
Quinta etapa	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación final de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • Reporte final de resultados • Conclusión

Fuente: Elaboración propia

3.1.1. Primera etapa

Consistió en realizar una revisión exhaustiva de la literatura en la frontera del conocimiento para determinar los FCE en el despliegue de proyectos Seis Sigma, se conceptualizaron las variables observables, se diseñó la estrategia de investigación, se determinaron la composición y tamaño de la muestra, y se definieron los principios de inclusión.

3.1.1.1. Revisión de la literatura

Para la determinación de los Factores críticos de éxito se realizó un análisis exploratorio en investigaciones similares, encontrando los siguientes resultados:

Factores Críticos de Éxito, encontrados en la literatura

- Compromiso y participación de la alta gerencia
- Estrategia de negocio basada en el cliente
- Estructura de roles Seis Sigma en la empresa
- Ejecución de los proyectos y seguimiento de resultados
- Recursos esenciales
- Asesoramiento para proyectos
- Incentivos y recompensas
- Acceso a la información
- Metas a corto y largo plazo
- Administración del conocimiento
- Lineamiento de proyectos respecto a los objetivos de la empresa

- Cooperación y comunicación
- Utilización de herramientas
- Eficiencia de material didáctico

3.1.1.2. Descripción de la muestra

Se describe la muestra, la unidad de análisis, los criterios de inclusión, se identifica la población y se define el tamaño de muestra ideal.

- Población

Localmente existen 243 empresas pertenecientes al ramo de la Industria Maquiladora de Exportación (IME), AMAC (2009) y se realizó un censo para integrar la muestra, el resultado fue el siguiente: aproximadamente el 60% del total cuenta con la metodología Seis Sigma implementada, esto es un total de 146 empresas que conforman la población.

- Unidad de análisis

En esta investigación, de acuerdo al objetivo general del estudio, se consideró como la unidad de análisis, a la empresa.

- Criterios de inclusión

Se incluyeron en la muestra empresas con la metodología Seis Sigma implementada y pertenecientes a los siguientes sectores: Automotriz, médico y

electrónico, cada una de ellas con algunas subdivisiones. El motivo es que en esos tres sectores se concentra el 75% de empresas con la metodología Seis Sigma implementada, otras características importantes sobre este criterio, es que lo conforman empresas con alta tecnología y presentan mayor tiempo de establecimiento en la localidad.

- **Muestra**

Considerando una población de 146 empresas con la metodología Seis Sigma implementada, estadísticamente se determinó que el tamaño de muestra ideal es de 44 unidades muestrales (empresas), con un nivel de significación del 0.05.

3.1.2. Segunda etapa

En esta etapa se diseñó el instrumento de medición y se realizó una prueba piloto en algunas empresas de la muestra representativa con el objetivo de tener un diagnóstico inicial, otros objetivos alcanzados fueron la validación y retroalimentación del instrumento y mejoramiento del mismo.

3.1.2.1. Instrumento de medición

Se desarrolló un instrumento de medición considerando los Factores Críticos de Éxito encontrados en la literatura y tomando como base los trabajos de investigación de (Ho, 2008 y Bañuelas, 2006).

- Diseño del cuestionario

Se conceptualizaron las variables observables para cada factor. En el desarrollo del cuestionario se generaron 70 preguntas, divididas en 14 grupos, con 5 ítems cada uno.

- Escala

La escala utilizada fue de Likert, con valores del 1 al 9, en función de la frecuencia con que se presentan, con puntuación de 1 para “nunca” y finalizando con 9 para una frecuencia de “siempre”. Saaty (2006), resalta la conveniencia de utilizar una escala del 1 al 9 cuando es requerida una mayor precisión o como señala Levy (2003), al recomendar escalas mayores a 5, cuando se desea enfatizar el grado de acuerdo o de desacuerdo.

3.1.2.2. Prueba piloto

Como prueba piloto este instrumento se administró a seis empresas en la localidad. Se recolectaron 90 encuestas válidas, los datos obtenidos fueron analizados utilizando el paquete computacional SPSS.

- Validación interna

La validación del cuestionario se realizó mediante el coeficiente Alpha de Cronbach. Los resultados se analizarán en el capítulo siguiente.

3.1.3. Tercera etapa

Se aplicó el instrumento final, se recolectó la información y se analizaron los datos cuantitativos mediante el paquete computacional SPSS, empleando las técnicas descritas anteriormente, y se validó interna y externamente (la encuesta y los datos).

3.1.3.1. Recolección de la información

La encuesta se aplicó vía electrónica en algunos casos que así fue requerido por la empresa y en otros se aplicó personalmente, el personal que completó el cuestionario cuenta con algún grado de especialidad dentro de la estructura Seis Sigma.

3.1.3.2. Validación

- Interna

La validación interna o consistencia interna se realizó mediante el coeficiente Alpha de Cronbach, el cual puede interpretarse como la correlación media de una de las variables de la misma escala con todas las demás variables que la componen.

- Externa

La validación externa se llevó a cabo mediante el análisis de Guttman, que consiste en una división aleatoria por mitades y se obtiene un índice de correlación.

3.1.3.3. Captura y análisis de la información

La captura de los datos se realizó después de recibir cada cuestionario completo, el análisis se realizó con el paquete computacional SPSS, utilizando las técnicas de Análisis Factorial Exploratorio, Análisis por Componentes Principales y Extracción de Factores.

3.1.4. Cuarta etapa

Se determinaron los nuevos FCE (variables latentes), a partir de las variables observables, se generó y validó el modelo de ecuaciones estructurales, a través de los distintos indicadores de confiabilidad con el paquete computacional AMOS, se aplicó un Análisis Factorial Confirmatorio.

Se analizaron las relaciones existentes entre las variables y los nuevos FCE y se obtiene el grado de contribución de cada una de variables observables que componen los nuevos FCE de Seis Sigma.

3.1.4.1. Variables latentes

Una variable latente es un tipo de variable que se caracteriza por mantener cierto grado de abstracción en su definición y que, por tanto, necesita de otros conceptos más concretos para precisarlo, de modo que se compone de numerosas variables que pretenden medirla en detalle, Poza (2008). También, se suele identificar como una variable directamente no observable medida o compuesta por variables mucho más manejables. Además, es una forma de consolidar numerosa información en una sola variable. Para obtener este tipo de variable se emplea normalmente el análisis multivariante. El análisis factorial es una de las técnicas más utilizadas.

3.1.4.2. Generación del modelo

El método para crear el modelo es modelado de ecuaciones estructurales, en esta investigación se utilizó AMOS, cabe mencionar que existen otros paquetes estadísticos para este propósito como lo es Lisrel y EQS.

Los modelos de ecuaciones estructurales constituyen una de las herramientas más potentes para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal. Estos modelos ayudan a seleccionar entre las hipótesis causales relevantes, desechando aquellas no soportadas por la evidencia empírica, Batista (2000). Los modelos formalizan las

relaciones entre las variables observables (indicadores) y las variables latentes (constructos) o factores en los que se centra el interés.

3.1.4.3. Validación del Modelo

Para determinar la validez del modelo de FCE para la IME también se utilizó el paquete computacional AMOS, se realizó un diagnóstico de la de bondad de ajuste, para determinar si el modelo es correcto y útil. Batista (2000), señala que un modelo correcto predice adecuadamente la realidad, es decir conduce a diferencias reducidas y aleatorias entre las varianzas y covarianzas. De esta forma se utiliza para la validación el estadístico χ^2 , chi-cuadrado el cual establece la adecuación del modelo, valores reducidos representan menor discrepancia entre lo observado y lo predicho por el modelo y por lo tanto señalan un mejor ajuste.

3.1.5. Quinta etapa

Se procedió a la comprobación de las hipótesis de la investigación, por los métodos de prueba establecidos, como se puede observar en la Tabla 3.2. Se realiza una interpretación de los resultados y por último se obtienen las conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros y para una posible expansión.

Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación

La figura 3.1 muestra el esquema metodológico establecido, presentado en cinco etapas.

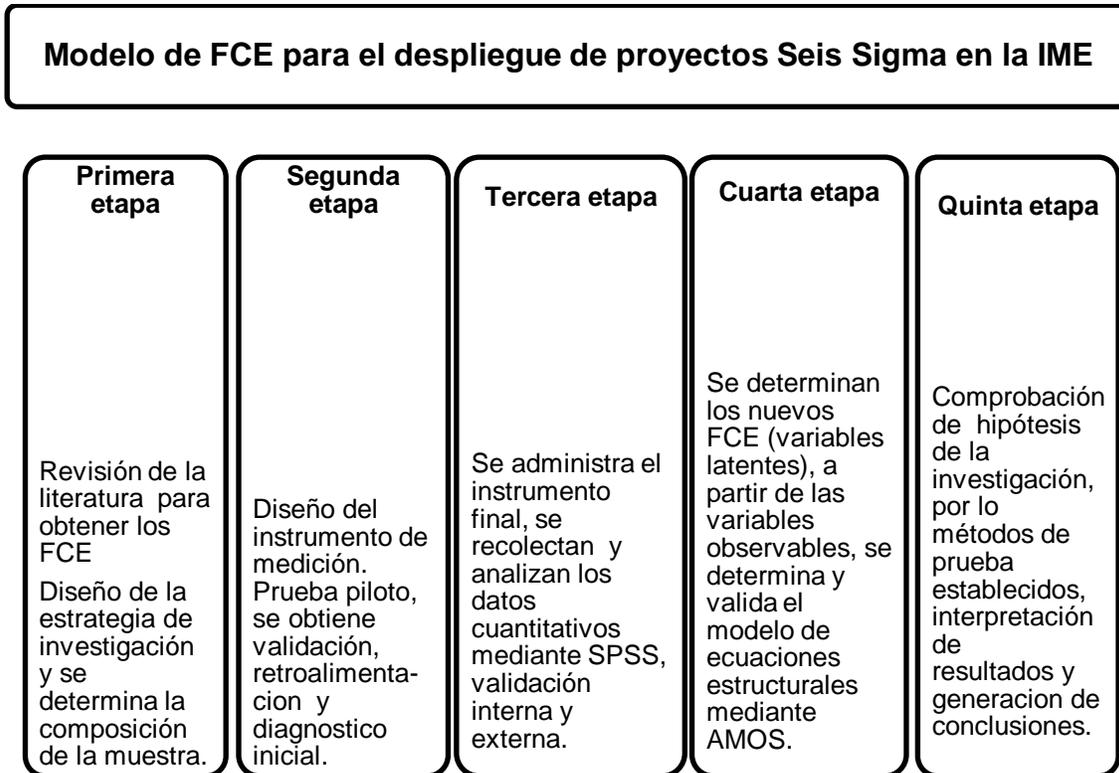


Figura 3.1. Esquema metodológico

Fuente: Elaboración propia

3.2. Materiales

Se enlistan los materiales utilizados, incluyendo equipo, software y las fuentes de información utilizadas y las técnicas para el análisis de los datos.

3.2.1. Equipo y paquete de cómputo

El equipo utilizado es una computadora personal y se utilizaron los paquetes computacionales SPSS 18.0 y AMOS 16.0.

3.2.2. Fuentes de información

Se establecen las siguientes fuentes de información para el cumplimiento del objetivo de la presente investigación:

3.2.2.1. Literatura

Se analizan los cuerpos del conocimiento trascendente para esta investigación comprendida en un periodo de tiempo del año 1995 al 2010, esto incluye revistas arbitradas, tesis de maestría y doctorales. El cuerpo de literatura está comprendido por las siguientes áreas:

- Metodología Seis Sigma
- Filosofías de mejoramiento continuo
- Sistemas de Administración de la Calidad
- Planeación estratégica
- Análisis Multivariante

3.2.2.2. Encuesta

Las encuestas se aplican con el objetivo de obtener información sobre los factores críticos del éxito en proyectos de Seis Sigma, para determinar las relaciones

existentes entre las variables que conforman los factores y la contribución de cada una de estas variables en el modelo de los FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma.

3.2.2.3. Observación

Como parte de la estrategia, se realizan visitas programadas a empresas pertenecientes a la IME, para adquirir información acerca del contexto en el que se desarrolló la investigación.

3.2.2.4. Documentación de las Empresas

En aquellas empresas que otorgaron acceso, se revisó información respecto a la implementación de la metodología Seis Sigma, como lo es: Reportes de métricas de calidad, manuales de entrenamiento, organigramas y reportes de proyectos Seis Sigma concluidos. Todo esto con el objetivo de conocer el entorno de las empresas y como parte de la etapa de aprendizaje de la metodología Seis Sigma.

3.2.3. Técnicas

Las técnicas que se utilizaron para el análisis de los datos recolectados, así como para probar validez interna y externa del estudio, son las siguientes:

- Análisis factorial

El Análisis Factorial es una técnica que consiste en resumir la información contenida en una matriz de datos con una gran cantidad de variables, es conocida como una técnica para reducción de datos. El concepto principal es que se busca

que los factores representen a las variables originales en el análisis, con una pérdida mínima de información. “El propósito del análisis factorial es una simplificación ordenada de diversas variables interrelacionadas utilizando un procedimiento matemático”, como afirma Child (2006).

- El Análisis de componentes principales

Trata de hallar componentes (factores) que sucesivamente expliquen la mayor parte de la varianza total.

- Análisis factorial exploratorio

En donde no se conocen los factores "a priori", sino que se determinan mediante el Análisis Factorial.

- Análisis factorial confirmatorio

Se propone "a priori" un modelo, según el cual hay unos factores que representan a las variables originales, siendo el número de éstos superior al de aquellos, y se somete a comprobación el modelo.

- Modelos de ecuaciones estructurales

Los modelos de ecuaciones estructurales proveen un medio sistemático de probar hipótesis de relaciones entre variables. El análisis es de tipo confirmatorio, es decir las variables latentes son representadas por algunas variables observables, resultado de la extracción de componentes principales.

3.3. Verificación de hipótesis

Para describir la relación entre las variables de estudio en este trabajo de investigación, se establecen las siguientes hipótesis son del tipo causal multivariado.

3.3.1. Hipótesis generales

H₁: El despliegue eficiente de proyectos Seis Sigma depende de ciertos Factores

Críticos de Éxito los cuales son (ver la figura 1.1):

- H_{1a}. Compromiso y participación de la alta gerencia
- H_{1b}. Estrategia de negocio basada en el cliente
- H_{1c}. Estructura de roles Seis Sigma en la empresa
- H_{1d}. Ejecución de los proyectos y seguimiento de resultados
- H_{1e}. Recursos esenciales
- H_{1f}. Asesoramiento para proyectos
- H_{1g}. Incentivos y recompensas
- H_{1h}. Acceso a la información
- H_{1i}. Metas a corto y largo plazo
- H_{1j}. Administración del conocimiento
- H_{1k}. Lineamiento de proyectos respecto a los objetivos de la empresa
- H_{1l}. Cooperación y comunicación
- H_{1m}. Utilización de herramientas
- H_{1n}. Eficiencia de material didáctico

H₂: El modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma está integrado por determinadas variables observables:

H_{2a}: El FCE: Compromiso de la alta gerencia, está compuesto por las siguientes variables observables:

- La alta gerencia pide un reporte del progreso del proyecto Seis Sigma.
- Es posible pedir asistencia a la gerencia en caso de posibles problemas.
- La alta gerencia requiere la participación de los departamentos para realizar proyectos 6 Sigma
- La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma
- La alta gerencia asigna departamentos para realizar proyectos 6 Sigma específicos.

H_{2b}: El FCE: Estrategia de negocio basada en los requerimientos del cliente, está compuesto por las siguientes variables observables:

- El proyecto 6 Sigma está relacionado con las demandas del cliente.
- Los requerimientos del cliente son conocidos.
- Los departamentos investigan las necesidades del cliente.
- Los departamentos revisan regularmente las quejas del cliente.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- La estrategia de los departamentos está basada en las necesidades y quejas del cliente.

H_{2c}: El FCE: Infraestructura de roles Seis Sigma en la empresa, está compuesto por las siguientes variables observables:

- La compañía cuenta con una infraestructura 6 Sigma interna (Champions, Master Black Belt y Black Belt).
- Los Champions, Master Black Belt y Black Belt discuten el progreso de los proyectos 6 Sigma con los Gerentes responsables en varias ocasiones.
- La empresa ha asignado Champions, Master Black Belt y Black Belt para ser los responsables de ciertos departamentos.
- Champions, Master Black Belt y Black Belt mantienen reuniones regulares para discutir el progreso de 6 Sigma en la empresa.
- Los proyectos Green Belt son revisados regularmente por los Black Belt.

H_{2d}: El FCE: Ejecución, de proyectos y seguimiento de los resultados, está compuesto por las siguientes variables observables:

- El avance del proyecto Seis Sigma debe ser reportado regularmente.
- Cuando el proyecto ha finalizado, los resultados de su implementación deben ser reportados.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- El Gerente o Black Belt a cargo verifica la ejecución y progreso del proyecto Seis Sigma.
- Los Black Belt de la empresa difunden anualmente, los resultados obtenidos por proyectos Seis Sigma.
- Presentar un reporte en caso de retraso en algún proyecto.

H_{2e}: El FCE: Inversión de recursos esenciales, está compuesto por las siguientes variables observables:

- En caso de que se requiera la asistencia de mayor recurso humano para completar mi proyecto Seis Sigma, el gerente o supervisor lo consigue.
- Se aprueba la compra de equipo u otros artículos para la ejecución del proyecto Seis Sigma.
- La empresa ajusta la carga de trabajo diaria para asegurar que se complete el proyecto Seis Sigma.
- La empresa permite trabajar tiempo extra para completar el proyecto Seis Sigma.
- El gerente o supervisor obtiene los recursos necesarios para proyecto Seis Sigma.

H_{2f}: El FCE: Inversión en asesoramiento para proyectos Seis Sigma, está compuesto por las siguientes variables observables:

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Los tutores o Black Belt definen horarios para asesorar proyectos Seis Sigma.
- Se asigna un Black Belt específicamente para el asesoramiento de proyectos Seis Sigma en mi departamento
- Como Black o Green Belt se identifica a cual Black Belt o Master Black Belt se solicitaría ayuda, si una asesoría es necesaria.
- Los Black Belt apoyan analizando problemas que se pueden presentar en el desarrollo de proyectos Seis Sigma
- Los instructores Black Belt usan diferentes ejemplos para asesorar en proyectos Seis Sigma.

H_{2g}: El FCE: Incentivos y recompensas que se pueden aplicar para motivar la implementación de Seis Sigma, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Una ceremonia pública es realizada para dar a conocer la certificación de Black Belts o Green Belts.
- Se le otorga un reconocimiento a Black Belts o Green Belts por sus proyectos.
- Los resultados obtenidos por proyectos Seis Sigma son considerados en la revisión de desempeño.
- En caso de no terminar con mi proyecto Seis Sigma, afecta en la posible promoción a puestos superiores

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Los resultados obtenidos en mi proyecto Seis Sigma afectan aumentos o bonos anuales.

H_{2h}: El FCE: Accesibilidad de los datos, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Los datos necesarios para el análisis de mi proyecto Seis Sigma son obtenidos fácilmente.
- Los datos relevantes se encuentran en las bases de datos de la empresa.
- Los datos obtenidos del trabajo diario son debidamente almacenados en algún medio.
- Cuando la información es necesaria pero no está disponible, el departamento de sistemas u otros miembros del proyecto Seis Sigma, están dispuestos a ayudar.
- Existen reglamentos establecidos para la preservación y confidencialidad de la información durante el desarrollo de un proyecto Seis Sigma.

H_{2i}: El FCE: Objetivos o metas de corto y largo plazo, está compuesto por las siguientes variables observables:

- El proyecto Seis Sigma se relaciona con la metas a largo plazo del departamento (dos o más años).

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- El proyecto Seis Sigma se relaciona con la metas a corto plazo del departamento (Menos de un año).
- Una de las principales consideraciones en la selección de un proyecto Seis Sigma es que pueda ser terminado fácilmente
- El proyecto Seis Sigma está relacionado con el trabajo diario
- Después de la evaluación de un proyecto Seis Sigma, al ser considerado benéfico y requiere de más de un año para realizarlo es llevado a cabo.

H_{2j}: El FCE: Coordinación y administración del conocimiento, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Es posible consultar información de otros proyectos en algún sistema o base de datos administrador del conocimiento.
- El tema de mi proyecto está relacionado con otros proyectos Seis Sigma que están documentados en la base de datos del conocimiento.
- Es posible encontrar explicaciones e información en el sistema o base de datos de conocimiento, en caso de existir algún problema.
- Es posible pedir asistencia de otros colegas cuyos proyectos están registrados en la base de datos de conocimiento.
- La Información relativa a Seis Sigma puede ser encontrada en el sistema o base de datos del conocimiento.

H_{2k}: El FCE: Lineamiento proyectos respecto a estrategia de negocios de la empresa, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Cada departamento da a conocer los estándares y la definición de su estrategia de negocio.
- Al seleccionar un proyecto Seis Sigma, se considera la estrategia de negocios de la empresa.
- Los directivos de la empresa motivan a seleccionar proyectos que tienen relación con la estrategia de negocio de la empresa
- Los Black Belt sugieren proyectos que están relacionados con la estrategia de negocios de la empresa.
- Los consejos por parte de la gerencia en relación a la dirección de proyectos Seis Sigma está relacionado con la estrategia de negocio de la empresa.

H_{2l}: El FCE: Cooperación y comunicación, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Los integrantes del proyecto Seis Sigma se reúne regularmente.
- Los integrantes del proyecto Seis Sigma son informados del progreso del proyecto.
- Los integrantes del equipo ayudan en la medición y obtención de información.
- Los integrantes del equipo participan activamente en las discusiones de proyectos Seis Sigma.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Si se requiere asistencia por parte de los integrantes del equipo en relación a mejoras en el proyecto, cada integrante está dispuesto a ayudar.

H_{2m}: El FCE: Utilización de herramientas Seis Sigma, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Herramientas Seis Sigma para determinar la base o raíz del problema, son utilizadas.
- El proceso DMAMC, es utilizado.
- El análisis estadístico realizado en el proyecto Seis Sigma identifica problemas clave.
- Se utiliza Excel y paquetes computacionales de análisis estadístico para el análisis de los datos del proyecto.
- Se utilizan gráficos y estadísticos para el análisis de la información del proyecto.

H_{2n}: El FCE: Eficiencia del material didáctico en el auxilio del aprendizaje de Seis Sigma, está compuesto por las siguientes variables observables:

- Los instructores Black Belt ayudan en el entendimiento de la filosofía y operación de Seis Sigma.
- Las explicaciones de los instructores Black Belt ayudan en la obtención de respuestas a preguntas generadas durante el entrenamiento Seis Sigma.

- Es posible encontrar soluciones en el material de las clases de Seis Sigma.
- El material del entrenamiento puede ser utilizado en el trabajo diario.
- Las explicaciones dadas por el instructor en las sesiones del entrenamiento Seis Sigma son claras.

3.3.2. Hipótesis Particulares

H₃: El modelo de FCE para la IME es integrado por un modelo de ecuaciones estructurales y es eficiente para el despliegue de proyectos Seis Sigma.

H₄: El modelo de FCE para la IME está integrado por un conjunto de factores que a su vez se componen de variables y distintas relaciones (contribuciones).

3.3.3. Comprobación de Hipótesis

Se listan las hipótesis planteadas en esta investigación y el método de prueba, para su comprobación en cada una de las hipótesis, ver tabla 3.2.

La siguiente tabla muestra las hipótesis planteadas en esta investigación, así como su método de prueba:

Tabla 3.2. Métodos de prueba por hipótesis

Hipótesis	Método de Prueba
H1: El despliegue eficiente de proyectos Seis Sigma depende de ciertos Factores Críticos de Éxito.	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Paquete computacional SPSS • Análisis Factorial • Técnica de análisis de Componentes Principales
H2: El modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma está integrado por determinadas variables observables.	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Paquete computacional SPSS • Análisis Factorial • Técnica de análisis de Componentes Principales
H3: El modelo de FCE para la IME es integrado por un modelo de ecuaciones estructurales y es eficiente para el despliegue de proyectos Seis Sigma.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis confirmatorio • Técnica de modelado de ecuaciones estructurales • Paquete computacional estadístico SPSS y AMOS • χ^2 (bondad de ajuste), AGFI (índice de bondad ajustado), CFI (índice comparativo de ajuste), RMSEA (error cuadrado de la media)
H4: El modelo de FCE para la IME está integrado por un conjunto de factores que a su vez se componen de variables y distintas relaciones (contribuciones).	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis confirmatorio • Covarianzas • Cargas Factoriales • Técnica de modelado de ecuaciones estructurales • Paquete computacional estadístico SPSS y AMOS

Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados encontrados en el análisis de validación del cuestionario aplicado a los diferentes participantes de ejecución de proyectos de Seis Sigma, iniciando con el estudio de la prueba piloto realizada, también se muestran los resultados obtenidos en relación a la validez del estudio al aplicar la técnica de análisis factorial, los resultados del análisis factorial incluyendo todas las variables, los resultados del análisis factorial en base a una división de factores y los diferentes modelos de aplicación obtenidos mediante análisis factorial. A continuación se describen cada uno de ellos.

4.1. Prueba piloto

El instrumento se administró a seis empresas en la localidad pertenecientes al sector de la Industria Maquiladora de Exportación. Las características de las empresas seleccionadas fueron: contar con la metodología Seis Sigma implementada, en cuanto al tamaño de la empresa se consideró aquellas con más de 1000 empleados y con capital financiero proveniente de EUA, con una antigüedad de la empresa mayor a 10 años y pertenecientes a los giros electrónico y automotriz.

Se obtuvo la validación del cuestionario con el coeficiente Alpha de Cronbach, el resultado fue 0.92, lo cual indica que el cuestionario es confiable. Se recolectaron

90 encuestas válidas, la cuales fueron analizadas utilizando SPSS mediante análisis factorial con rotación por el método varimax. El indicador Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) se observó como 0.81, este valor meritorio indica que la aplicación del análisis factorial es conveniente. Enseguida se procedió a aplicar el instrumento final al tamaño de muestra seleccionada.

4.2. Validación del instrumento final

Como se ha mencionó en el capítulo de la metodología, para la validación del cuestionario se aplicó el coeficiente Alpha de Cronbach y el método de Mitades Partidas (Split Halves). Mismos que se ejecutaron en el paquete computacional estadístico denominado SPSS, en el apartado de escala y confiabilidad de instrumentos. Del total de encuestas recolectadas, se obtuvo un valor para el índice Alpha Cronbach de 0.976, lo cual es indicativo de que el instrumento utilizado es válido y que efectivamente los ítems del instrumento son coherentes y por lo tanto mide aspectos relacionados con Seis Sigma, los resultados se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Coeficiente Alpha Cronbach

Alpha Cronbach	.976
No. Items	70
Casos Validos	320

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de evaluar la validez externa, se aplicó a los mismos datos un análisis mediante la prueba de división de la muestra de Guttman, los resultados obtenidos se ilustran en la tabla 4.2, en los que se puede apreciar que efectivamente, el instrumento empleado es válido o confiable para el objetivo que se está usando.

Tabla 4.2. Índice de Guttman

Cronbach's Alpha	Parte 1	Valor	.954
		N de items	35
	Part e 2	Valor	.962
		N de items	35
	Total de Items		70
Correlación entre formas			.820
Coeficiente Spearman-Brown	Igual Tamaño		.901
	Diferente Tamaño		.901
Coeficiente Guttman Split-Half			.901

Fuente: Elaboración propia

4.3. Validación del análisis factorial

Para la validación del análisis factorial se realizó un análisis del índice KMO, se aplicó un análisis del índice de esfericidad de Bartlett y se obtuvo el determinante de la matriz de correlación con la finalidad de confirmar la validez de los resultados.

Los resultados de estos análisis se ilustran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Validez del análisis factorial

Kaiser-Meyer-Olkin		.945
Determinante		1.41E-026
Prueba de esfericidad de Bartlett's	Approx. Chi-Square	1.755E4
	Grados de Libertad	2415
	Significancia	.000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que de acuerdo al índice KMO, el análisis factorial puede ser realizado, dado que la teoría sugiere que valores mayores a 0.8 son adecuados, Levy (2003), y en este caso en particular se tiene un valor de 0.945, muy superior a un valor idóneo, dado que existe mucha diferencia entre la matriz de correlaciones de las variables y la matriz identidad del mismo tamaño.

En relación al determinante de la matriz de correlaciones, se observa que tiene un valor de 1.41E-026, el cual es muy cercano a cero, lo cual indica nuevamente que existen fuertes correlaciones entre las variables y que existen elementos cercanos a la unidad fuera de la diagonal de la matriz de correlaciones; motivo por el cual se obtienen valores bajos.

De la misma manera, el índice que mide la esfericidad de Bartlett es muy elevado y con los grados de libertad que se tienen, se obtiene que la significancia es cero para una distribución Chi cuadrada, lo cual indica que el análisis factorial puede ser aplicado, (Batista, 2000; McClendon, 2002; Levy, 2003; Byrne (2006) y Child, 2006).

En resumen, en base a los tres análisis realizados para determinar la viabilidad de aplicar el análisis factorial a los datos, se concluye que ésta es una técnica que puede ser aplicada. Por lo cual, en la siguiente sección se describen los resultados encontrados del análisis factorial aplicado a todos los datos en su conjunto.

4.4. Caracterización de la muestra

La muestra constó de 320 encuestas (casos), las cuales fueron recolectadas de diversas empresas, el número requerido de casos de acuerdo a (Levy, 2003 y Camacho, 2006) según el número de variables (70) es al menos de 280. La unidad muestral en este estudio de acuerdo al diseño de la investigación es la empresa, estadísticamente de acuerdo a la población, el tamaño de muestra requerido es de 44 empresas, con un nivel de significación del 0.05. Se recolectaron un total de 320 encuestas de 45 empresas participantes.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

La tabla 4.4, muestra las empresas participantes.

Tabla 4.4. Empresas participantes

Empresas		
Cisco 1	Cisco 2	Lear 1
Delphi 1	Strattec	Lear 2
Delphi 2	Honeywell 1	Lear 3
Delphi 3	Honeywell 2	Lear 4
Delphi 4	BRP	Lear 5
Delphi 5	Strattec	Foxconn 1
Delphi 6	Siemens	Foxconn 2
Altec	BRP	Tyco
Venusa	CRITIKON	Nidec
Avery Denisson	Harman Becker	Medical safety
Casa RegalBeloit	Vientek	Autmotive Lighting
Ethicon	Toshiba	ADC
Genpact	Sistemas eléctricos	Valeo
Johnson Controls	Motorola	Coset
Cordis	Lexmark 1	Lexmark 2

Fuente: Elaboración propia

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Las encuestas se aplicaron a diferentes sectores industriales. Siendo el mayor número de empresas encuestadas del sector Automotriz. La distribución de los mismos se ilustra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Sectores y divisiones encuestados

Sectores	Subdivisiones	Respondientes
Automotriz	Arnes	148
	Costura	
	Inyección plástico	
	Reparación	
Electrónico	Telecomunicaciones	128
	Sensores	
	Reparación	
	Electrodomésticos	
Medico	Quirúrgico	44
	Cardiovascular	
Total		320

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, dado que se buscó integrar a los participantes de Proyectos de Seis Sigma y sus líderes, es conveniente describir quienes dieron respuesta a

los diferentes cuestionarios. Los roles (de acuerdo a la estructura Seis Sigma), de los encuestados se aprecian en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Roles de los encuestados

Rol Seis Sigma	Encuestados
Champion	5
Master Black Belt	13
Black Belt	55
Green Belt	75
Yellow Belt	78
White Belt	94
Total	320

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en la tabla 4.7 se ilustra la antigüedad de establecimiento que tienen las empresas.

Tabla 4.7. Antigüedad de la empresa

Antigüedad de la empresa	Encuestados
Hasta 5 años	67
6 – 10 años	78
Más de 10 años	175
Total	320

Fuente: Elaboración propia

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Se identificó el tamaño de la empresa, basándose en el número de empleados que se tienen en la misma, la tabla 4.8 lo describe.

Tabla 4.8. Número de empleados por empresa

Tamaño de la empresa	Encuestados
Hasta 1000 empleados	80
1000 a 5000 empleados	107
Más de 5000 empleados	133
Total	320

Fuente: Elaboración propia

Mientras que en la tabla 4.9 se presenta el sexo de las personas que respondieron la encuesta.

Tabla 4.9. Sexo de los encuestados

	Sexo	Encuestados
1.	Hombres	242
2.	Mujeres	78
Total		320

Fuente: Elaboración propia

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Es importante señalar que las personas que respondieron la encuesta pertenecían a diferentes departamentos de la empresa, por lo que en la tabla 4.10 se ilustra como estuvo constituida la muestra en relación a este criterio de selección. Se puede observar claramente que las personas involucradas con calidad son quienes más respondieron.

Tabla 4.10. Puestos de los encuestados

Rol Seis Sigma	Encuestados
Supervisor de compras	4
Ingeniero de sistemas	6
Black Belt	7
Ingeniero de diseño	7
Ingeniero electrónico	17
Gerencial	18
Ingeniero de manufactura	19
Supervisor de producción	25
Ingeniero de proceso	44
Técnico de Ingeniería	43
Ingeniero de calidad	130
Total	320

Fuente: Elaboración propia

4.5. Resultados del análisis factorial

Se realizó un análisis factorial por el método de componentes principales al conjunto de datos mediante el paquete computacional SPSS, los cuales eran un total de 320 encuestas (casos). Para el análisis se hizo uso de la matriz de correlaciones para simplificar las evaluaciones, en las que se consideró como importantes a aquellos factores que tenían eigenvalores mayores a la unidad, para garantizar que se explicaran por al menos uno de los ítems que componían el instrumento. Además, se especificó en el análisis que se convergiera en una solución en al menos 25 iteraciones.

Dado el conjunto de variables intercorrelacionadas el análisis factorial extrae un número de factores coincidente con el original de variables. La varianza global coincide con el número de variables. De la varianza global cada factor recoge cierta cantidad, es decir, explica cierta proporción. Cuanto mayor sea la cantidad explicada más importante es el factor.

4.5.1. Componentes Identificados por el Método Componentes Principales

En la tabla 4.11 se ilustran los trece principales componentes encontrados. En la parte izquierda se encuentra el componente o factor, la segunda sección se refiere a los *eigenvalores* iniciales de la matriz de correlación, la segunda se refiere a la extracción la suma de cuadrados de cargas y en la última, se hace

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

referencia a los valores rotados, cuya operación se realizó para lograr una mejor identificación de los factores.

Tabla 4.11. Componentes identificados por componentes principales

Componente	Eigenvlor inicial			Extracción de la Suma de Cuadrados de Cargas			Rotación de la Suma de Cuadrados de Cargas		
	Total	% de Varianza	Acumulado %	Total	% de Varianza	Acumulado %	Total	% de Varianza	Acumulado %
1	26.841	38.344	38.344	26.841	38.344	38.344	7.932	11.332	11.332
2	3.663	5.232	43.577	3.663	5.232	43.577	4.801	6.859	18.191
3	3.154	4.505	48.082	3.154	4.505	48.082	4.563	6.518	24.709
4	2.426	3.466	51.548	2.426	3.466	51.548	4.042	5.774	30.482
5	1.916	2.738	54.285	1.916	2.738	54.285	3.782	5.404	35.886
6	1.789	2.556	56.841	1.789	2.556	56.841	3.669	5.242	41.128
7	1.68	2.399	59.24	1.68	2.399	59.24	3.667	5.238	46.366
8	1.581	2.259	61.499	1.581	2.259	61.499	3.55	5.072	51.437
9	1.287	1.839	63.338	1.287	1.839	63.338	3.174	4.534	55.971
10	1.235	1.764	65.102	1.235	1.764	65.102	3.158	4.512	60.483
11	1.175	1.679	66.781	1.175	1.679	66.781	2.524	3.605	64.088
12	1.111	1.587	68.367	1.111	1.587	68.367	2.037	2.911	66.999
13	1.04	1.486	69.853	1.04	1.486	69.853	1.998	2.854	69.853

Fuente: Elaboración propia

La interpretación de la información en la tabla 4.11 es que el primer factor explica un 11.332 de la varianza total de los datos contenidos en los 70 ítems del instrumento, de acuerdo a una matriz rotada; pero explica el 26.84% de toda la varianza si no se realizará esta operación. Aparentemente esta operación no

ayuda mucho en la interpretación del primer factor, ya que existe una pérdida de varianza que puede explicar; sin embargo, los beneficios se obtienen del cuarto componente en adelante. Al final, se puede observar que con solo trece componentes, se logra explicar el 69.85% de la variabilidad de todo el proceso, en el cual intervienen 70 variables, las cuales están divididas en 14 secciones de cinco cada una.

4.5.2. Cargas factoriales de las variables extraídas

La rotación aplicada a los factores fue varimax, con la finalidad de que las variables aparecieran con altas cargas factoriales en un solo factor, evitando con ello confusiones. Se realizó el análisis con asignaciones de valores y cargas factoriales mayores a 0.65, dado que éstas explican al menos el 30% de la variabilidad.

Esta matriz es el resultado de una rotación factorial, que consiste en hacer girar los ejes de coordenadas, que representan a los factores, hasta conseguir una aproximación al máximo a las variables saturadas, con el objetivo de hacer más fácil su interpretación.

Se muestran las variables extraídas de acuerdo a la carga factorial en la tabla 4.12.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Tabla 4.12. Cargas factoriales de las variables extraídas

VARIABLE LATENTE	VARIABLE OBSERVABLE	CARGA FACTORIAL
VAR. LATENTE 1	III.2 ¿Los Champions, Master Black Belts y Black Belts discuten el progreso de los proyectos 6 Sigma con los Gerentes responsables en varias ocasiones?	0.786
	III.3 ¿La empresa ha asignado Champions, Master Black Belts y Black Belts para ser los responsables de ciertos departamentos?	0.781
	VI.2 ¿Se asigna un Black Belt específicamente para el asesoramiento de proyectos 6 Sigma en mi departamento?	0.737
	III.4 ¿Champions, Master Black Belts y Black Belts mantienen reuniones regulares para discutir el progreso de 6 Sigma en la empresa?	0.724
VAR. LATENTE 2	XIII.4 ¿Utilizo Excel y software de análisis estadístico para el análisis de los datos del proyecto?	0.779
	XIII.5 ¿Utilizo gráficos y estadísticos para el análisis de la información del proyecto?	0.772
	XIII.3 ¿El análisis estadístico realizado en mi proyecto 6 Sigma identifica factores o problemas clave?	0.723
VAR. LATENTE 3	XII.4 ¿Los integrantes de mi equipo participan activamente en las discusiones de proyectos 6 Sigma?	0.774
	XII.1 ¿Me reúno regularmente con los integrantes de mi proyecto 6 Sigma?	0.772
	XII.2 ¿Los integrantes de mi equipo son informados del progreso del proyecto?	0.758
	XII.3 ¿Los integrantes de mi equipo ayudan en la medición y obtención de información?	0.737
VAR. LATENTE 4	I.4 ¿La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma?	0.776
	I.5 ¿La alta gerencia asigna departamentos para realizar proyectos 6 Sigma específicos?	0.726
	I.1 ¿La alta gerencia pide un reporte del progreso de mi proyecto 6 Sigma?	0.694
	I.3 ¿La alta gerencia requiere de la participación de los departamentos para realizar proyectos 6 Sigma?	0.653
VAR. LATENTE 5	V.5 ¿Mi Gerente o Supervisor me ayuda a obtener los recursos necesarios por mi proyecto 6 Sigma?	0.719
	V.3 ¿La empresa ajusta mi carga de trabajo diaria para asegurar que dispongo del tiempo suficiente para completar mi proyecto 6 Sigma?	0.665
VAR. LATENTE 6	IXV.2 Las explicaciones de los instructores Black Belt me ayudan para obtener respuestas a preguntas generadas durante entrenamiento 6 Sigma?	0.694
	IXV.1 ¿Los instructores Black Belt me ayudan en el entendimiento de la filosofía y operación de 6 Sigma?	0.669
VAR. LATENTE 7	X.5 ¿Información relativa a 6 Sigma puede ser encontrada en el sistema o base de datos de conocimiento?	0.686
	X.2 ¿El tema de mi proyecto está relacionado con otros proyectos 6 Sigma que están documentados en la base de datos de conocimiento?	0.680
	X.3 Si encuentro problemas con mi proyecto 6 Sigma, ¿puedo buscar explicaciones e información en el sistema o base de datos de conocimiento?	0.663
VAR. LATENTE 8	II.4 ¿Los departamentos revisan regularmente las quejas del cliente?	0.708
	II.3 ¿Los departamentos investigan regularmente las necesidades del cliente?	0.693
	II.5 ¿La estrategia de los departamentos está basada en las necesidades y quejas del cliente?	0.679
VAR. LATENTE 9	XI.1 ¿Mi departamento da a conocer los estándares y la definición de su estrategia de negocio?	0.697
	XI.2 Al seleccionar un proyecto 6 Sigma, ¿tomo en cuenta la estrategia de negocio de la empresa?	0.692
VAR. LATENTE 10	VII.4 En caso de no terminar con mi proyecto 6 Sigma ¿Afectaría en la posible promoción a puestos superiores?	0.792
	VII.5 ¿Los resultados obtenidos en mi proyecto 6 Sigma pueden afectar aumentos o bonos anuales?	0.776

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Integración de variables latentes

En resumen se puede decir que existen diez variables latentes claramente identificadas que pueden explicar el éxito o fracaso de la ejecución de proyectos Seis Sigma, fue creado un onceavo Factor, de acuerdo a las variables observables XII.2, I.1 y I.4, extraídas también de la matriz de cargas factoriales más altas de acuerdo al análisis estadístico y de acuerdo también a la revisión de la literatura.

Los factores o variables latentes se listan a continuación:

1. La estructura organizacional para Seis Sigma.
2. Herramientas y metodologías de análisis
3. Trabajo en equipo de los integrantes de grupos de mejora.
4. Compromiso de la alta gerencia.
5. Disponibilidad para la ejecución de proyectos
6. Entrenamiento efectivo
7. Disponibilidad de la información.
8. Enfoque al cliente.
9. Selección adecuada de proyectos.
10. Reconocimiento económico en base a resultados.
11. Reportes de seguimiento y retroalimentación de proyectos.

Las variables son agrupadas en cuatro categorías, de acuerdo a la naturaleza del factor y de acuerdo a la revisión de la literatura existente, con la finalidad de generar los modelos mediante ecuaciones estructurales que ayuden a explicar la

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

eficiencia del análisis factorial. Las categorías se definen a continuación con los variables que las componen, ver tabla 4.13:

Tabla 4.13. Integración de factores

Variable observable	Variable Latente o Factor	Modelo
I.4 ¿La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma?	COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA	PLANEACIÓN ESTRATÉGICA
I.5 ¿La alta gerencia asigna departamentos para realizar proyectos 6 Sigma específicos?		
I.1 ¿La alta gerencia pide un reporte del progreso de mi proyecto 6 Sigma?		
I.3 ¿La alta gerencia requiere de la participación de los departamentos para realizar proyectos 6 Sigma?		
II.4 ¿Los departamentos revisan regularmente las quejas del cliente?	ENFOQUE AL CLIENTE	
II.3 ¿Los departamentos investigan regularmente las necesidades del cliente?		
II.5 ¿La estrategia de los departamentos está basada en las necesidades y quejas del cliente?		
III.2 ¿Los Champions, Master Black Belts y Black Belts discuten el progreso de los proyectos 6 Sigma con los Gerentes responsables en varias ocasiones?	INFRAESTRUCTURA SEIS SIGMA	
III.3 ¿La empresa ha asignado Champions, Master Black Belts y Black Belts para ser los responsables de ciertos departamentos?		
VI.2 ¿Se asigna un Black Belt específicamente para el asesoramiento de proyectos 6 Sigma en mi departamento?		
III.4 ¿Champions, Master Black Belts y Black Belts mantienen reuniones regulares para discutir el progreso de 6 Sigma en la empresa?		
XIII.4 ¿Utilizo Excel y software de análisis estadístico para el análisis de los datos del proyecto?	HERRAMIENTAS	
XIII.5 ¿Utilizo gráficos y estadísticos para el análisis de la información del proyecto?		
IXV.2 Las explicaciones de los instructores Black Belt me ayudan para obtener respuestas a preguntas generadas durante entrenamiento 6 Sigma?	ENTRENAMIENTO	
IXV.1 ¿Los instructores Black Belt me ayudan en el entendimiento de la filosofía y operación de 6 Sigma?		

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

X.5 ¿Información relativa a 6 Sigma puede ser encontrada en el sistema o base de datos de conocimiento?	DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN		
X.2 ¿El tema de mi proyecto está relacionado con otros proyectos 6 Sigma que están documentados en la base de datos de conocimiento?			
X.3 Si encuentro problemas con mi proyecto 6 Sigma, ¿puedo buscar explicaciones e información en el sistema o base de datos de conocimiento?			
XI.1 ¿Mi departamento da a conocer los estándares y la definición de su estrategia de negocio?	SELECCIÓN DE PROYECTOS	EJECUCIÓN	
XI.2 Al seleccionar un proyecto 6 Sigma, ¿tomo en cuenta la estrategia de negocio de la empresa?			
V.5 ¿Mi Gerente o Supervisor me ayuda a obtener los recursos necesarios por mi proyecto 6 Sigma?	DISPONIBILIDAD PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS		
V.3 ¿La empresa ajusta mi carga de trabajo diaria para asegurar que dispongo del tiempo suficiente para completar mi proyecto 6 Sigma?			
XII.4 ¿Los integrantes de mi equipo participan activamente en las discusiones de proyectos 6 Sigma?	TRABAJO EN EQUIPO		
XII.1 ¿Me reúno regularmente con los integrantes de mi proyecto 6 Sigma?			
XII.3 ¿Los integrantes de mi equipo ayudan en la medición y obtención de información?			
I.1 ¿La alta gerencia pide un reporte del progreso de mi proyecto 6 Sigma?	REPORTES DE SEGUIMIENTO Y RETROALIMENTACION DE PROYECTOS		SEGUIMIENTO
I.4 ¿La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma?			
XII.2 ¿Los integrantes de mi equipo son informados del progreso del proyecto?			
VII.4 En caso de no terminar con mi proyecto 6 Sigma ¿Afectaría en la posible promoción a puestos superiores?	RECONOCIMIENTO EN BASE A RESULTADOS		
VII.5 ¿Los resultados obtenidos en mi proyecto 6 Sigma pueden afectar aumentos o bonos anuales?			

Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que para cada una de las variables se ha elegido un código, que representan la sección del cuestionario de la cual se extrae ese ítem, el segundo o tercer dígito significa el número de pregunta en esa sección.

Así, por ejemplo, la variable I5 representa a la quinta variable de la primera sección del cuestionario; la variable IXV12 representa la segunda variable de la sección catorce del cuestionario, y así sucesivamente. En los siguientes apartados se presentan los modelos.

4.6. Modelos de ecuaciones estructurales

En esta sección se exponen los modelos de ecuaciones estructurales que se generaron para cada una de las categorías antes descritas, se describen las eficiencias de los modelos mediante los parámetros descritos en el capítulo del Marco Teórico, se exponen los valores estimados de los parámetros que intervienen en los modelos, se establecen las varianzas y covarianzas de las relaciones.

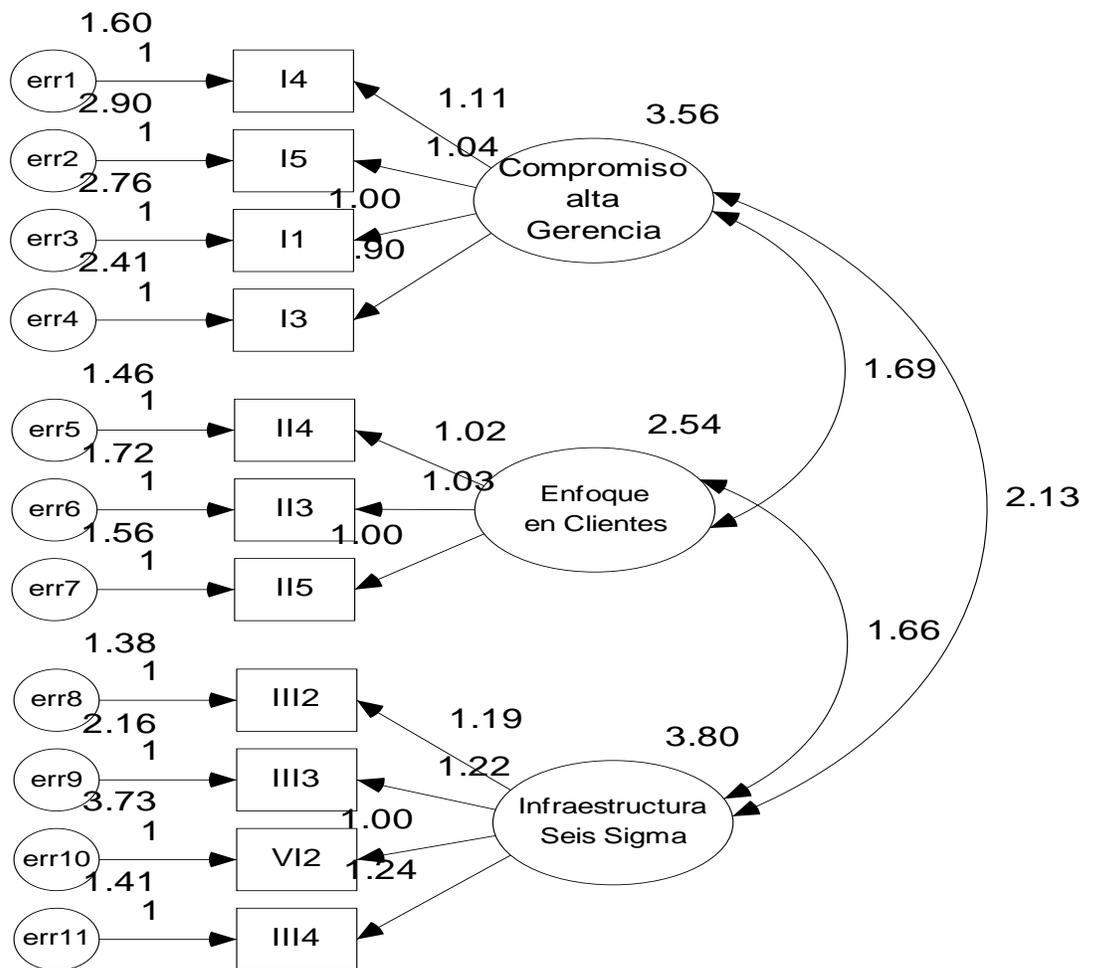
Al aplicar estas técnicas es importante justificar el uso del análisis multivariante como método correcto para crear variables latentes o para producir indicadores. Y los modelos de ecuaciones estructurales constituyen una de las herramientas más potentes para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal Poza (2008). Los modelos formalizan las relaciones entre las variables observables (indicadores) y las variables latentes (constructos).

4.6.1. Modelo planeación estratégica

PLANEACION ESTRATEGICA

Chi square= 56.046 (41 df)

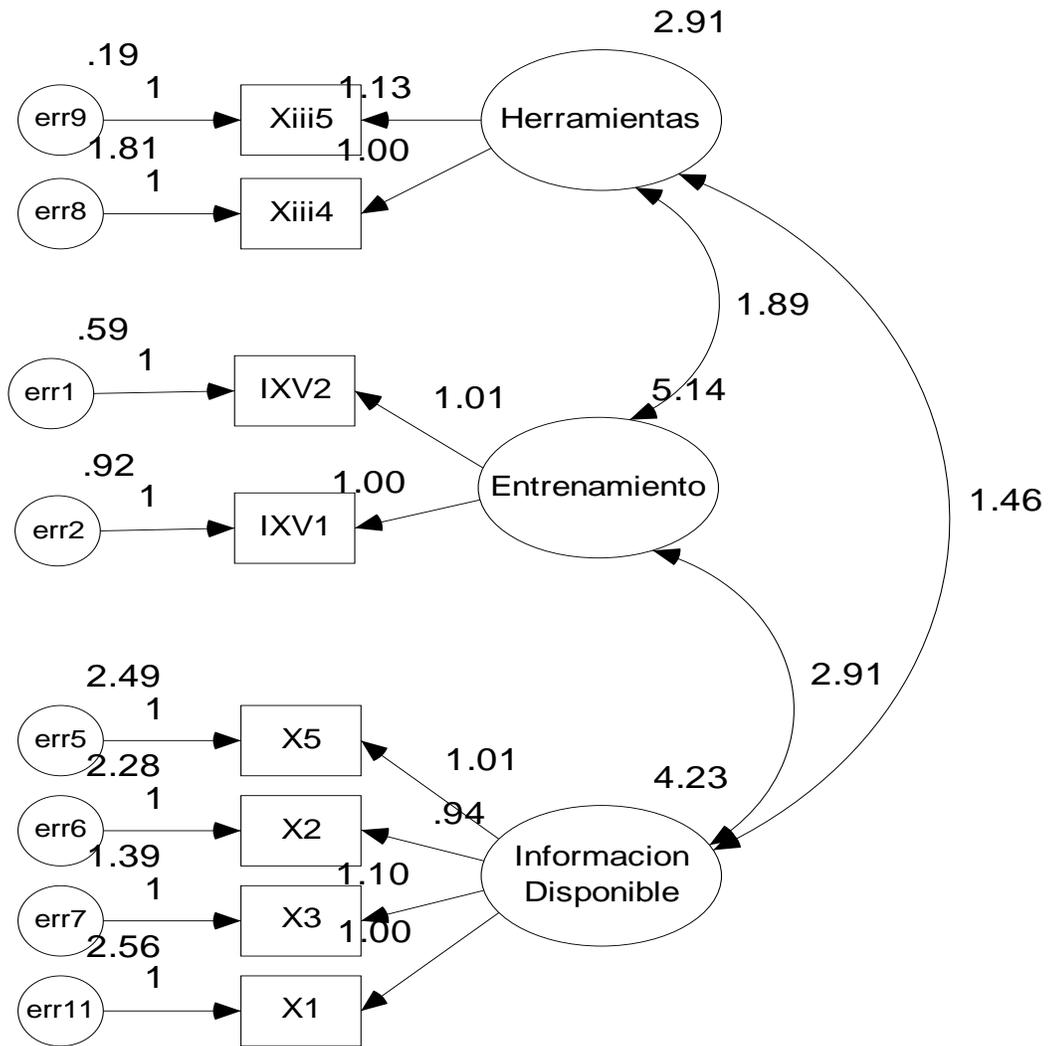
p= .059



Chi-square χ^2	DF	p	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
56.046	41	.059	1.367	.970	.951	.992	.034

4.6.2 Modelo recursos

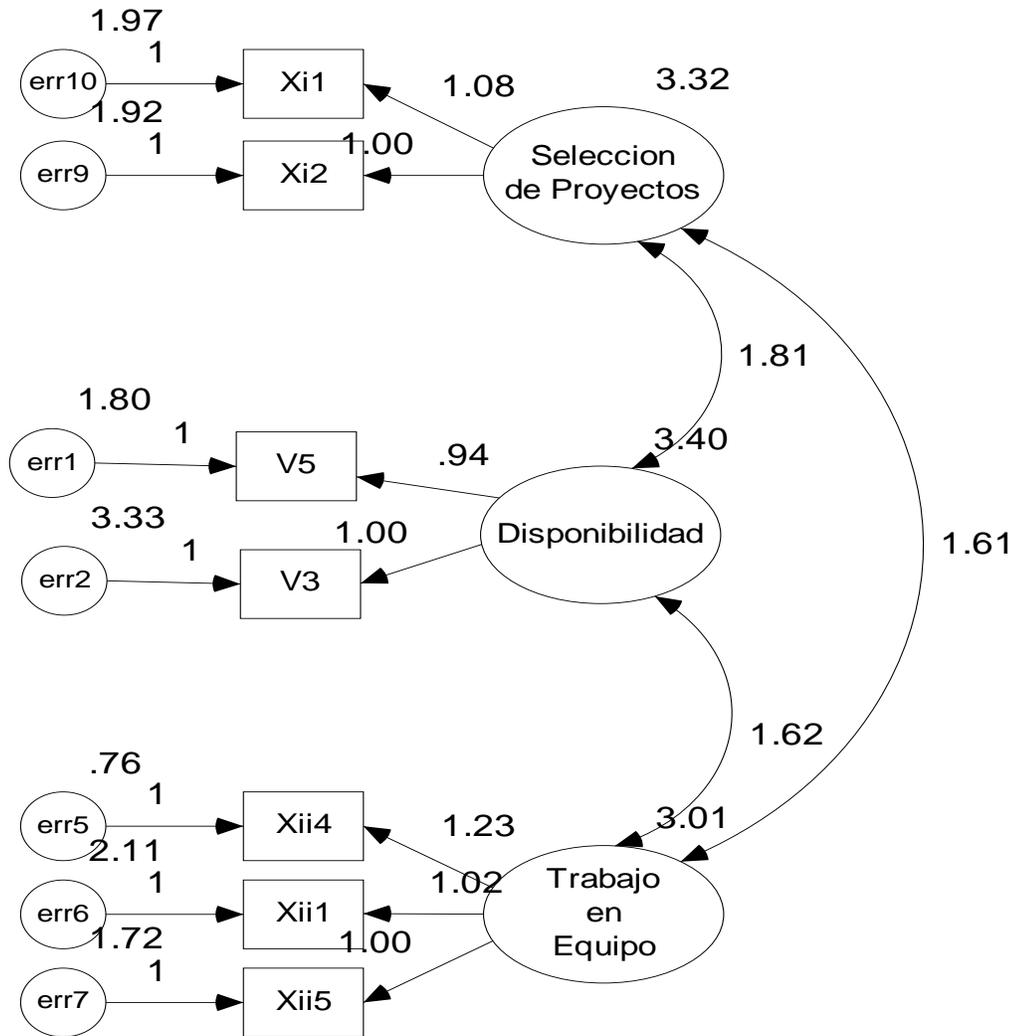
RECURSOS
Chi-square= 29.318 (17 df)
p= .032



Chi-square χ^2	DF	p	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
16.59	11	.12	1.509	.986	.963	.996	.04

4.6.3. Modelo ejecución

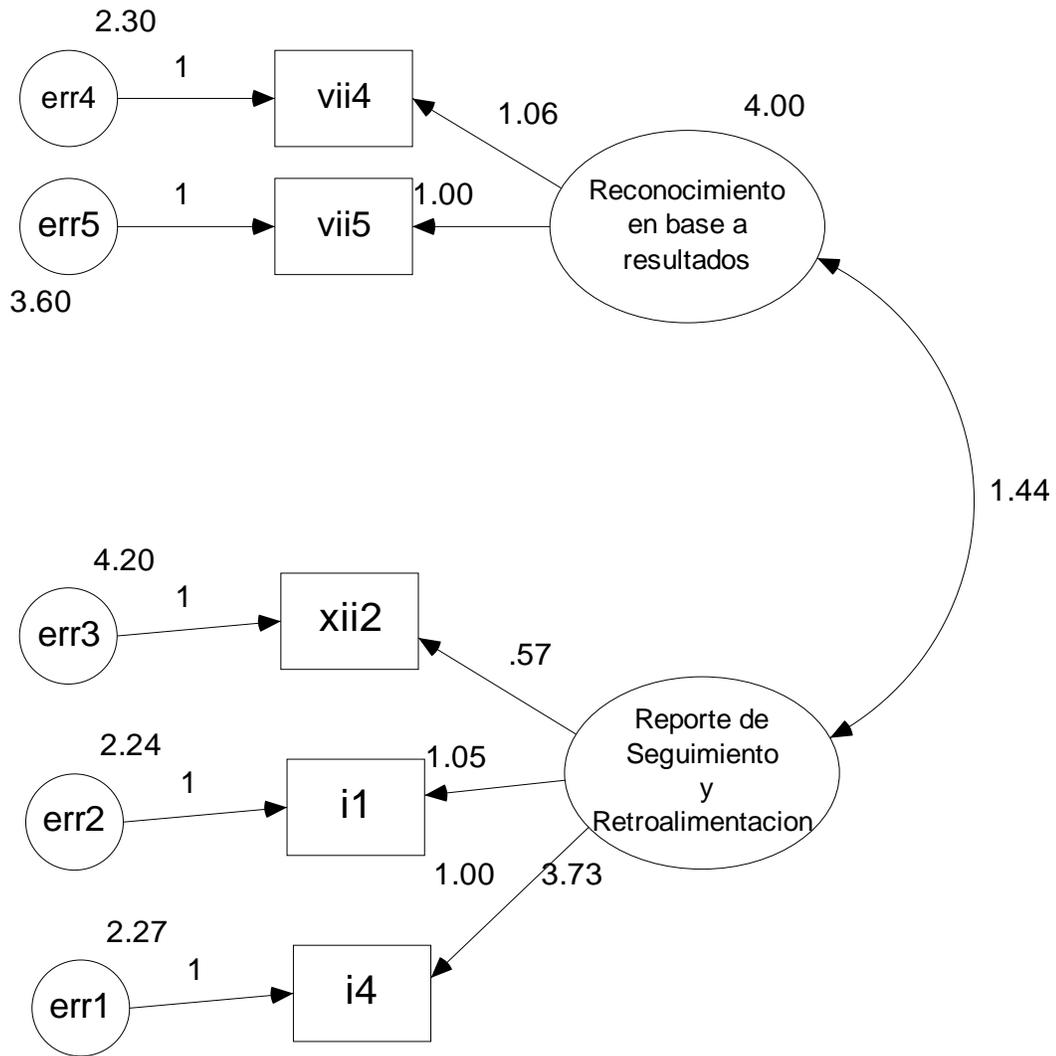
EJECUCION
Chi-Square= 24.344 (11 df)
p= .011



chi-square χ^2	DF	p	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
22.996	11	.058	2.088	.980	.948	.988	.058

4.6.4. Modelo seguimiento

SEGUIMIENTO
Chi-Square= 5.673 (4 df)
p= .225



Chi-square χ^2	DF	p	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
5.673	4	.225	1.418	.993	.974	.996	.036

4.7. Análisis de los indicadores de los modelos

Se muestra un análisis sobre los índices obtenidos de la modelación en el paquete computacional AMOS, se presenta un resumen en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Resultados de las pruebas de ajuste de los modelos

Planeación Estratégica	Chi-cuad	DF	P	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
	χ^2							
	56.046	41	.059	1.367	.970	.951	.992	.034
Recursos	Chi-cuad	DF	P	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
	χ^2							
	16.59	11	.12	1.509	.986	.963	.996	.04
Ejecución	Chi-cuad	DF	P	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
	χ^2							
	22.996	11	.058	2.088	.980	.948	.988	.058
Seguimiento	Chi-cuad	DF	P	(CMIN/DF)	GFI	AGFI	CFI	RMSEA
	χ^2							
	5.673	4	.225	1.418	.993	.974	.996	.036

Fuente: Elaboración propia

4.7.1. Interpretación de los índices obtenidos

p:

Para que un modelo sea significativo este valor debe ser mayor a .05, en los cuatro modelos se observa que los modelos son representativos.

CMIN/DF:

Es el resultado de la división de la Chi-cuadrado a los grados libertad del modelo, cuanto más bajo sea el valor absoluto de la Chi-cuadrado en función de los grados de libertad mejor será el ajuste, un valor entre 0 y 3 se considera excelente, en los modelos se obtuvieron resultados dentro de este rango.

GFI:

Índice de bondad del ajuste (Goodness of Fit Index), es un índice de variabilidad y representa el grado general de ajuste del modelo, está establecido que los valores corresponden a cero para un ajuste muy pobre y 1 para un ajuste perfecto; un ajuste aceptable tendría un índice próximo a 0.90, los cuatro modelos tienen un valor superior a .90, por lo tanto se concluye que el ajuste es aceptable.

AGFI:

Índice de bondad de ajuste ponderado (Adjusted Goodness of Index, AGFI), este índice constituye una extensión del índice de ajuste tradicional, ponderado por los grados de libertad del modelo presentado con respecto a los grados de libertad del modelo nulo. Se recomienda que para un buen ajuste este índice no sea inferior al 0.80. En todos los modelos el resultado es mayor a .90, indicando un buen ajuste considerando los grados libertad del modelo nulo.

CFI:

El índice de ajuste comparativo (Comparative Fit Index), mide la mejora en la medición de la no centralidad de un modelo; la medida oscila entre cero para un modelo mal ajustado y 1 para un modelo bien ajustado. Siendo en los cuatro casos un valor mayor a .9, denotando un buen ajuste.

RMSEA:

Índice de la raíz cuadrada media del error de la aproximación. (Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA), el valor representa el índice de ajuste que se podría anticipar con el valor total de la población y no el de la muestra. Valores entre el .03 y .08 son aceptables, el resultado muestra los valores de los modelos dentro del rango aceptable.

En resumen es posible afirmar que los modelos cuentan con un ajuste aceptable basado en sus estimadores, esto significa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre el modelo conceptualizado y el modelo teórico. Pueden ser generalizados a las empresas con las características similares a aquellas en las que se realizó el estudio.

4.8. Composición de los modelos

En esta sección se muestra un análisis por cada Modelo o categoría y las variables latentes o Factores que los conforman, así como las variables observables correspondientes a cada factor que se obtuvieron por medio del análisis multivariante y el modelado de ecuaciones estructurales. Se inicia con la presentación de un diagrama conceptual sobre los Modelos de Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma y su asociación, resultado de esta investigación, ver figura 4.1.

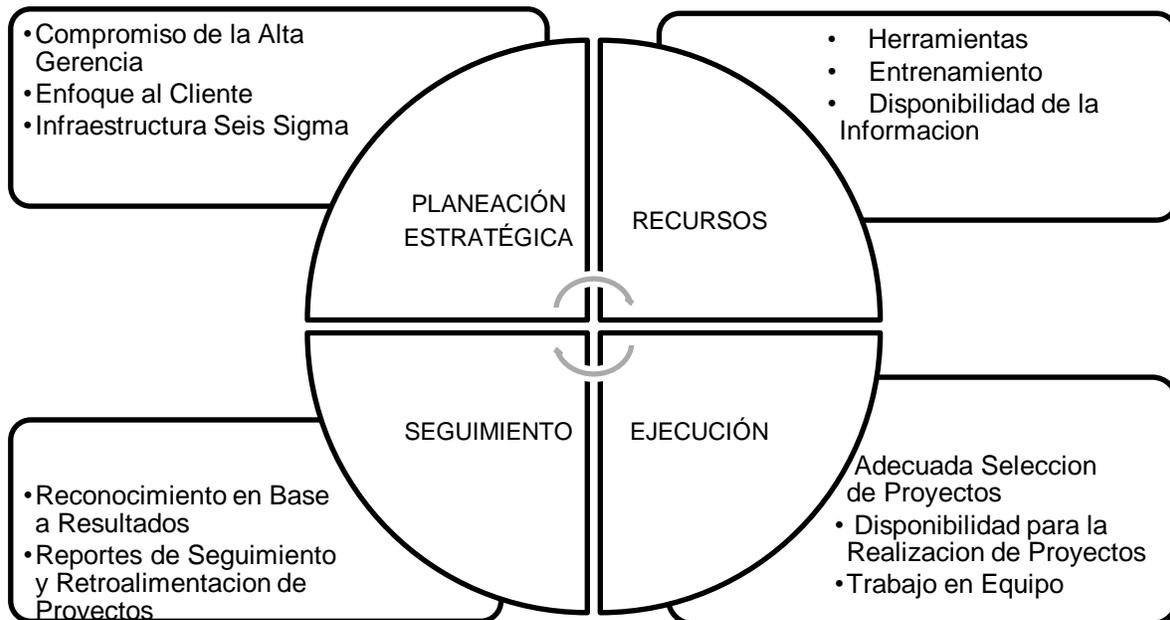


Figura 4.1. Modelo de Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma

Fuente: Elaboración propia

4.8.1 Modelo planeación estratégica

El primer modelo se encuentra integrado por un total de once variables observables, que forman tres variables latentes o factores las cuales son: Compromiso de la alta gerencia, enfoque al cliente e infraestructura Seis Sigma, estos tres Factores Críticos de Éxito conforman un modelo llamado Planeación Estratégica debido a que se refieren al proceso de planeación de la organización de la empresa para el cumplimiento de sus objetivos, en la tabla 4.15 se encuentra la composición del mismo.

Del análisis de las variables que componen este factor se puede deducir que se relaciona con el compromiso que tiene la gerencia para la implantación y éxito de proyectos y programas de mejora como lo es la metodología Seis Sigma. Diversos autores están de acuerdo en que este factor es el punto de partida para el éxito de los proyectos Seis Sigma.

La siguiente variable latente o factor es el Enfoque al cliente, ya que se observa que las necesidades y quejas del cliente, definen los objetivos y estrategias de las empresas y finalmente, por la orientación de los proyectos Seis Sigma a esas necesidades. Diversos sistemas de calidad en la actualidad centran su atención en cumplir y exceder las especificaciones del cliente, destinando recursos de la empresa dedicados al cumplimiento de sus requerimientos. En resumen, este factor se relaciona con la atención que se da a las necesidades del cliente.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

El tercer punto es la Infraestructura Seis Sigma, según diversos autores, este Factor Crítico de Éxito, es esencial para conseguir logros con los proyectos Seis Sigma, debe ser parte de la estrategia inicial de toda empresa. Algunos investigadores concuerdan en que este es uno de las mayores fortalezas de Seis Sigma y que garantizan el éxito.

Tabla 4.15. Composición del modelo planeación estratégica

VARIABLE OBSERVABLE	FACTOR O VARIABLE LATENTE	MODELO
I.4 ¿La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma?	COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA	PLANEACIÓN ESTRATÉGICA
I.5 ¿La alta gerencia asigna departamentos para realizar proyectos 6 Sigma específicos?		
I.1 ¿La alta gerencia pide un reporte del progreso de mi proyecto 6 Sigma?		
I.3 ¿La alta gerencia requiere de la participación de los departamentos para realizar proyectos 6 Sigma?		
I.4 ¿Los departamentos revisan regularmente las quejas del cliente?	ENFOQUE AL CLIENTE	
II.3 ¿Los departamentos investigan regularmente las necesidades del cliente?		
II.5 ¿La estrategia de los departamentos está basada en las necesidades y quejas del cliente?	INFRAESTRUCTURA SEIS SIGMA	
III.2 ¿Los Champions, Master Black Belts y Black Belt discuten el progreso de los proyectos 6 Sigma con los Gerentes responsables en varias ocasiones?		
III.3 ¿La empresa ha asignado Champions, Master Black Belt y Black Belt para ser los responsables de ciertos departamentos?		
VI.2 ¿Se asigna un Black Belt específicamente para el asesoramiento de proyectos 6 Sigma en mi departamento?		
III.4 ¿Champions, Master Black Belts y Black Belt mantienen reuniones regulares para discutir el progreso de 6 Sigma en la empresa?		

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Modelo recursos

Este modelo se define como Recursos y está constituido por tres variables latentes o factores, las cuales están conceptualizadas por medio de siete variables observables relacionadas con los recursos de forma generalizada.

La primera variable latente o factor es la de Herramientas y se refiere al uso de herramientas estadísticas, paquetes estadísticos y elementos gráficos como soporte a los análisis cuantitativos para el desarrollo de los proyectos, ya sea en la etapa de definición o en la de análisis de la metodología Seis Sigma.

La segunda variable latente o Factor Crítico de Éxito es el de Entrenamiento, las variables observables que lo componen se refieren al entrenamiento por parte del instructor de Seis Sigma en cuanto a dudas surgidas durante el periodo de entrenamiento y de conceptos como operación de la metodología Seis Sigma. El nivel de conocimiento requerido para el cumplimiento de las funciones de un especialista de la estructura Seis Sigma es elevado, por lo tanto este factor es crítico para el buen desenvolvimiento de los especialistas.

La tercer variable latente que también es parte de Recursos es la de Disponibilidad de la Información, esto se refiere al alcance que se tenga de la información generada de otros proyectos Seis Sigma o de información relevante para el cumplimiento del proyecto, y por último si se cuenta con un sistema de

información que permita tener acceso a él fácilmente. La composición de este modelo se puede observar en la tabla 4.16.

Tabla 4.16. Composición del modelo recursos

VARIABLE OBSERVABLE	FACTOR O VARIABLE LATENTE	MODELO
XIII.4 ¿Utilizo Excel y software de análisis estadístico para el análisis de los datos del proyecto?	HERRAMIENTAS	RECURSOS
XIII.5 ¿Utilizo gráficos y estadísticos para el análisis de la información del proyecto?		
IXV.2 Las explicaciones de los instructores Black Belt me ayudan para obtener respuestas a preguntas generadas durante entrenamiento 6 Sigma?	ENTRENAMIENTO	
IXV.1 ¿Los instructores Black Belt me ayudan en el entendimiento de la filosofía y operación de 6 Sigma?		
X.5 ¿Información relativa a 6 Sigma puede ser encontrada en el sistema o base de datos de conocimiento?	DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN	
X.2 ¿El tema de mi proyecto está relacionado con otros proyectos 6 Sigma que están documentados en la base de datos de conocimiento?		
X.3 Si encuentro problemas con mi proyecto 6 Sigma, ¿puedo buscar explicaciones e información en el sistema o base de datos de conocimiento?		

Fuente: Elaboración propia

4.8.3. Modelo ejecución

El tercer modelo es el de Ejecución y está integrado por tres variables o Factores Críticos de Éxito, los cuales son selección adecuada de proyectos, disponibilidad para la realización de proyectos y trabajo en equipo.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Estos tres factores ocurren durante la ejecución después de una planeación estratégica y de la adquisición de recursos para los proyectos Seis Sigma.

La variable o factor Selección Adecuada de Proyectos, se refiere a los criterios que se consideran al seleccionar los proyectos, si es considerada la necesidad de los clientes o si se considera la estrategia de la empresa como una prioridad para la selección adecuada de proyectos, cabe mencionar que algunas empresas cuentan con métodos matemáticos para una selección de proyectos, y otras lo hacen de acuerdo a la disponibilidad de recursos en el momento.

Del análisis de la variable Disponibilidad para la Realización de Proyectos, de acuerdo a sus variables observables se puede asumir que se refiere a los recursos de los que realmente se cuenta a la hora de la ejecución de proyectos Seis Sigma como lo es el tiempo disponible, ya que la mayor parte de los especialistas Seis Sigma, comparten el rol de su puesto con el rol Seis Sigma y es necesario que se le ajuste la carga de trabajo, la facilidad que se tiene para trabajar tiempo extra y el apoyo del recurso humano extra para la ejecución de los proyectos.

La última variable es la de la interacción que se da entre los miembros de equipo como lo es: Discusión de proyectos, reuniones de equipo y apoyo mutuo en la realización del proyecto Seis Sigma.

La composición del modelo Ejecución se encuentra en la tabla 4.17.

Tabla 4.17. Composición del modelo ejecución

VARIABLE OBSERVABLE	FACTOR O VARIABLE LATENTE	MODELO
XI.1 ¿Mi departamento da a conocer estándares y la definición de su estrategia de negocio?	SELECCIÓN DE PROYECTOS	EJECUCIÓN
XI.2 Al seleccionar un proyecto 6 Sigma, ¿tomo en cuenta la estrategia de negocio de la empresa?		
V.5 ¿Mi Gerente o Supervisor me ayuda a obtener los recursos necesarios por mi proyecto 6 Sigma?	DISPONIBILIDAD PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS	
V.3 ¿La empresa ajusta mi carga de trabajo diaria para asegurar que dispongo del tiempo suficiente para completar mi proyecto 6 Sigma?		
XII.4 ¿Los integrantes de mi equipo participan activamente en las discusiones de proyectos 6 Sigma?	TRABAJO EN EQUIPO	
XII.1 ¿Me reúno regularmente con los integrantes de mi proyecto 6 Sigma?		
XII.3 ¿Los integrantes de mi Equipo colaboran en la obtención de información?		

Fuente: Elaboración propia

4.8.4. Factor seguimiento

El último modelo es el llamado Seguimiento y está compuesto por las variables latentes o factores: Reportes de progreso, retroalimentación de proyectos y reconocimiento económico en base a resultados.

Respecto a la variable latente o factor, reportes del seguimiento y retroalimentación del proyecto, se refiere al reporte de progreso que requiere la gerencia y así mismo la retroalimentación que recibe el departamento sobre la ejecución o desarrollo de los proyectos Seis Sigma. Sobre la variable latente o factor Reconocimiento en base a resultados se puede deducir que se relaciona con los beneficios económicos que se pueden obtener después de haber concluido satisfactoriamente un proyecto, es una forma de incentivo hacia el especialista Seis Sigma para lograr el cumplimiento de los proyectos Seis Sigma. Ver tabla 4.18.

Tabla 4.18. Composición del modelo seguimiento

VARIABLE OBSERVABLE	FACTOR O VARIABLE LATENTE	MODELO
I.1 ¿La alta gerencia pide un reporte del progreso de mi proyecto 6 Sigma?	REPORTES DE SEGUIMIENTO Y RETROALIMENTACIÓN DE PROYECTOS	SEGUIMIENTO
I.4 ¿La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma?		
XII.2 ¿Los integrantes de mi equipo son informados del progreso del proyecto?		
VII.4 En caso de no terminar con mi proyecto 6 Sigma ¿Afectaría en la posible promoción a puestos superiores?	RECONOCIMIENTO EN BASE A RESULTADOS	
VII.5 ¿Los resultados obtenidos en mi proyecto 6 Sigma pueden afectar aumentos o bonos anuales?		

Fuente: Elaboración propia

4.9 Validación de las hipótesis

Respecto a las hipótesis, las cuatro fueron aceptadas, empleando el método de prueba establecido en el diseño de la metodología para cada una de éstas al inicio

de la investigación, ver tabla 4.19, para un mayor detalle.

Tabla 4.19. Estatus de hipótesis

Hipótesis	Método de Prueba	Estatus
H1: El despliegue eficiente de proyectos Seis Sigma depende de ciertos Factores Críticos de Éxito	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Software SPSS • Análisis Factorial • Técnica de análisis de Componentes Principales 	Aceptada De acuerdo a la literatura, y a los datos obtenidos del estudio empírico.
H2: El modelo de FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma está integrado por determinadas variables observables	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta • Software SPSS • Análisis Factorial • Técnica de análisis de Componentes Principales 	Aceptada De acuerdo al análisis de componentes principales, a partir de ciertas variables observables fueron creadas variables latentes (Factores)
H3: El modelo de FCE para la IME es integrado por un modelo de ecuaciones estructurales y es eficiente para el despliegue de proyectos Seis Sigma.	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis confirmatorio • Técnica de modelado de ecuaciones estructurales • Software estadístico SPSS y AMOS • χ^2 (bondad de ajuste), AGFI (índice de bondad ajustado), CFI (índice comparativo de ajuste), RMSEA (error cuadrado de la media) 	Aceptada Fueron generados 4 modelos de ecuaciones estructurales y según los indicadores del paquete computacional AMOS, resultaron eficientes
H4: El modelo de FCE para la IME está integrado por un conjunto de factores que a su vez se componen de variables y distintas relaciones (contribuciones).	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis confirmatorio • Covarianzas • Cargas Factoriales • Técnica de modelado de ecuaciones estructurales • Paquete computacional SPSS y AMOS 	Aceptada Las variables que componen los modelos cuentan con diferente contribución (varianzas)

Fuente: Elaboración propia

4.10. Contraste de los FCE

En base a los resultados encontrados en el análisis factorial realizado al conjunto de 320 casos, se concluye que son 11 los Factores Críticos de Éxito en la Industria Maquiladora de Exportación, en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, agrupados en cuatro modelos y se contrastan estos hallazgos con los reportados por otros autores, en otros países y sectores industriales, encontrados en la revisión de la literatura.

- Compromiso de la alta gerencia
- Enfoque al cliente
- Infraestructura Seis Sigma
- Herramientas
- Entrenamiento
- Disponibilidad de la información
- Adecuada selección de proyectos
- Disponibilidad para la realización de proyectos
- Trabajo en equipo
- Reconocimiento en base a resultados
- Reportes de seguimiento y retroalimentación de proyectos

En la tabla 4.20 se muestran los resultados con los Factores Críticos de Éxito, producto de este trabajo de investigación y el contraste con los autores que los han citado en sus investigaciones.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Tabla 4.20. Contraste de factores

MODELO	FACTOR	AUTORES
PLANEACIÓN ESTRATÉGICA	COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA	Pande (2000), Breyfogle (2001), Goldstein (2001), Antony (2002), Banuelas (2002), Kwak (2004), Devane (2004), Kwak (2006) , Linderman (2006), , Pandey (2006), Ho (2008) , Zu (2008)
	ENFOQUE AL CLIENTE	Goldstein (2001), Banuelas (2002), Kwak (2006), Pandey (2007), Ho (2008)
	INFRAESTRUCTURA SEIS SIGMA	Goldstein (2001), Banuelas (2002), Bendell (2006), Schroeder (2007), Upton (2008), Zu (2008)
RECURSOS	HERRAMIENTAS	Banuelas (2002), Bendell (2006), Linderman (2006), Schroeder (2007) Upton (2008)
	DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN	Pandey (2007), Schroeder (2007), Ho (2008)
	ENTRENAMIENTO	Goldstein (2001), Banuelas (2002), Kwak (2004), Banuelas(2006), Kwak (2006), Linderman (2006) Pandey (2006),Schroeder (2007), Snee (2007), Kumar (2008), Zu (2008),
EJECUCIÓN	SELECCIÓN DE PROYECTOS	Goldstein (2001), Banuelas (2002), Kwak (2004), Banuelas (2006), Kwak (2006), Snee (2007)
	DISPONIBILIDAD PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS	Kwak (2006), Snee (2007)
	TRABAJO EN EQUIPO	Linderman (2006)
SEGUIMIENTO	REPORTES DE SEGUIMIENTO Y RETROALIMENTACION DE PROYECTOS	Goldstein (2001), Kwak (2006), Snee (2007),
	RECONOCIMIENTO EN BASE A RESULTADOS	Goldstein (2001), Pandey (2007), Snee (2007), Ho (2008)

Fuente: Elaboración propia

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En la presente investigación se obtuvo un modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma, dentro de un contexto como lo es la Industria Maquiladora de Exportación en la localidad, mediante el análisis de la literatura en ese campo del conocimiento se generó una hipótesis y se desarrolló un instrumento de medición, el cual se administró específicamente en los sectores automotriz, electrónico y médico, recolectando información de personal con una participación activa en el despliegue de proyectos Seis Sigma.

Y utilizando el análisis factorial por el método de componentes principales, con un total de 320 encuestas (casos) se determinaron once Factores Críticos de Éxito o variables latentes.

Posteriormente se crearon modelos de acuerdo a su afinidad y cargas factoriales, se aplicó la técnica de modelado de ecuaciones estructurales y se obtuvieron índices de ajuste favorables en la asociación de cada modelo compuesto de variables latentes y observables. Surgiendo así la conceptualización de los Factores Críticos de Éxito: Compromiso de la alta gerencia, enfoque al cliente, infraestructura Seis Sigma, herramientas, entrenamiento, disponibilidad de la información, adecuada selección de proyectos, disponibilidad para la realización de proyectos, trabajo en equipo, reconocimiento en base a resultados y reportes de seguimiento y retroalimentación de proyectos.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Estos hallazgos fueron contrastados con los resultados reportados por otros autores, encontrados en el proceso de revisión de la literatura. Estas investigaciones fueron realizadas en otros países y distintos sectores industriales.

Al obtener la asociación de los Factores Críticos de Éxito o variables latentes con ajustes favorables, fueron conceptualizados y nombrados los siguientes modelos: Planeación estratégica, recursos, ejecución y seguimiento, y de acuerdo con la literatura en este campo del conocimiento (Chiavenato, 2006 y Koontz, 2002), estas actividades forman parte del enfoque del proceso administrativo.

El resultado de este estudio constituye una aportación en el cuerpo de la literatura sobre sistemas de calidad y el proceso administrativo. Con respecto al contexto de la investigación el cual es la Industria Maquiladora de Exportación en ciudad Juárez, Chihuahua, se establece un precedente para futuras estudios en estas áreas de investigación.

Referente a la constitución de la muestra, fue compuesta por los sectores electrónico, automotriz y médico, es necesario resaltar que estos sectores cuentan un nivel avanzado de tecnología en su procesos, la complejidad de sus operaciones es alta, por lo tanto el nivel de conocimientos y habilidades en sus empleados es notable, esto le agrega un valor al producto de esta investigación como resultado de la información proporcionada en la administración del instrumento.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

En relación a la metodología utilizada para obtener el modelo, representa una contribución en las prácticas de implementación de filosofías o sistemas de calidad, ya que a partir de experiencias y conocimiento del personal, se obtienen datos con validación estadística convertidos en factores críticos o áreas en las cuales las empresas deben enfocar sus recursos.

Adicionalmente constituye una herramienta práctica para ser utilizada por la empresa, resaltando que por definición, los Factores Críticos de Éxitos son las actividades principales en las que una empresa debe centrar su atención.

Es necesario mencionar que el Factor Crítico de Éxito compromiso de la alta gerencia, resulto ser el de mayor carga factorial es decir el mas importante según los datos obtenidos y de acuerdo con la investigación en la literatura es mencionado en distintos trabajos, Pande (2000), Breyfogle (2001), Goldstein (2001), Antony (2002), Banuelas (2002), Kwak (2004), Devane (2004), Kwak (2006) , Linderman (2006), , Pandey (2006), Ho (2008) y Zu (2008).

Otro Factor Critico de Éxito con alta carga factorial fue el de la estructura de roles, según diversos autores, Goldstein (2001), Banuelas (2002), Bendell (2006), Schroeder (2007), Upton (2008) y Zu (2008), este aspecto es una de las fortalezas de la metodología Seis Sigma, el cual no está presente en otros sistemas. La estructura de roles de Seis Sigma asegura a la empresa la dedicación al

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

despliegue de proyectos Seis Sigma, el entrenamiento y nivel de especialización en las técnicas y métodos que son esencia de Seis Sigma.

De acuerdo a los objetivos planteados al inicio de esta investigación, se afirma que fueron logrados específicamente:

- Los Factores Críticos para el despliegue de proyectos Seis Sigma, fueron determinados de acuerdo a la literatura en ese campo del conocimiento.
- Se generó un modelo estadísticamente validado integrando los Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la IME en Ciudad Juárez.
- Se diseñó y se administró un instrumento de medición en la IME.
- Se determinaron las variables observables que componen cada Factor Crítico de Éxito.

Las siguientes preguntas de Investigación que guiaron este estudio fueron respondidas en su totalidad:

- ¿Cuáles son los FCE para el despliegue de proyectos Seis Sigma que aplican en la IME en Ciudad Juárez?
- ¿Cuáles son las variables que integran los FCE del modelo para el despliegue de proyectos Seis Sigma en la IME?
- ¿Cómo integrar los FCE en un modelo para la IME y validar su eficiencia?
- ¿Cómo determinar las relaciones existentes entre las variables que conforman cada uno de los FCE en el modelo para la IME en Ciudad Juárez?

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Es importante destacar que debido a las delimitaciones de esta investigación sería conveniente ampliar el estudio a otros sectores y llevarlo a cabo en distintas ciudades para así contrastar los resultados obtenidos para poder sectorizar las inferencias, ya que en esta ocasión, solo se ha estudiado el sector de la Industria Maquiladora de Exportación, en la localidad.

Y por último sería muy recomendable aplicar el modelo de manera empírica en la Industria Maquiladora de Exportación, ya que actualmente solo tiene una validación estadística mediante los modelos de ecuaciones estructurales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraira, V. (1996). *Métodos Multivariantes en Bioestadística*. España: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Agarwal, R. y Bajaj, N. (2008). Managing outsourcing process: Applying Six Sigma. *Business Process Management Journal*, Vol. 14, n. 6, pp. 829-837.
- Alvarez, R. (1994). *Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS*. España: Diaz de Santos.
- Amberg, M., Fishl, F. y Wiener M. (2005). Background of critical success factor research. *Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nurnberg*, n. 2.
- Anbari, F. y Kwak Y.H. (2004). Success Factors in Managing Six Sigma Projects. *Project Management Institute Research Conference*, London UK, July 11-14, pp. 1-13.
- Andersson, R, Eriksson, H y Torstensson, H. (2006). Similarities and differences between TQM, Six Sigma and Lean. *The TQM Magazine*, Vol. 18, n. 3, pp. 282-296.
- Antony, F. (2007). Is six sigma a management fad or fact? *Assembly Automation*, Vol. 27, n. 1, pp. 17-19.
- Antony, J. (2008). Can Six Sigma be effectively implemented in SMEs?. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 57, n. 5, pp. 420-423.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, Vol. 12, n. 2, pp. 234-248.

Antony, J. (2004). Six Sigma in the UK service organizations: results from a pilot Survey. *Managerial Auditing Journal*, Vol. 19, n. 8, pp. 1006-1013.

Antony, J. (2009). Six Sigma vs. TQM: some perspectives from leading practitioners and academics. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58, n. 3, pp. 274-279.

_____, y Fergusson, C. (2004). Six Sigma in the software industry: results from a pilot study. *Managerial Auditing Journal*, Vol. 19, n. 8, pp. 1025-1032.

_____, Antony F., Kumar, M., y Cho, B. (2007). Six sigma in service organizations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 24, n. 3, pp. 294-311.

_____, Kumar, M. y Madu, C. (2005). Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 22, n. 8, pp. 860-874.

_____, y Bañuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, n. 6, pp. 20-27.

_____, y Desai, D. (2009). Assessing the status of six sigma implementation in the Indian industry. *Management Research News*, Vol. 32 No. 5, pp. 413-423.

_____, Douglas, A., y Antony, F. (2007). Determining the essential characteristics of Six Sigma Black Belts. *The TQM Magazine*, Vol. 19, n. 3, pp. 274-281.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- _____, Downey-Ennis, K., Antony, F., y Seow, C. (2007). Can Six Sigma be the “cure” for NHS?. *Leadership in Health Services*, Vol. 20 No. 4, pp. 242-253.
- Arnheiter, E. y Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, Vol. 17, n. 1, pp. 5-18.
- Bañuelas, R., Tennant C., Tuersley I. y Tang, Chao. (2006). Selection of Six Sigma Projects in the UK. *The TQM Magazine*, Vol. 18, n. 5, pp. 514-527.
- _____, y Antony J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in organizations. *The TQM Magazine*. Vol. 14, n. 2, pp. 91-99.
- _____, y Antony, F. (2003). Going from six sigma to design for six sigma: an exploratory study using analytic hierarchy process. *The TQM magazine*, Vol. 15, n. 5, pp. 334-344.
- _____, y Antony, F. (2004). Six Sigma or Design for Six Sigma? *The TQM Magazine*, Vol. 16, n. 4, pp. 250-263.
- Batista, J.M. (2000). *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. España: La Muralla.
- Bendell, T. (2006). A review and comparison of six sigma and the lean organizations. *The TQM Magazine*, Vol. 18, n. 3, pp. 255-262.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Pearson Prentice Hall.
- Bhuiyan N., Baghel A., Wilson J. (2005). A sustainable continuous improvement methodology at an aerospace company. *Professional Practice*. pp. 671.
- Black K. y Revere L. (2006). Six Sigma arises from the ashes of TQM with a twist. *International Journal of Health Care*, Vol. 19, n. 3. pp. 259-266.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Boynton, A.C. y Zmud, R.W. (1984). "An assessment of critical success factor", Sloan Management Review, pp. 19-27.
- Breyfogle, W. y Cupello, J. (2001). Managing Six Sigma: A practical guide to understanding, assessing, and implementing the strategy that yields bottom-line success. EUA: Wiley Inter-Science.
- Brue, G. (2002). Six Sigma for Managers. EUA: McGrawHill.
- Buch, K. y Tolentino, A. (2006). Employee expectancies for six sigma success. Leadership & Organization Development Journal, Vol. 27, n. 1, pp. 28-37
- Buch, K. y Tolentino, A. (2006). Employee perceptions of the rewards associated with six sigma. Journal of Organizational Change Management, Vol. 19, n. 3, pp. 356-364.
- Byrne, B. (2006). Structural Equation Modeling with AMOS. EUA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Camacho, J. (2006). Estadística con SPSS para Windows. México: Alfaomega.
- Camgoz-Akdag, H. (2007). Total quality management through six sigma benchmarking. Benchmarking: An International Journal, Vol. 14, n. 2, pp. 186-201.
- Caralli, R. (2004). The Critical Success Factor Method: Establishing a Foundation for Enterprise Security Management. Carnegie Mellon Software Engineering Institute. July 2004.
- Cariño, R. (2002). Seis Sigma y la capacidad del proceso en proyectos. Tendencias Tecnológicas. pp. 164-173.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Carrillo, J. (2007). La industria maquiladora en México: ¿evolución o agotamiento? Comercio Exterior. Vol. 57, n.8, pp. 668-681.
- Carrillo, J. y Gomis R. (2005). Generaciones de maquiladoras: Un primer acercamiento a su medición. Frontera Norte, Vol.17, n.33, pp. 25-51.
- Cauchick, P., y Andrietta, J. (2009). Benchmarking Six Sigma application in Brazil. Benchmarking: An International Journal, Vol. 16, n.1, pp. 124-134.
- Chakrabarty, A. y Kay, Y. (2007). The current state of six sigma application in services. Managing Service Quality, Vol. 17, n. 2, pp. 194-208.
- _____, y Kay, T. (2009). An exploratory qualitative and quantitative analysis of Six Sigma in service organizations in Singapore. Management Research News, Vol. 32, n. 7, pp. 614-632.
- Chakvavorty S. (2009). Six Sigma programs: An implementation model. International. Journal Production Economics, Vol. 119, pp. 1-16.
- Cheng, J.L. (2008). Implementing Six Sigma via TQM improvement: An empirical study in Taiwan. The TQM journal, Vol. 20, n.3, pp. 182-195.
- Chiavenato, I. (2006). Introduccion a la teoria general de la administracion. Ed. McGrawHill, 3ª edición, pp. 38-81.
- Child, D. (2006). The essentials of Factor Analysis. EUA: Continuum.
- Chorev S., Anderson A. (2006). Success Israeli high-tech start-ups; critical factors and process. Technovation, Vol. 26, pp. 162-174.
- Choo, A., Linderman, K y Schroeder R. (2007). Method and context perspectives on learning and knowledge creation in quality management. Journal of Operations Management, n.25, pp. 918-931.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Contreras, J. (2008). Maquiladoras, aprendizaje tecnológico y política industrial en el norte de México. *Economía Informa*, n. 352, pp. 127-146.
- Dahlgaard, J. y Dahlgaard-Park, S.M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, Vol. 18, n. 3, pp. 263-281.
- Dawes P. y Massey G. (2006). *Journal of business & industrial marketing*, Vol. 21, n. 6, pp. 346-360.
- Dawes J. (2007). Do data characteristics change according to the number of scale point used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales. *International Journal of Market Research*, Vol. 50, n. 1, pp. 61-77.
- Deleryd M. (1998). A pragmatic view on process capability studies. *International Journal Production Economics*, Vol. 58, pp. 319-330.
- Devane, T. (2004). Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations. EUA: Pfeiffer.
- Dusharme , D. (2006). Six Sigma Survey. *Quality Digest*.
- Dutrenit, G. y Vera-Cruz, A. (2002). Rompiendo paradigmas: Acumulacion de capacidades tecnológicas en la maquila de exportación, documento de trabajo. Universidad Autónoma Metropolitana, 2002.
- _____ (2003). Technological Capability Accumulation in the “Maquila Industry” in México, Universidad Autónoma Metropolitana, 2003.
- Eckes, G. (2001). *The Six Sigma Revolution*. EUA: Wiley.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Farris J., Van Aken E. y Doolen T. (2009) Critical success factor for human resource outcomes in kaizen events: An empirical study. *International Journal Production Economic*, Vol. 117, pp. 42-65.
- Fiore A., Seung-Eun L. y Kunz G. (2002). Individual differences, motivations, and willingness to use a mass customization option for fashion products. *European Journal of marketing*, Vol. 38, n. 7, pp. 835-849.
- Freiesleben, J. (2006). Insights from research Communicating six sigma's benefits to top management. *Measuring business excellence*, Vol. 10, n. 2, pp. 19-27.
- Fuentelsaz, C. (2004). Cálculo del tamaño de la muestra. *Matronas Profesión*, Vol. 5, n.18.
- García, E. (2000). *Análisis Factorial*. España: La muralla.
- George, M. y Rowlands, D. (2002). *What is Lean Six Sigma*. EUA: McGraw-Hill Professional.
- Goldstein, M. (2001). *Six Sigma Program Success Factors*. ASQ: Six Sigma Forum Magazine.
- Goh, T.N. y Xie, M. (2004). Improving on the six sigma paradigm. *The TQM Magazine*, Vol. 16, n.4, pp. 235-240.
- Gonzalez-Cutre D., Sicila A. y Moreno J. (2008). Modelo cognitivo-social de la motivación de logro en educación física. *Psicotherma*, Vol. 20, n 4, pp. 642-651.
- Gonzalez D. y Rodenes M. (2007). Factores críticos de éxito de la industria del software y su relación con la orientación estratégica de negocio: Un estudio

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- empírico-exploratorio. *Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol. 4, n. 1, pp. 47-70.
- Gorsuch Richard. (1983). *Factor Analysis*. EUA: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Gowen, C.R. y Tallon, W.J. (2005). Effect of technological intensity on the relationships among Six Sigma design, electronic-business, and competitive advantage: A dynamic capabilities model study. *The Journal of high technology management research*, n.16, pp. 59-87.
- Gutierrez, L.J., Llorens-Montes F.J. y Bustinza O.F. (2008). Six Sigma: from a goal-theoretic perspective to shared-vision development. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29, n. 2, pp. 151-169.
- Hagemeyer, C., Gershenson, J. y Johnson, D. (2006). Classification and application of problem solving quality tools. *The TQM Magazine*, Vol. 18, n. 5, pp. 455-483.
- Hahn G., Hill W. y Hoerl R. (1999). The impact of Six Sigma improvement-A glimpse in to the future of statistics. *The American Statisticians*, Vol. 53, n. 3, pp. 208-215.
- _____, y Hoerl R. (1998). Key challenges for statisticians in business and industry. *Technometrics*, Vol. 40, n. 3, pp. 195-200.
- Harry M. y Schroeder, R. (2000). *Six Sigma*. EUA: Doubleday.
- Henderson, K. y Evans, J. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 7, n. 4, pp. 260-281.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Hernandez, R. y Fernandez-Collado, C. (2006). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
- Herron, C. y Braiden P.M. (2006). A methodology for developing sustainable quantifiable productivity improvement in manufacturing companies. International journal of production economics, n. 104, pp. 143-153.
- Ho, Y.C., Chang, O.C. y Wang W.B. (2008). An empirical study of key success factors for Six Sigma Green Belt Projects at an Asian MRO company. Journal of Air Transport Management, n. 14, pp. 263-269.
- Hong, G.Y. y Goh, T.N. (2003). Six Sigma in software quality. The TQM Magazine, Vol.15, n. 6, pp. 364-373.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. Journal of Operations Management, n. 25, pp. 420-437.
- Huang X., Soutar G. y Brown A. (2001). Resource adequacy in new product development. European Journal of Innovation Management, Vol. 4, n. 1, pp. 53-59.
- Huffman, A. (2008). Six Sigma, TQM, Lean? Quality Digest.
- Imai, M. (1989). Kaizen la Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa. Ed. Continental, 14ª reimpresión 2002, México, pp. 37-49.
- Ingle, S. y Roe, W. (2001). Six Sigma Black Belt Implementation. TQM Magazine, Vol.13, n.4, pp. 273-280.
- Ishikawa, K. (1985). ¿Qué es el control total de la calidad? Ed. Norma, 11ª reimpresión 1997, Colombia, pp. 16-28.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Jenicke, L., Kumar, A. y Holmes, M. (2008). A framework for applying six sigma improvement methodology in an academic environment *The TQM Journal*, Vol. 20, n. 5, pp. 453-462.
- Jeong S., Fiore A., y Nihem L. (2008). The role of experiential value in online shopping. *Internet Research*, Vol. 19, n. 1. pp. 105-124.
- Johnson, A. y Swisher, B. (2003). How Six Sigma improves R&D. *Research Technology Management*, Vol. 46, n. 2, pp. 12–15.
- Jyh-Jeng W. y Yong-Sheng C. (2005). Towards understanding members interactivity, trust, and flow in online travel community. *Industrial Management & data*, Vol. 105, n. 7, pp. 937-954.
- Kelly G. (1985). Use of the structural equations model in assessing the reliability of a new measurement technique. *Journal of the royal statistical society*, Vol. 34, n.3, pp. 258-263.
- Koning, H., y Mast, J. (2006). A rational reconstruction of Six-Sigma's breakthrough cookbook. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 23, n. 7, pp. 766-787.
- Koontz H. (2002). *Elementos de administración*. Ed. McGrawHill, 6^a edición. Mexico, pp. 20-26.
- Kumar, R., Kumar, D. y Kumar, P. (2007). A pragmatic tool to model, analyze and predict complex behavior of industrial systems. *Engineering Computations: International Journal for Computer-Aided Engineering and Software*, Vol. 24, n. 4, pp. 319-346.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Kumar, M., Antony, J., Madu, C., Montgomery, D., y Park, S. (2008). Common myths of Six Sigma demystified. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25, n. 8, pp. 878-895.
- Kumar, K. y Bhattacharya, S. (2006). Artificial neural network vs. linear discriminant analysis in credit ratings forecast. *Review of Accounting and Finance*, Vol. 5, n. 3, pp. 216-227.
- Kumar, S. y Sosnoski, M. (2009). Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58 No. 3, pp. 254-273.
- Kumar, U.D. et al. (2008). On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. *International Journal of Production Economics*, n.111, pp. 456-467.
- Kwak, Y.H. y Anbari F.T. (2004). Success Factors in Managing Six Sigma Projects. Project Management Institute Research Conference.
- _____, y Anbari F.T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, n.26, pp. 708-715.
- Lachenbruch P., Goldstein M. (1979). Discriminant Analysis. *IBS*, Vol. 35. n. 1, pp. 69-85.
- Lee, A. (2006). Six sigma: effective handling of deep rooted quality problems. *Assembly Automation*, Vol.26, n .3, pp.200–204.
- Levy, J.P. (2003). *Análisis Multivariable para las Ciencias Sociales*. México: Prentice Hall.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Lin Y., Jeon Y. (2003). Discriminant analysis through a semiparametric model. *Biometrika Trust*, Vol. 90, pp. 379-392.
- Little, B. (2003). "Six Sigma" techniques improve the quality of e-learning. *Industrial and commercial Training*, Vol. 35, n .3, pp. 104-108.
- Linderman, K., Schroeder, R. y Choo, A. (2006). Six Sigma: The role of goals in improvement teams. *Journal of Operations Management*, n. 24, pp. 779-790.
- Lucier, G.T. y Seshadri, S. (2001). GE takes six sigma beyond the bottom line. *Strategic Finance*, Vol. 82, n. 11, pp. 40-46.
- Maleyeff, J. y Kaminsky, F.C. (2002). Six Sigma and introductory statistics education. *Journal of Education and training*, n. 44, 82-89.
- _____, y Krayenvenger, D. (2004). Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol.76, n. 6, pp. 577-583.
- Man, J. (2002). Six Sigma and Lifelong learning. *Work Study*, Vol. 51, n. 4, pp. 197-201.
- Martinez-Lorente, A., Dewhurst, F. y Dale B, (1998). "Total quality management: origins and evolution of the term", *The TQM Magazine*, Vol. 10 n. 5, pp. 378-386.
- McClendon McKee. (2002). *Multiple Regression and Causal Analysis*. EUA: Waveland Press, Inc. Martin E. 1982. Critical success factors of chief MIS/DP executives. *MIS RC*, Vol. 6, n.2, pp.1-9.
- Mitra, A. (2004). Six Sigma Education: a critical role for academia. *The TQM magazine*, Vol. 16, n. 4, pp. 293-302.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Nave, D. (2002). How to Compare Six Sigma, Lean and Theory of Constraints. ASQ publication.
- Nonthaleerak, P. y Hendry, L. (2008). Exploring the six sigma phenomenon using multiple case study evidence. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 28, n. 3, pp. 279-303.
- Panayides P. (2004). Marketing in Asia-Pacific logistics companies: A discriminant analysis between marketing orientation and performance. *Asia-Pacific logistics companies*, Vol. 16, n. 1.
- Pande, P. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance*. EUA: McGraw-Hill.
- Pandey, A. (2007). Strategically focused training in Six Sigma way: a case study. *Journal of European Industrial Training*, Vol. 31, n. 2, pp. 145-162.
- Pfeifer, T., Reissiger, W. y Canales, C. (2004). Integrating Six Sigma with quality management systems. *The TQM Magazine*, Vol. 16, n. 4, pp. 241-249.
- Pinto J. y Covin J. (1989). Critical factors in project implementation: a comparison of construction and R&D. *Technovation*, Vol. 9, pp. 49-62.
- Poza, C. (2008). Técnicas estadísticas multivariantes para la generación de variables latentes. *Revista EAN*, n. 64, pp. 89-100.
- Raisinghani, M., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G., y Daripaly, P. (2005). Six Sigma: concepts, tools, and applications. *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 105, n. 4, pp. 491-505.
- Rockart, J. (1979). Chief Executives Define Their Own Information Needs. *Harvard Business Review*, Vol. 57, n. 2, 81-92.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- _____, (1982). The changing role of the information system executive: A critical success factor perspective. CISR, Vol.85. pp. 1297-82.
- _____, y Bullen, C. (1981). A primer on critical success factors. Center for Information Systems Research Working. Sloan School of Management, MIT, Cambridge, Massachusetts. n. 6.
- Rodriguez-Repiso L., Setchi R. y Salmeron J. (2007). Modeling IT projects success: Emerging methodologies reviewed. Science Direct, Vol.27, pp. 582-594.
- Rodriguez J. (2001). Algunos de los aspectos administrativos más estudiados de la industria maquiladora de exportación. Revista Contaduría y administración, n. 203, pp. 59-69.
- Saaty, T. (2006). Fundamentals of Decision Making. EUA: RWS Publications.
- Sanjay, G. y Chen, V. (2008). Integrating the global enterprise using Six Sigma: Business process reengineering at General Electric Wind Energy. International Journal of Production Economics, n. 113, pp. 914-927.
- Savolainen, T. y Haikonen, A. (2007). Dynamics of organizational learning and continuous improvement in six sigma implementation. The TQM Magazine, Vol. 19, n. 1, pp. 6-17.
- Schonberger, R. (2006). Japanese production management: An evolution –With mixed success. Journal of Operations Management, n.25, pp. 403-419.
- Schroeder, R.G. et al., (2007). Six Sigma: Definition and underlying theory. Journal of Operations Management, n. 26, pp. 536-554.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Schutta, J.T. (2006). Business performance through Lean Six Sigma. EUA: ASQ Quality Press.
- Setijono, D. (2008). DisPMO and DePMO as six sigma-based forward-looking quality performance measures. The TQM Magazine, Vol. 20, n. 6, pp. 588-598.
- Shah, R. (2007). Defining and Developing Measures of Lean Production. Journal of Operations Management, n. 25, pp. 785-805.
- Sheryl L., Shivers-Blackwell, y Atira C. (2005). Ready, set, go: examining student readiness to use ERP technology. ERP technology. pp. 795.
- Smith, B. (2003). Lean and Six Sigma- A One-Two Punch. EUA: ASQC publication.
- Snee, R. y Hoerl R. (2007). Integrating Lean and Six Sigma a Holistic Approach. EUA: ASQC publication.
- Su, C.T. y Chou, C.J. (2008). A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. Expert Systems with Applications, n. 34, pp. 2693-2703.
- Sun H., Chung W. (2005). Critical success factors for new product development in the Hong Kong toy industry. Technovation. Vol. 25, pp. 293-303.
- Taner, M. y Sezen, B. (2009). An application of Six Sigma methodology to turnover intentions in health care. International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 22, n. 3, pp. 252-265.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- _____, Sezen, B., y Antony, J. (2007). An overview of six sigma applications in healthcare industry. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 20, n. 4, pp. 329-340.
- Tannock, J., Balogun, O. y Hawisa, H. (2007). A variation management system supporting six sigma. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 18, n. 5, pp. 561-575.
- Thomas, A., Barton, R. y Byard, P. (2008). Developing a Six Sigma maintenance model. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14, n. 3, pp. 262-271.
- Thomas, A., Barton, R. y Chuke, C. (2009). Applying lean six sigma in a small engineering company—a model for change. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 20, n. 1, pp. 113-129.
- Treville S.d. y Antonakis J. (2006). Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. *Journal of Operations Management*, n. 24, pp. 99-123.
- Upton, M. y Cox, C. (2008). Lean Six Sigma: A Fusion of Pan-Pacific Process Improvement. 5º Foro Seis Sigma, pp. 1-21.
- Vera-Cruz, A. (2004). Como aprenden las cerveceras mexicanas. México: MIGUEL ANGEL PORRUA.
- Wessel, G. y Burcher, P. (2004). Six Sigma for small and medium-sized enterprises. *The TQM Magazine*, Vol, 16, n. 4, pp. 264-272.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

- Yeh, D.Y., Cheng, C.H. y Chi, M.L. (2007). A modified two-duple FLC model for evaluating the performance of SCM: By the Six Sigma DMAIC process. *Applied Soft Computing*, n. 7, pp. 1027-1034.
- Yin, R.K. (2004). *Case Study Research*. EUA: Sage Publications.
- Zain M. (1995). Innovation implementations in Malaysian firms: process, problems, critical success factors and working climate. *Technovation*, Vol. 15 n. 6, pp. 375-385.
- Zahedi F. (1987). Reliability of information system based on the critical success factors-formulation. *MIS RD*. Vol.11, n.2, pp. 187-203.
- Zinkgraf, A.S. y Snee, R.D. (1999). *Institucionalizando Seis Sigma en grandes corporaciones: Un mapeo de liderazgo*. Quality and Productivity Research Conference.
- Zu, X., Fredendall, L. y Douglas, T. (2008). The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma. *Journal of Operations Management*. n. 26, pp. 630-650.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Resultados de ejecución de proyectos Seis Sigma.....	10
Tabla 2.1	Niveles de Sigma y DPMO.....	19
Tabla 2.2	Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma.....	28
Tabla 2.3	Comparación de Seis Sigma con otras tTécnicas.....	30
Tabla 2.4	Diferencias entre TQM, Seis Sigma y Manufactura Esbelta.....	31
Tabla 2.5	Clasificación de las técnicas para la mejora de procesos.....	32
Tabla 2.6	Comparación de Seis Sigma con los sistemas de calidad.....	33
Tabla 2.7	Beneficios y ahorros económicos eeportados.....	35
Tabla 2.8	Aplicación industrial de Seis Sigma.....	37
Tabla 2.9	Actividades principales por etapa.....	40
Tabla 2.10	Técnicas por etapa.....	41
Tabla 2.11	Estrategias, herramientas y técnicas de Seis Sigma.....	42
Tabla 2.12	Herramientas y técnicas utilizando Seis Sigma.....	43
Tabla 2.13	Roles de la estructura Seis Sigma.....	44
Tabla 2.14	Entrenamiento para Roles Seis Sigma.....	48
Tabla 2.15	Entrenamiento TQM y Seis Sigma.....	49
Tabla 2.16	Ventajas y desventajas de los roles BB.....	50
Tabla 2.17	Métodos de selección proyectos Seis Sigma.....	52
Tabla 2.18	Criterio para la selección de proyectos Seis Sigma.....	53
Tabla 2.19	Métricas Seis Sigma.....	54
Tabla 3.1	Actividades y resultados obtenidos por cada etapa.....	55

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

Tabla 3.2	Métodos de prueba por hipótesis.....	78
Tabla 4.1	Coeficiente Alpha Cronbach.....	80
Tabla 4.2	Índice de Guttman.....	81
Tabla 4.3	Validez del análisis factorial.....	82
Tabla 4.4	Empresas participantes.....	84
Tabla 4.5	Sectores y divisiones encuestados	85
Tabla 4.6	Roles de los encuestados.....	86
Tabla 4.7	Antigüedad de la empresa.....	86
Tabla 4.8	Número de empleados por empresa.....	87
Tabla 4.9	Sexo de los encuestados.....	87
Tabla 4.10	Puestos de los encuestados.....	88
Tabla 4.11	Componentes identificados por componentes principales.....	90
Tabla 4.12	Cargas factoriales de las variables extraídas.....	92
Tabla 4.13	Integración de Factores.....	94
Tabla 4.14	Resultados de las pruebas de ajuste de los modelos.....	101
Tabla 4.15	Composición del modelo Planeación Estratégica.....	106
Tabla 4.16	Composición del modelo Recursos.....	108
Tabla 4.17	Composición del modelo Ejecución.....	110
Tabla 4.18	Composición del modelo Seguimiento.....	111
Tabla 4.19	Estatus de hipótesis.....	112
Tabla 4.20	Contraste de factores	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Modelo conceptual de las relaciones hipotetizadas.....	14
Figura 2.1	Fases de la metodología DMAMC.....	39
Figura 2.2	Roles de especialistas Seis Sigma.....	45
Figura 2.3	Estructura de reporte directo.....	51
Figura 2.4	Estructura de reporte indirecto.....	51
Figura 3.1	Esquema metodológico.....	64
Figura 4.1	Modelos de Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma.....	104

APÉNDICES

Apéndice 1. La Industria Maquiladora de Exportación

Apéndice 2. Control Total de la Calidad

Apéndice 3. Modelo Estadístico

Apéndice 1. La Industria Maquiladora de Exportación en México

El ámbito en el que se desarrolla la investigación es la Industria Maquiladora de Exportación (IME), por lo tanto resulta conveniente definir su concepto, describir su origen, evolución y etapas.

Ap. 1.1. Definición

Según definición del INEGI (2003), se considera como establecimiento maquilador a aquella unidad económica que realiza una parte del proceso de producción final de un artículo, por lo regular de ensamblado, misma que se encuentra dentro del territorio nacional y mediante un contrato de maquila se compromete con una empresa matriz, ubicada en el extranjero, a realizar un proceso industrial o de servicio destinado a transformar, elaborar o reparar mercancías de procedencia extranjera, para lo cual importa temporalmente partes, piezas y componentes, mismos que una vez terminados son exportados.

Ap. 1.2. Origen de la IME en México

En la actualidad la Industria Maquiladora de Exportación (IME), constituye un indicador del desarrollo industrial en México, la IME tuvo su origen en la zona norte de México como resultado del establecimiento del Programa de Industrialización Fronteriza (PIF) en el año 1965 por parte del gobierno mexicano y el establecimiento de las tarifas arancelarias 806.3 y 807.0 en Estados Unidos, Contreras (2008), estos programas permitían el establecimientos de empresas

extranjerías en México. Para Estados Unidos este esquema le benefició ya que le permitía mantener su competitividad en el mercado global al operar con costos de producción bajos al trasladar a México parte de sus procesos productivos. Para el gobierno Mexicano resultó de gran ventaja ya que enfrentaba la terminación del Programa Bracero en Estados Unidos desde 1964, lo cual causó la devolución de inmigrantes mexicanos al país en una situación de desempleo, así lo afirma en su investigación, Rodríguez (2001).

Ap. 1.3. Etapas en la IME

Desde la década de los ochenta, estudiosos del fenómeno, observaron cambios tecnológicos y reestructuraciones en el plano laboral, lo cual los llevó a redefinir un nuevo tipo de maquiladoras. Los estudios de diversos investigadores, (Dutrénit y Vera-Cruz, 2002 y 2003; Carrillo y Gomis, 2005) han aportado los elementos y características para hacer una distinción de los periodos por los cuales ha ido evolucionando el modelo de la Industria Maquiladora de Exportación, a continuación se presenta un breve resumen de la diferenciación que existe entre cada Generación:

Empresas de Primera Generación (1965-1981): Se caracterizan por un intensivo trabajo manual, poseen poco nivel tecnológico, tareas monótonas y repetitivas, las decisiones se toman en las plantas matrices.

Empresas de Segunda Generación (1982-1994): Las carreras profesionales a nivel local se empiezan a consolidar en torno a la Industria Maquiladora de Exportación, acumulación de aprendizaje por parte de los profesionistas laborando en estas empresas, mayor nivel tecnológico, la incorporación de técnicas de mejoramiento de la calidad se incorpora, las Gerencias con presencia de personal mexicano se hace presente.

Empresas de Tercera Generación (1995-2000): Las empresas cuentan con mano de obra altamente calificada, se observan empresas orientadas al diseño y desarrollo, la autonomía en cuanto a la toma de decisiones aumenta, el nivel tecnológico es mucho mayor así como la automatización de procesos productivos, aparecen los *clusters*, la Gerencia es una combinación de mexicanos y extranjeros.

Ap. 1.4. Escalamiento industrial

Según Carrillo (2007), escalamiento industrial se refiere al incremento de valor mediante los procesos de innovación a partir de entradas en nichos de productos con mayor valor agregado, entrada en nuevos sectores o realizando nuevas funciones productivas de servicio. Este concepto puede resumir los procesos evolutivos que actualmente se dan lugar en la Industria Maquiladora de Exportación, como lo es el aumento de capacidades tecnológicas, la especialización de la mano de obra, la autonomía en decisiones gerenciales, el aumento en actividades de diseño de productos, la obtención de certificaciones

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

internacionales y los procesos de aprendizaje en su capital humano. Un estudio realizado por Carrillo (2007), denominado “Encuesta Colef 2002” con el objetivo de determinar si en México existían pruebas de escalamiento industrial arrojó los siguientes resultados entre otros:

1. La Encuesta Colef 2002 encontró que 56% de las empresas utilizaba la mejor tecnología disponible en el mercado mundial, 40% tenía un alto grado de automatización, todo ello ha llevado a la conversión de plantas como Delphi, Valeo, Philips, Thomson y otras más, a maquiladoras intensivas en tecnología.
2. Las prácticas organizacionales mejoraron, transfiriéndose modelos gerenciales hacia las maquiladoras, para el 2001, el 60% de las plantas utilizaba las mejores prácticas disponibles, 60% del sector electrónico y autopartes está certificada en normas ISO, 85% de las plantas aplica prácticas de mejora continua y 81% labora con equipos de trabajo.
3. Empresas como Delphi, Valeo, Sony, Samsung, Thomson y Philips han desarrollado procesos de investigación y desarrollo, en particular de diseño.

Apéndice 2. Control Total de la Calidad

Según los académicos, Seis Sigma se origina de las prácticas iniciales del Control Total de la Calidad, de ahí la importancia de explorar sus inicios y las bases que aún en las prácticas modernas de calidad siguen vigentes.

Ap. 2.1. Origen del Control Total de la Calidad

Fue al inicio de los años 30 cuando el Dr. W.A. Shewhart, ideó un cuadro de control, entonces el Dr. Shewhart trabajaba para *Bell Laboratories*, pero no fue sino hasta la segunda guerra mundial, en que el cuadro de control se aplicó a diversas industrias en los Estados Unidos, lo que le permitió una gran producción de artículos militares a un bajo costo. Japón se encuentra derrotado y como una solución invita a un grupo de estadounidenses expertos del control de la calidad a colaborar en la reparación de su industria telefónica, (Ishikawa,1997 e Imai, 2002). En la década de los 40 es establecido el subcomité del control de la calidad en la *Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE)*.

A inicios de la década de los 50's, Kaoru Ishikawa, hizo importantes avances en el desarrollo de la Calidad, mostrando el uso de herramientas estadísticas, impulsó la práctica de círculos de calidad y se dedicó a implementar una cultura de calidad, primero en Japón y después se dedicaría a impartir seminarios por todo el mundo.

El 1950 W.E. Deming fue invitado a Japón para enseñar el control de calidad estadístico en seminarios organizados por JUSE, donde también introduce el “Ciclo Deming”, una de las herramientas vitales del Control de Calidad para asegurar el mejoramiento continuo, también llamado PHRA (Planear-Hacer-Revisar-Actuar), ver figura AP. 1.1.

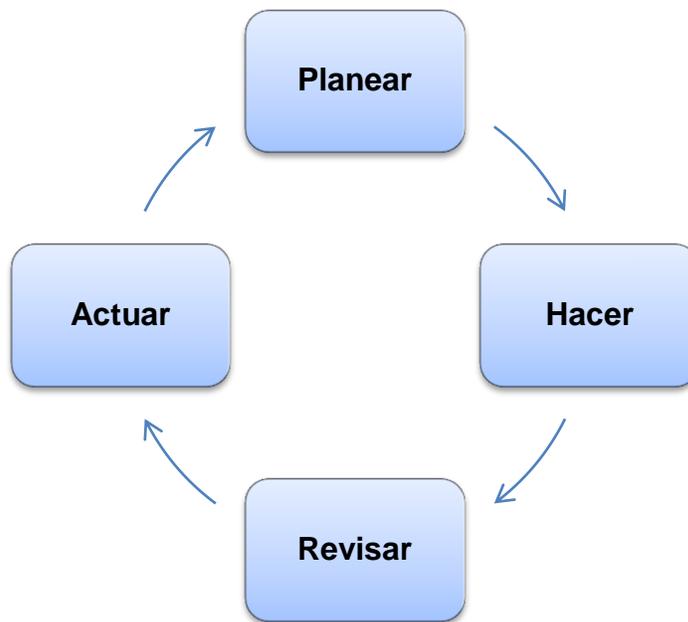


Figura AP. 2.1. Ciclo Deming
Fuente: Imai (2002), p. 47

En 1954, J.M. Juran condujo un seminario de la JUSE, sobre la administración del control de la calidad. Esta fue la primera vez que el control de calidad fue tratado

desde la perspectiva general de la administración, Imai (2002). En 1960 se inaugura en Japón el primer mes nacional de la calidad.

Mientras que en Estados Unidos Armand Feigenbaum, publica un artículo llamado: "La calidad como gestión" en 1945, que sería el antecedente para la publicación de su primer libro "Total Quality Control" en 1951. Philip Crosby crea el concepto cero defectos, enfatizando la participación del recurso humano, en el cumplimiento de la calidad.

AP. 2.2. Surgimiento del Término TQM

Los trabajos y aportaciones de Feigenbaum, Ishikawa, Crosby, Deming y Juran, constituyeron una de las más grandes filosofías en la historia de la calidad: Control Total de la Calidad, que después sería la base para la aparición de otras estrategias o sistemas de calidad como lo es Seis Sigma, Upton (2008). Sin embargo en Estados Unidos se le denominó TQM (Total Quality Management) y este término empezó a ser utilizado hasta finales de la década de los 80`s, Martínez-Lorente (1998).

Apéndice 3. Modelo Estadístico

AP. 3.1. Análisis factorial

En esta sección se describe el análisis factorial (AF), los conceptos relacionados con dicha técnica, sus usos en las diferentes ramas de la ciencia, fundamentos teóricos que la sostienen y su relación con otros conceptos, tales como el de correlación.

AP. 3.1.1. Correlación

Cuando se registran dos variables (medidas al menos en escala ordinal) sobre cada uno de los individuos de una muestra, es posible, mediante el análisis de correlación, establecer, con cierto nivel de significancia, a nivel poblacional, si existe asociación entre las variables, el tipo y grado de la misma, Levy (2003).

AP. 3.1.2. Niveles de asociación lineal

El grado o la fuerza con que se asocian dos variables pueden medirse mediante el coeficiente de correlación lineal, el cual toma valores entre -1 y 1 . El signo corresponde al tipo de asociación: es negativo si la asociación es inversa y positivo si la relación es directa, Levy (2003). Es importante señalar que mientras más se acerque a 1 o a -1 , mayor será el grado de asociación. Si el coeficiente de correlación vale cero, esto significa que no hay relación lineal entre las variables.

Dependiendo de la naturaleza de las variables (escala de medición) se usan diferentes coeficientes de correlación. Existen dos que son los más usados: el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson (r) y el coeficiente de correlación por rangos de Spearman (r_s).

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

Una vez que se ha definido el concepto de correlación, su interpretación y uso, se expone a continuación el análisis factorial, mismo que tiene sus conceptos en la correlación y correspondencia lineal que tienen las variables.

AP. 3.2. Análisis factorial

El Análisis Factorial es una técnica que consiste en resumir la información contenida en una matriz de datos con una gran cantidad de variables. Para ello, se identifican un reducido número de factores F , siendo el número de factores menor que el número de variables que se identificaron inicialmente, por lo que es conocida como una técnica para reducción de datos. El concepto principal es que se busca que los factores representen a las variables originales en el análisis, con una pérdida mínima de información, Child (2006).

- Cargas factoriales: Coeficientes básicos para determinación contenido conceptual de los factores en análisis exploratorio.

- Matriz de cargas: Se denomina así a la matriz que recoge las cargas entre todas las variables originales y la selección final de factores.
- Comunalidad: Uno de los términos más clásicos del análisis factorial expresa la parte de cada variable (su variabilidad) que puede ser explicada por los factores comunes a todas ellas.
- Especificidad: Es el término opuesto a comunalidad ya que expresa la parte específica de cada variable que escapa a los factores comunes.

AP. 3.2.1. Clasificación del AF

Se puede distinguir entre Análisis Factorial Exploratorio (AFE), donde no se conocen los factores "a priori", sino que se determinan mediante el Análisis Factorial y, por otro lado estaría el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), donde se propone "a priori" un modelo, según el cual hay unos factores que representan a las variables originales, siendo el número de éstos superior al de aquellos, y se somete a comprobación el modelo.

Para que el Análisis Factorial tenga sentido deberían cumplirse dos condiciones básicas: Parsimonia e Interpretabilidad, Según el principio de parsimonia los fenómenos deben explicarse con el menor número de elementos posibles. Por lo tanto, respecto al Análisis Factorial, el número de factores debe ser lo más reducido posible y estos deben ser susceptibles de interpretación sustantiva. Se puede decir en conclusión que una buena solución factorial es aquella que es sencilla e interpretable.

A lo largo del desarrollo histórico del Análisis Factorial se han planteado algunos problemas de fondo que han dado lugar a distintas propuestas de solución. Los aspectos más polémicos han sido:

- La estimación de las comunalidades.
- Los métodos de extracción de factores.
- El número de factores a extraer.
- Los métodos de rotación de factores.

El método de Componentes Principales suele ser el más utilizado Levy (2003). De todas formas hay autores que consideran que el Análisis de Componentes Principales es distinto del Análisis Factorial. Con la finalidad de esclarecer un poco más la diferencia entre ambas técnicas, se exponen en los siguientes párrafos algunas referencias en los que se discute la diferencia entre dichas técnicas.

AP. 3.2.2. Análisis factorial y componentes principales

El Análisis Factorial y el Análisis de Componentes Principales están muy relacionados. Algunos autores consideran el segundo como una etapa del primero y otros los consideran como técnicas diferentes.

El Análisis de Componentes Principales trata de hallar componentes (factores) que sucesivamente expliquen la mayor parte de la varianza total. Por su parte el

Análisis Factorial busca factores que expliquen la mayor parte de la varianza común, Child (2006).

En el análisis factorial se distingue entre varianza común y varianza única. La varianza común es la parte de la variación de la variable que es compartida con las otras variables. La varianza única es la parte de la variación de la variable que es propia de esa variable. El Análisis de Componentes Principales no hace esa distinción entre los dos tipos de varianza, se centra en la varianza total. Mientras que el Análisis de Componentes Principales busca hallar combinaciones lineales de las variables originales que expliquen la mayor parte de la variación total, el análisis factorial pretende hallar un nuevo conjunto de variables, menor en número que las variables originales, que exprese lo que es común a esas variables.

En el análisis de componentes principales, el primer factor o componente sería aquel que explica una mayor parte de la varianza total, el segundo factor es aquel que explica la mayor parte de la varianza restante, es decir, de la que no explicaba el primero y así sucesivamente, McClendon (2002).

AP. 3.2.3. Pasos en el análisis factorial

Los pasos que se suelen seguir en el Análisis Factorial son:

- Calcular la matriz de correlaciones entre todas las variables (conocida habitualmente como matriz R). Examen de esa matriz.
- Extracción de los factores necesarios para representar los datos.
- Rotación de los factores con objeto de facilitar su interpretación.
Representación gráfica.
- Calcular las puntuaciones factoriales de cada individuo.

AP. 3.2.4. Examen de la matriz de correlaciones

El primer paso en el análisis factorial será calcular la matriz de correlaciones entre todas las variables que entran en el análisis. Una vez que se dispone de esta matriz, concierne examinarla para comprobar si sus características son adecuadas para realizar un análisis factorial. Uno de los requisitos que deben cumplirse para que el análisis factorial tenga sentido es que las variables estén altamente correlacionadas, Child (2006).

Pueden utilizarse diferentes métodos para comprobar el grado de asociación entre las variables, algunas de ellas se exponen brevemente a continuación en los siguientes párrafos.

Determinante de la matriz de correlaciones

Un determinante muy bajo indicará altas intercorrelaciones entre las variables, pero no debe ser cero (matriz no singular), pues esto indicaría que algunas de las variables son linealmente dependientes y no se podrían realizar ciertos cálculos necesarios en el análisis factorial.

Test de esfericidad de Bartlett

Comprueba que la matriz de correlaciones se ajuste a la matriz identidad (**I**), es decir ausencia de correlación significativa entre las variables. Esto significa que la nube de puntos se ajustará a una esfera perfecta.

Índice KMO de Kaiser-Meyer-Olkin

El objetivo de este índice es obtener una medida de la diferencia que tiene la matriz de correlaciones de las variables con una matriz identidad del mismo tamaño a aquella de correlaciones, cuando las diferencias son cero, indicaría que no existe diferencia entre las dos matrices; valores cercanos al uno indicarían una mayor diferencia y entonces si es conveniente aplicar el análisis factorial, Abaira (1996).

Valores bajos del índice KMO desaconsejan la utilización de análisis factorial. A continuación en la tabla AP. 3.1 se indican valores del índice KMO y su interpretación:

Tabla AP. 3.1. Valores de KMO

Límite Superior	Límite Inferior	Explicación
1	0.9	Muy bueno
0.9	0.8	Meritorio
0.8	0.7	Mediano
0.7	0.6	Mediocre
0.6	0.5	Bajo
0.5	0	Inaceptable

Fuente: Child (2006), p. 54

Correlación anti-imagen

Es el negativo del coeficiente de correlación parcial, deberá haber pocos coeficientes altos para que sea razonable aplicar el análisis factorial.

Medida de adecuación de la muestra (MSA)

Otra medida que se usa frecuentemente para saber si es conveniente aplicar un AF de cualquier tipo, es la medida de adecuación de la muestra. Valores bajos de este índice desaconsejan el uso del Análisis Factorial.

Correlación múltiple

Este índice deberá ser alto, sobre todo si la técnica a utilizar es un análisis factorial. Esta técnica, por defecto, toma los valores de la correlación múltiple al cuadrado como los valores iniciales de comunalidad.

AP. 3.2.5. Matriz factorial

A partir de una matriz de correlaciones, el análisis factorial extrae otra matriz que reproduce la primera de forma más sencilla. Esta nueva matriz se denomina matriz factorial, donde cada columna es un factor y hay tantas filas como variables originales.

AP. 3.2.6. Eigenvalues (valores propios)

El cuadrado de una carga factorial indica la proporción de la varianza explicada por un factor en una variable particular y la suma de los cuadrados de los pesos de cualquier columna de la matriz factorial es lo que denominamos eigenvalues λ , e indican la cantidad total de varianza que explica ese factor para las variables consideradas como grupo.

Las cargas factoriales pueden tener como valor máximo 1, por tanto el valor máximo que puede alcanzar el valor propio es igual al número de variables. Si se divide el valor propio entre el número de variables, eso indica la proporción (tanto por ciento si multiplicamos por 100) de la varianza de las variables que explica el factor.

AP. 3.2.7. Comunalidades

Se denomina "comunalidad" a la proporción de la varianza explicada por los factores comunes en una variable. La comunalidad (h^2) es la suma de los pesos factoriales al cuadrado en cada una de las filas.

El análisis factorial comienza sus cálculos a partir de lo que se conoce como *matriz reducida* compuesta por los coeficientes de correlación entre las variables y con las comunalidades en la diagonal. Como la comunalidad no se puede saber hasta que se conocen los factores, éste resulta ser uno de los problemas del análisis factorial.

En el análisis de componentes principales como no se supone la existencia de ningún factor común, la comunalidad toma como valor inicial el 1.

AP. 3.2.8. Número de factores a conservar

La matriz factorial puede presentar un número de factores superior al necesario para explicar la estructura de los datos originales. Generalmente existe un conjunto reducido de factores, los primeros, que son los que explican la mayor parte de la variabilidad total. Los otros factores suelen contribuir relativamente poco, (McClendon, 2002, Child, 2006). Uno de los problemas que se plantean, por tanto, consiste en determinar el número de factores que se deben conservar, de manera que se cumpla el principio de parsimonia.

El método de Razón de Verosimilitud, introducido por Lawley (1940), se trata de un criterio de bondad de ajuste pensado para la utilización del método de extracción de máxima verosimilitud, que se distribuye según Ji-cuadrado. La lógica de este procedimiento es comprobar si el número de factores extraído es suficiente para explicar los coeficientes de correlación observados.

AP. 3.2.9. Rotaciones Factoriales

La matriz factorial indica, la relación entre los factores y las variables. Sin embargo, a partir de la matriz factorial muchas veces resulta difícil la interpretación de los factores. Para facilitar la interpretación se realizan lo que se denominan rotaciones factoriales. En síntesis, consiste en hacer girar los ejes de coordenadas, que representan a los factores, hasta conseguir que se aproxime al máximo a las variables en que están saturados.

La saturación de factores transforma la matriz factorial inicial en otra denominada matriz factorial rotada, de más fácil interpretación. La matriz factorial rotada es una combinación lineal de la primera y explica la misma cantidad de varianza inicial.

Así, el objetivo de la rotación es obtener una solución más interpretable, una forma de conseguirlo es intentando aproximarla al principio de estructura simple. Según este principio, la matriz factorial debe reunir las siguientes características:

1. Cada factor debe tener unos pocos pesos altos y los otros próximos a 0.
2. Cada variable no debe estar saturada más que en un factor.
3. No deben existir factores con la misma distribución, es decir, los factores distintos deben presentar distribuciones de cargas altas y bajas distintas.

Con la rotación factorial aunque cambie la matriz factorial, las comunalidades no se alteran; sin embargo, cambia la varianza explicada por cada factor.

Existen varios métodos de rotación que se pueden agrupar en dos grandes tipos: ortogonales (varimax) y oblicuos (oblimin). Para entender esto, se asume que la correlación entre las variables puede representarse como el ángulo entre dos vectores y específicamente vendría dada como el coseno del ángulo entre dos vectores. Así, se tendrá una rotación ortogonal cuando la correlación entre factores sea nula o lo que es lo mismo, tienen un ángulo de 90 grados entre factores; y se habla de rotación oblicua cuando la correlación entre factores no sea nula y por tanto, el ángulo es distinto de 90 grados. Lo más recomendable es la rotación ortogonal.

AP. 3.2.11. Puntuaciones factoriales

El cálculo de las puntuaciones factoriales se realiza a partir de la matriz factorial rotada y sólo pueden calcularse estrictamente cuando el método de extracción ha sido el de análisis de componentes principales. Con los otros métodos sólo podrán hacerse estimaciones por medio de algún método correlacionado.

AP. 3.2.12. Interpretación de factores

En la fase de interpretación juega un papel preponderante la teoría y el conocimiento sustantivo que se tenga del problema analizado. A efectos prácticos se sugieren dos pasos en el proceso de interpretación, Poza (2008):

1. Estudiar la composición de las saturaciones factoriales significativas de cada factor.
2. Intentar dar nombre a los factores o variables latentes. Nombre que se debe dar de acuerdo con la estructura de sus saturaciones, es decir, conociendo su contenido.

En la tabla AP. 3.2, se muestra las diversas técnicas estadísticas para la generación de variables latentes, así como la contrastación entre estas variables.

Tabla AP. 3.2. Generación de variables latentes

Técnica	Tipo de variable a utilizar	Paquete estadístico a utilizar
Análisis factorial	Cuantitativa	SPSS y Gambia BarbWin
Análisis de correspondencias múltiple	Cualitativa	SPSS
Análisis cluster	Ambas	SPSS y Gambia BarbWin
Modelos de clases latentes	Cualitativa	Latent Gold
Contrastación de interrelaciones entre variables latentes		
Regresión lineal múltiple	cuantitativas	SPSS
Regresión logística	Ambas	SPSS
Modelado de ecuaciones estructurales	Cuantitativas	AMOS

Fuente: Poza (2008), p. 91

Dos principios pueden ayudar a la interpretación, estos son:

1. Ordenar la matriz rotada de forma que las variables con saturaciones altas en un factor aparezcan juntas.
2. La eliminación de las cargas factoriales bajas (generalmente aquellas que van por debajo de 0.25).

AP. 3.3. Ecuaciones estructurales

Específicamente, los modelos de estructuras de covarianzas han sido popularizados por los trabajos de Joreskog (1973), Keesing (1972) y Wiley (1973) sobre ecuaciones simultáneas y después por el modelo LISREL (Linear Structural Relationship) y los programas asociados. Finalmente, Bentler y Weeks (1980) y más tarde McDonald y McArdle (1984) han propuesto representaciones diferentes del análisis de estructuras de covarianzas.

En las ciencias sociales y del comportamiento el conocimiento teórico es escaso, no existe la experimentación y de lo único que se dispone es de información estadística. Esto es, en los estudios no experimentales las relaciones causales se inducen a partir de las relaciones estadísticas observadas entre las variables, y la variación entre variables se mide, con la covarianza o la correlación, sin embargo para que exista relación causal, además de existir correlación, los cambios en la variable causa, implicarán variaciones en la variable efecto.

AP. 3.3.1. Ubicación del modelado de ecuaciones estructurales y sus ventajas

Los modelos de estructuras de covarianzas se sitúan dentro de los modelos de interdependencia para el análisis factorial confirmatorio y para los modelos de dependencia para el análisis casual, Byrne (2006).

Una de las ventajas es este tipo de modelado es que permiten la dependencia a varios niveles, lo cual no es posible con los métodos tradicionales multivariados, Batista (2000). Otra ventaja es que permite la identificación y medición de variables que no son directamente observables, a las que se conoce como latentes o factoriales. También especificará qué variables latentes influyen directa o indirectamente en otras.

AP. 3.3.2. Conceptos básicos de ecuaciones estructurales

Segun Byrne (2006): “Podemos ver estos modelos de diversos modos, consisten en análisis factoriales que permiten efectos directos e indirectos entre los factores. Habitualmente incluyen múltiples indicadores y variables latentes. Resumiendo, engloban y extienden los procedimientos de regresión, el análisis econométrico y el análisis factorial.”

Batista (2000), asegura que las ciencias sociales estudian con frecuencia conceptos no físicos y abstractos denominados *constructos*, que sólo pueden medirse de forma indirecta a través de indicadores. Los Modelos de Ecuaciones Estructurales constituyen una herramienta útil para el estudio de relaciones causales de tipo lineal

sobre estos conceptos. Estos modelos no prueban la causalidad, pero ayudan al investigador en la toma de decisiones, rechazando las hipótesis causales cuando se contradicen con los datos, esto es, con la estructura de covarianzas o correlaciones subyacentes entre las variables.

AP. 3.3.3. Definición de las variables

En ecuaciones estructurales (EE) existen diferentes tipos de variables, pero siempre se parte de aquellas que son observables y se representan mediante un rectángulo, la cual es medible en unidades.

Existen variables observables independientes o exógenas y variables observables dependientes o endógenas. Este tipo de variables son frecuentemente denominadas variables manifiestas por oposición a las variables latentes o factoriales, las cuales son explicadas por variables observables y son representadas por un círculo. Sin embargo, es importante señalar que la denominación de estas variables depende mucho del paquete computacional utilizado para el análisis, dado que existen actualmente varios en el mercado, entre los que se encuentran el EQS, el LISREL y AMOS, el cual es un módulo de SPSS, Byrne (2006).

Las relaciones son presentadas por símbolos, así una flecha que parte de una variable observable a otra observable representa una regresión. Una relación entre una variable latente y otra variable latente representa una relación causal. Así

mismo, a cada variable observable se le debe añadir un error de medida, tal como sucede en regresión, debido a errores no explicados.

Las covarianzas o correlaciones entre dos variables son representadas por flechas dobles, las cuales indican que una variable explica a la otra y viceversa. Así, en resumen, se puede decir que en el modelado de EE se encontrará la siguiente:

- Las variables latentes o factoriales
- Las variables observables
- Las cargas factoriales o saturadas
- Las covarianzas entre los factores
- Las varianzas y covarianzas de los errores de las variables observables.

AP. 3.3.4. Presentación de modelos

La presentación de los modelos de EE depende del tipo de análisis que se desee realizar con la información, la cual puede ser de tipo exploratorio o de tipo confirmatorio.

En el caso del análisis exploratorio, todas las variables observables cargan en todos los factores, los errores de medición están todos correlacionados. En el caso del análisis de tipo confirmatorio, las variables factoriales o latentes son representadas por solamente algunas variables observables; además, existe una correlación entre éstas últimas, puesto que las variables observables no cargan en

todas las variables latentes. En el análisis confirmatorio se pueden tener diferentes niveles de análisis, donde existirán variables latentes que explican a otras.

AP. 3.3.5. Etapas del modelado de ecuaciones estructurales

El análisis mediante EE depende de la información previa que se tenga del fenómeno estudiado. Si no existiera información previa en relación a la teoría para diseñar el modelo, el proceso se divide en dos etapas:

- La primera etapa consiste en efectuar un análisis factorial exploratorio con el propósito de determinar que variables observables cargan en que variables latentes. Esta etapa puede ser realizada en SPSS.
- La segunda etapa consiste en depurar el análisis factorial exploratorio realizado anteriormente y determinar las variables observables y mantener las que mejor representan a las variables latentes.

Por otro lado, conviene señalar que los modelos de tipo causal deben pasar por ciertas etapas que permitan elaborar y definir el constructo global y los constructos parciales. Cada una de las principales etapas se describe brevemente a continuación.

1. Especificación del modelo:

Esta etapa depende principalmente de la existencia de teoría relacionada con el fenómeno que se estudia, ya que de ello depende que se realice un análisis confirmatorio o exploratorio. Se recomienda ampliamente que se diseñen modelos

rivales o antagónicos, ya que no se ha comprobado por la teoría la existencia de un modelo adecuado; sin embargo, cuanto más complejo sea un modelo, mayor cantidad de rivales aparecerán.

Si el modelo tiene fundamento teóricos, la especificación es más fácil, dado que se evita un análisis de tipo exploratorio y se busca solamente definir las relaciones factoriales entre las variables (observables y latentes), así como las relaciones causales.

Una vez que se tenga especificado el modelo, habrá que traducirlo a un sistema de ecuaciones o de relaciones, según el paquete computacional que sea empleado, en el caso de EQS y AMOS se presentan en formato de texto y en AMOS gráfico, mediante representaciones gráficas.

2. Identificación del modelo:

Esta identificación permite preguntarse si existen valores únicos para cada parámetro; para ello se calcularán los grados de libertad de cada modelo que serán iguales al número de momentos distintos menos el número de parámetros distintos que estimar. Si los grados de libertad son superiores a cero, el modelo queda identificado. Si la función de discrepancia o de minimización converge hacia un mínimo, esto significa que todos los parámetros serán identificados.

3. Estimación de los parámetros:

Una vez que se ha identificado el modelo, la etapa siguiente consiste en saber en qué forma se van a presentar los datos que se deben analizar.

- Tipos de datos de entrada

Los distintos programas de computación utilizados habitualmente trabajan con datos originales, que consisten en una matriz de variables en columna y de casos en línea. También puede presentarse bajo forma de correlaciones o covarianzas entre las distintas variables observables. La matriz de correlaciones es muy utilizada como matriz de entrada de datos por su facilidad de manejo, pero es recomendable usar, la matriz de datos brutos, y así evitar la obtención de errores estándar que podrían ser erróneos con respecto a la teoría estadística clásica. Para facilitar la interpretación conviene utilizar la matriz de varianzas-covarianzas.

- Métodos de estimación de los parámetros

El proceso estima las varianzas y las covarianzas en cada iteración y en el momento final de la función de minimización o discrepancia, se calculará el ajuste y todos los estimadores. Ello significa que la matriz de covarianzas reproducidas y la matriz de covarianzas observables son próximas y por ello se ha llegado al mínimo. Si la matriz residual es próxima a cero (matriz observada-matriz reproducida = matriz residual), entonces se puede decir que el ajuste es bueno.

Según Loehlin (1987) hay tres métodos de estimación para calcular la Chi-cuadrada en los métodos de ecuaciones estructurales, el método de máxima verosimilitud (ML), el método de mínimos cuadrados generalizados (GLS) y el método de mínimos cuadrados no ponderados (ULS).

4. Ajuste del modelo:

El punto de partida sería comparar las matrices de covarianzas observadas (S) y la de covarianzas reproducidas (T), en el caso en que la matriz reproducida sea igual a la matriz observada, no habría diferencia entre las dos y se aceptaría la hipótesis que señala que $H_0: S = T$, se rechazaría la hipótesis alternativa H_1 .

Únicamente en este caso el modelo estaría perfectamente identificado y arrojaría un estadístico de la Chi-cuadrado de cero grados de libertad.

- Índice de la Chi-cuadrado

El valor final de la función de ajuste o de minimización constituye la medida de la Chi-cuadrado. Cuanto más bajo sea el valor absoluto de la chi-cuadrado en función de los grados de libertad mejor será el ajuste. Para que el modelo sea significativo el nivel de significación deberá ser superior al 0.05 ($1 - \alpha > 0.05$), lo que implicara que no existan diferencias estadísticamente significativas entre las matrices de covarianzas observada y la reproducida.

- Índice de bondad del ajuste (Goodness of Fit Index)

El índice de bondad de ajuste (GFI) es un índice de variabilidad y representa el grado general de ajuste del modelo. Joreskog y Sorbom presentaron este índice

en 1984 y establecieron que los valores corresponden a cero para un ajuste muy pobre y 1 para una juste perfecto; un ajuste aceptable tendría un índice próximo a 0.90, según ellos. Sin embargo, otros autores aceptan valores de 0.75 para este parámetro en análisis confirmatorios.

- Índice residual de la raíz cuadrada media (Root Mean Square Residual)
Este índice representa la raíz cuadrada de la media de los residuos cuadrados (RMSR), es decir, una media de los residuos entre las matrices observadas y las reproducidas. Si este índice fuera próximo a cero los errores entre matriz observada y la matriz reproducida serían muy bajos lo que significa que el ajuste es muy bueno.
- Índice de la raíz cuadrada media del error de la aproximación. (Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)
Este índice es una variante del índice anterior, el valor representa el índice de ajuste que se podría anticipar con el valor total de la población y no el de la muestra. Valores entre 0,05 y el 0,08 son muy aceptables como valores de ajuste del modelo.
- Parámetros de no centralidad absoluta y de no centralidad ponderada (Noncentrality and Scaled Noncentrality Parameters, NCP y SNCP)

Los parámetros de no centralidad son el fruto del trabajo de investigadores, que no deseaban ver afectado el estadístico de la Chi-cuadrado por el tamaño de la muestra.

Medidas de ajuste incrementales

Estos índices comparan el modelo analizado con un modelo de base comúnmente calificado de modelo nulo. A menudo, el modelo nulo corresponde al modelo especificado sin ninguna relación entre variables, aunque el modelo de medida queda planteado.

- Índice de bondad de ajuste ponderado (Adjusted Goodness of Index, AGFI)

Este índice constituye una extensión del índice de ajuste tradicional, ponderado por los grados de libertad del modelo presentado con respecto a los grados de libertad del modelo nulo. Se recomienda que para un buen ajuste este índice no sea inferior al 0.80.

- El índice de ajuste no normalizado (Non Normed Fit Index, NNFI)

Es un índice que compara el modelo presentado con el modelo nulo, los valores oscilan de cero a uno, se recomienda un valor superior al 0.80.

- El índice de ajuste normalizado (Normed Fit Index, NFI)

Es el índice más popular cuyos valores pueden oscilar entre cero y uno, y es un índice que se compara con el modelo nulo. El valor del índice sería aceptable si es superior a 0.80.

- El índice de ajuste comparativo (Comparative Fit Index, CFI)

Mide la mejora en la medición de la no centralidad de un modelo; la medida oscila entre cero para un modelo mal ajustado y 1 para un modelo bien ajustado.

Índices de ajuste de parsimonia

El propósito de estos índices es diagnosticar si existe sobre identificación de los datos y si existe presencia de demasiados parámetros. Estos índices desempeñarían el mismo papel que el R^2 en la regresión múltiple y son los siguientes:

- Criterio de información de Akaike (Akaike Information Criterion, AIC)

Es un índice comparativo entre modelos, y es calculado de la manera siguiente, donde p es el número de parámetros estimados por el modelo. Los valores próximos a cero indican un buen ajuste.

- Índice de ajuste parsimónico normalizado (Parsimonious Normed Fit Index, PNFI)

Este índice constituye una modificación del índice de ajuste normalizado establecido mediante el cociente de los grados de libertad de los dos modelos. Este índice se utiliza para comparar modelos alternativos. Los valores elevados del PNFI son mejores. Diferencias mínimas del 0,06 al 0,09 serían necesarias para indicar cambios sustanciales en los modelos.

- Índice de ajuste parsimónico (Parsimonious Goodness of Fit Index, PGFI)

Modifica el índice de bondad del ajuste. Este índice se basa en el equilibrio del modelo presentado o estimado sobre el número de variables observables y no sobre los grados de libertad. Los valores se establecen de cero a uno, los valores próximos a la unidad indican mayor equilibrio (parsimonia) del modelo.

- Chi-cuadrado normalizada (NCS)

Corresponde al estadístico de la chi-cuadrado dividido por los grados de libertad del modelo y presenta los mismos inconvenientes. Los modelos sobreidentificados tendrían un valor inferior a 1 y los modelos poco representativos valores superiores a 3 ó 5, lo que significaría que estos últimos deben ser mejorados.

- El N crítico de Hoelter

El índice de Hoelter muestra el tamaño máximo que la muestra debe alcanzar para que el ajuste del modelo sea aceptado.

- Medidas de ajuste en AMOS

El programa AMOS para análisis de estructuras de covarianzas presenta en las salidas ciertos índices de ajuste como lo son: Chi-cuadrado, RMR, GFI, AGFI, PGFI, NFI, RFI, IFI, TLI, CFI, NFI parsimónico, CFI parsimónico, NCP, Función de ajuste mínima, RMSEA, AIC, BCC, Criterio de información de Bayes, ECVI, MECVI, N crítico de hoelter, Byrne (2006).

5. Interpretación del modelo

Los modelos deben ser estudiados en función de cierto número de criterios. Una vez diseñado, conceptualizado y ejecutado el modelo, el primer análisis que se deberá llevar a cabo es el del ajuste. Si el ajuste es aceptable según los índices de ajuste ello significa que no hay diferencia estadísticamente significativa entre el modelo conceptualizado y el modelo teórico.

Después identificar si todos los estimadores del modelo son significativos. Si algunos de ellos no lo fueran, se podría suprimir la relación entre las variables latentes estando atentos a que esto no distorsione la teoría. Si después de una re-especificación del modelo quedara distinto a la teoría, el modelo no tendría capacidad de generalización y solamente tendría una validez puntual. Si hubiera varios modelos rivales se podría aceptar los que mejor ajuste tuvieran, aun cuando éstos no tuvieran una base teórica sólida.

AP. 3.3.6. Índice de fiabilidad Alpha Cronbach

El método de fiabilidad utilizado más comúnmente para la validación de cuestionarios o encuestas es el *Alpha de Cronbach*, el cual es un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y comprueba si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y podría llevarnos a conclusiones equivocadas o si es un instrumento fiable que hace mediciones consistentes sobre las métricas que se están buscando recopilar. La interpretación es que, cuanto más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad del

instrumento usado, valores mayores a 0.80 son exigidos en análisis de tipo confirmatorio.

AP. 3.3.7. Método de mitades partidas (split halves)

El método de mitades partidas se utiliza para calcular la confiabilidad de un instrumento de medición, el cual consiste en dividir el conjunto total de ítems en dos mitades equivalentes y comparar las puntuaciones de las dos mitades, éstas deben estar muy correlacionadas.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada

Anexo 2. Glosario de términos y abreviaturas

Anexo 3. Resultados de análisis de prueba KMO

Anexo 1. Encuesta para determinar los Factores Críticos que favorecen el Éxito de los programas Seis Sigma

El éxito de la aplicación de la metodología SIX SIGMA en diferentes empresas se debe a la presencia o ausencia de una serie de factores, y a la disponibilidad de materiales y apoyos proporcionados por los diferentes niveles de la estructura jerárquica. A continuación aparece una lista de preguntas genéricas, las cuales se subdividen en otras más específicas, las cuales solicitamos contestar de acuerdo a una **escala del 1 al 9**, según se indica a continuación y en función de la frecuencia en que se realizan.

1 Nunca	3 Esporádicamente	5 Frecuentemente	7 Muy frecuente o casi siempre	9 Siempre	2, 4, 6, 8 Valores intermedios
-------------------	-----------------------------	----------------------------	--	---------------------	--

1. En relación al compromiso y participación de la alta gerencia en la implementación de 6 Sigma.

¿La alta gerencia pide un reporte del progreso de mi proyecto 6 Sigma?	
¿Puedo pedir asistencia a la gerencia en caso de que encuentre problemas en mi proyecto 6 Sigma?	
¿La alta gerencia requiere de la participación de los departamentos para realizar proyectos 6 Sigma?	
¿La alta gerencia requiere que cada departamento reporte el progreso de los proyectos 6 Sigma?	
¿La alta gerencia asigna departamentos para realizar proyectos 6 Sigma específicos?	

2. En relación a la orientación de los proyectos de 6 Sigma y la estrategia de negocio basada en los requerimientos del cliente.

¿Mi proyecto 6 Sigma está relacionado con las demandas del cliente?	
¿Tengo conocimiento de los requerimientos del cliente que deben ser satisfechos?	
¿Los departamentos investigan regularmente las necesidades del cliente?	
¿Los departamentos revisan regularmente las quejas del cliente?	
¿La estrategia de los departamentos está basada en las necesidades y quejas del cliente?	

3. En relación a la implementación de una infraestructura 6 Sigma en la empresa.

¿La compañía cuenta con una infraestructura 6 Sigma interna (Champions, Master Black Belts y Black Belts)?	
¿Los Champions, Master Black Belts y Black Belts discuten el progreso de los proyectos 6 Sigma con los Gerentes responsables en varias ocasiones?	
¿La empresa ha asignado Champions, Master Black Belts y Black Belts para ser los responsables de ciertos departamentos?	
¿Champions, Master Black Belts y Black Belts mantienen reuniones regulares para discutir el progreso de 6 Sigma en la empresa?	
¿Los proyectos Green Belt son revisados regularmente por los Black Belt?	

4. En relación a la ejecución de los proyectos y al seguimiento de los resultados.

¿Debo reportar regularmente el avance de mi proyecto 6 Sigma?	
Después de que el proyecto 6 Sigma ha finalizado, ¿debo reportar los resultados de su implementación?	
¿Mi Gerente o Black Belt a cargo me cuestiona sobre la ejecución y progreso de mi proyecto 6 Sigma?	
¿Los Black Belt de la empresa difunden anualmente, mediante algún medio, los resultados obtenidos por proyectos 6 Sigma?	
Si un proyecto 6 Sigma está retrasado, ¿Él o ella debe presentar un reporte que explique el por qué?	

5. En relación con la inversión de recursos esenciales.

Si requiero la asistencia de mayor recurso humano para completar mi proyecto 6 Sigma, ¿mi Gerente o Supervisor me ayudaría a coordinarlo?	
Si se requiere la compra de equipo u otros artículos para la ejecución del proyecto 6 Sigma, ¿puedo solicitar aprobación de mi Gerente o Supervisor para obtenerlo?	
¿La empresa ajusta mi carga de trabajo diaria para asegurar que dispongo del tiempo suficiente para completar mi proyecto 6 Sigma?	
¿La empresa me permite trabajar tiempo extra para completar mi proyecto 6 Sigma si así se requiere?	
¿Mi Gerente o Supervisor me ayuda a obtener los recursos necesarios por mi proyecto 6 Sigma?	

6. En relación a la inversión en infraestructura de asesoramiento para proyectos 6 Sigma.

¿Los tutores o Black Belt definen horarios para asesorar proyectos 6 Sigma?	
¿Se asigna un Black Belt específicamente para el asesoramiento de proyectos 6 Sigma en mi departamento?	
Como Black o Green Belt ¿Identifico a cual Black Belt o Master Black Belt puedo	

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

solicitar ayuda si necesito asesoria?	
¿Los Black Belt apoyan analizando problemas que se pueden presentar en el desarrollo de proyectos 6 Sigma?	
¿Los instructores Black Belt usan diferentes ejemplos para asesorar en proyectos 6 Sigma?	

7. En relación a los incentivos y recompensas que se pueden aplicar para motivar la implementación de 6 Sigma.

¿Se realiza una ceremonia pública para dar a conocer la certificación de Black Belts o Green Belts?	
Cada año ¿Se realiza algún reconocimiento a Black Belts o Green Belts por sus proyectos?	
¿Los resultados obtenidos por proyectos 6 Sigma son considerados en tu revisión de desempeño?	
En caso de no terminar con mi proyecto 6 Sigma ¿Afectaría en la posible promoción a puestos superiores?	
¿Los resultados obtenidos en mi proyecto 6 Sigma pueden afectar aumentos o bonos anuales?	

8. En relación al análisis de datos que son fácilmente obtenidos.

¿Los datos necesarios para el análisis de mi proyecto 6 Sigma son obtenidos fácilmente?	
¿Puedo encontrar datos relevantes en las bases de datos de la empresa?	
¿Los datos obtenidos del trabajo diario son debidamente almacenados en algún medio?	
Cuando la información es necesaria pero no está disponible, ¿puedo solicitar ayuda al departamento de IT u otros miembros del proyecto 6 Sigma?	
¿Existen reglamentos establecidos para la preservación y confidencialidad de la información que debo seguir durante el desarrollo de un proyecto 6 Sigma?	

9. En relación a la atención prestada a los objetivos o metas de corto y largo plazo.

¿Mi proyecto 6 Sigma se relaciona con la metas a largo plazo del departamento (dos o más años)?	
¿Mi proyecto 6 Sigma se relaciona con la metas a corto plazo del departamento (Menos de un año)?	
¿Una de las principales consideraciones en la selección de un proyecto 6 Sigma es que pueda ser terminado fácilmente?	
¿Mi proyecto 6 Sigma está relacionado con mi trabajo diario?	
Después de la evaluación de un proyecto 6 Sigma propuesto, si éste es considerado benéfico y requiere de más de un año para realizarlo, ¿se ejecuta o lleva a cabo?	

10. En relación a la coordinación y administración del conocimiento.

Al seleccionar un proyecto 6 Sigma, ¿puedo consultar información de otros	
---	--

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

proyectos en algún sistema o base de datos administrador de conocimiento?	
¿El tema de mi proyecto está relacionado con otros proyectos 6 Sigma que están documentados en la base de datos de conocimiento?	
Si encuentro problemas con mi proyecto 6 Sigma, ¿puedo buscar explicaciones e información en el sistema o base de datos de conocimiento?	
Si encuentro problemas con mi proyecto 6 Sigma, ¿puedo pedir asistencia de otros colegas cuyos proyectos estén registrados en la base de datos de conocimiento?	
¿Información relativa a 6 Sigma puede ser encontrada en el sistema o base de datos de conocimiento?	

11. En relación al lineamiento de los proyectos de 6 Sigma y la estrategia de negocios que sigue la empresa.

¿Mi departamento da a conocer los estándares y la definición de su estrategia de negocio?	
Al seleccionar un proyecto 6 Sigma, ¿tomo en cuenta la estrategia de negocio de la empresa?	
¿Los directivos de mi departamento nos motivan a seleccionar proyectos que tienen relación con la estrategia de negocio de la empresa?	
¿Los Black Belts sugieren proyectos que están relacionados con la estrategia de negocio de la empresa?	
¿Los consejos por parte de la gerencia en relación a la dirección de proyectos 6 Sigma está relacionado con la estrategia de negocio de la empresa?	

12. En relación a la cooperación y comunicación.

¿Me reúno regularmente con los integrantes de mi proyecto 6 Sigma?	
¿Los integrantes de mi equipo son informados del progreso del proyecto?	
¿Los integrantes de mi equipo ayudan en la medición y obtención de información?	
¿Los integrantes de mi equipo participan activamente en las discusiones de proyectos 6 Sigma?	
Si se requiere asistencia por parte de los integrantes del equipo en relación a mejoras en el proyecto, ¿cada integrante estaría dispuesto a ayudar?	

13. En relación a la utilización de herramientas de 6 Sigma.

¿Utilizo herramientas 6 Sigma para determinar la base o raíz del problema?	
¿Mi proyecto 6 Sigma utiliza el proceso DMAIC?	
¿El análisis estadístico realizado en mi proyecto 6 Sigma identifica factores o problemas clave?	
¿Utilizo Excel y software de análisis estadístico para el análisis de los datos del proyecto?	
¿Utilizo gráficos y estadísticos para el análisis de la información del proyecto?	

14. En relación a la eficiencia del material didáctico en el auxilio del aprendizaje de 6 Sigma.

*Modelo de Factores Críticos de Éxito para el despliegue de proyectos
Seis Sigma en la Industria Maquiladora de Exportación*

¿Los instructores Black Belt me ayudan en el entendimiento de la filosofía y operación de 6 Sigma?	
¿Las explicaciones de los instructores Black Belt me ayudan para obtener respuestas a preguntas generadas durante entrenamiento 6 Sigma?	
Si tengo problemas con el análisis de mi proyecto, ¿puedo encontrar soluciones en el material de las clases 6 Sigma?	
¿Puedo usar el material del entrenamiento en mi trabajo diario, adicionalmente a solo para completar mi proyecto 6 Sigma?	
¿Logro entender las explicaciones dadas por el instructor en las sesiones del entrenamiento 6 Sigma?	

¡Gracias por su valiosa ayuda!

Le agradeceremos si nos proporciona la siguiente información para fines de la investigación, recuerde que sus respuestas serán tratadas con absoluta discreción. Los nombres de los individuos y los nombres de las empresas incluyendo sus productos y sus procesos, no se darán a conocer.

Puesto desempeñado:		
Antigüedad en el puesto:	()	0 – 2 años
	()	3 – 5 años
	()	6 – 10 años
	()	Más de 10 años
Sexo:	()	M
	()	F
Sector de la empresa:	()	Automotriz
	()	Electrónico
	()	Eléctrico
	()	Costura
	()	Médico
	()	Cupones
	()	Plástico
	()	Otros Especifique:
Tamaño de la empresa:	()	Hasta 1000 empleados
	()	1000 a 5000 empleados
	()	Más de 5000 empleados
Antigüedad de la empresa:	()	Hasta 5 años
	()	6 – 10 años
	()	Más de 10 años

Anexo 2. Glosario de términos y abreviaturas

AMAC: Asociación de Maquiladoras en Ciudad Juárez.

AMOS: Paquete de computación diseñado para el modelado de ecuaciones estructurales (Analysis of Moment Structures, por sus siglas en inglés).

Análisis de capacidad: Estudio de ingeniería encaminado a estimar la capacidad del proceso. La capacidad del proceso puede estimarse definiendo la forma de la distribución que sigue la variable en estudio y dando una medida del valor central (media) y de la dispersión (sigma).

Análisis de causa raíz: Es una metodología disciplinada que permite identificar las causas físicas, humanas y latentes de cualquier tipo de falla, reduce los costos del ciclo de vida útil del proceso, mejora la seguridad y la confiabilidad del negocio.

Análisis de causa y efecto: Es una de las diversas herramientas para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como es la calidad de los procesos, los productos y servicios.

ANOVA: Conjunto de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza esta particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

BB: Black Belt, especialista cinta negra.

Benchmarking: Proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones.

Cadena de valor: Modelo teórico que permite describir el desarrollo de las actividades de una organización empresarial.

Ciclo PDCA: Estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, Plan, Do, Check, Act (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

Clusters: Son concentraciones geográficas de empresas especializadas, cuya dinámica de interacción, explica el aumento de la productividad y la eficiencia, la reducción de costos de transacción y la aceleración del aprendizaje.

Control Estadístico de Procesos: Técnica de métodos estadísticos para obtener datos y análisis del proceso. SPC, por sus siglas en inglés (statistical process control)

Criterio Malcolm Baldrige: Es una herramienta para evaluar la gestión de la calidad total en la empresa, con unos criterios muy estrictos.

DPMO: Cálculo utilizado en Seis Sigma que indica el número de defectos en un proceso, procedimiento o servicio medido en el número de millones de oportunidades.

DPU: Defectos por unidad, es el número promedio de defectos observados en el muestreo de una población.

FCE: Factores Críticos de Éxito.

FMEA: Procedimiento en las operaciones de gestión para el análisis de los modos de fallos potenciales en un sistema de clasificación por gravedad o la determinación de los efectos de los fallos en el sistema.

Gauge R&R: Técnica de análisis de sistemas de medición que utiliza un análisis de varianza (ANOVA) modelo de efectos aleatorios para evaluar un sistema de medición.

GB: Green Belt, especialista cinta verde.

Gráficos de control: Técnica utilizada para detectar irregularidades en el proceso, que pueden resultar en la producción de unidades fuera de especificaciones.

IME: Industria Maquiladora de Exportación.

ISO9000: Conjunto de normas sobre calidad y gestión continua de calidad. Las normas recogen tanto el contenido mínimo, como las guías y herramientas específicas de implantación y los métodos de auditoría.

Ji Cuadrada: Distribución de probabilidad continua con un parámetro k que representa los grados de libertad de la variable aleatoria.

JIT: Justo a tiempo.

Kaizen: Estrategia o metodología de calidad en la empresa y en el trabajo, tanto individual como colectivo.

Kanban: Término utilizado en el mundo de la fabricación para identificar unas tarjetas que van unidas a los productos intermedios o finales de una línea de producción.

Manufactura esbelta: Conjunto de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

Mapeo de procesos: Es una forma fácil de entender el flujo de los procesos a todo el personal de la empresa.

Mejoramiento Continuo: Un proceso dentro de una empresa de creciente o incremental innovación focalizado y sustentable.

Planeación estratégica: Herramienta administrativa, que ayuda a centrar los esfuerzos de una organización en un fin común, con un enfoque hacia el futuro.

PPM: Partes por millón.

Prueba de hipótesis: Afirmación acerca de los parámetros de la población.

QFD: Sistema que busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar respuesta a las necesidades de los clientes.

Regresión lineal: Método matemático que muestra la relación entre una variable dependiente Y , las variables independientes X_i y un término aleatorio ϵ .

Siete herramientas básicas de calidad: Son herramientas para asegurar la calidad de un proceso, las cuales son:

1. Hoja de control (hoja de recolección de datos)
2. Histograma
3. Diagrama de Pareto
4. Diagrama de causa efecto
5. Estratificación (análisis por estratificación)
6. Diagrama de dispersión
7. Gráfica de control

SPSS: Paquete computacional de análisis estadístico y de tratamiento de datos (Statistical Package for the Social Sciences, por sus siglas en inglés)

T Student: Es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño.

TOC (teoría de las restricciones): Filosofía administrativa integral que utiliza los métodos usados por las ciencias puras para comprender y gestionar los sistemas con base humana (personas, organizaciones, etc.)

TQM: La gestión total de calidad (abreviada TQM, del inglés *Total Quality Management*) es una estrategia de gestión orientada a crear conciencia calidad en todos los procesos organizacionales. El TQM ha sido ampliamente utilizado en manufactura, educación, gobierno e industrias de servicio. Se le denomina “total” porque en ella se implica todo lo relacionado con la organización de la empresa y las personas que trabajan en ella.

YB: Yellow Belt, especialista cinta amarilla.

Anexo 3. Resultados del análisis efectuado en el software SPSS

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.945
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square
	1.755E4
	df
	2415
	Sig.
	.000

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	320	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	320	100.0

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.976	.976	70

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Part 1	Value	.954
		N of Items	35 ^a
	Part 2	Value	.962
		N of Items	35 ^b
Total N of Items		70	
Correlation Between Forms			.820
Spearman-Brown Coefficient	Equal Length		.901
	Unequal Length		.901
Guttman Split-Half Coefficient			.901