



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

# **T e s i s**

**Modelo administrativo para formular y desplegar  
proyectos para cambios rápidos (*quick changeover*)  
del sistema de manufactura esbelta**

**Que para obtener el grado de:**

**Doctor en Ciencias de la  
Administración**

**Presenta: Roberto Romero López**

**Comité Tutoral:**

**Tutor principal: Dr. Raúl Valdivieso Martínez**

**Tutor: Dr. Carlos Enrique Escobar Toledo**

**Tutor: Dr. Salvador Anacleto Noriega Morales**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## RESUMEN

En los ambientes actuales de manufactura, las empresas tienen que ser más competitivas para sobrevivir a la globalización de los mercados. Estas compañías desarrollan estrategias que tienen como objetivo ofrecer productos a bajo costo, con alta calidad y entregas a tiempo. El sistema de manufactura esbelta hace uso de diversas técnicas de manufactura con el objetivo de lograr estos propósitos, entre ellas el sistema SMED, una herramienta para la reducción de los tiempos de preparación del equipo o maquinaria. La implementación de este sistema en los procesos de producción permite a las empresas incrementar la flexibilidad de sus procesos. Sin embargo, existe evidencia tanto empírica como teórica que demuestran baja efectividad en los resultados obtenidos en el despliegue de proyectos SMED. En la revisión de la literatura se encontró una diversidad de factores críticos de éxito identificados en otras técnicas de manufactura que contribuyeron a mejorar sus resultados. Otra evidencia muestra la necesidad que existe de incluir los factores de tipo organizacional para el despliegue de proyectos SMED, debido a que este sistema sólo considera factores de tipo técnico. Se realizó un análisis factorial exploratorio para identificar los factores que influyen en el éxito de la implementación de proyectos SMED. La población bajo estudio fueron personas encargadas o que tienen experiencia en los procesos de cambio (preparación del equipo y maquinaria) en la industria maquiladora de exportación en Ciudad Juárez. Una vez obtenido el modelo exploratorio, se realizó el análisis factorial confirmatorio a través del modelado de ecuaciones estructurales. El resultado es un modelo administrativo para cambios rápidos que incluye los siguientes factores: conocimiento de la metodología, documentación o información, compromiso de todo el personal, acciones de mejora, plan de acción, reconocimiento de los empleados, declaración de propósitos de la empresa y uso de herramientas alternas; que son factores críticos de éxito que contribuyen a que las empresas alcancen el porcentaje de cumplimiento de la reducción de los tiempos de preparación.

## ABSTRACT

In today's manufacturing environments, companies need to be more competitive to survive globalization of the markets. These companies develop strategies that aim to offer products at low cost, with high quality and in time. Lean manufacturing is a philosophy that makes use of various manufacturing techniques aimed to achieve these purposes, among them is the SMED system; a tool to reduce setup times of equipment or machinery. The implementation of this system in production processes enables companies to increase the flexibility of their processes. However, there is empirical and theoretical evidence showing low effectiveness of the results obtained in the deployment of SMED projects. In the literature review found a variety of critical success factors identified in other manufacturing techniques have helped to improve their results. Other evidence shows the need that exists to include organizational factors for such projects in the deployment of SMED as this system considers only technical factors. We performed an exploratory factor analysis to identify factors that influence the successful implementation of SMED projects. The study aimed to persons in charge or persons that have experience in changeover processes (preparation of equipment and machinery) in the manufacturing industry in Ciudad Juarez. Once the exploratory model was conducted, the confirmatory factor analysis through structural equation modeling was performed. The result is an administrative model for changeover, including the following factors: Knowledge of the methodology, documentation or information, commitment of all personnel, actions for improvement, plan of action, recognition of employees, statement of purpose of the company and use alternative tools; that are critical success factors to help businesses achieve compliance increases and reduction in the percentage of current preparation times.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios nuestro Señor por la vida que me ha dado y que me ha permitido alcanzar esta meta en mi carrera profesional.

A ti Patty, por tu confianza que haz puesto siempre en mi y por tu apoyo incondicional en la realización de este proyecto.

Ariel y Yael mis dos grandes tesoros, porque con sus expresiones de amor y cariño, y por sus grandes logros que han alcanzado a su corta edad, han sido mi motivación para que día a día sea un ejemplo para ustedes.

A todos(as) mis amigos(as) y compañeros(as) que durante este proceso siempre me brindaron su amistad y compañerismo y que me alentaron a seguir adelante. También les agradezco a todos los contribuyeron en proporcionar información para obtener los resultados de esta investigación.

A mi comité de asesores: Dr. Salvador A. Noriega Morales, Dr. Raúl Valdivieso Martínez y Dr. Carlos E. Escobar Toledo, por sus sabios consejos y por guiarme durante estos años en la culminación de esta tesis.

Dr. Ricardo Varela Juárez y Dr. Alfonso Carlos Merino González, por su amplia contribución en la revisión final y evaluación de este trabajo de investigación.

# CONTENIDO

	Pág.
<b>Lista de figuras</b> .....	viii
<b>Lista de tablas</b> .....	x
 <b>Capítulo 1. Introducción</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Preguntas de investigación .....	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Hipótesis.....	8
1.4.1 Hipótesis general.....	8
1.4.2 Hipótesis particulares.....	8
1.5 Justificación.....	9
1.6 Alcance o delimitación.....	10
 <b>Capítulo 2. Marco teórico</b>	
2.1 Teoría de la estrategia competitiva.....	12
2.1.1 Análisis estructural de los sectores industriales.....	15
2.1.2 Estrategias competitivas genéricas.....	20
2.2 Factores críticos de éxito.....	22

2.2.1	FCE predominantes encontrados en la literatura.....	27
2.2.2	Factores organizacionales en el despliegue de proyectos de mejora...	32
2.3	Teoría de la flexibilidad en la manufactura.....	35
2.4	El sistema de manufactura esbelta.....	46
2.4.1	El pensamiento esbelto.....	49
2.5	Estrategias para cambios rápidos.....	51
2.5.1	El sistema SMED.....	54
2.5.2	Cambios de útiles con un solo toque (OTED).....	60
2.5.3	Cero preparaciones de máquinas .....	61
2.5.4	Metodología SMED-MTM .....	64
2.5.5	Metodología integrada SMED- IE .....	65
2.5.6	Metodología integrada SMED- 5 S .....	67
2.5.7	Metodología de diseño para cambios rápidos DFC.....	68
2.6	Modelo conceptual propuesto .....	70

### **Capítulo 3. Metodología**

3.1	Características de la investigación.....	73
3.1.1	Clasificación de la investigación.....	73
3.1.2	Sujetos de investigación.....	73
3.2	Medios.....	74
3.3	Método.....	75
3.3.1	Determinación de factores críticos de éxito en la Literatura.....	75
3.3.2	Diseño y validación del cuestionario.....	76

3.3.3	Aplicación del cuestionario al personal de la industria maquiladora de exportación.....	79
3.3.4	Captura de la información en el paquete de computo estadístico SPSS.....	79
3.3.5	Uso de la técnica de análisis factorial .....	80
3.3.6	Determinación de los factores significativos.....	80
3.3.7	Especificación del modelo .....	81
3.3.8	Identificación del modelo .....	81
3.3.9	Estimación de los parámetros.....	82
3.3.10	Ajuste del modelo .....	82
3.3.11	Reespecificación del modelo .....	83

#### **Capítulo 4. Resultados**

4.1	Confiabilidad del instrumento de medición.....	84
4.2	Análisis estadístico descriptivo.....	85
4.3	Análisis factorial.....	92
4.4	El modelo de ecuaciones estructurales.....	104
4.4.1	Especificación del modelo.....	106
4.4.2	Identificación del modelo.....	111
4.4.3	Estimación de los parámetros.....	113
4.4.4	Evaluación del ajuste.....	113
4.4.5	Interpretación del modelo.....	117



**Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones**

5.1 Conclusiones.....	118
5.2 Recomendaciones.....	120
<b>Anexos</b> .....	122
<b>Referencias</b> .....	161

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1 Círculo de la estrategia competitiva.....	13
Figura 2.2 Contexto en el cual se formula la estrategia competitiva.....	14
Figura 2.3 Fuerzas que mueven la competencia en un sector industrial.....	16
Figura 2.4 Las tres estrategias genéricas.....	22
Figura 2.5 Técnicas para la identificación de los FCE propuestas por Leidecker.....	25
Figura 2.6 Proporción de soluciones basadas en aspectos organizativos.....	32
Figura 2.7 Las “4Ps” de cambios rápidos.....	34
Figura 2.8 Modelo conceptual de la flexibilidad.....	37
Figura 2.9 Modelo para la flexibilidad.....	42
Figura 2.10 El embudo de la flexibilidad.....	45
Figura 2.11 Un modelo de manufactura esbelta.....	49
Figura 2.12 Tiempos requeridos para la realización de un cambio.....	53
Figura 2.13 Visión general del sistema SMED.....	57
Figura 2.14 Desarrollo de mejoras hacia el cero cambio de útiles.....	62
Figura 2.15 Metodología integrada para la mejora de los tiempos de preparación.....	65
Figura 2.16 Integración para la reducción de procesos de preparación.....	66
Figura 2.17 Metodología integrada SMED – 5”S”.....	67
Figura 2.18 Diagrama de flujo del diseño para el proceso de cambios rápidos.....	69
Figura 2.19 Modelo conceptual.....	71
Figura 3.1 Diagrama de flujo de la metodología propuesta.....	75
Figura 3.2 Hoja de captura de datos en SPSS.....	80

Figura 4.1 Porcentaje de cumplimiento de los objetivos en la reducción de los tiempos de preparación.....	87
Figura 4.2 Gráfico de sedimentación.....	95
Figura 4.3 Factores y variables observadas.....	105
Figura 4.4 Modelo estructural.....	107
Figura 4.5 Modelo de medición de la variable latente exógena.....	108
Figura 4.6 Modelo de medición de las variables latentes endógenas.....	110
Figura 4.7 Modelo de ecuaciones estructurales propuesto.....	112
Figura A-1 Clasificación de las técnicas multivariantes.....	126

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1 Factores críticos de éxito predominantes.....	28
Tabla 2.2 Factores críticos de éxito encontrados en proyectos de mejora.....	29
Tabla 2.3 Factores organizacionales.....	35
Tabla 2.4 Complementariedad entre reducción de incertidumbre y adaptación.....	40
Tabla 2.5 Dominio de la flexibilidad de la manufactura.....	44
Tabla 2.6 Pasos en un proceso de preparación de máquinas.....	56
Tabla 2.7 Técnicas prácticas del sistema SMED. ....	59
Tabla 4.1 Confiabilidad del cuestionario.....	84
Tabla 4.2 Pregunta eliminada del análisis estadístico.....	85
Tabla 4.3 Estadísticos descriptivos del porcentaje de cumplimiento de los objetivos.....	88
Tabla 4.4 Uso de técnicas para cambios rápidos.....	89
Tabla 4.5 Porcentaje de personas que opinan sobre los resultados obtenidos de la aplicación de alguna técnica de cambios rápidos.....	90
Tabla 4.6 Giro de las empresas en donde laboran las personas encuestadas.....	91
Tabla 4.7 Tamaño de las empresas en donde laboran las personas encuestadas.....	92
Tabla 4.8 Prueba de KMO y de esfericidad de Bartlett.....	93
Tabla 4.9 Porcentajes de varianza explicada.....	94
Tabla 4.10 Matriz de componentes.....	96
Tabla 4.11 Comunalidades de las variables.....	97
Tabla 4.12 Matriz de transformación de los factores.....	99
Tabla 4.13 Matriz de factores rotados.....	100
Tabla 4.14 Variables que conforman el primer factor.....	101

Tabla 4.15 Variables que conforman el segundo factor.....	101
Tabla 4.16 Variables que conforman el tercer factor.....	101
Tabla 4.17 Variables que conforman el cuarto factor.....	102
Tabla 4.18 Variables que conforman el quinto factor.....	103
Tabla 4.19 Variables que conforman el sexto factor.....	103
Tabla 4.20 Variables que conforman el séptimo factor.....	104
Tabla 4.21 Variables que conforman el octavo factor.....	104
Tabla 4.22 Cálculo del número de grados de libertad.....	113
Tabla 4.23 Estimación de los pesos o cargas factoriales no estandarizados.....	114
Tabla 4.24 Estimación de las varianzas no estandarizadas.....	115
Tabla 4.25 Índices de ajustes del modelo.....	117
Tabla A-1 Interpretación del valor de KMO.....	131

# CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los antecedentes del proyecto, se describe el problema, se exponen los objetivos, las hipótesis y la justificación del proyecto, para terminar en la exposición de la delimitación.

## 1.1 Antecedentes

La globalización de los mercados así como las tecnologías emergentes han impactado a las industrias manufactureras de todo el mundo, lo que ha propiciado un escenario en donde la competencia es cada vez mayor (Achanga, Shehab, Roy, & Nelder, 2006). Una filosofía de manufactura que muchos negocios han adoptado como una estrategia de competitividad es la manufactura esbelta (*Lean Manufacturing*); esta filosofía tiene como principal objetivo la reducción de costos, eliminando las operaciones que no agregan valor al producto, como lo es el tiempo de preparación. Otro paradigma o modelo de manufactura es la personalización en masa (*Mass Customization*) que exige niveles altos de flexibilidad en los procesos de producción (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007).

La manufactura esbelta (ME) es una de las estrategias para la fabricación que se ha venido adoptando para aumentar la competitividad, dada la creciente intensidad de la rivalidad por los mercados. Su principal objetivo es la reducción de costos, eliminando las operaciones que no agregan valor al producto. La ME hace uso de herramientas del sistema de producción Toyota, entre ellas la metodología SMED (*Single Minute Exchange of Die*) cuyo propósito es la reducción del tiempo de preparación.

Las preparaciones del equipo y maquinaria son inevitables en todo proceso de fabricación en los que se produzca más de un producto, además de ser indeseables, porque consumen parte del tiempo de producción y no agregan valor al producto. El sistema SMED desarrollado por Shingo (1985) es la primera técnica conocida para realizar los cambios rápidos (*quick changeover's*) y tiene que ver precisamente con la reducción de los tiempos de preparación, permitiendo así, utilizar el tiempo de producción únicamente a operaciones que agregan valor al producto.

McIntosh, Culley, Gest, Mileham, y Owen (1996), definen al tiempo de preparación como el tiempo que dura el proceso completo de cambio entre la manufactura de un producto y la manufactura alterna de otro producto. Los tiempos excesivos en el proceso de cambio son considerados dentro de los ambientes de manufactura como un desperdicio, algo que no agrega valor al producto y que no permite a las empresas ser competitivas.

Cuando los tiempos de preparación del equipo o maquinaria son más rápidos se pueden obtener numerosos beneficios como la producción de lotes de tamaño más pequeño, incluyendo costos de producción más bajos, una capacidad efectiva más alta, y una gran flexibilidad en el proceso, la cual es una variable crítica en la respuesta al mercado ya que permite una variedad de productos más amplia.

Como se puede deducir, la reducción del tiempo de preparación es importante en los ambientes de manufactura en los que se requiere una diversificación amplia de productos y bajos niveles de producción, es decir, una mayor flexibilidad en los procesos; sin embargo, hay evidencia tanto teórica como práctica que indica que en los proyectos de SMED

implementados no se obtienen los resultados esperados; por lo anterior, surge la necesidad de esta investigación, para generar un modelo administrativo que permita incrementar la efectividad en los proyectos de cambios rápidos, determinando a los factores críticos de éxito (FCE) que contribuyen a alcanzar los objetivos y discriminando a los que no contribuyen.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La globalización de los mercados ha exigido a los diferentes tipos de empresas contar con una mayor flexibilidad en sus procesos y una rápida respuesta a los clientes. Gest, Culley, McIntosh, Mileham y Owen (1994) mencionan que los clientes constantemente demandan un incremento en la diversificación de productos a bajo costo y con pequeños lotes de producción, lo que ha llegado a ser normal en diversos sectores industriales.

Para cumplir con estos requisitos, las empresas deben contar con procesos más flexibles en donde los tiempos de preparación para cambiar de un producto a otro sean mínimos. Este objetivo de reducción de los tiempos de cambio es considerado por muchas empresas como una estrategia de competitividad. Para esto, se han desarrollado diferentes metodologías enfocadas a la reducción de los tiempos de preparación también llamadas técnicas para cambios rápidos, de las cuales la más utilizada es el sistema SMED desarrollada por el Dr. Shigeo Shingo. Este sistema tiene como objetivo reducir hasta el 90% del tiempo de la preparación.



Sin embargo, existe evidencia tanto empírica como teórica referente a la baja efectividad de la implementación de los proyectos de manufactura esbelta, específicamente en los resultados obtenidos en las aplicaciones de la técnica SMED, los cuales son menores que los planeados, como se explica en los siguientes párrafos.

En lo que se refiere a la parte empírica, de acuerdo con mi experiencia académica y del ejercicio profesional, en diferentes proyectos en los que participé como asesor en la implementación de la técnica SMED no se alcanzaron los objetivos planteados (Escobar & Romero, 2008; Murrieta & Romero, 2001; Ramos & Romero, 2001), asimismo, la experiencia de ingenieros dedicados a la implementación de esta técnica, en general, comentan que los resultados obtenidos no han sido aceptables, es decir, no se alcanzan los porcentajes de reducción de los tiempos de preparación que fueron planteados al inicio del despliegue de los proyectos de cambios rápidos.

En lo que corresponde a la parte teórica, Moxham y Greatbanks (2001) mencionan que la técnica SMED desarrollada por Shingo carece de una serie de prerequisites a los que llama SMED-ZERO. Estos prerequisites son clasificados en cuatro importantes áreas como lo son: enfoque de trabajo en equipo, controles visuales en la fábrica, mediciones del desempeño y la aplicación de *Kaizen*; los cuales contribuyen a incrementar la efectividad en la implementación de la técnica SMED.

Por otra parte, McIntosh, Culley, Mileham y Owen (2000) hacen una evaluación crítica de la metodología SMED argumentando que no promueve suficientemente opciones

de mejora, específicamente aquellas relacionadas con la reducción o eliminación de operaciones requeridas para la preparación de los equipos y maquinaria.

Patel, Dale y Shaw (2001) Patel (2001) reportan que para la reducción de los tiempos de preparación y métodos de prueba de errores, los FCE relacionados con el incremento en la efectividad en la implementación de la técnica SMED son: revisión y auditoría de los métodos existentes, la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés), entrenamiento de los operadores en nuevos procedimientos de preparación de equipo y maquinaria, participación de los empleados, participación de la administración y entendimiento del análisis costo-beneficio.

Asimismo, Patel *et als.* (2001) comentan que en diferentes casos de estudios que tienen que ver con la implantación de la metodología SMED los autores se han enfocado en los factores de tipo técnico y le han dado poca importancia a las personas y aspectos culturales, lo que desde mi punto de vista es un error, debido a que el factor humano juega un papel primordial en la implantación de cualquier proyecto de mejora, y esto queda demostrado en las conclusiones finales dadas por Patel en donde menciona que una de las principales barreras para la implementación de la metodología para cambios rápidos es la resistencia al cambio por parte de los administradores y de los operadores.

McIntosh *et als.* (1996), hacen un análisis de los casos de estudio realizados por Shingo, en donde muestran que un 36 % de las soluciones tuvieron que ver con aspectos organizacionales, y finalmente Reik, McIntosh, Culley, Mileham y Owen (2006a)

mencionan que en las actividades necesarias para realizar los cambios rápidos influye tanto el diseño del equipo como la organización.

En vista de las consideraciones comentadas, la metodología SMED tiene como propósito incrementar la capacidad efectiva de un proceso, sin embargo ésta ha sido criticada por no ofrecer opciones de mejora. Asimismo, aunque se han desarrollado otras técnicas para cambios rápidos a partir de ésta metodología o la integración con otras técnicas ya existentes (por ejemplo 5 “S”), no se han considerado factores de tipo organizacional como lo son: el compromiso en todos los niveles de la organización, participación de todos los involucrados en el proyecto, falta de establecimiento de políticas organizacionales y de calidad, entre otros, dentro de la metodología del sistema SMED.

### **1.2.1 Preguntas de investigación**

**¿Por qué esta investigación?** Porque se requiere de un modelo administrativo para mejorar la efectividad en la implementación de los proyectos de cambios rápidos que incluya factores de tipo organizacional y no sólo factores de tipo técnico. Para esto se tomará como referencia a la industria maquiladora de exportación (IME) en Ciudad Juárez.

### **Formulación de otras preguntas de investigación**

¿Qué IME “conocen” o “identifican” la técnica SMED?, ¿qué otras técnicas para la reducción de los tiempos de preparación están utilizando?, ¿qué FCE contribuyen en la efectividad de la implementación de proyectos de cambios rápidos?, ¿en qué porcentaje contribuye cada FCE en la reducción de los tiempos de preparación?, ¿la motivación del empleado y la participación de la administración en la implementación de proyectos para

cambios rápidos, incrementan su efectividad?, ¿el uso del Kaizen en la implementación de proyectos para cambios rápidos contribuye a incrementar su efectividad?

### **1.3 Objetivos**

Los objetivos, tanto el general como los específicos, que se plantean en este trabajo de investigación buscan desarrollar un modelo para incrementar la efectividad en la implementación de proyectos para cambios rápidos y se exponen en los siguientes apartados.

#### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un modelo administrativo que incluya factores críticos de éxito para implementar efectivamente proyectos de cambios rápidos.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información sobre la industria maquiladora de exportación (IME) establecida en Ciudad Juárez
- Determinar cuáles de estas empresas han implementado técnicas para cambios rápidos en sus procesos.
- Determinar las diferentes técnicas utilizadas para la reducción de los tiempos de preparación en la IME.
- Identificar los FCE que contribuyeron en la efectividad de la implementación de la técnica para cambios rápidos SMED.

- Usar técnicas de análisis multivariante para identificar factores que contribuyen al éxito de proyectos de cambios rápidos.
- Hacer una búsqueda bibliográfica sobre los modelos para la reducción de los tiempos de preparación.

## **1.4 Hipótesis**

Los supuestos por comprobar se formularon de acuerdo con la revisión bibliográfica que se ha realizado sobre este tema, así como de la experiencia académica y de expertos en la implementación de proyectos para cambios rápidos, siendo los siguientes.

### **1.4.1 Hipótesis general**

**H<sub>1</sub>: El modelo propuesto incrementa la efectividad en la implementación de proyectos para cambios rápidos.** La inclusión de FCE en el modelo propuesto reduce, en mayor porcentaje, los tiempos de preparación con respecto a los resultados obtenidos con la implementación de las técnicas para cambios rápidos, logrando así incrementar la efectividad en el despliegue de este tipo de proyectos.

### **1.4.2 Hipótesis particulares**

Las hipótesis particulares de esta investigación se muestran a continuación.

**H<sub>2</sub>: El modelo propuesto incluye FCE que mejoran los resultados de las técnicas para cambios rápidos.** Las actuales técnicas para cambios rápidos no consideran a los factores

críticos de éxito para su implementación, por lo que al incluirlos, los tiempos de preparación se verán reducidos.

**H<sub>3</sub>: El modelo propuesto es genérico y puede adaptarse a las nuevas tecnologías.** El modelo propuesto considera factores de tipo organizacional que contribuyen al incremento en la efectividad de las técnicas para cambios rápidos sin importar el tipo de tecnología usada.

## **1.5 Justificación**

A medida que la competencia aumenta, las empresas buscan diferentes caminos para encontrar una ventaja competitiva en el mercado (Cakmakei & Karasu, 2007). El personal responsable de las organizaciones ha aprendido a identificar y eliminar los desperdicios, incrementando tanto la calidad como la producción (Spann, Adams, Rahman, Czarneeki, & Schroer, 1999). Asimismo, los clientes cada vez exigen mejor calidad, entregas rápidas de pedidos y precios razonables.

Ante esta situación, la manufactura esbelta tiene la habilidad para responder a estas demandas de los clientes, mejorando la flexibilidad de los procesos, produciendo en pequeños lotes y adecuando los cambios rápidos a las demandas del mercado. Spann et al. (1999) mencionan que los cambios rápidos son una técnica fundamental para alcanzar la producción justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés) y lograr de esta manera, los aspectos de calidad, flexibilidad y una rápida respuesta a los clientes.

Shingo (1993) desarrolló una metodología para realizar cambios rápidos llamada SMED, esta metodología tiene como objetivo reducir los tiempos de preparación que requieren demasiadas horas, a menos de 10 minutos. Esta reducción de tiempo representa en muchos procesos el 50 % del tiempo total de operación (Sadiq & Landers, 1991); sin embargo, existen casos de estudio encontrados en los que la efectividad alcanzada en la implementación de los proyectos SMED es baja, es decir, los objetivos planteados con respecto a la reducción de los tiempos de preparación no se cumplen; asimismo, es importante mencionar que la metodología SMED no siempre es un camino hacia el mejoramiento continuo (McIntosh et al., 2000).

Como se puede deducir de estas citas, la teoría actual no posee el poder explicativo para identificar los mecanismos que permitan administrar con efectividad los proyectos de cambios rápidos, además de no considerar dentro de las diversas metodologías a los FCE. Esta es la contribución teórica más importante, aunque también hay que señalar que es pertinente, además de necesario, un modelo que le permita a las empresas desplegar efectivamente proyectos para cambios rápidos, para contar con procesos más flexibles que les dará una ventaja competitiva en un mercado globalizado.

## **1.6 Alcance o delimitación**

El alcance de la presente investigación contempla el desarrollo de un modelo administrativo que incluya FCE identificados tanto en la literatura como en la industria maquiladora de exportación en Ciudad Juárez, en el sector automotriz, con lo que se verá incrementada la efectividad en la implementación de proyectos para cambios rápidos.

El modelo por desarrollar toma como referencia los modelos propuestos por Shingo, 1985; Sekine y Arai, 1993; Moxham et al., 2001; Van Goubergen y Van Landeghem, 2002; y Perinic, Ikonic, y Maricic, 2009; asimismo, considera FCE identificados en otras técnicas de mejora que inciden en la efectividad de los resultados.



## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se presentan diferentes teorías en las que se respalda esta investigación, iniciando con la teoría de la estrategia competitiva, para luego continuar con los factores críticos de éxito, la teoría de la flexibilidad, los sistemas de manufactura esbelta y pensamiento esbelto, las estrategias para cambios rápidos y finalmente se propone un modelo conceptual para el despliegue efectivo de proyectos para cambios rápidos.

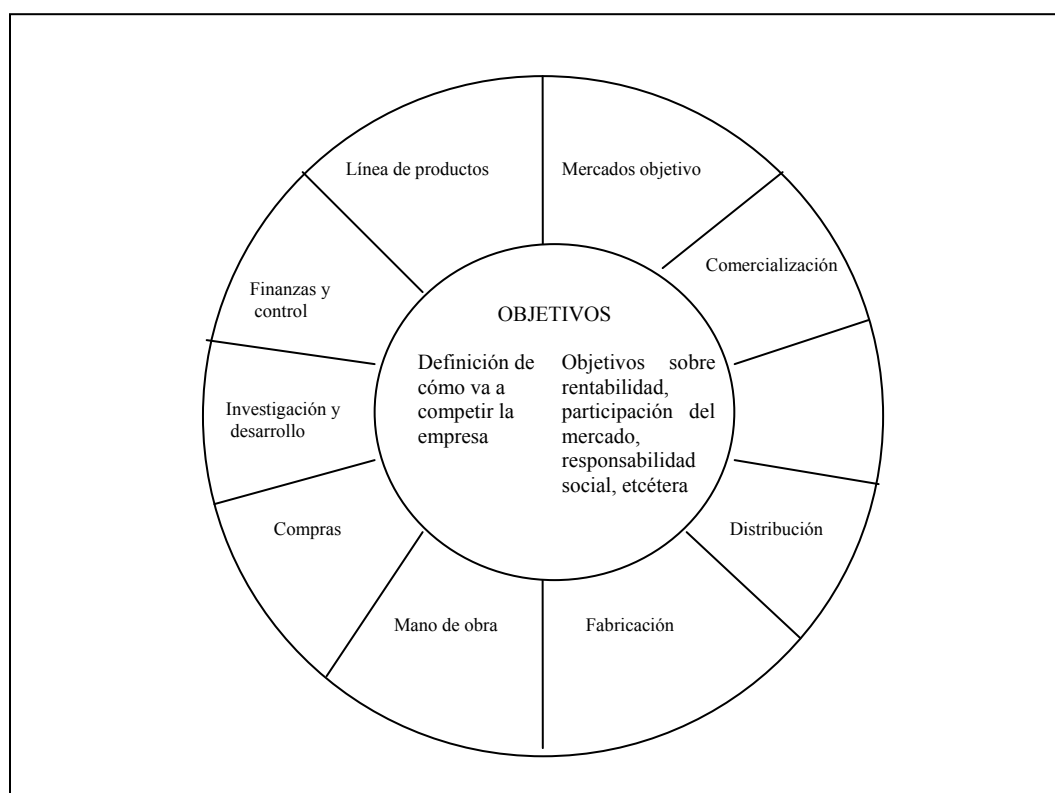
### **2.1 Teoría de la estrategia competitiva**

En los ambientes industriales actuales la competencia se ha intensificado, la rivalidad obliga al desarrollo de estrategias que permitan crear y desarrollar las capacidades y competencias tecnológicas para aprovechar las oportunidades del mercado. El crecimiento y desarrollo solo son posibles con el despliegue de estrategias correctas. Para este propósito se describe en esta sección uno de los modelos de estrategias más aceptado.

Según Porter (1998), una estrategia competitiva es una fórmula que las empresas deben de desarrollar para saber de qué forma van a competir en el mercado, así como plantear sus objetivos y definir las políticas necesarias para alcanzarlos.

En la figura 2.1 se presenta lo que Porter llamó el “círculo de la estrategia competitiva”. Aquí se observa la combinación que se da entre las metas de una empresa y las políticas que usa para alcanzarlas; esta combinación es precisamente la estrategia competitiva.

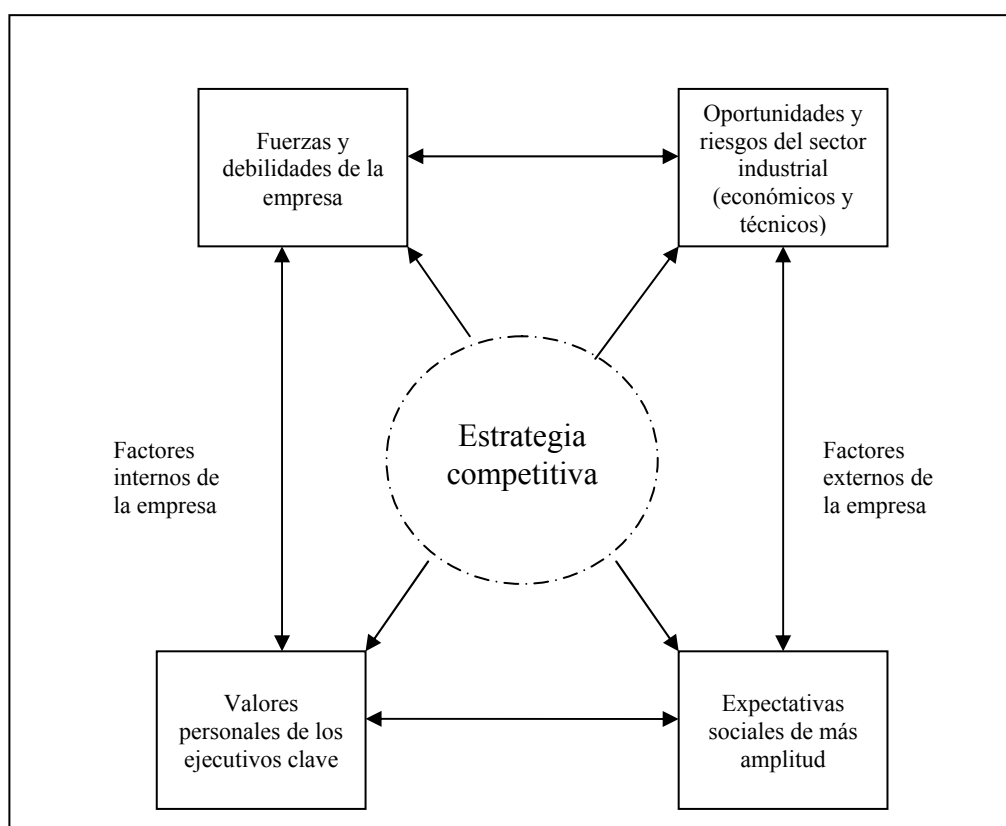
Por otra parte, Porter (1998) muestra en un contexto diferente cómo se puede visualizar la estrategia competitiva. Esto a través del involucramiento de los siguientes cuatro factores clave: fuerzas y debilidades de la empresa, valores personales de los ejecutivos clave, oportunidades y riesgos del sector industrial y expectativas sociales de más amplitud; los cuales determinan los límites de lo que una compañía puede lograr con éxito como se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.1 Círculo de la estrategia competitiva. Fuente: Porter (1998, p. 16)**

Los puntos fuertes y débiles de una empresa se conforman por su perfil de activos y habilidades con relación a sus competidores, incluyendo recursos financieros, posición tecnológica, identificación de marcas, etc., que al combinarse con los valores determinan a los límites internos de una empresa para la adopción exitosa de una estrategia competitiva.

Con lo que respecta a los límites externos, estos son determinados por su industria y el entorno. Las oportunidades y amenazas del sector industrial definen el ambiente competitivo, con sus riesgos conjuntos y beneficios potenciales. Las expectativas de la sociedad reflejan el impacto sobre factores tales como la política gubernamental, intereses sociales, costumbres que emergen y otros muchos más. Porter (1998) menciona que estos cuatro factores deben ser considerados antes de que la empresa pueda desarrollar un conjunto de objetivos y políticas realizables.



**Figura 2.2 Contexto en el cual se formula la estrategia competitiva. Fuente: Porter (1998, p. 17)**

En las condiciones actuales, dada la intensa rivalidad, las empresas compiten desarrollando capacidades tecnológicas clave, que les proporcionan ventajas sobre sus competidores, por tanto, el mejoramiento de los tiempos de preparación ha venido

adquiriendo una dimensión estratégica y será conveniente integrar las técnicas para la reducción de tiempos de preparación a la estrategia de manufactura y esto, en lo general, constituye un problema teórico importante.

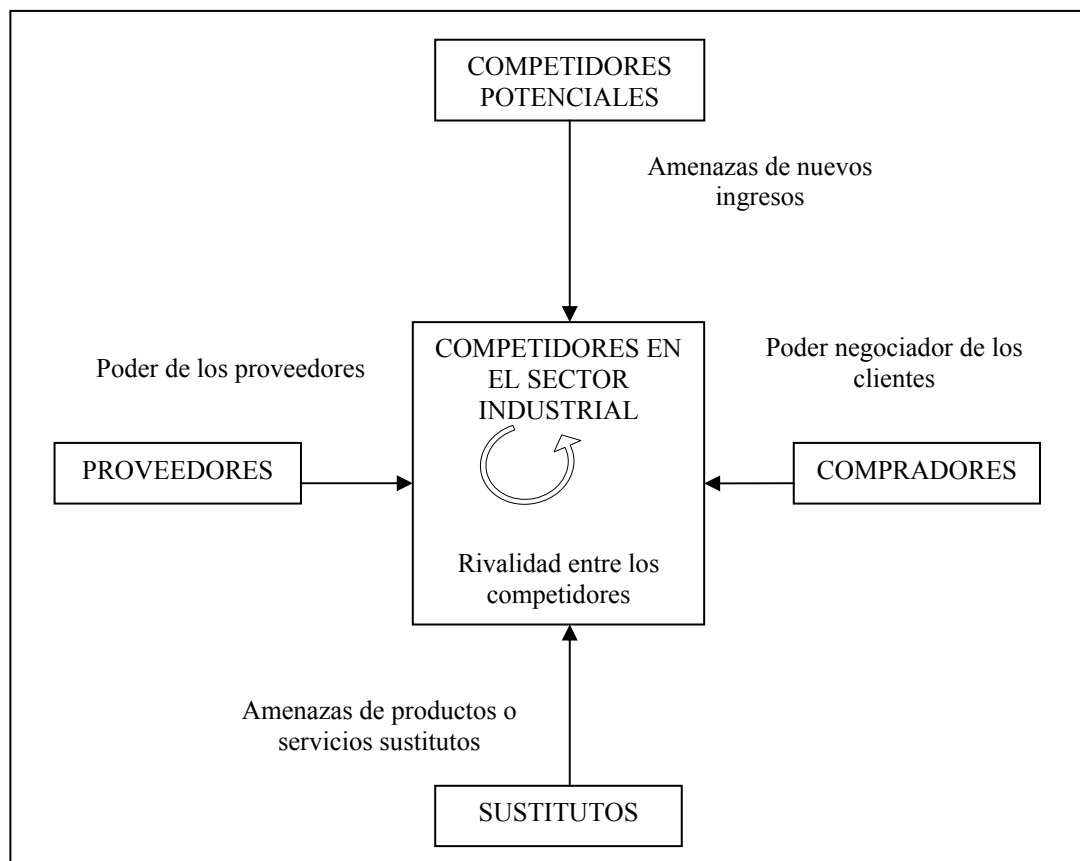
En la siguiente sección se menciona el análisis estructural que la empresa deberá hacer para la formulación de su estrategia competitiva, es muy importante que la empresa estudie al sector industrial en el cual compite.

### **2.1.1 Análisis estructural de los sectores industriales**

Porter (1998) menciona que la esencia de una estrategia competitiva está en la relación que tiene la empresa con su entorno para saber qué sector o sectores industriales son sus competidores. Esta competencia tiene sus raíces en su estructura económica fundamental y va más allá del comportamiento que pudieran tener los competidores actuales. En la figura 2.3 se muestran las cinco fuerzas competitivas básicas de las que depende un sector industrial. En su conjunto, estas fuerzas determinan la rentabilidad potencial en el sector industrial, en donde el potencial de utilidades se mide en términos del rendimiento a largo plazo del capital invertido.

El objetivo de toda empresa que desarrolla una estrategia competitiva dentro de un sector industrial, es encontrar una posición dentro de estos sectores que le permita enfrentar de una mejor manera a las fuerzas competitivas o inclinarlas a su favor. Si se conocen las fuentes subyacentes de las fuerzas estratégicas, se podrá identificar los puntos fuertes y débiles de la empresa, reforzar su posición competitiva en su sector industrial, conocer las áreas en donde los cambios de estrategia pueden producir los mejores

resultados y finalmente encontrar las áreas en donde las tendencias del sector industrial prometen tener la máxima importancia, sea como oportunidades o como amenazas.



**Figura 2.3 Fuerzas que mueven la competencia en un sector industrial. Fuente: Porter (1998, p. 24)**

Las cinco fuerzas competitivas antes mencionadas reflejan el hecho de que la competencia en cualquier sector industrial no solo tiene que ser con los simples competidores, es decir, los clientes, proveedores sustitutos y competidores potenciales también son “competidores” y pueden ser de mayor o menor importancia, dependiendo de las circunstancias particulares.

Las cinco fuerzas competitivas en su conjunto determinan la intensidad competitiva así como la rentabilidad de un sector industrial, y la fuerza o fuerzas más poderosas son las que gobiernan y resultan cruciales desde el punto de vista de la formulación de la estrategia competitiva de una empresa. Estas cinco fuerzas se describen a continuación.

- **Amenaza de ingreso.** La creación de nuevas empresas dentro de un sector industrial aportan capacidad adicional, el deseo de obtener una participación en el mercado y, con frecuencia, recursos sustanciales; lo que provoca que las empresas ya existentes tengan que disminuir sus precios y por lo tanto ver reducida su rentabilidad. La fortaleza de esta amenaza de ingreso dependerá de las barreras para el ingreso con las que cuenten los competidores existentes.

Aunque la tecnología genérica está disponible, los procedimientos para la reducción de los tiempos de preparación se desarrollan internamente y las empresas líderes en las técnicas para la reducción de estos tiempos, constituyen barreras para la entrada al desarrollar estos procedimientos.

- **Intensidad de la rivalidad entre los competidores existentes.** La competencia entre las empresas existentes en un sector industrial da origen a generar tácticas o estrategias de competitividad como lo son: precios bajos, batallas publicitarias, introducción al mercado de nuevos productos e incrementos en el servicio al cliente o aspectos que tienen que ver con la garantía del producto. Esta competencia se presenta porque uno o más de los competidores sienten la presión o ven la oportunidad de mejorar su posición dentro de un sector industrial.

El mejoramiento del nivel de servicio, la entrega expedita del producto y la amplitud de líneas de productos son efectos de la flexibilidad del proceso de producción, y como el tiempo de preparación es un factor importante de la flexibilidad, las técnicas para reducir estos tiempos son una fuente de ventaja competitiva.

- **Presión de productos sustitutos.** Cualquier empresa dentro de un sector industrial va a competir, en un sentido general, con empresas que producen artículos sustitutos, es decir, aquellos productos que desempeñan la misma función. Los productos sustitutos que merecen la mayor atención son aquellos que están sujetos a tendencias que mejoran su desempeño y precio contra el producto del sector industrial o los productos por sectores que obtienen elevados rendimientos.

- **Poder negociador de los compradores.** En un sector industrial los compradores juegan un papel importante debido a que contribuyen forzando la baja de precios, negociando por una calidad superior o exigiendo más servicios, haciendo de esta manera que los competidores compitan entre ellos, todo a expensas de lo rentable de la empresa.

Una estrategia de ventas, es la entrega puntual al cliente; una mejor calidad, así como una amplia diversificación del producto puede lograrse con la reducción o eliminación de los tiempos de preparación dentro del proceso de producción, de aquí la importancia que tienen las técnicas para la reducción de los tiempos de preparación, pero a la vez la necesidad de mejorar la efectividad en los resultados de la implementación de estas técnicas.

- **Poder de negociación de los proveedores.** Los proveedores tienen un poder de negociación sobre las empresas amenazando con elevar los precios o reducir la calidad de los productos o servicios. Este poder de los proveedores puede crecer si son pocas las empresas que proveen un determinado producto, que las empresas que compran no sean importantes para los proveedores, que el producto que vendan sea un insumo importante para la empresa, entre otros. Los proveedores poderosos pueden así exprimir los beneficios de un sector industrial incapaz de repercutir los aumentos de costo con sus propios precios.

En el caso de los proveedores de tecnología de algunos procesos como de inyección de plásticos, máquinas herramientas y ensamble superficial han venido ofreciendo equipos con mayor flexibilidad para realizar los cambios de modelo, y procedimientos que disminuyen considerablemente los tiempos de cambio; lo que también aumenta su atractivo es el precio, además del poder negociador del proveedor. Por otra parte, el poder negociador de los proveedores de insumos para equipos que operan con alta eficiencia se ven frenados al aumentar la tasa de consumo, cuando el comprador aumenta la compra puede negociar mejor el precio.

Cuando se han diagnosticado las fuerzas que afectan la competencia en un sector industrial, así como sus causas fundamentales, las empresas podrán identificar sus fuerzas y debilidades de acuerdo al sector industrial en el cual compiten, asimismo Porter (1998) menciona que es importante identificar la estrategia competitiva genérica que les permitirá lograr el éxito. Éstas se presentan a continuación.



### **2.1.2 Estrategias competitivas genéricas**

Toda empresa que compita en un sector industrial tendrá que enfrentarse a las cinco fuerzas competitivas, para lo cual existen tres estrategias genéricas de éxito potencial que les permitirán desempeñarse mejor que las otras empresas. Estas tres estrategias genéricas son:

- Liderazgo general en costo
- Diferenciación
- Enfoque o alta segmentación

A continuación se describen cada una de ellas.

- **Liderazgo total en costo**

La estrategia de liderazgo total en costo, consiste precisamente en generar un conjunto de estrategias enfocadas a tener un bajo costo del producto. Algunas de las formas de lograr este objetivo es mediante la construcción de instalaciones capaces de producir grandes volúmenes de forma eficiente, un alto desempeño en la reducción de costos basados en la experiencia, rigurosos controles de costo y de los gastos indirectos, evitar las ventas marginales, y la minimización de los costos en el área como investigación y desarrollo, costo, fuerza de venta, publicidad, etcétera. Contar con una posición de bajos costos le permite a la empresa competir contra los competidores poderosos y los compradores sólo pueden ejercer poder para hacer bajar los precios al nivel del competidor que le sigue en eficiencia. De esta manera, esta estrategia de bajo costo protege a la empresa contra las cinco fuerzas competitivas. También la flexibilidad de un proceso y su rápida adecuación de los volúmenes de producción a la demanda, es un reto más que las empresas tienen que afrontar para mantener su liderazgo en costos.

- **Diferenciación**

Esta estrategia consiste en crear un producto o servicio que sea percibido en el mercado como único. Los métodos para la diferenciación de un producto pueden ser: de diseño o imagen de marca, en tecnología, en servicio al cliente, cadena de distribuidores o en otras dimensiones. Es un aislamiento o protección contra la rivalidad competitiva, debido a que los clientes son leales a la marca y a la menor sensibilidad al precio resultante. El tiempo de entrega es otro factor por considerar en la diferenciación de un producto y este puede estar relacionado directamente con la flexibilidad del proceso

- **Enfoque o alta segmentación**

Finalmente, esta estrategia consiste en enfocarse sobre un grupo de compradores en particular, en un segmento de la línea del producto, o en un mercado geográfico; igual que la estrategia de diferenciación, el enfoque puede tomar varias formas. Esta estrategia se basa en la premisa de que la empresa puede ser más competitiva si se enfoca a un segmento de mercado logrando con esto una mayor efectividad o eficacia que los competidores que compiten en una forma más general, los cuales no tienen identificado un mercado objetivo. La diferencia entre las tres estrategias genéricas se muestra en la figura 2.4.

De las estrategias genéricas propuestas por Porter se puede considerar un común denominador entre la estrategia de diferenciación y liderazgo general en costos, la cual sería la flexibilidad de un proceso de producción. Al contar con un proceso de producción flexible, las empresas podrán diversificar más sus productos, los costos se verán reducidos,

se tendrán tiempos de entrega más cortos, habrá un incremento en la satisfacción del cliente, etcétera.



**Figura 2.4 Las tres estrategias genéricas. Fuente: Porter (1998, p.60)**

Además de estas tres estrategias genéricas, es importante mencionar que las empresas pueden optar por el uso de los factores críticos de éxito (FCE), los cuales son considerados una estrategia de competitividad como se verá más adelante.

## 2.2 Factores críticos de éxito

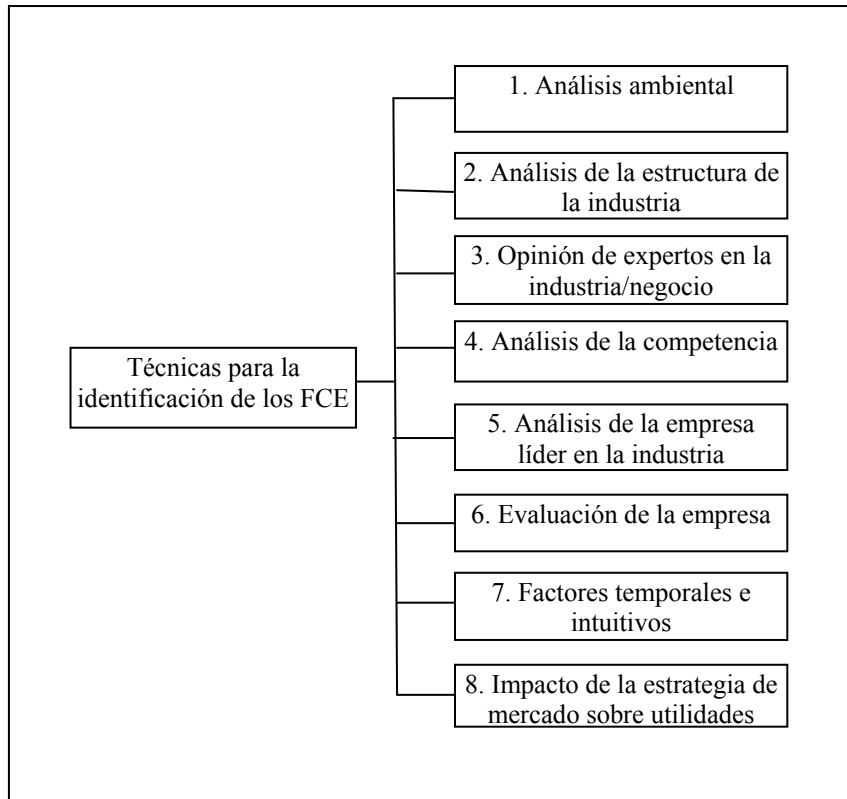
En la revisión de literatura se encontró una amplia diversidad de proyectos de mejora en los que se han identificado FCE como variables claves en la administración del proyecto, entre ellos hay estudios sobre reingeniería, MRP (planificación de requerimientos de materiales), ERP (planeación de los recursos de la empresa), CRM (administración de clientes), desarrollo de nuevos productos, six sigma, sistema de manufactura avanzada, manufactura esbelta, manejo de la cadena de suministros, SPC (control estadístico del proceso), TQM

(administración de la calidad total), entre otros, con diversas coincidencias y amplios contrastes. Los conceptos básicos de FCE se exponen en los siguientes párrafos.

Daniel (1961) define a los FCE como un conjunto de acciones cuyo resultado es una combinación de entradas o recursos que logran incrementar la rentabilidad de una empresa; por su parte, Rockart y Bullen (1981) los definen como un número limitado de áreas en las cuales los resultados, si son satisfactorios, asegurarán un desempeño competitivo exitoso para el individuo, departamento o la organización; Leidecker y Bruno (1984) los definen como características, condiciones o variables que cuando están debidamente soportadas, conservadas o administradas tienen un impacto significativo en el éxito de una empresa que compite en una industria específica. Como puede observarse, no hay una definición ampliamente aceptada sobre el concepto de FCE.

Tomando como referencia estas definiciones, los FCE son variables que se deben tomar en cuenta antes y durante la realización de un proyecto, debido a que aportan información valiosa para alcanzar las metas y objetivos de la empresa. Sin embargo, determinar qué es un FCE puede hacerse a través de un juicio subjetivo; existiendo también limitantes, tales como la omisión de factores que no sean considerados. La identificación de los FCE puede realizarse mediante cualquiera de las ocho técnicas propuestas por Leidecker y Bruno (1984). Éstas se muestran en la figura 2.5 y son explicadas a continuación:

- **Análisis ambiental.** Eventos macroambientales de riesgo para la empresa. Es importante identificar las fuerzas económicas, políticas y sociales que afectan a la industria. En éste es importante identificar proveedores, consumidores, productos sustitutos, competidores, barreras de entrada y la relación entre todos estos elementos. Hay que tomar en cuenta la opinión de los diferentes públicos de la empresa: accionistas, consumidores, proveedores, reguladores, incluso competidores.
- **Análisis de la estructura de la industria.** Villegas (1997), indica que cada industria tiene sus propios FCE que se encuentran definidos por sus propias características económicas y tecnológicas, dichos factores son los mismos para toda empresa que compita en dicha industria. Por su parte, Porter (1998) provee un excelente ejemplo de ésta aproximación que consiste en identificar cinco componentes como barreras de entrada, que son los siguientes: proveedores, productos sustitutos, consumidores, competidores inter empresariales y la relación que existe entre estos elementos.
- **Opinión de expertos en la industria/negocio.** Esta categoría incluye aportaciones de personas que tienen un excelente conocimiento práctico de la industria/negocio. La sabiduría convencional, una visión o intuición de la industria a menudo es una excelente fuente de FCE y combinado con técnicas más objetivas proveen al analista con una fuente de información para fundamentar otros FCE. El papel del analista es identificar personas cuya contribución sea la más valiosa, diseñar las preguntas más pertinentes y hacer las interpretaciones más correctas.



**Figura 2.5 Técnicas para la identificación de los FCE. Fuente: Elaboración propia a partir de Leidecker y Bruno (1984)**

- **Análisis de la competencia.** Es uno de los análisis más importantes, si no es que es la fuente más importante de los FCE. El análisis de la competencia se refiere a cómo compiten las empresas, en contraposición a la estructura de las industrias que incluye el análisis de la competencia como uno de sus cinco elementos estructurales. La ventaja de este análisis se refiere a la naturaleza específica de la empresa, que es el entendimiento del entorno competitivo permitiendo incorporar fácilmente esta información en el proceso de elaboración de sus estrategias. La lógica del análisis de la competencia ha de llevarse hasta la manufacturabilidad del producto, haciendo procesos de producción más flexibles siempre y cuando su diseño permita la realización de cambios rápidos.

- **Análisis de la empresa líder en la industria (Benchmarking).** Es frecuente que la forma en que la empresa líder en la industria se conduce, provee ideas significativas de los FCE dentro de la industria, debido a que sirve como punto de referencia. Sin embargo, la decisión estratégica de imitación es peligrosa porque bloquea la búsqueda de caminos alternos, pues se puede creer que existe sólo un camino al éxito. Por lo cual se debe considerar si los tiempos de preparación o de cambio deberán reducirse al máximo o simplemente crear una ventaja reduciéndolos a un punto igual que el líder industrial.
- **Evaluación de la empresa.** Esta es un enfoque específico de la empresa. Esta evaluación es interna y está enfocada al control. Una evaluación de sus fortalezas y debilidades, perfiles de recursos, auditorías y capacidades estratégicas. Todas tienen algo en común, por lo que el analista debe de explorar minuciosamente qué es lo que la empresa hace bien y qué no tan bien. La flexibilidad del proceso debe ser considerada en esta fase como una ventaja para la empresa y más aún, debe considerarse como una estrategia de competitividad, cuando los tiempos de preparación del equipo son significativos.
- **Factores temporales e intuitivos.** La intuición de líderes y expertos íntimamente relacionados con la empresa es muy importante, si se combina adecuadamente con herramientas más formales y estructuradas es una herramienta muy poderosa. Estos factores se derivan de la intuición y del conocimiento interior de individuos muy familiarizados con la empresa. Es pertinente destacar que el enfoque convencional no siempre identifica los FCE.

- **Impacto de la estrategia de mercado sobre utilidades.** Esta técnica trata de determinar cuáles son las actividades que realmente contribuyen a la rentabilidad del negocio. El primer y más grande objetivo de una empresa es ser rentable. Ciertamente la rentabilidad es una de las medidas de éxito de la industria o empresa, si es que no es la única. La rentabilidad de una empresa se ve impactada directamente con la reducción de costos de producción, de los cuales en muchas empresas estos costos están relacionados con los tiempos requeridos en el cambio de manufactura de un producto a otro.

Finalmente, Leidecker y Bruno (1984) recomiendan hacer un análisis de valor agregado para la determinación de la importancia de los factores de acuerdo al impacto que tengan sobre las utilidades, por ejemplo, una estrategia de bajo costo puede tener un mayor impacto sobre las utilidades a diferencia de duplicar los esfuerzos publicitarios.

Una vez concluida la etapa de identificación de los FCE, es necesario priorizar los resultados, es decir, reducir el número de FCE a una menor cantidad utilizando para esto técnicas estadísticas como lo es el análisis factorial o el análisis de componentes principales, que son técnicas estadísticas del análisis multivariante.

### **2.2.1 FCE predominantes encontrados en la literatura**

A través de la revisión de literatura se logró determinar los FCE que coinciden en diversas metodologías, herramientas o filosofías en la implementación de proyectos de mejoras de diferentes industrias y países. Algunos de estos trabajos fueron desarrollados por Sun y Wing (2004), Selvan, Antony y Sid (2002), y Bañuelas y Antony (2002); estos FCE predominantes se enlistan en la tabla 2.1 y son extraídos de la tabla 2.2.



**Tabla 2.1 FCE predominantes**

Factores críticos de éxito
1. Liderazgo
2. Educación y entrenamiento de equipo
3. Soporte de la alta dirección
4. Metas y objetivos claros
5. Compromiso y motivación de equipo
6. Comunicación interdepartamental
7. Cooperación interdepartamental
8. Orientación a satisfacer al cliente

**Fuente: Elaboración propia**

Los métodos de investigación utilizados en la búsqueda de los FCE en los diferentes estudios, fueron la encuesta, observación, casos de estudio y revisión de literatura. Las encuestas fueron dirigidas mayormente a los altos niveles gerenciales, sobre todo a aquellos que estaban involucrados en el proyecto.

Algunos autores como Achanga et al. (2006), destacan como FCE un fuerte liderazgo y el apoyo de la dirección, que es la piedra angular para el éxito de la implementación de cualquier idea dentro de una organización. Por su parte, Kassicieh y Yourstone (1998) mencionan que la educación y el entrenamiento son parte fundamental de cualquier proyecto.

**Tabla 2.2 Factores críticos de éxito encontrados en proyectos de mejora**

<b>Autores</b>	<b>FCE identificados</b>		<b>Proyecto</b>
King S.F., and Burgess T.F.	1. Soporte de la alta gerencia 2. Equipo competitivo 3. Cooperación interdepartamental 4. Objetivos y metas claras 5. Gestión del proyecto	6. Comunicación interdepartamental 7. Gestión de las expectativas 8. Líder del proyecto 9. Soporte del proveedor 10. Selección cuidadosa de empaque	ERP
Mendoza L.E., Marius A., Pérez M., and Grimán A.C.	1. Compromiso de la dirección 2. Creación de equipos multidisciplinares 3. Definición de objetivos 4. Integración departamental 5. Comunicación de la estrategia de CRM al personal 6. Compromiso del personal	7. Manejo e información del cliente 8. Servicio al cliente 9. Automatización de ventas 10. Automatización de marketing 11. Apoyo a gestión operativa 12. Manejo de contacto con el cliente 13. Integración de sistemas de información	CRM
Udo G.J. and Ehie I.C.	1. Triple C: Comunicación efectiva, coordinación y compromiso 2. Interés personal-impacto personal sobre los empleados	3. Condiciones higiénicas 4. Necesidad de entrenamiento	AMS
Sung T.K. and Gibson D.V.	1. Liderazgo 2. Dirección y visión 3. Motivación 4. Enfoque de arriba hacia abajo 5. Contexto organizacional 6. Moral e innovación	7. Cambio gerencial 8. Jerarquía 9. Comunicación 10. Recompensas 11. Entrenamiento y educación	Reingeniería
Ang J.S.K., Sum C., and Chug W.F.	1. Soporte de la alta gerencia 2. Metas y objetivos claros 3. Cooperación interdepartamental 4. Comunicación interdepartamental 5. Visualización de la aplicación 6. Entrenamiento y educación del personal 7. Compromiso y motivación del personal	8. Conocimiento de MRP previo a la implementación 9. Conocimiento de MRP del proveedor 10. Soporte del proveedor 11. Adecuación de hardware/software 12. Exactitud e integridad de los datos 13. Compañía experta en IT	MRP
Banuelas R. and Antony J.	1. Involucramiento gerencial 2. Cambio cultural 3. Comunicación 4. Infraestructura organizacional 5. Entrenamiento 6. Ligar six sigma la estrategia de negocio 7. Ligar six sigma con el cliente	8. Ligar six sigma con el recurso humano 9. Ligar six sigma con el proveedor 10. Entender las herramientas y técnicas dentro de six sigma 11. Habilidades de gestión 12. Priorización y selección del proyecto	Six Sigma
Achanga P., Shehab E, Roy R and Nelder G.	1. Liderazgo 2. Financiamiento	3. Cultura organizacional 4. Habilidades y experiencia	Lean

<b>Autores</b>	<b>FCE identificados</b>		<b>Proyecto</b>
Khoo H.H. and Tan K.C.	1. Liderazgo 2. Planeación de calidad 3. Desarrollo y satisfacción de empleados	4. Recursos, tecnología y procesos 5. Satisfacción del cliente	Lean
Selvan R., Antony J. and Sid G.	1. Compromiso de la gerencia 2. Entrenamiento 3. Sistema de evaluación 4. Uso apropiado de gráficas de control 5. Identificación y medida de las características críticas de calidad 6. Trabajo en equipo	7. Uso de estudios piloto 8. Cambio de cultura organizacional 9. Priorización y definición de procesos 10. Uso de software para SPC 11. Uso de facilitadores para SPC 12. Documentación y actualización del conocimiento de procesos	SPC
Sohal S. and Terziovski M.	1. Actitud positiva hacia la calidad 2. Educación y entrenamiento del liderazgo	3. Integrar la voz del cliente con el proveedor 4. Desarrollar adecuados indicadores de rendimiento y recompensas	TQM
Antony J., Leung K. and Knowles G.	1. Entrenamiento y educación 2. Datos y reportes de calidad 3. Compromiso de la gerencia 4. Orientación a la satisfacción del cliente	5. Función del departamento de calidad 6. Comunicación para mejorar la calidad 7. Mejora continua	TQM
Moxham C. and Greatbanks R.	1. Compromiso de la gerencia 2. Entendimiento de los roles del empleado 3. Juntas de empleados 4. Área de juntas 5. Medidas de desempeño	6. Visión clara y realista de objetivos 7. Control visual en la fabrica 8. Herramientas de comunicación 9. Comunicación del progreso del proyecto SMED 10. Soporte de la gerencia	SMED
Patel S., Dale B.G. and Shaw P.	1. Revisión y auditoria de los métodos existentes 2. Aplicación de TPM 3. Entrenamiento de los operadores en nuevos procedimientos de preparación de equipo	4. Participación de los empleados 5. Participación de la administración 6. Entendimiento del análisis costo-beneficio	SMED
Kassich S.K. and Yourstone S.A.	1. Entrenamiento 2. Evaluación del desempeño 3. Recompensa		TQM

**Fuente: Elaboración propia**

Sohal y Terziovski (2000) agregan que las compañías que invierten en entrenamiento del liderazgo es más probable que tengan éxito que aquellas que no invierten

en esto. Finalmente, Newton y Wilkinson (1995) consideran que el entrenamiento y desarrollo de los gerentes es crucial para el éxito de un cambio estratégico.

Bañuelas y Antony (2002) mencionan que los líderes deben tener habilidades básicas del manejo del proyecto y Antony, Leung, y Knowles (2002) comentan que existen indicativos de que algunas compañías invierten un gran esfuerzo y dinero en el desarrollo de sus empleados y trabajo en equipo, pues consideran al personal como un activo de la empresa que contribuirá al éxito del negocio.

Asimismo, Mendoza, Marius, Pérez y Grimán (2006) reportan que muchas cuestiones prácticas están en nivel funcional y operativo, y que como cualquier otra herramienta, los FCE deben de ser evaluados, actualizados, revisados y adaptados al ambiente al que serán aplicados. Sung y Gibson (1998) argumentan que la alta dirección inicia sus proyectos de mejora sin el consenso interno de gerentes y empleados, por lo que los equipos de trabajo comúnmente no cuentan con las técnicas ni la metodología necesaria para tener éxito en los proyectos o posiblemente no se están incluyendo dentro del equipo a las personas que conocen el área que implica el proyecto.

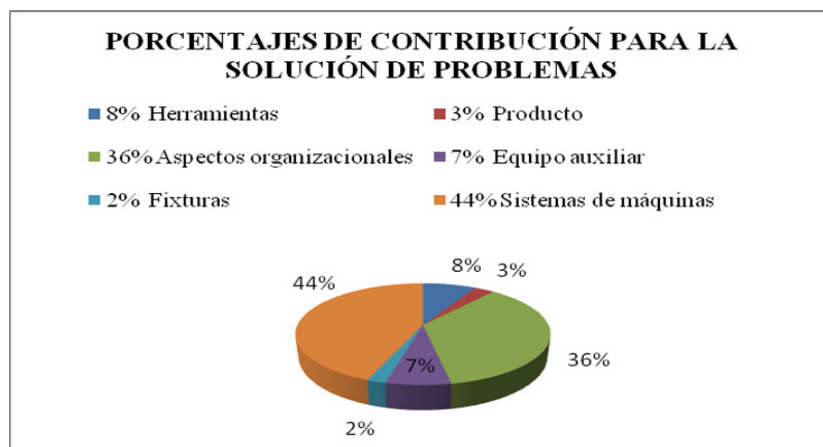
Por su parte, Sohal y Terziovski (2000) mencionan que un gran reto que enfrentan las organizaciones es el hecho de que existe una gran diversidad cultural, lo cual sucede en mayor grado en una frontera como Ciudad Juárez en donde existe el fenómeno de la inmigración de la mano de obra proveniente de los estados de todo el país, en este ambiente, la introducción de nuevas filosofías y prácticas de trabajo necesitan ser manejadas con un cuidado especial.

Finalmente, Bañuelas y Antony (2002) reportan que algunas compañías que han tenido éxito en la administración del cambio identificaron que la mejor forma de lidiar con la resistencia al cambio es incrementando la comunicación, motivación y educación entre los empleados.

Como se puede observar, aunque en algunos casos los FCE llegan a coincidir, las opiniones de los expertos son diversas y la literatura no provee con precisión cuáles son los FCE más importantes por considerar en la implementación de proyectos de cambios rápidos, específicamente los relacionados con la técnica SMED.

### 2.2.2 Factores organizacionales en el despliegue de proyectos de mejora

En la revisión de la literatura se identifican factores de tipo organizacional que contribuyen al éxito de proyectos de mejora, específicamente en proyectos de cambios rápidos. McIntosh et al. (1996) analizan los trabajos desarrollados por Shingo y determina que en un 36% de ellos la solución de problemas relacionados con los cambios rápidos tiene que ver con aspectos de tipo organizacional. Esto se muestra en la figura 2.6.



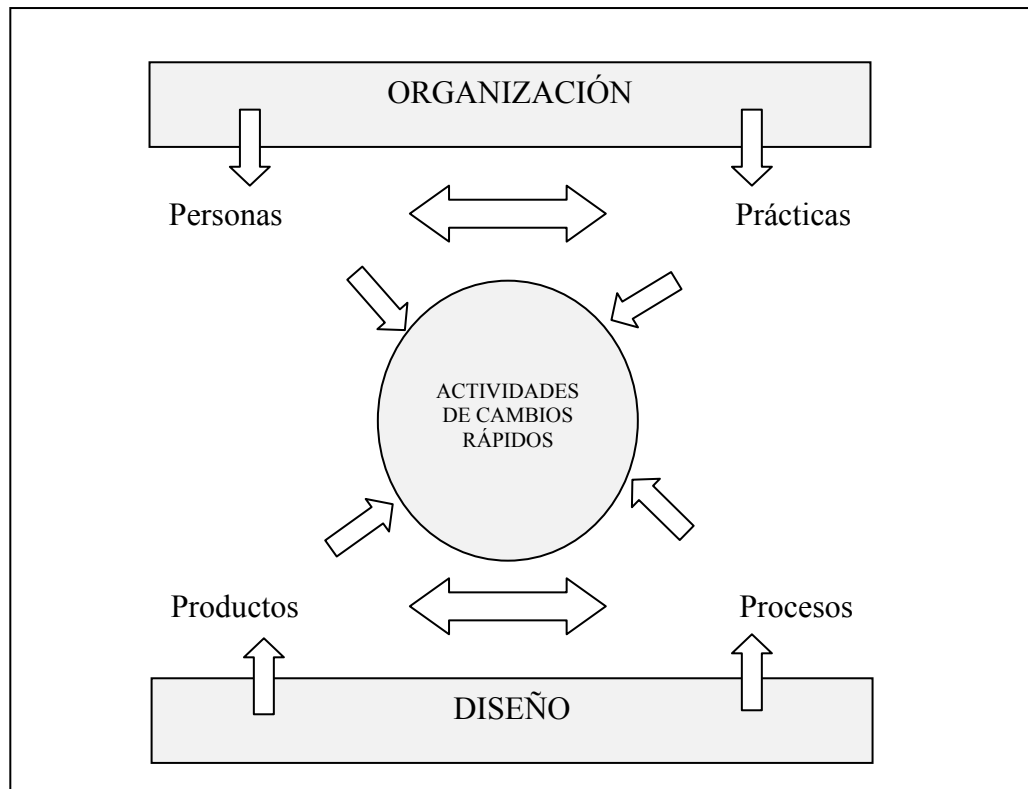
**Figura 2.6 Proporción de soluciones basadas en aspectos organizativos. Fuente: McIntosh et al. (1996, p. 15)**

Por otra parte, Patel, Dale y Shaw (2001) reportan que en diversos trabajos de investigación relacionados con la reducción de los tiempos de preparación los autores han puesto mayor énfasis en los factores que son de tipo técnico y no han considerado factores de tipo organizacional o que tengan que ver con el factor humano y aspectos culturales y que inciden de forma positiva en los resultados para la reducción de los tiempos de preparación.

Asimismo, Reik et al. (2006a) proponen el modelo de las “4Ps” para cambios rápidos, en donde muestra la influencia del diseño y la organización en el desempeño de los cambios rápidos. Sin embargo, aunque Reik et al. (2006a) proponen este modelo, en su trabajo de investigación se enfocan principalmente en las “Ps” relacionadas con el diseño contemplando a los productos y procesos como áreas de oportunidad para mejorar las actividades de cambios rápidos obteniendo beneficios de calidad en los cambios y sustentabilidad de las mejoras. En lo que se refiere a la organización, menciona que se debe poner atención en la motivación, en la formación que reciben y los procedimientos que adoptan cada persona encargada del proceso, debido a que todo esto representa oportunidades para el perfeccionamiento organizacional. Dicho modelo se presenta en la figura 2.7.

En otro orden de ideas, Brietzke y Rabello (citado en Hairul, Ahmad, & Hafizah, 2008, p. 212) extrajeron factores de resistencia en la implementación de proyectos SPI (*Software Process Improvement*) y los categorizaron en: factores organizacionales y factores de proyectos.

Los factores organizacionales se relacionan con problemas en el ámbito de la organización y los factores de proyecto con problemas relacionados a la administración de proyectos como la planeación de las actividades y recursos.



**Figura 2.7 Las “4Ps” de cambios rápidos. Fuente: Reik et al. (2006, p. 1228)**

Con respecto a los factores organizacionales, éstos los categorizan en los cinco factores que se desglosan en la tabla 2.3 y hacen una clasificación de los factores de proyecto en:

- Presupuesto y estimación
- Documentación
- Calidad
- Herramientas y tecnología

**Tabla 2.3 Factores organizacionales**

<b>Humanos</b>	<b>Políticas</b>	<b>Culturales</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Administración de cambio</b>
1. Falta de compromiso en todos los niveles de la organización  2. Falta de adhesión y participación de todos los involucrados en el proyecto  3. Falta de experiencia profesional y habilidades  4. Falta de liderazgo y apoyo de la dirección  5. Falta de un adecuado entrenamiento	1. Falta de establecimiento de políticas organizacionales  2. Falta de establecimiento de políticas de calidad	1. Falta de experiencia en la implementación de cambios de cultura	1. Falta de consistencia entre la mejora de proyectos y objetivos estratégicos de la organización  2. Falta de atención en las necesidades urgentes de la organización  3. Objetivos inalcanzables del proyecto	1. Insuficiente e inefectiva evaluación de los procesos actuales  2. Existencia de equipos de mejora no centrados en la orientación y apoyo técnico  3. Mejoramiento simultáneos en diferentes áreas

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Hairul et al. (2008, p. 213)

Se deduce que la teoría se enfoca hacia el mejoramiento del diseño del producto y en el desarrollo de procesos más robustos que permitan reducir los tiempos de preparación o de cambio; sin embargo, los procesos actuales de manufactura requieren de nuevas estrategias que mejoren los tiempos de preparación para ser más flexibles. Ante esta situación, la inclusión de factores de tipo organizacional en el despliegue de proyectos de cambios rápidos surge como un área de oportunidad.

### **2.3 Teoría de la flexibilidad en la manufactura**

Actualmente la manufactura moderna es impulsada por muchos factores, incluyendo una creciente necesidad de satisfacer las demandas de los clientes a través de una mayor



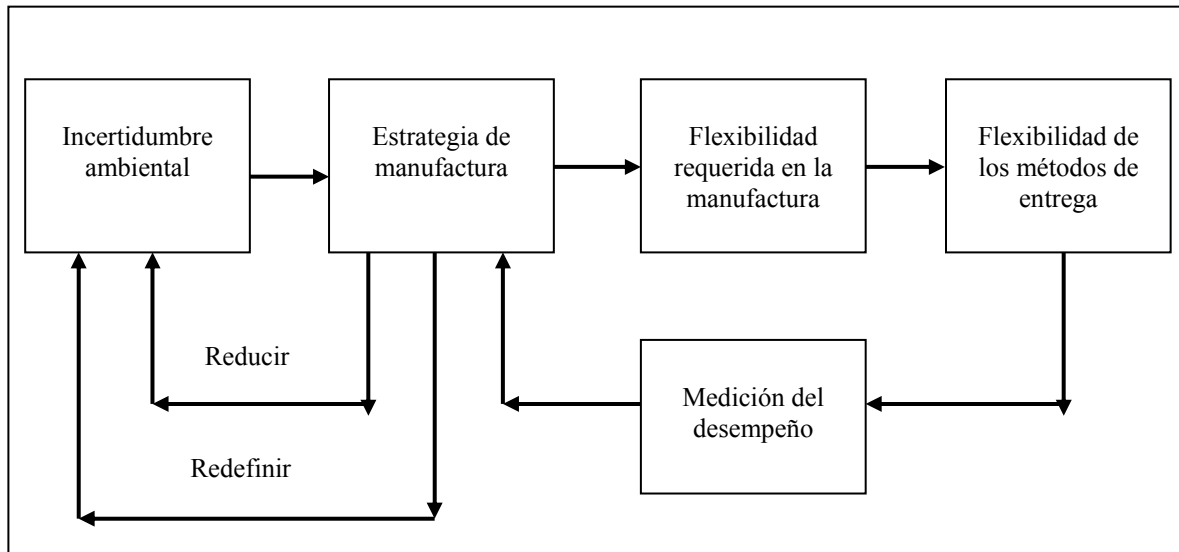
variedad de productos y de una mayor capacidad de respuesta en la entrega de pequeños lotes. Reik et al. (2006a) mencionan que la flexibilidad del sistema de manufactura es importante si las empresas quieren competir con éxito en estas condiciones de mercado. Los procesos de cambios rápidos ayudan grandemente a proveer la flexibilidad de fabricación y la capacidad de respuesta que los clientes ahora exigen.

Por otra parte, Porter (1998) comenta que la flexibilidad juega un papel muy importante dentro de las estrategias genéricas, debido a que reducen los costos dentro de un proceso de producción, incrementan la diversidad de los productos, reducen los tiempos de entrega, entre otras muchas ventajas más.

Gerwin (1993), propone un marco conceptual de la flexibilidad en los procesos de manufactura con el fin de unificar la investigación teórica en flexibilidad, y una revisión crítica de la literatura. Esto vincula cinco variables: incertidumbre ambiental, estrategia de manufactura, flexibilidad requerida en la manufactura, flexibilidad de los métodos de entrega, y la medición del desempeño, como se observa en la figura 2.8.

Gupta y Goyal (citados en Gerwin, 1993, p. 396) definen la flexibilidad como “la habilidad de responder efectivamente al cambio de las circunstancias” y Gerwin (1993) explica que “un proceso de producción es más flexible que otro si éste puede manejar una amplia gama de posibilidades o si éste puede alcanzar una nueva posibilidad en el rango en un corto periodo de tiempo” (p. 397). Asimismo, Gerwin (1993) notó que para la reducción

del periodo de tiempo, así como el costo requerido para implementar una alternativa, la mejor opción es la flexibilidad.



**Figura 2.8 Modelo conceptual de la flexibilidad. Fuente: Gerwin (1993, p. 398)**

Gerwin (1993) menciona que la medición de la flexibilidad es necesaria para caracterizar y evaluar los tipos de incertidumbre, tipos de flexibilidad y mecanismos de flexibilidad. Sin mediciones, la gerencia está en dificultades para evaluar la efectivamente las decisiones de flexibilidad, costos, adecuación, beneficios de rendimiento y compensaciones.

Finalmente el autor comenta que la necesidad de la flexibilidad en un proceso se basa en la necesidad de manejar la incertidumbre en el ambiente de producción. Diferentes tipos de incertidumbre manejan directamente a las necesidades para utilizar diferentes tipos de flexibilidad.

Por tal razón, la gerencia de una empresa debe aprender a manejar la incertidumbre si se basa en los mercados de productos o procesos de producción y sus entradas. Por consiguiente, la gerencia no sólo debe ser un reactor pasivo a los estímulos externos; sino que también puede aprovechar la iniciativa e intentar manejar la incertidumbre ambiental a su conveniencia como lo comenta Swamidass y Newell (citado en Gerwin, 1993, p.397) “la incertidumbre ambiental influye en la estrategia y esta estrategia incorpora a la flexibilidad”

En el modelo conceptual de la flexibilidad propuesto por Gerwin (1993), la flexibilidad es requerida si la posición es defensiva u ofensiva. Una variedad de métodos, incluyendo equipo de producción, diseño del producto, organización del trabajo, procedimientos de planeación y control, e información tecnológica están disponibles para satisfacer las necesidades de flexibilidad, por supuesto que bajo este paradigma los tiempos de preparación son un FCE independientemente de la posición adoptada.

El sistema de medición del desempeño asegura que las decisiones estratégicas u operacionales se integren. En el nivel estratégico, es fácil concentrarse en el papel de la flexibilidad en el manejo de la incertidumbre. En el nivel operacional, sin embargo, la preocupación es en el diseño de métodos específicos de entrega.

La mayoría de las dimensiones de la flexibilidad asumen que este es un concepto multidimensional pero no ofrece una base teórica para encontrar estas relevantes dimensiones. El modelo conceptual sugiere que mediante la identificación de incertidumbres específicas y estrategias específicas asociadas se pueden identificar las dimensiones críticas *a priori*.

Las empresas de América del Norte se han enfocado en la adaptación a las incertidumbres en los procesos de fabricación, lo que les ha permitido reducir presiones para eliminar las causas de las averías de máquinas o de problemas de calidad. Sin embargo no consideran que la obligación de adaptarse a las incertidumbres del proceso de producción nunca desaparece completamente. El desarrollo de un sistema que permita reducir los tiempos de preparación en los ambientes de manufactura es pertinente, debido a que constituye una gran fuente de poder de adaptación para las empresas que buscan ser competitivas. En la tabla 2.4 se muestra la complementariedad entre la reducción de la incertidumbre y la adaptación.

La importancia de esta tabla va mas allá de la ilustración de la complementariedad entre la reducción de la incertidumbre y la adaptación. Como puede observarse, se comienza utilizando varios métodos actuales que serán usados para mejorar la competitividad de la empresa en un marco unificado.

Por otra parte, Lau (1999) realiza una investigación para determinar los FCE que contribuyen a alcanzar la flexibilidad en la manufactura y menciona que el desarrollo del concepto de flexibilidad en la literatura ha sido lento por la relativa estabilidad de la estructura del mercado y por la mínima presión competitiva que existe desde la década de los 60. Esto ha provocado que la manufactura no haya sido considerada importante, como debería ser, en la formulación de las estrategias de negocio.

El concepto de flexibilidad fue considerado más importante después de que Hayes y Wheelwright (1979), sugirieron que las características de los sistemas de producción

tendían a evolucionar a través de sus ciclos de vida del producto (por ejemplo, introducción, crecimiento, madurez y declinación). Como los sistemas de producción se desarrollan a lo largo de los ciclos de vida de los productos, es necesario que las estrategias de manufactura también cambien. Además, la reducción de los ciclos de vida de los productos demandados por los clientes requiere una estrategia de fabricación más flexible que acompañe el desarrollo rápido y la introducción de nuevos productos.

**Tabla 2.4 Complementariedad entre reducción de incertidumbre y adaptación**

Naturaleza de la incertidumbre	Método de reducción de la incertidumbre	Método de adaptación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceptación en el mercado de los tipos de productos</li> <li>- Duración del ciclo de vida del producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contratos a largo plazo con los clientes</li> <li>- Prácticas de extensión de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempos pequeños de <i>set up</i>, productos modulares</li> <li>- Menos herramienta pesada e integración retrasada</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características específicas del producto</li> <li>- Demanda agregada del producto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo de diseño multifuncional</li> <li>- Nivelación de la demanda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquinas CNC</li> <li>- Límites de alta capacidad, subcontratar</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inactividad de la máquina</li> <li>- Característica de los materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento preventivo</li> <li>- Control total de calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo innecesario</li> <li>- Dispositivos de monitoreo automatizado, insumos humanos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambios en las incertidumbres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altos volúmenes de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo reconfigurable</li> </ul>

**Fuente: Gerwin (1993, p. 406)**

En un intento de aclarar la confusión y ambigüedad que rodea el concepto de flexibilidad, Upton (1994) esbozó un modelo para identificar, centrar y mejorar los múltiples tipos de flexibilidad. El desarrollo de este modelo fue el resultado de definir la flexibilidad como “la habilidad de cambiar o reaccionar con una pequeña penalización en tiempo, esfuerzo, costo o desempeño” (p.73).

El modelo estudiado por Swamidass y Newell (1987), tratan de explicar la influencia incierta del entorno en las estrategias. Su estrategia variable incorporaba el

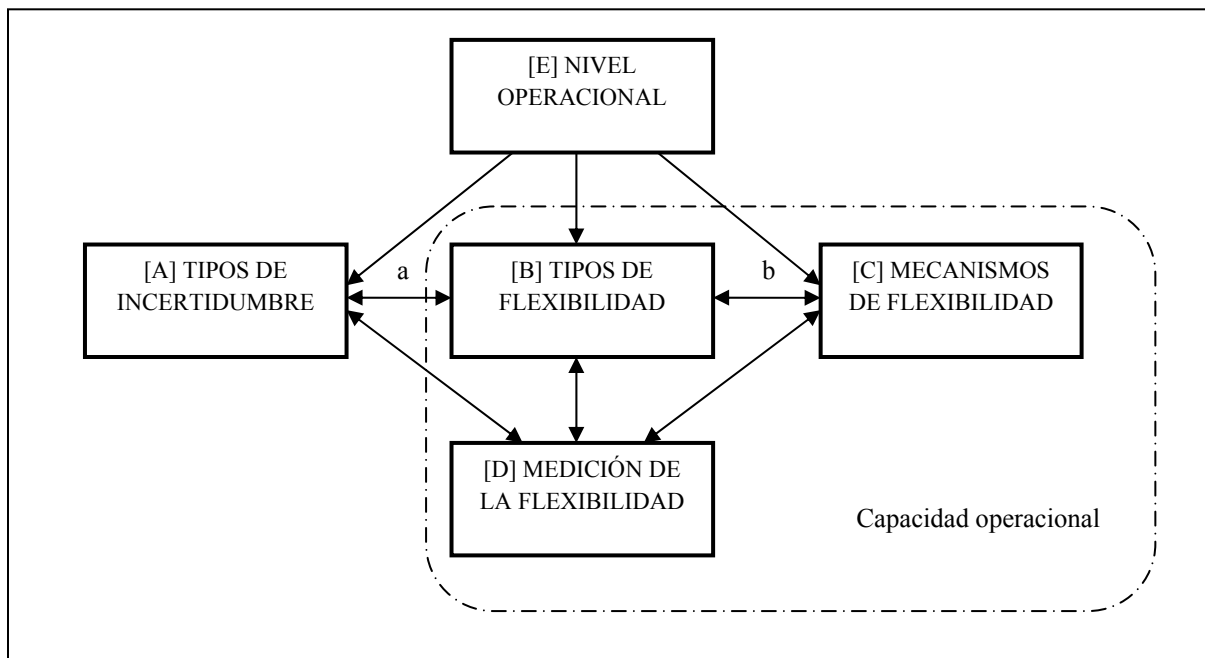
requerimiento de la flexibilidad en términos de frecuencia en la introducción de nuevos productos y en la amplitud de variedad de los mismos. Esta incertidumbre en la introducción de nuevos productos requiere que el proceso pueda adaptarse fácilmente a los cambios, asimismo al ampliar la diversidad de productos manufacturados requerirá de menores tiempos de preparación.

Por otra parte, Gupta y Somers (1996) examinaron la interrelación que se da entre las estrategias de negocio, flexibilidad en la manufactura y el desempeño organizacional basado en un estudio en 269 empresas manufactureras. Sus resultados muestran que la estrategia de negocios y la flexibilidad en la manufactura contribuyen de forma directa e indirecta en el desempeño organizacional. También mencionan que la administración no ha reconocido el vínculo que se da entre la flexibilidad y la medición del desempeño organizacional.

En los últimos años, las empresas han hecho mayor énfasis en el desarrollo y diseño de productos de fácil fabricación, así como el diseño de procesos que permiten una producción diferenciada. El resultado es a la vez un producto diseñado y un proceso desarrollado que soportan mejor la flexibilidad de la manufactura.

Un diseño apropiado del producto le permite a las líneas de ensamble manejar múltiples productos y fabricarlas en un orden casi aleatorio; de la misma manera, las celdas de manufactura deben coincidir con el ritmo y requerimientos de las diferentes líneas de ensamble. Esto permite enfrentar y reducir la incertidumbre de diferentes maneras, sin embargo, en procesos ya existentes se tendrá, como única opción, la mejora del mismo.

Schmenner y Tatikonda (2005) proponen a partir del trabajo de Gerwin (1993) el modelo para la flexibilidad que se muestra en la figura 2.9, en la que se presentan los tipos de incertidumbre que los administradores enfrentan, derivadas de factores internos y externos; estas incertidumbres generan diferentes tipos de flexibilidad. En este mismo modelo se incluyen los mecanismos de flexibilidad, los cuales incluyen diversas herramientas, prácticas administrativas y sistemas que puedan ser aplicados para mejorar los diferentes tipos de flexibilidad, como por ejemplo los sistemas de manufactura flexible (FMS por sus siglas en inglés), ERP, principios del diseño para la manufactura, operadores multifuncionales y control de inventarios.



**Figura 2.9 Modelo para la flexibilidad. Fuente: Schmenner (2005, p.1187)**

La medición de la flexibilidad también es parte de este modelo, debido a que Gerwin (1993) consideraba que era importante para caracterizar y evaluar los tipos de incertidumbre, tipos de flexibilidad y mecanismos de flexibilidad. Sin esta medición los

administradores tendrían problemas para evaluar las diferentes opciones relacionadas con la flexibilidad como son los costos, adecuación, beneficios de desempeño y compensaciones. Los tipos de flexibilidad, mecanismos de flexibilidad y la medición de la flexibilidad, que juntos forman las capacidades operacionales de una empresa, pueden diferir considerablemente en diferentes niveles operacionales que van desde una máquina individual hasta la cadena de suministro. El modelo se aplica a todos los tipos de procesos de operación, incluyendo servicio, electrónicos, transferencia de información, desarrollo de nuevos productos, y otros procesos de negocios.

Asimismo, Schmenner & Tatikonda (2005) proponen un dominio para la flexibilidad de la manufactura a partir de Gerwin (1993), debido a que la necesidad de la flexibilidad se basa en la necesidad de manejar la incertidumbre en los ambientes de manufactura. La tabla 2.5 muestra cómo diferentes tipos de incertidumbre requieren de diferentes tipos de flexibilidad. Es importante mencionar que los cambios rápidos (*Changeover's*) son considerados en este dominio como mecanismos para la flexibilidad.

También Oke (2005), ha trabajado sobre este concepto de flexibilidad y reporta que la flexibilidad en la manufactura ha sido anunciada como una herramienta competitiva para las organizaciones que operan en ambientes inciertos y mercados cambiantes. La flexibilidad en la manufactura puede proveerle a la organización la capacidad de rápidos cambios en los niveles de producción, el desarrollo de nuevos productos más rápidos y frecuentes y una respuesta más rápida a las amenazas competitivas.

Slack (1991) presenta una clasificación simple en la flexibilidad de los recursos y en la flexibilidad del sistema de manufactura. La flexibilidad de los recursos está relacionada



con las herramientas y técnicas actuales, por ejemplo, tecnología de procesos, condiciones de empleo, etcétera. Con lo que respecta a la flexibilidad en los sistemas de manufactura, éstos se clasifican en:

- Flexibilidad en nuevos productos: Se considera la capacidad de introducir y manufacturar nuevos productos o modificar los ya existentes.
- Flexibilidad en la mezcla de productos: Se define como la capacidad de cambiar la gama de productos realizados por el sistema de fabricación en un plazo determinado.
- Flexibilidad en el volumen: Es la capacidad para incrementar o disminuir el nivel de producción.

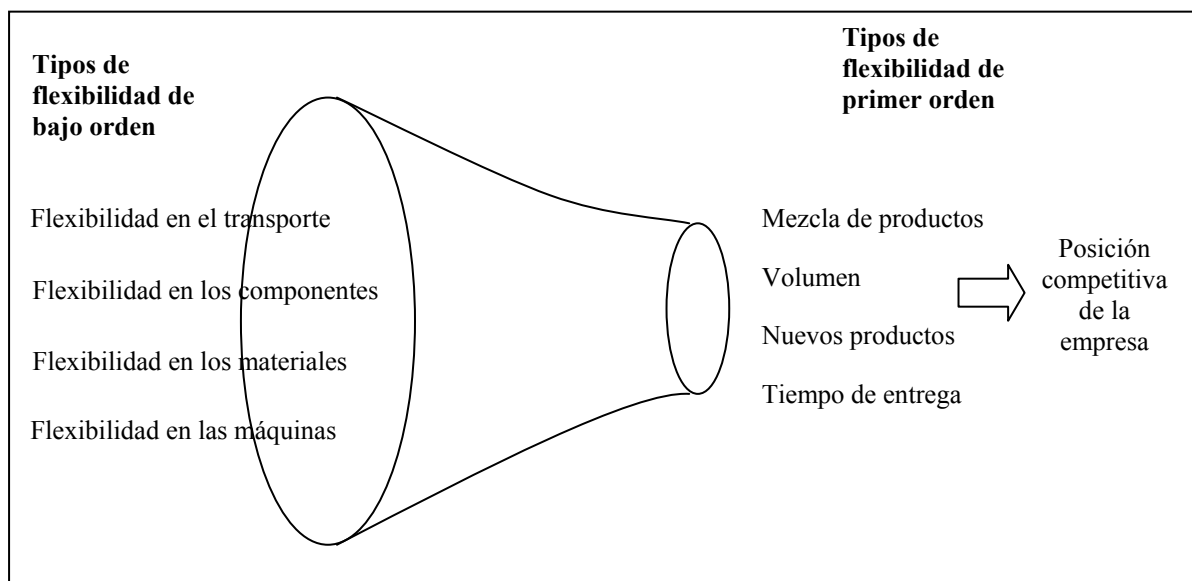
**Tabla 2.5 Dominio de la flexibilidad de la manufactura**

<b>Naturaleza de la incertidumbre</b>	<b>Tipo de flexibilidad</b>	<b>Capacidad del proceso para:</b>
Demanda para los tipos de productos ofertados	Mezcla	Producir el número de productos diferentes con el mismo tiempo
Largos ciclos de vida del producto	Cambios rápidos (Changeover)	Adecuarse con los diferentes tiempos de los productos
Características apropiadas del producto	Modificación	Hacer cambios funcionales en el producto
Tiempos muertos de la máquina	Redireccionar	(Cambio) de la secuencia de operación a través del flujo de partes
Cantidad de demanda de productos agregados	Volumen	Cambios en la cantidad de producción
Compromiso con los estándares de materia prima	Material	Variación incontrolable en las dimensiones de las partes
Tiempo de llegada de los insumos	Secuenciación	Reorganizar la orden en el que diferentes tipos de partes son procesadas

**Fuente: Schmenner (2005, p. 1183)**

La separación que hace Slack (1991) de las herramientas y técnicas para lo cual la flexibilidad es entregada (flexibilidad de los recursos) y la consecuente flexibilidad del sistema, es una importante distinción, pero estos beneficios no son percibidos por los clientes. Slack (1991) comenta que la flexibilidad de los recursos permite la flexibilidad en el sistema de manufactura.

Finalmente, Suárez, Cusumano y Fine (1996) desarrollaron un modelo apoyándose en el trabajo de Slack (1991) en el que consideran en primer orden, las cuatro categorías de la flexibilidad propuestas por Slack (1991), debido a que éstas afectan directamente la posición competitiva de la empresa. En la figura 2.10 se observa el modelo propuesto por Suarez, Cusumano y Fine (1996) y presentado por Oke (2005).



**Figura 2.10 El embudo de la flexibilidad. Fuente: Oke (2005, p. 976)**

En este modelo se observan, además de los tipos de flexibilidad de segundo orden, los cuatro tipos de flexibilidad de primer orden: mezcla de productos, volumen de producción, nuevos productos y tiempo de entrega, las cuales afectan directamente a la

posición competitiva de la empresa. La flexibilidad de bajo orden es requerida para alcanzar la flexibilidad de primer orden.

En los ambientes industriales actuales las empresas deben poner mayor atención en la flexibilidad de primer orden para llegar a ser competitivas. El uso de técnicas para cambios rápidos es una opción para aumentar la flexibilidad; algunas de las técnicas para este propósito se ubican en el sistema de manufactura esbelta que se presenta en la siguiente sección

## **2.4 El sistema de manufactura esbelta**

A finales de los años 80, Japón comenzó a ganarle el mercado automotriz a los Estados Unidos lo que provocó que los norteamericanos se cuestionaran qué estaban haciendo los Japoneses y qué no estaban haciendo ellos. Por tal motivo el Instituto Tecnológico de Masachussetts (MIT por sus siglas en inglés) envió a Japón a un grupo de personas a estudiar para ver qué estaba pasando en la industria automotriz Japonesa.

Womack, Jones, & Roos (1991) escriben en su libro “La máquina que cambio al mundo” todas sus experiencias de su visita a la industria automotriz japonesa. Ellos introdujeron el concepto de *Lean Production* (Manufactura Esbelta) y a partir de este momento, las empresas de occidente se dieron cuenta de que había una forma diferente de hacer las cosas. Sin embargo, esta nueva filosofía que era difundida en occidente, es lo que se conocía ya en Japón desde los años 50 como el sistema de producción Toyota (TPS por sus siglas en inglés).

La manufactura esbelta es considerada como una filosofía de manufactura que, si se implementa de forma cuidadosa, puede ser sin lugar a duda el camino hacia la manufactura global de excelencia (Papadopoulou & Özbayrak, 2005). La manufactura esbelta se caracteriza por hacer menos uso de los recursos como lo son: el esfuerzo humano, el espacio, el tiempo de producción, etcétera; comparada con la producción en masa. Este sistema de producción, también requiere de menos inventarios, fabrica con menos defectos y produce un mayor volumen de productos (Fernández,1993).

De acuerdo a la *American Production and Inventory Control Society* (APICS) (citado por Papadopoulou, 2005), la manufactura esbelta es una filosofía de producción que enfatiza la minimización de los recursos (incluyendo tiempos) usados en las diversas actividades de la empresa. Se enfoca en identificar y eliminar las actividades que no agregan valor al diseño, producción, administración de la cadena de suministro y el trato con los clientes. Esta filosofía emplea equipos de trabajadores multifuncionales de todos los niveles de la organización y busca la flexibilidad, incrementando la automatización de las máquinas para producir altos volúmenes de productos con una alta variedad.

De la misma manera, Sriparavastu y Gupta (citados en Martínez y Pérez, 2001) mencionan que el objetivo principal para implementar la manufactura esbelta en un taller, fábrica o compañía es incrementar la productividad, reducir los tiempos muertos y costos, mejorar la calidad, etcétera.

Bonavia y Marin (2006) comentan que varios autores han posicionado a la manufactura esbelta como el mejor sistema de producción que puede ser implementado en

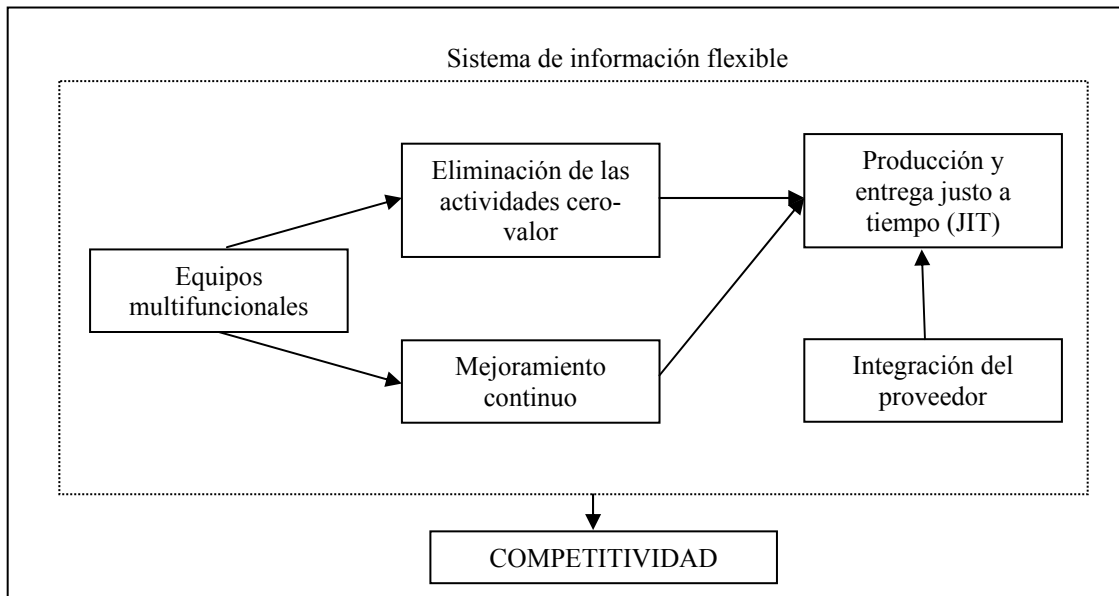
toda empresa y Fernández (1993) comenta que la base de este sistema de producción radica en la mejora continua y en la reducción de los desperdicios a través de la eliminación de todo lo que no añade valor al producto.

Probablemente, una de las principales aportaciones que hace la manufactura esbelta no son las técnicas concretas como el *kaizen* o *just in time*, sino el redescubrimiento de la función de producción como una ventaja competitiva Fernández (1993).

Por su parte, Martínez y Pérez (2001) mencionan que la manufactura esbelta es un concepto que se ha popularizado en muchas compañías de occidente desde los años 90. *The machine that changed the world* (Womack, Jones, & Roos, 1991) comenzó con la difusión de algunas practicas de la manufactura esbelta desarrolladas por las industrias automotrices más competitivas en el mundo.

El marco conceptual de la manufactura esbelta esta basado en técnicas y pocos principios establecidos (Martínez & Pérez, 2001). La estructura básica del modelo de evaluación de acuerdo a los más comunes principios de la manufactura esbelta se presentan en la figura 2.11.

En este modelo se contempla la eliminación de las actividades que no agregan al producto o servicio a través de técnicas para la reducción de inventarios, reducción simultanea de tamaños de lotes y tiempos de preparación, y del uso de partes comunes para la manufactura de diferentes productos con el fin de reducir los inventarios y los tiempos de entrega (Martínez & Pérez, 2001).



**Figura 2.11 Un modelo de manufactura esbelta. Fuente: Martínez y Pérez (2001, p.1434)**

Pettersen (2009) realizó una revisión de la literatura contemporánea sobre la manufactura esbelta haciendo un resumen sobre las diferentes prácticas de manufactura asociadas a este concepto. En este trabajo, que consistió en la revisión de 31 artículos relacionados con el concepto de la manufactura esbelta, Pettersen (2009) determinó las características asociadas con la manufactura esbelta y, de acuerdo a la frecuencia acumulada, las ordenó quedando como principal práctica de manufactura el mejoramiento continuo y después la técnica para la reducción de los tiempos de preparación.

#### **2.4.1 El pensamiento esbelto**

El concepto de pensamiento esbelto, al igual que la manufactura esbelta, tiene sus orígenes en la empresa automotriz Toyota. La aplicación de este concepto ha sido significativo tanto en ambientes académicos como en la industria en general (Hines, Holweg, & Rich, 2004).

Papadopoulou y Özbayrak (2005) se refieren a este concepto como la participación que tiene cada elemento de la organización más allá de los clientes hasta remontarse a la cadena de suministros.

El pensamiento esbelto les permite a las empresas implementar hacia su interior una forma de pensamiento que las lleve a ser más competitivas a través de un mejor aprovechamiento y administración de los recursos financieros, materiales y humanos; logrando así sobrevivir en un mercado globalizado que exige calidad, precios bajos y entregas a tiempo (APICS, n.d.)

Hines et al. (2004) mencionan que el pensamiento esbelto es un nuevo forma de manufactura que ha evolucionado con el tiempo y se ha expandido más allá de la industria automotriz. También comentan que el pensamiento esbelto se encuentra en un nivel estratégico para entender y proporcionar el valor añadido a los clientes, mientras que la manufactura esbelta se encuentra en un nivel operacional y que hace uso de diferentes practicas de manufactura como TQM (*Total Quality Management*), TPM (*Total Productive Maintenance*), TOC (*Theory of Constraints*), entre otras.

La manufactura esbelta y el pensamiento esbelto son filosofías que buscan que las empresas sean más competitivas a través de la eliminación del desperdicio y del uso eficiente de sus recursos. Las diferentes estrategias que usen para ser más “esbeltas” les permitirán ser más competitivas en un mercado globalizado.

## 2.5 Estrategias para cambios rápidos

Para McIntosh, Culley, Mileham y Owen (2001) los cambios rápidos (*quick changeover's*) son considerados como un componente fundamental en la manufactura moderna. Mejorar su desempeño es la llave que permite responder a la fabricación de pequeños lotes de producción, así como el incremento en la productividad y la reducción de los tiempos muertos.

Asimismo, McIntosh et al. (1996) comentan que empresas de todos tamaños se encuentran bajo una constante presión para incrementar su productividad y flexibilidad para el cumplimiento con la demandas de sus clientes. Los métodos para realizar los cambios rápidos o *set up* (termino en inglés, pero usado cuando se realiza un cambio) han sido promovidos principalmente por ingenieros o consultores japoneses. Dentro de los métodos descritos por estos expertos han llegado a la conclusión de que un cambio rápido puede ser una iniciativa *kaizen* (mejoramiento continuo) o una iniciativa de “abajo hacia arriba” con un beneficio significativo logrado con un compromiso financiero pequeño.

Los cambios rápidos han sido estudiados por muchos autores, sin embargo la nomenclatura usada no se encuentra estandarizada para los diferentes términos asociados con el procedimiento de los cambios rápidos, teniendo como consecuencia el poco entendimiento de algunos conceptos básicos para la aplicación de las diferentes metodologías.

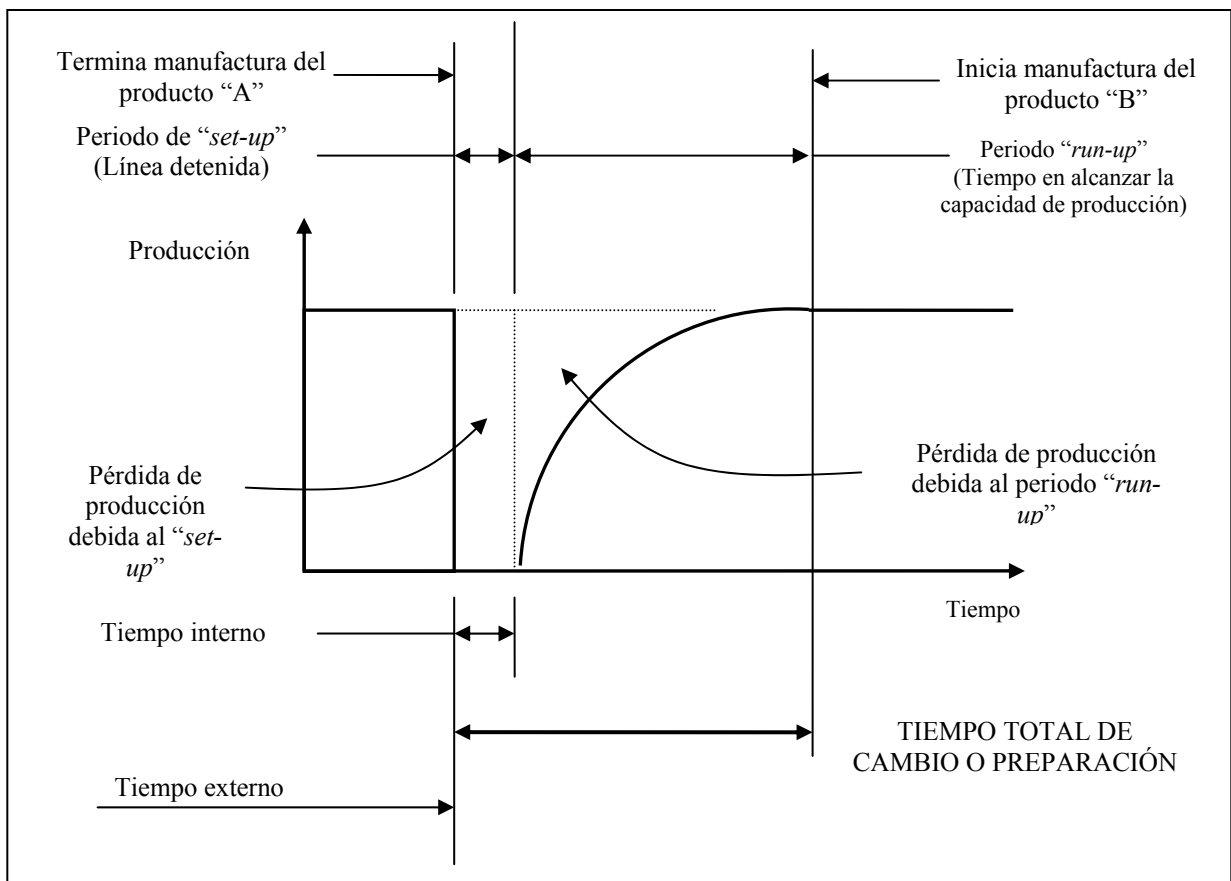


Algunos ejemplos de términos comunes son: tiempo interno, tiempo externo, cambios rápidos, *set up*, *run up* y reducción del tiempo de preparación (SUR por sus siglas en inglés). La definición de cada uno de los términos se muestra a continuación.

- **Tiempo interno:** Tiempo en que se realizan actividades de preparación y que requieren que la máquina o equipo se encuentren detenidos.
- **Tiempo externo:** Tiempo que requieren las actividades de preparación para realizar el cambio y que no necesitan que la máquina o equipo se tengan que detener.
- **Cambio rápido:** Es el proceso de cambio que existe entre la manufactura de un producto y el inicio de la manufactura de un producto alterno sin defectos.
- **Periodo de preparación (*set up*):** Es el intervalo de tiempo cuando no se produce debido a la preparación del equipo o maquinaria.
- **Periodo de prueba (*run up*):** Este periodo inicia una vez que se ha terminado la preparación (*set up*) y comienza la producción hasta alcanzar una producción consistente libre de defectos.

En la figura 2.12 se observa cómo el tiempo total de cambio se ve afectado por el tiempo de *set up* y por el tiempo de *run up*. Si el tiempo total de cambio disminuyera los procesos serían más flexibles y a su vez las empresas más competitivas en un mercado incierto, como se mencionó anteriormente.

Así, la ejecución de cambios rápidos tendrá mayor efecto en procesos que requieran pequeños lotes de producción, por lo cual son la piedra angular de la manufactura justo a tiempo (*Just in Time*) y algunos otros autores los identifican como una de las seis principales áreas del TPM (*Total Productive Maintenance*).



**Figura 2.12** Tiempos requeridos para la realización de un cambio. Fuente: McIntosh et al. (1996, p. 6)

La importancia y ventajas que ofrecen los cambios rápidos para el logro de la flexibilidad de los procesos y a su vez la competitividad de una empresa han hecho que se desarrollen diferentes metodologías, aunque en su mayoría todas se derivan del sistema SMED desarrollado por Shingo.

### **2.5.1 El sistema SMED**

Cakmakei y Karasu (2007) mencionan que los cambios en las demandas de los mercados, han propiciado que las industrias o empresas tengan que buscar una mayor flexibilidad en sus procesos de producción. Una forma de adaptarse a estas fluctuaciones de la demanda es a través de la implementación de técnicas para la reducción de los tiempos de preparación (*set up*).

Asimismo, la globalización de los mercados ha propiciado un escenario en donde las empresas de todos los niveles se encuentran inmersas en una constante competencia. Una estrategia que les permite ser reactivas ante estas circunstancias es el uso de herramientas que eliminen operaciones de los procesos de producción que no agreguen valor al producto.

Existen varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, servicio o procesos, las cuales son agrupadas dentro de una filosofía de producción llamada manufactura esbelta. Una de estas herramientas enfocada a la reducción de tiempos de preparación fue desarrollada por Shingo (1985) también conocida como el sistema SMED. Su objetivo estaba enfocado en mejorar las preparaciones y montajes para la producción de prensas y máquinas herramientas, pero sus principios se aplican actualmente a las preparaciones de máquinas en toda clase de procesos.

La metodología SMED ayuda a las empresas a que su producción sea en lotes pequeños, para que de esta manera puedan satisfacer las demandas cambiantes de los

clientes, asegurando productos de alta calidad y bajo costo de producción, con rápidas entregas sin altos costos de almacenamiento.

Shingo (1993) indica que muchos directivos de fábrica consideran la producción diversificada, de bajo volumen, como su mayor desafío singular. Sin embargo, esta perspectiva confunde las características de aprovisionamiento con las de la demanda. Dada esta situación, las empresas optan simplemente por producir sólo unas pocas clases de productos (poca diversidad) e intentar después estimular una demanda suficiente para ellos, sin embargo, en el mundo actual de la demanda diversificada, esta estrategia ha obtenido poco éxito.

Aunque se deben realizar numerosas operaciones de preparación de máquinas en un sistema de producción diversificada, varias posibilidades emergen cuando se observa el problema en términos de la preparación. En primer lugar, existirán elementos de preparación comunes. No importa que los productos difieran, debido a que las dimensiones de las herramientas y piezas usadas en el proceso pueden ser las mismas. En segundo lugar, pueden existir elementos de preparación similares. Algunas veces los productos diferirán, por ejemplo, para la fabricación de un plato, la forma básica permanece constante, sólo puede cambiar el diámetro.

Algunas desventajas de la producción de pequeños lotes es que una vez que una operación comienza a desarrollarse y estabilizar su velocidad la producción tiene que pasar a otro lote.

Para darle solución a estas desventajas existen diferentes estrategias que podrían reducir el problema, las cuales se mencionan a continuación:

- Eliminar la necesidad de conjeturas tanto como sea posible para mejorar operaciones.
- Simplificar las operaciones con base en la división del trabajo para minimizar los efectos de los cambios de ritmo de trabajo.

Las empresas realmente no enfrentan el problema de la diversificación de sus productos, más bien, el problema radica en la producción de pequeños lotes que requieren preparaciones múltiples.

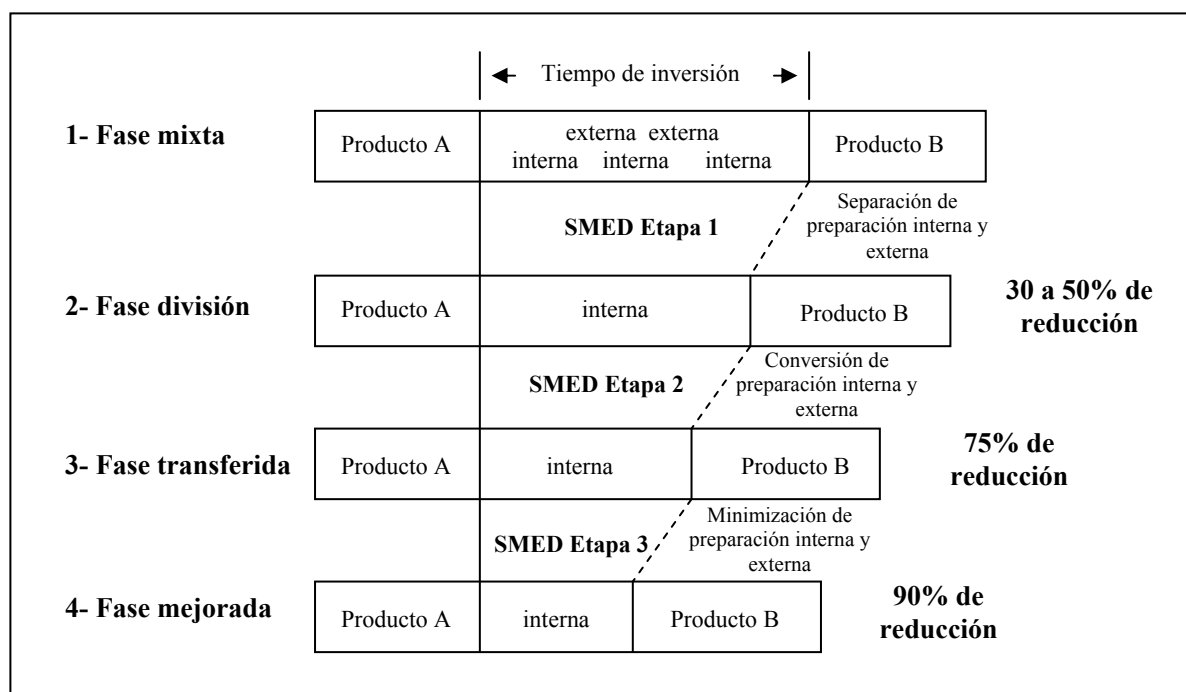
Shingo (1993) menciona que se piensa que los procedimientos de preparación son muy variados, dependiendo del tipo de operación y del tipo de equipo empleado, sin embargo, si se analizan estos procedimientos desde un punto de vista diferente, se observa que todas las operaciones comprenden una determinada secuencia. Esta distribución de tiempos en operaciones de cambio tradicionales se muestra en la tabla 2.6.

**Tabla 2.6 Pasos en un proceso de preparación de máquinas**

OPERACIÓN	TIEMPO
Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etcétera.	30%
Montar y desmontar herramientas, etcétera.	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes.	50%

**Fuente: Shingo (1993, p. 29)**

La metodología SMED cambia el supuesto de que las preparaciones del equipo y maquinaria requieren de mucho tiempo. El concepto consiste en diferenciar las actividades de “*set up*” que son internas de las actividades de “*set up*” que son externas. Las etapas que considera la metodología SMED para reducir los tiempos de preparación se presentan en la figura 2.13 y se explican con mayor profundidad en los siguientes párrafos.



**Figura 2.13 Visión general del sistema SMED. Fuente: Paredes (2007, p. 2)**

**Etapa preliminar o fase mixta:** No están diferenciadas las preparaciones interna y externa. En las operaciones de preparación tradicionales se confunde la preparación interna con la externa, y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, permaneciendo, como consecuencia, las máquinas detenidas durante grandes períodos de tiempo.

**Etapa de separación o de división: Separación de la preparación interna y externa.**

Esta etapa se considera la más importante debido a que es la diferenciación entre la preparación interna y externa. La preparación interna se refiere a las actividades u operaciones que se requieren hacer para realizar el cambio y que es necesario detener el equipo o la máquina. La preparación externa también es necesaria para realizar el cambio, sin embargo, al realizar estas actividades no es necesario que el equipo o la máquina se detengan. De ahí la importancia de identificar y separar las operaciones de preparación interna de la externa.

**Etapa de traspaso o de transferencia: Convertir la preparación interna en externa.** No

todas las preparaciones internas se pueden convertir en preparaciones externas, además de ser imposible, sin embargo, en la medida que una preparación interna se convierta en una preparación externa, el tiempo de cambio (*set-up*) se verá reducido. Para realizar esta transferencia, Shingo (1993) menciona algunos ejemplos como el método de los materiales continuos, la estandarización de funciones, el uso de plantillas de centrado, etcétera; de esta manera los periodos de preparación se pueden reducir entre un 30 y un 50 % simplemente separando los procedimientos de preparación interna y externa.

**Etapa de mejora: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.** En

algunas ocasiones el nivel de los diez minutos se puede alcanzar simplemente convirtiendo la preparación interna en externa. Es importante concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las operaciones interna y externa.

Cada una de estas etapas considera diferentes técnicas como se muestra en la tabla 2.7, las cuales son propuestas por Shingo (1993).

**Tabla No. 2.7 Técnicas prácticas del sistema SMED.**

<b>Etapas</b>	<b>Etapas conceptuales</b>	<b>Técnicas prácticas</b>
Etapa preliminar	No se distingue entre preparación interna/externa	
Etapa 1	Separar preparación externa de la interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar lista de chequeo</li> <li>• Realizar las funciones de chequeo</li> <li>• Mejorar el transporte de útiles</li> </ul>
Etapa 2	Convertir interna en externa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar por anticipado las condiciones de operación.</li> <li>• Estandarizar las funciones.</li> <li>• Utilizar plantillas intermedias.</li> </ul>
Etapa 3	Mejorar todos los aspectos de la operación de preparación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar almacenaje y transporte de cuchillas, útiles, plantillas, calibradores, etc.</li> <li>• Implementar operaciones en paralelo.</li> <li>• Utilizar anclajes funcionales.</li> <li>• Eliminar ajustes.</li> <li>• Sistema del mínimo común múltiplo.</li> <li>• Mecanización</li> </ul>

**Fuente: Elaboración propia a partir de Shingo (1993, p. 101)**

Aunque esta metodología ha sido utilizada desde los años 80 para mejorar las actividades de cambios rápidos y ha sido aceptada ampliamente en los textos académicos y como material de entrenamiento industrial, McIntosh, Culley, Mileham y Owen (2000) realizaron un trabajo de investigación en donde critican esta metodología al considerar que no es suficientemente promotora de importantes opciones de mejora, particularmente las que tienen que ver con la reducción y eliminación de tareas en los cambios rápidos. Algunas de estas oportunidades son las que ofrece la aplicación del diseño.

Otra de las críticas que hace McIntosh et al. (2000), es la asignación individual de técnicas a los diferentes conceptos o etapas del sistema SMED. Shingo (1993) asigna una



serie de técnicas a partir de la etapa uno hasta la etapa tres (como se observa en la tabla 2.7), estas técnicas son tan diversas y además no guardan ninguna relación entre ellas, por lo tanto pueden ser usadas “fuera de secuencia” , es decir, que no se requiere llegar a la etapa tres para hacer uso de las técnicas prácticas propuestas por Shingo.

Trabajos como los de Gilmore y Smith (1996) proveen un ejemplo del uso de éstas técnicas aplicadas “fuera de secuencia”, a pesar de que el equipo de mejora de este estudio había sido informado de la aplicación de la metodología SMED. Este equipo seleccionó técnicas de mejora que eran más apropiadas para el problema al que se estaban enfrentando.

Además del sistema SMED, existen otras técnicas para la reducción de los tiempos de *set up*, las cuales fueron encontradas en el proceso revisión de la literatura y que se comentan a continuación.

### **2.5.2 Cambio de útiles con un solo toque (OTED)**

Este sistema también desarrollado por Shingo (1993), propone la eliminación de los pernos o tornillos para que los cambios sean aún más rápidos. Este método fue concebido en una visita de asesoría a una planta de moldeo de plásticos en Osaka.

Los sistemas de cambio rápido de útiles se encuentran disponibles en el mercado, éstos implican mecanismos para asegurar útiles a las máquinas por medio de anclajes o mordazas, pero el método sin pernos, aunque similar en cuanto que el útil se cambia con un solo movimiento, es completamente diferente en dos aspectos:

- Aparecen un cierto número de ventajas en el manejo del útil por el hecho de que no se ancla a la máquina.
- Este método es una técnica de bajo costo porque no depende de mecanismos.

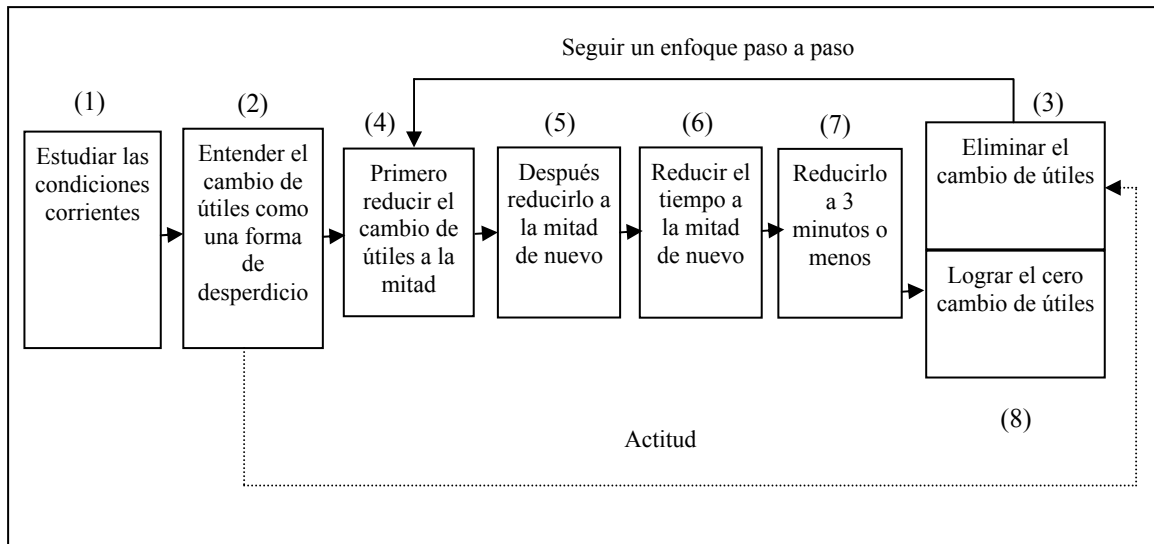
Este método puede aplicarse en las situaciones en donde se utilizan pernos para anclaje como por ejemplo en los procesos que utilizan máquinas de moldeo y prensas. Como este método constituye un enfoque conceptual, puede usarse ampliamente en una variedad de situaciones, en tanto que se ponga en práctica un poco de ingenuidad en forma apropiada a las condiciones específicas de un problema.

### **2.5.3 Cero preparaciones de máquinas**

Sekine y Arai (1993) mencionan que los tiempos de preparación no agregan valor al producto, por lo tanto deben considerarse como un desperdicio el cual debe eliminarse, sin embargo, esto no siempre es posible. Existe la técnica SMED la cual busca la reducción de los tiempos de preparación a tiempos de un sólo dígito, es decir, tiempos menores a diez minutos. Pero también existe un concepto que va más allá llamado -cero preparaciones- el cual tiene como finalidad reducir los tiempos de preparación al rango de tres minutos o cero preparación. Este enfoque se puede observar en la figura 2.14.

Sekine y Arai (1993) incluyen en esta metodología la actitud del factor humano como una variable que debe permanecer durante todo el proceso de aplicación de esta metodología. Asimismo, integra en la metodología el concepto de mejoramiento continuo en busca del cero cambio de útiles.

También mencionan que los tipos de desperdicios que se suscitan en una preparación o cambio de modelo pueden ser clasificados en tres categorías: desperdicio de organización, desperdicio de reemplazo y desperdicio de ajustes.



**Figura 2.14 Desarrollo de mejoras hacia el cero cambio de útiles. Fuente: Sekine y Arai (1993)**

El desperdicio de organización tiene que ver con los movimientos relacionados con la búsqueda, localización y selección de herramientas o implementos necesarios para realizar el cambio. Lo que se recomienda para la eliminación de este desperdicio es que al momento de realizar el cambio de útiles se tenga todo lo necesario organizado y a la mano.

El siguiente tipo de desperdicio es el que se conoce como de reemplazo y tiene que ver con la manera en cómo se lleva el anclaje. La utilización de tornillos es una forma tradicional para anclar o sujetar dos partes. Lo que se recomienda para eliminar este tipo de desperdicio, es primeramente de ser posible utilizar un anclaje sin pernos, si es necesario se recomienda utilizar pernos que con una sola vuelta se logre apretar las partes.

Finalmente, el tercer desperdicio relacionado con los ajustes se presenta cuando los operadores requieren realizar algún tipo de cálculo para el cumplimiento de los estándares. Una forma de erradicar este desperdicio es el uso de bloques calibrados.

Sekine y Arai (1993), proponen la siguiente metodología para lograr el rango de tiempos de preparación o cambio entre tres a cero minutos.

- Asegurar que todo lo necesario para el cambio está ya organizado y a la mano.
- Se pueden mover los brazos, pero no las piernas.
- No aflojar del todo los pernos.
- Contemplar los pernos como enemigos; hacer todo lo posible para deshacerse de ellos.
- No permitir ninguna desviación de los estándares de troqueles y plantillas.
- Los ajustes son desperdicios.
- Cortar los vástagos o núcleos si es posible.
- Usar bloques calibrados para todos los ajustes que actualmente se hacen visualmente con escalas.
- Encontrar modos de realizar cambios de útiles sin tener que parar la prensa.

Como se observa, esta metodología está orientada hacia la eliminación del tiempo de preparación, lo cual es realmente imposible, sin embargo, incluir la actitud del factor humano en todo el proceso mejora los resultados en la reducción de los tiempos de

preparación. A continuación se analiza otra metodología para la reducción de los tiempos de preparación, la cual integra métodos para la medición de tiempos y movimientos.

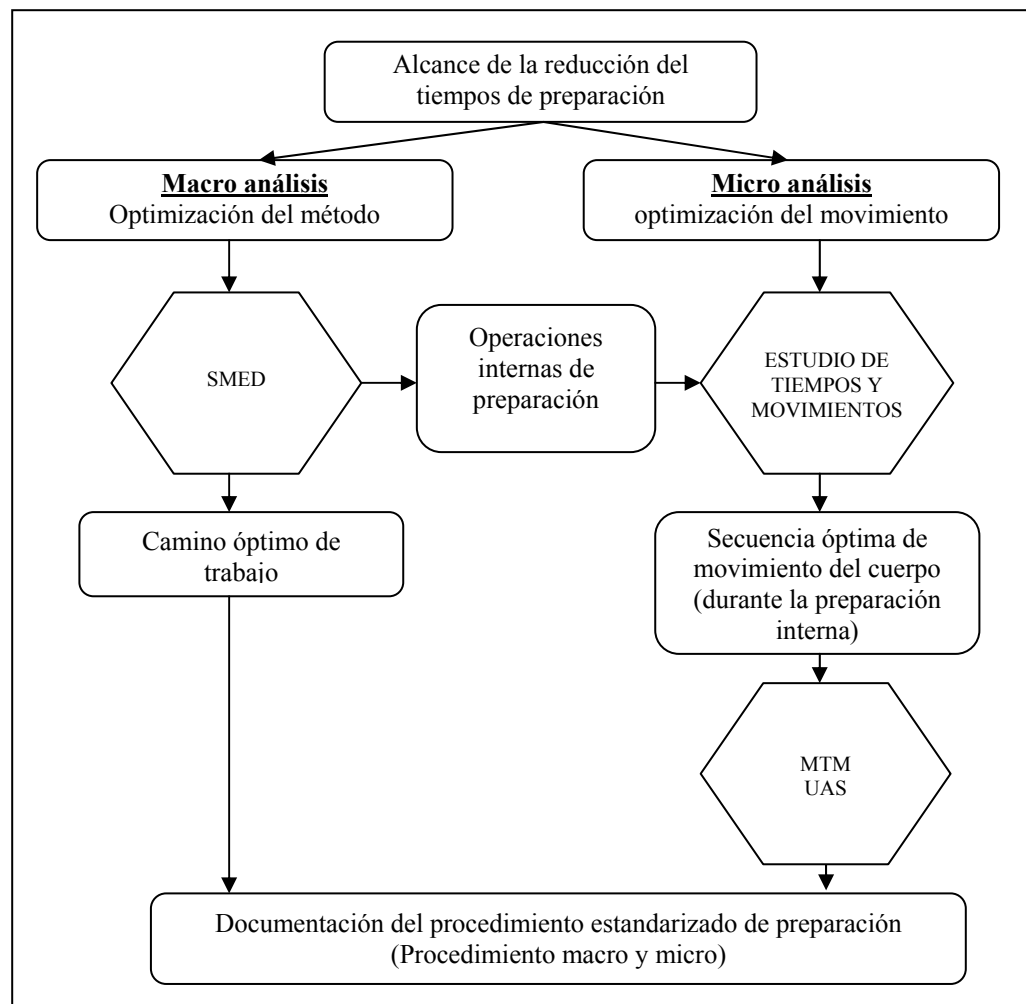
#### **2.5.4 Metodología SMED-MTM**

Cakmakei y Karasu (2007) proponen una metodología en donde se integra el sistema SMED con el método MTM (*Methods Time Measurement*). La integración ofrece además un detallado análisis para los estudios de movimiento y estandarización de procedimientos óptimos para cambios rápidos.

Esta metodología se enfoca a la estandarización de los procedimientos de cambio. Mileham, Culley, Owen, y McIntosh (1999) comentan que la reducción de los tiempos de preparación debe tener lugar dentro de una metodología global destinada a asegurar el éxito y la sostenibilidad. Para alcanzar con éxito la estandarización se requiere hacer uso de técnicas de ingeniería como es el caso del sistema MTM. La integración del SMED con MTM se observa en el modelo de la figura 2.15.

En esta figura, el alcance de los esfuerzos para la reducción de los tiempos de preparación son separados en dos secciones. La primera es un “macro análisis” el cual es ya usado por SMED. En este macro análisis se consideran tres fases de SMED: separación de las operaciones de preparación interna y externa, convertir las preparaciones internas a externas y mejorar todos los aspectos de las operaciones de preparación. Durante el macro análisis, técnicas de ingeniería y mejoras en el diseño toman lugar para la reducción del tiempo de preparación. La segunda tiene que ver con el “micro análisis” y se enfoca en los movimientos del operador durante la preparación interna. En este caso, se usan técnicas

para la eliminación de movimientos innecesarios, simplificando movimientos necesarios y estableciendo la mejor secuencia de movimientos para maximizar la eficiencia.



**Figura 2.15 Metodología integrada para la mejora de los tiempos de preparación.**  
Fuente: Cakmakei y Karasu (2007, p. 337)

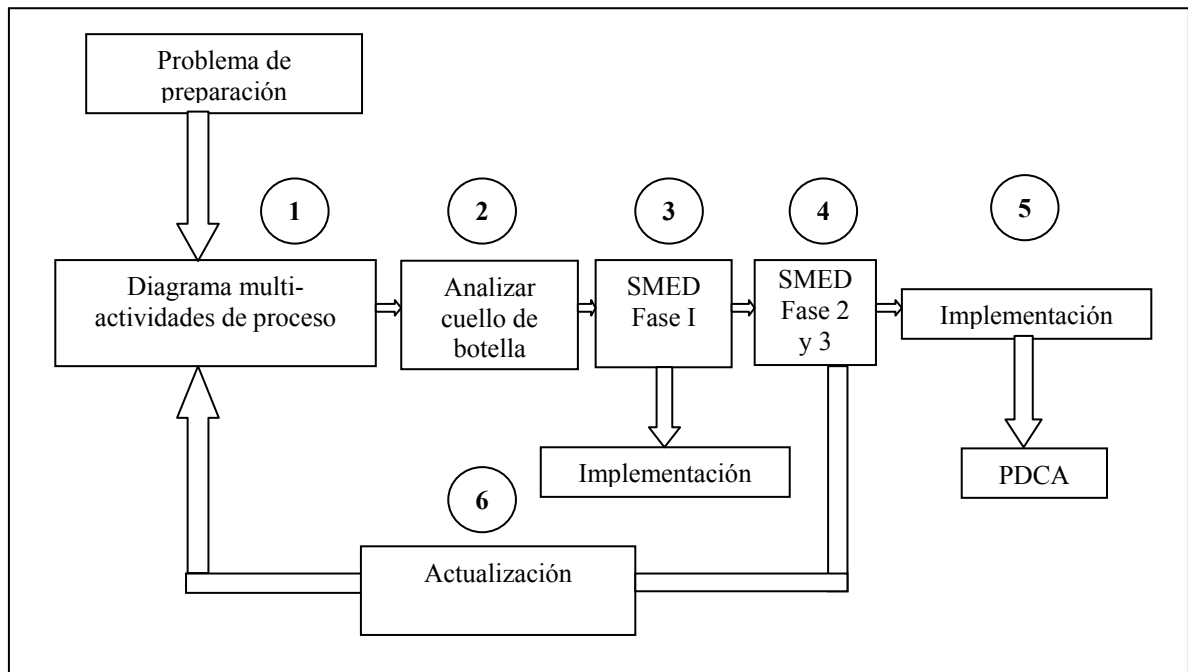
El modelo genera procedimientos estandarizados que proveen sostenibilidad basada en la mejora, la cual es un importante logro alcanzado.

### 2.5.5 Metodología integrada SMED-IE

Van Goubergen y Van Landeghem (2001) hacen uso de técnicas de ingeniería industrial (IE por sus siglas en inglés) para integrarlas con el sistema SMED con el objetivo de que la

reducción de los tiempos de preparación sean más efectivos. La necesidad de esta integración se debe a que la metodología presenta buenos resultados cuando solamente una máquina está involucrada.

Cuando toda la línea se encuentra involucrada, los principios de SMED son aplicables pero se requiere hacer uso de herramientas de IE. El modelo integrador se presenta en la figura 2.16.



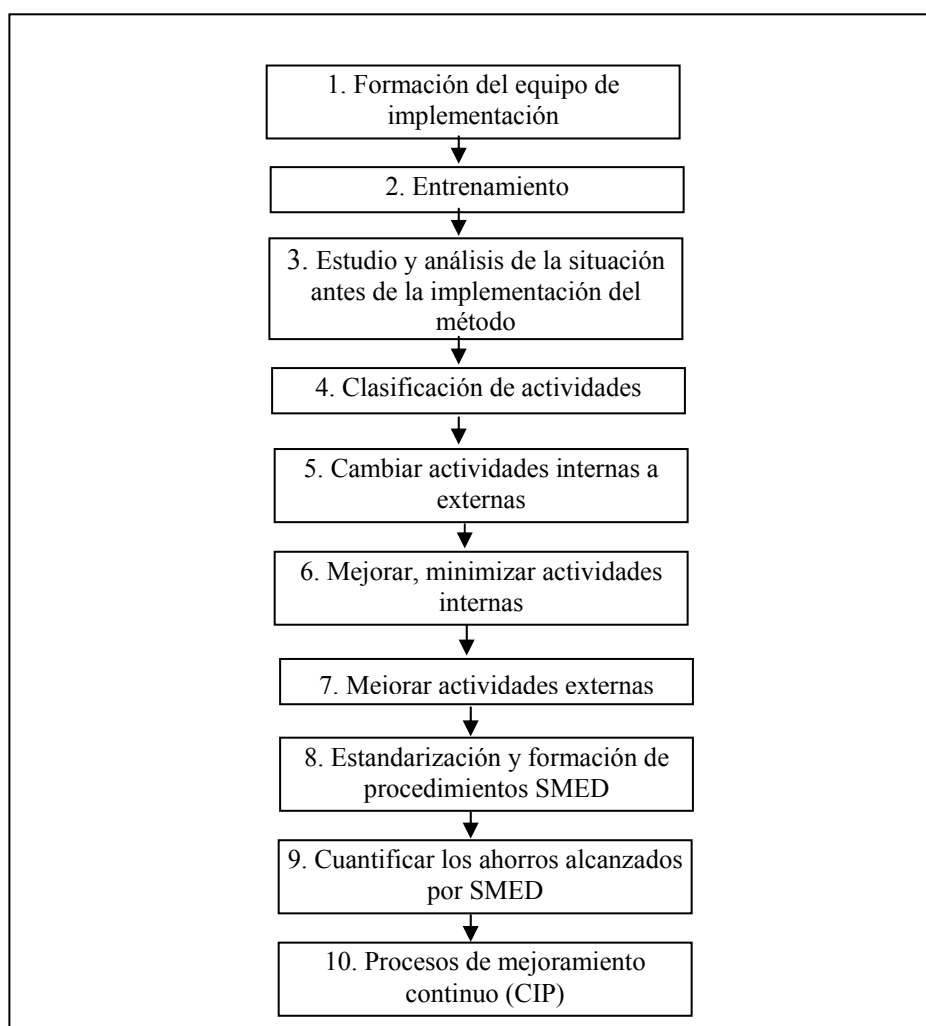
**Figura 2.16 Integración para la reducción de procesos de preparación. Fuente: Van Goubergen y Van Landeghem (2001, p. 3)**

Las herramientas de IE utilizadas son los diagrama multi-actividades de procesos los cuales muestran quien hace alguna actividad y cuando la realiza así como diagramas de Pareto para identificar las actividades de preparación “vitales” de las “triviales”.

El uso de las herramientas de ingeniería industrial permite que el modelo pueda adaptarse a procesos en donde se cuente con más de una máquina, así como contar con un sistema de retroalimentación para la mejora de las actividades.

### 2.5.6 Metodología integrada SMED-5 S

Esta metodología es propuesta por Perinic, Ikonic y Maricic (2009) y consiste en la integración de la metodología SMED con la técnica conocida como 5 “S”. Esta metodología se observa en la figura 2.17.



**Figura 2.17 Metodología integrada SMED – 5 “S”. Fuente: Elaboración propia a partir de Périnic et al. (2009)**



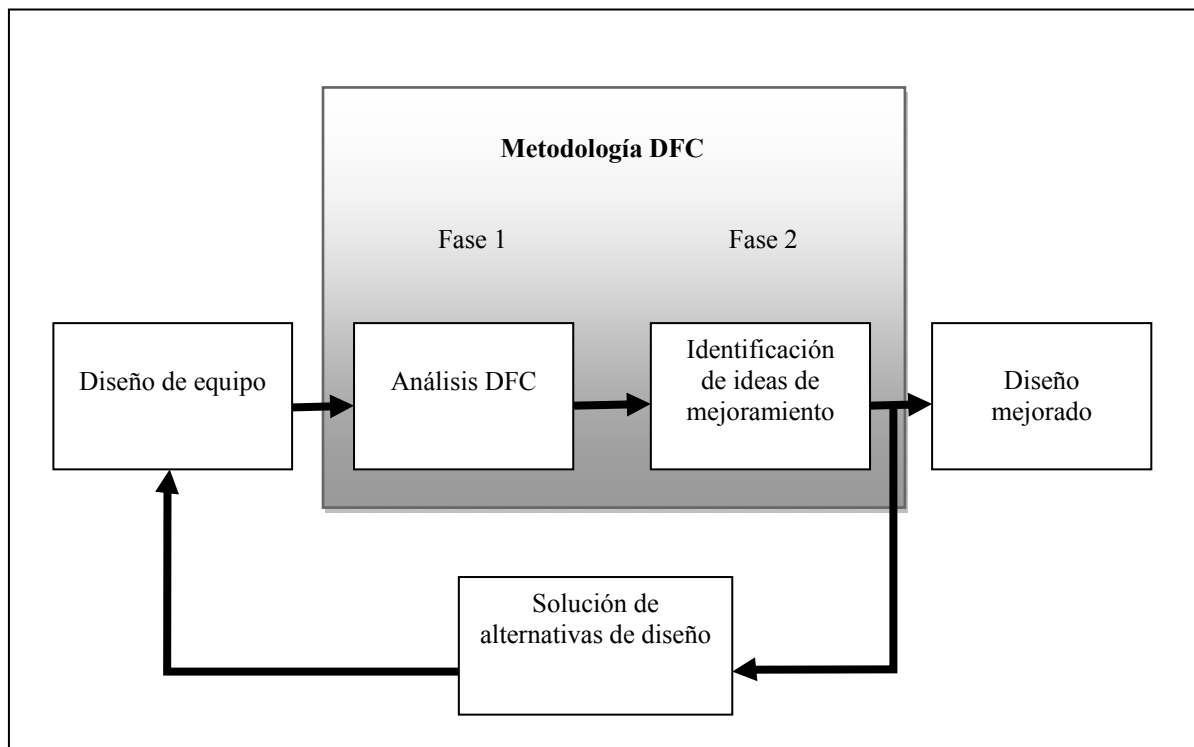
Los primeros siete pasos de esta metodología tienen que ver con el sistema SMED, a partir del paso ocho se integran actividades que tienen que ver con la técnica 5 “S” como una forma de mejoramiento de las actividades. Esta metodología es validada en un proceso de fundición lográndose una reducción en las actividades de preparación en un 51 %.

### **2.5.7 Metodología de diseño para cambios rápidos (DFC)**

El objetivo de esta investigación es el desarrollo de una metodología genérica para diseñar equipo para una manufactura flexible (Reik, McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2006b). La metodología provee una guía para los diseñadores de la modelización y evaluación de los procesos de preparación a través de la identificación de posibilidades de mejora. El diagrama de la figura 2.18 presenta el proceso para realizar los cambios rápidos usando la metodología DFC.

Reik et al. (2006b) proponen nueve pasos para esta metodología, la cual se divide en dos fases. La fase 1 contempla los primeros cinco pasos: identificar operaciones de cambio, identificar elementos de cambio y elementos relacionados con las actividades de preparación, identificar las relaciones entre impulsores de cambio y elementos de cambio, llevar a cabo la evaluación de la DFC y, representar de forma grafica las relaciones del paso tres. La fase 2 contempla del paso seis al nueve: exploración de las oportunidades de mejora y la creación de conceptos de mejora en el diseño, llevar a cabo la evaluación del diseño DFC para la propuesta de conceptos de mejora, seleccionar conceptos de mejora con la relación costo-beneficio y finalmente, llevar a cabo la evaluación del diseño DFC para contar con un diseño mejorado.

Esta metodología provee un procedimiento formal para evaluar las oportunidades de mejora en el diseño. Los resultados dependen de cómo las personas la utilicen, sin embargo, la metodología compara diferentes opciones de mejoramiento creadas por el usuario en términos de costo e impacto.



**Figura 2.18 Diagrama de flujo del diseño para el proceso de cambios rápidos. Fuente: Reik et al. (2006b, p. 1239)**

Como se observa en las anteriores técnicas para la reducción de tiempos de preparación, la flexibilidad y capacidad de respuesta son claves de la manufactura moderna con el objetivo de reducir las tareas que no agregan valor y una mayor respuesta a las demandas del cliente. La flexibilidad y eficiencia de los procesos de manufactura se ven incrementadas si se tiene un cambio rápido entre productos.

El uso de diferentes técnicas enfocadas a la reducción de los tiempos de preparación muestra la necesidad que las empresas tienen para aumentar la flexibilidad en sus procesos, no obstante, cada una propone procesos y procedimientos diferentes con el mismo objetivo de disminuir los tiempos de preparación.

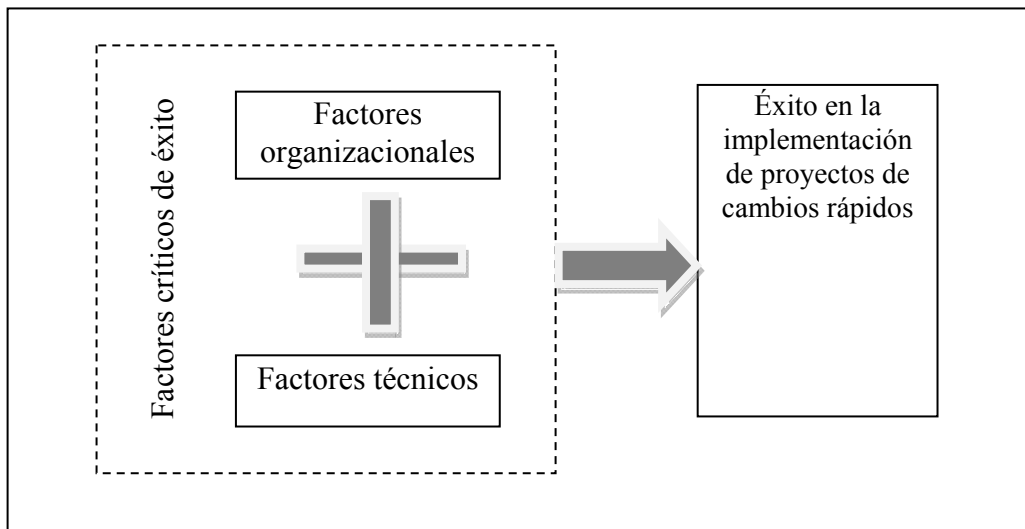
Finalmente, la falta de uniformidad de las técnicas para la reducción de los tiempos de preparación es un área de oportunidad para la realización de esta investigación, la cual puede considerarse de acuerdo a Bunge (2004), como una teoría tecnológica sustantiva esencialmente por la aplicación de las teorías científicas a situaciones aproximadamente reales.

## **2.6 Modelo conceptual propuesto**

En base a las debilidades de la teoría, específicamente en lo que se refiere a las metodologías y técnicas para la reducción de los tiempos de preparación, se observa que la efectividad de estos proyectos depende de dos tipos de factores, los que derivan de la organización y los que son inherentes a los aspectos técnicos. En cada una de esas categorías hay una diversidad de factores a precisar, puesto que no se observó un conjunto único generalizado en la teoría, y por lo tanto, se considera pertinente la determinación de los factores críticos de éxito en los proyectos de cambios rápidos. De la revisión de la literatura se observa la necesidad de desarrollar una teoría tecnológica sustantiva, que explique la efectividad de los proyectos como su ejecución.

En la industria los proyectos de cambios rápidos siguen una práctica empírica, a la medida, que sigue teorías operativas bajo el principio de racionalidad acotada. Derivada de

esta investigación, la implementación de proyectos para la reducción de los tiempos de *set up* será guiada con una acción racional, específicamente *máximamente racional* (Bunge, 2004, p. 562), que será obtenida de la comprobación de hipótesis y aunque no garantizará el éxito, si suministra los medios para el perfeccionamiento gradual de esta teoría, para así contribuir a la creación de una teoría sustantiva. El modelo que se considera necesario tiene la forma que se propone en la figura 2.19.



**Figura 2.19 Modelo conceptual. Fuente: Elaboración propia**

El modelo conceptual necesario ha de relacionar a los dos tipos de factores con los resultados del proyecto para la reducción del tiempo de preparación mediante una relación de tipo predictor, que no es precisamente una relación de tipo causal directa. En otras palabras, uno de los factores mencionados repetidamente es el entrenamiento, esto implica que para reducir significativamente el tiempo de preparación se necesita que el personal técnico y de ingeniería sea competente en este proyecto, se espera que con personal de talento se puedan aprovechar las oportunidades de mejora que representa un tiempo de

preparación largo, pero este factor no es causal (ni es el único) sólo se presume que tiene una contribución significativa estadísticamente. Este proyecto se enfoca en la determinación de los FCE, aunque se puede esperar que haya otros elementos, como el medio ambiente que tiene una relación de tipo moderador cuyo efecto no es estimado; tampoco se estudia ni proponen los cambios organizacionales necesarios para administrarlos con efectividad.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

En este capítulo se presenta las características de la investigación, luego los medios utilizados y finalmente el método de investigación.

### **3.1 Características de la investigación**

En este apartado se mencionan algunas de las características de esta investigación como lo son el tipo de investigación y los sujetos de estudio. Otras características se abordan en el método de investigación.

#### **3.1.1 Clasificación de la investigación**

De acuerdo al grado de estructuración se considera una investigación cualitativa, descriptiva y explicativa, así como de tipo observacional que busca explicar la relación causa-efecto a través de un diseño retrospectivo. Por otra parte, de acuerdo a la dimensión temporal, este estudio es de corte transversal debido a que los datos son recolectados en un solo periodo de tiempo.

#### **3.1.2 Sujetos de investigación**

En los diferentes ambientes de manufactura las técnicas usadas para realizar un cambio rápido requieren de personas con conocimientos y experiencia en las preparaciones del equipo y maquinaria. De esta forma, las personas, sujetos de esta investigación fueron: gerentes y supervisores de producción, ingenieros de proceso y personal de mantenimiento que trabajan en la IME de Ciudad Juárez.

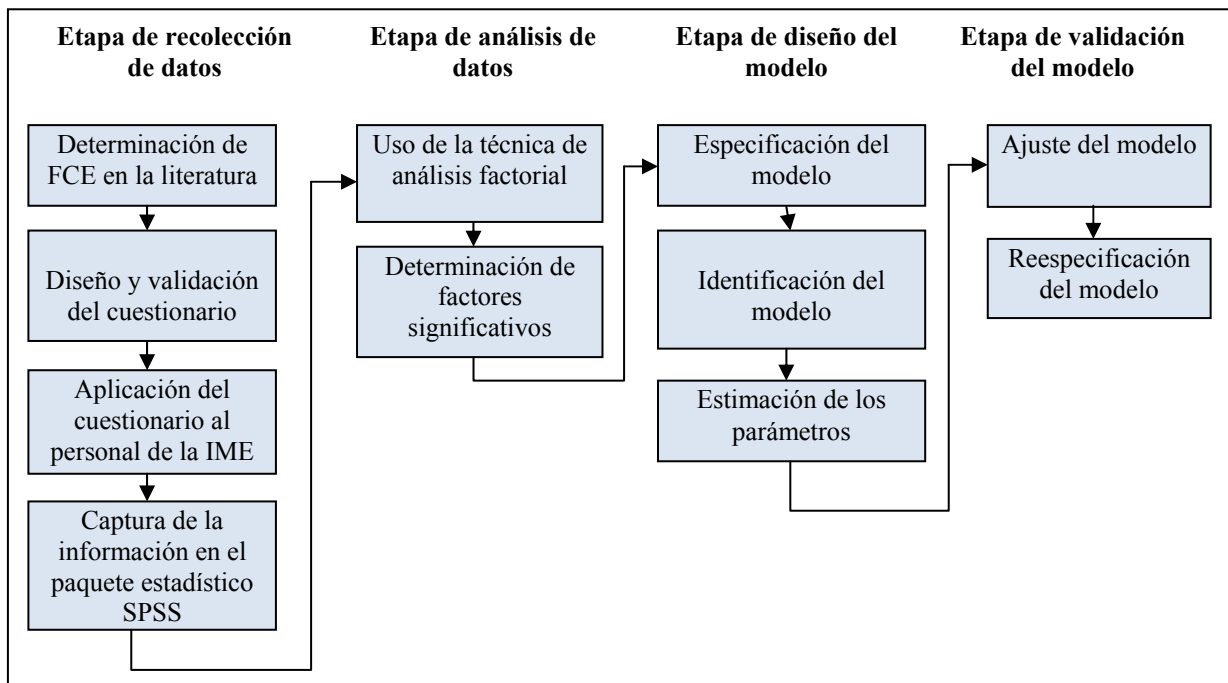
### 3.2 Medios

Los medios necesarios para el desarrollo de esta investigación se presentan en los siguientes párrafos:

- Fuentes de información. Se hace una revisión de la literatura existente en diferentes bases de datos como Emerald, Scimedirect, Springerlink, IEEE Xplorer, EBSCO, entre otras; así como en libros, revistas y tesis de doctorado, con la finalidad de revisar las investigaciones relacionadas con el uso de las diferentes metodologías para realizar cambios rápidos, identificar a los factores críticos de éxito en diferentes metodologías de mejoramiento y el uso y aplicación de las técnicas estadísticas de análisis multivariante.
- Cuestionario: Se diseña y valida este instrumento de medición con la finalidad de recabar información sobre los factores que contribuyen al éxito de proyectos de cambios rápidos en la IME. Las encuestas se realizan de manera personal aplicando el cuestionario a las personas encargadas o que cuenta con el conocimiento en las preparaciones del equipo (*set-ups*) como lo son: gerentes y supervisores de producción, ingenieros de proceso y personal de mantenimiento.
- Paquetería de cómputo estadístico. Se utilizan los paquetes de cómputo SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) y AMOS (*Analysis of Moment Structures*) como herramientas para el análisis de datos y la construcción y validación del modelo de ecuaciones estructurales. En el anexo 1 se presenta una descripción de las técnicas de análisis multivariante utilizadas en esta investigación.

### 3.3 Método

El método general propuesto para la realización de esta investigación consiste de una serie de pasos los cuales son presentados en el diagrama de flujo de la figura 3.1 y después son explicados detalladamente.



**Figura 3.1 Diagrama de flujo de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia**

#### 3.3.1 Determinación de FCE en la literatura

En esta etapa se revisó la literatura para identificar a los FCE que contribuyen en el éxito de los proyectos de cambios rápidos. Se revisaron libros, revistas, artículos y tesis de doctorado en formato electrónico y físico para generar una lista de los FCE que contribuyeron al éxito en la implantación de diferentes herramientas de mejora como Kaizen, SPC, JIT, etcétera. También se hizo uso de algunas bases de datos: Emerald, Scencedirect, Springerlink, IEEE Xplorer, EBSCO, entre otras.



### 3.3.2 Diseño y validación del cuestionario

Para la elaboración del instrumento se siguió el procedimiento descrito por Hernández et al. (2006), identificando las variables por ser medidas y considerando los factores que han sido reportados en la literatura en otros trabajos similares.

El resultado obtenido es un cuestionario que consta de 54 preguntas (ver anexo 2) , las cuales usan un nivel de medición ordinal y una escala de valoración del 1 al 6. Estas preguntas fueron clasificadas en ocho secciones, donde cada sección está relacionada con un constructo. La idea es medir el grado en que contribuyen al éxito de los proyectos de cambio rápido cada una de las variables o *items* en los resultados obtenidos en la implementación de este tipo de proyectos. Al final del cuestionario se generan cinco preguntas adicionales con el objetivo de obtener información de las empresas objeto de estudio.

Los constructos que aparecen en el cuestionario se forman a partir de la lista de FCE encontrados en la literatura. Esta clasificación es *a priori*, debido a que en el análisis factorial exploratorio se podrá identificar los factores que contribuyen al éxito en la implementación de proyectos de cambios rápidos. A continuación se muestran los constructos.

- Aspectos organizacionales.
- Objetivos estratégicos.
- Plan de acción.
- Acciones de mejora.

- Recurso humano.
- Herramientas alternas.
- Metodología para cambios rápidos.
- Documentación / información.

El constructo relacionado con los aspectos organizacionales de la empresa, contempla preguntas relacionadas con conocer cómo se involucra la administración con los proyectos de cambios rápidos y si las políticas organizacionales tienen un efecto positivo en los resultados de estos proyectos.

Otro constructo considerado es lo que se refiere a los objetivos estratégicos de una organización, de acuerdo con la literatura se encontró que en este apartado existen preguntas relacionadas con la formulación de objetivos para conocer si éstos son medibles y claros.

El plan de acción es contemplado en el cuestionario para conocer si son planeadas las actividades que permiten alcanzar los objetivos estratégicos antes mencionados y si se cuenta con un seguimiento del avance de cada uno de los proyectos.

El constructo recurso humano, se refiere a aspectos relacionados con la motivación del empleado, experiencia en el proceso, reconocimiento por los logros alcanzados, capacitación y seguridad en el área de trabajo.

También se incluye en el cuestionario el constructo herramientas alternas, con la finalidad de identificar si el uso de herramientas como diagrama de causa-efecto, gráficos de Pareto, mecanismos *poka yoke* (a prueba de errores) y la técnica “5 s”, combinadas con los cambios rápidos mejoran los resultados.

Se contempla preguntas relacionadas con el conocimiento que deben tener las personas encargadas de la implementación de la metodología para cambios rápidos (específicamente SMED). Estas preguntas también tienen como finalidad identificar en qué grado contribuye la metodología por sí sola, en el éxito de la implementación.

Finalmente, en el cuestionario se incluyen preguntas que tienen que ver con las acciones de mejora en la implementación de los proyectos de cambio rápido, debido a que en la literatura revisada se hacen críticas al sistema SMED por no contar con acciones de mejora y lo que se busca obtener con estas preguntas es determinar en qué grado contribuyen en la reducción de los tiempos de preparación.

Como información complementaria se hacen cinco preguntas abiertas, dentro de las cuales, la primera de ellas es la variable de respuesta (porcentaje de cumplimiento en la reducción de tiempos de preparación); la segunda es para identificar diferentes técnicas que se utilizan para la reducción de los tiempos de preparación; la tercera se formula para determinar si las técnicas usadas dan resultados favorables a la empresa y las últimas dos sirven para hacer una clasificación del tipo de empresa de la cual se obtuvo la información.

La validación se hizo aplicando la encuesta a un grupo de 30 de participantes para encontrar el índice alfa de cronbach y determinar la validez del instrumento bajo el procedimiento que se menciona en el anexo 1. Una vez validado el instrumento se procedió con la aplicación de las encuestas.

### **3.3.3 Aplicación del cuestionario al personal de la IME**

El cuestionario se aplicó a una muestra representativa y de manera aleatoria al personal de la industria maquiladora de exportación de Ciudad Juárez, con conocimiento en los cambios rápidos en puestos de ingenieros de proceso, gerentes de manufactura, supervisores de producción, jefes de mantenimiento, etcétera.

La encuesta se realizó de dos formas: electrónica y personal. Con respecto a la forma electrónica, se contactó a gerentes de diversas empresas y se les envió el cuestionario por correo electrónico explicándoles el objetivo de la investigación, asimismo, se les solicitó su ayuda para que el cuestionario fuera distribuido al personal que tuviera conocimientos en las preparaciones de equipo y maquinaria.

La encuesta en su mayoría fue realizada de forma personal, explicando a cada participante el objetivo del cuestionario y los conocimientos que debían tener para que las respuestas proporcionadas contribuyeran en los resultados de la investigación.

### **3.3.4 Captura de la información en el paquete de computo estadístico SPSS**

Una vez realizado el levantamiento de los datos, se procedió a la captura de la información en el paquete estadístico SPSS. El total de cuestionarios contestados fue de 235. En la figura 3.2 se presenta un extracto de la hoja de trabajo usada para la captura de los datos.

### 3.3.5 Uso de la técnica de análisis factorial

Con la información capturada en el paquete estadístico SPSS se procedió a realizar un análisis factorial, no sin antes realizar la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin y de esfericidad de Barlett para determinar la adecuación de la muestra y de la información, es decir, si a estos datos se les podía aplicar el análisis factorial.

	Name	Type	Width	Deci	Label	Values	Missing	Colu
1	var00001	Numeric	8	2	¿Existe un compromiso de todos los niveles de la empresa en la implementació	None	None	8
2	var00002	Numeric	8	2	¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso	None	None	8
3	var00003	Numeric	8	2	¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con hab	None	None	8
4	var00004	Numeric	8	2	¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?	None	None	8
5	var00005	Numeric	8	2	¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?	None	None	8
6	var00006	Numeric	8	2	¿La empresa cuenta con políticas de calidad?	None	None	8
7	var00007	Numeric	8	2	¿La empresa cuenta con una Misión y Visión?	None	None	8
8	var00008	Numeric	8	2	¿Se cumplen los objetivos planteados en los proyectos para la reducción de los	None	None	8
9	var00009	Numeric	8	2	¿Se cuenta con objetivos que indican la reducción del tiempo que se espera al i	None	None	8
10	var00010	Numeric	8	2	¿Se tienen objetivos relacionados con el incremento en la disponibilidad de la m	None	None	8
11	var00011	Numeric	8	2	¿Existen objetivos que indican la reducción de los costos que se obtienen al im	None	None	8
12	var00012	Numeric	8	2	¿Se cuenta con objetivos para la reducción del desperdicio del material ocasion	None	None	8
13	var00013	Numeric	8	2	¿Existen objetivos para incrementar la seguridad de los operarios en su área de	None	None	8
14	var00014	Numeric	8	2	¿Se cuenta con objetivos para reducir los movimientos y manipulaciones de las	None	None	8
15	var00015	Numeric	8	2	¿Cada objetivo presenta la fecha en que éste debe estar realizado?	None	None	8
16	var00016	Numeric	8	2	¿Cada uno de los objetivos cuenta con el costo requerido para su cumplimiento	None	None	8
17	var00017	Numeric	8	2	¿Se menciona la mejora global que se espera al cumplir con cada objetivo?	None	None	8
18	var00018	Numeric	8	2	¿Existe congruencia entre la mejora de proyectos y los objetivos estratégicos d	None	None	8
19	var00019	Numeric	8	2	¿Existe un plan de acción para el cumplimiento de los objetivos?	None	None	8
20	var00020	Numeric	8	2	¿El plan cuenta con un responsable de realizar y/o validar cada acción?	None	None	8
21	var00021	Numeric	8	2	¿La Gerencia es la responsable de implementar el plan de acción?	None	None	8
22	var00022	Numeric	8	2	¿La Gerencia hace un seguimiento del avance del proyecto y de los resultados	None	None	8
23	var00023	Numeric	8	2	¿Los procedimientos para realizar los cambios rápidos se encuentran document	None	None	8
24	var00024	Numeric	8	2	¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de lo	None	None	8
25	var00025	Numeric	8	2	¿Existe un reporte de las incidencias encontradas en los procesos para la realiz	None	None	8
26	var00026	Numeric	8	2	¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el ca	None	None	8
27	var00027	Numeric	8	2	¿Se encuentran grabadas en video las operaciones necesarias para realizar un	None	None	8

Figura 3.2 Hoja de captura de datos en SPSS

La razón de realizar el análisis factorial es para reducir el número de variables que aparecen en el cuestionario, las cuales contribuyen al éxito de los proyectos de cambios rápidos, a un número menor y que puedan explicar el éxito en el despliegue de proyectos de cambios rápidos.

### 3.3.6 Determinación de los factores significativos

Para la determinación de los factores significativos se eligió el método de análisis de componentes principales, basado en un valor propio de la matriz de correlaciones de las variables analizadas (variables observadas).

Los datos son rotados por el método varimax, con la finalidad de repartir la varianza entre los distintos factores. Esta rotación permite interpretar de una manera más fácil los valores que presenta la matriz factorial después de haberse dado la extracción de los factores.

### **3.3.7 Especificación del modelo**

En esta etapa se estableció formalmente un modelo, el cual trata de explicar la teoría a partir de la relación entre las variables observables y latentes. Este modelo incluye los factores o componentes determinados en la etapa anterior, así como la correlación entre ellos. La especificación se realiza a partir del análisis factorial, con la finalidad de conocer cómo cada variable describe a cada factor y de qué manera estas variables definen mejor a un constructo.

El modelo especificado resultante es un análisis factorial confirmatorio con ocho factores o variables latentes, cada uno con once, cinco, cuatro, cinco, seis, cuatro, tres y dos variables observables respectivamente. Para el desarrollo y validación del modelo se usó el paquete de cómputo estadístico AMOS 16, el cual permite presentar de una manera gráfica este modelo.

### **3.3.8 Identificación del modelo**

En esta etapa se determinan los grados de libertad del modelo, los cuales se obtienen restando los parámetros distintos por estimar como son los pesos factoriales, las covarianzas y varianzas, al número de momentos distinto del modelo.

El número de momentos distintos del modelo (NM) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$NM=[(\text{número de variables observables}) * (\text{número de variables observables} + 1)]/2 \quad (1)$$

El número de parámetros distintos del modelo se obtiene sumando las cargas o pesos factoriales más las varianzas de las variables latentes y observadas. Los grados de libertad de este modelo se determinan con la diferencia del número de momentos distintos del modelo y el número de parámetros distintos del modelo.

### **3.3.9 Estimación de los parámetros**

Una vez especificado e identificado el modelo, es importante hacer una estimación de los parámetros. El método utilizado para hacer esta estimación fue el método de máxima verosimilitud, el cual se considera como un método coherente y no sesgado, eficiente, invariable al tipo de escala utilizada en la recolección de datos.

### **3.3.10 Ajuste del modelo**

Para comprobar la igualdad de las matrices de covarianzas observadas y las de varianzas reproducidas (lo que indicaría un modelo perfectamente identificado) se hizo uso de diferentes estadísticos como el índice residual de la raíz cuadrada media RMR (*Root Mean Square Residual*), GFI (*Goodness of Fit Index*), también conocido como índice de bondad de ajuste, además del AGFI (*Adjusted Goodness of Fit Index*), el cual constituye una extensión del índice de ajuste tradicional y finalmente uno de los índices utilizados para el ajuste parsimónico, PGFI (*Parsimonious Goodness of Fit Index*), entre otros.

### **3.3.11 Reespecificación del modelo**

La reespecificación del modelo será necesaria si algunos de los parámetros estimados no es significativo, es decir, que no representa a las variables en el modelo y por lo tanto tendrá que reespecificarse el modelo para mejorar su ajuste.



## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Este capítulo se compone de cuatro secciones, en la primera se realiza una prueba de confiabilidad al instrumento de medición, luego se realiza un análisis descriptivo de los datos de las cinco preguntas (*ítems*) complementarias, en la tercera sección se analizan estadísticamente los datos usando la técnica estadística de análisis factorial y finalmente se desarrolla y valida el modelo de ecuaciones estructurales.

### 4.1 Confiabilidad del instrumento de medición

La información de las encuestas es capturada en el paquete de cómputo estadístico SPSS y con la ayuda de este mismo se obtiene el valor alfa de cronbach para medir la confiabilidad del instrumento. Los datos de esta prueba se presentan en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Confiabilidad del cuestionario**

Alfa de Cronbach	Número de <i>Items</i>
0.976	54

El índice Alfa de Cronbach se obtuvo solamente de 204 cuestionarios, lo que representa un 86.8 % del total de los cuestionarios aplicados, debido a que 34 de ellos fueron excluidos del análisis por contar con datos perdidos (preguntas no contestadas por los encuestados). El índice alfa de cronbach de 0.976 indica que el instrumento tiene una alta confiabilidad, sin embargo, al realizar un análisis de cada ítem, se encontró que el ítem

34 tenía una baja correlación, por lo que se elimina del análisis estadístico debido a que su información no es confiable. En la tabla 4.2 se muestra el *ítem* eliminado y su correlación.

**Tabla 4.2 Pregunta eliminada del análisis estadístico**

No. de pregunta	Pregunta	Ítem corregido-correlación total	Alfa de cronbach si el <i>Item</i> se elimina
34	¿Al realizar los cambios existen riesgos de sufrir algún accidente?	-0.183	0.977

Después de eliminar este *ítem*, se realizó nuevamente la prueba de confiabilidad del instrumento con los *ítems* restantes, con esto se logra un incremento en la confiabilidad del 0.976 al 0.977. Cabe mencionar que esta eliminación se hace no solamente para mejorar el índice alfa de cronbach, sino para que en el análisis factorial se agrupen mejor las variables.

Al final del cuestionario se incluyeron cinco preguntas adicionales con el objetivo de obtener información tanto de la variable de respuesta -porcentaje de éxito alcanzado en la implementación de la técnica usada para cambios rápidos- como de las empresas que fueron encuestas. En la siguiente sección se realiza un análisis estadístico de tipo descriptivo de esta información.

## **4.2 Análisis estadístico descriptivo**

En esta sección se realiza un análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos con las preguntas incluidas al final del cuestionario. El número de respuestas a cada pregunta fue variable, debido a que no todos los encuestados respondieron en su totalidad.

Las preguntas que se formularon se mencionan a continuación.

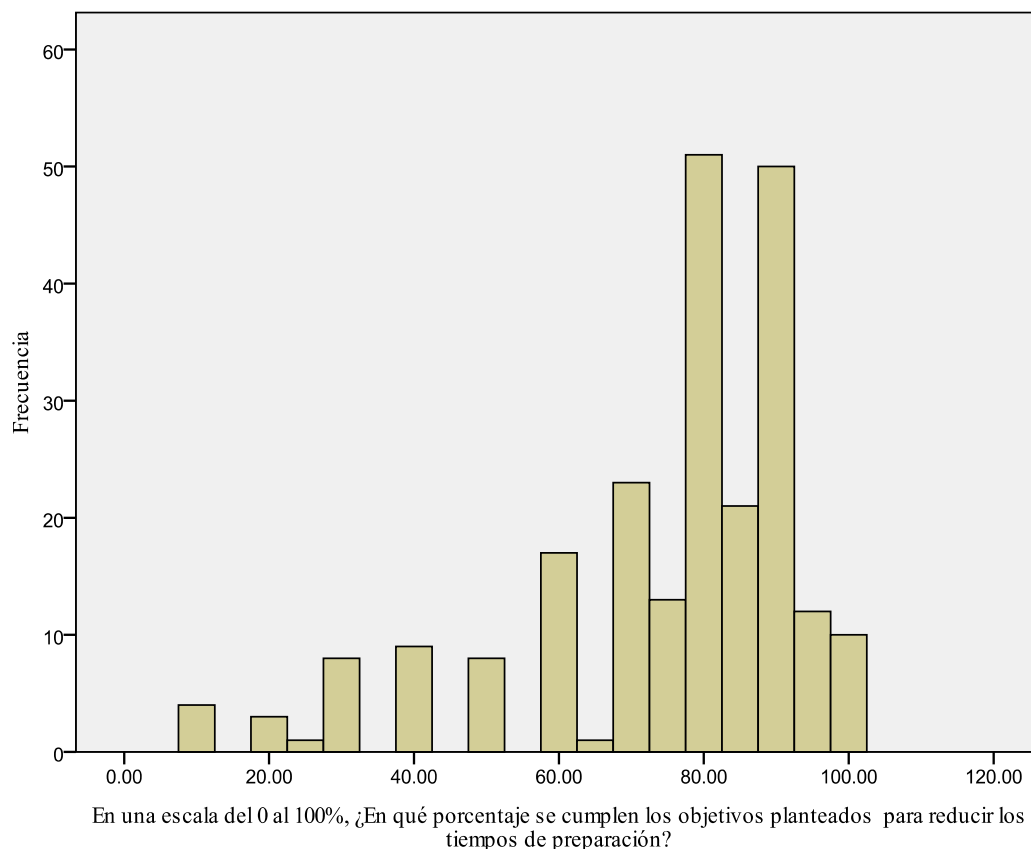
1. En una escala del 0 al 100%, ¿En qué porcentaje se cumplen los objetivos planteados para reducir los tiempos de preparación?
2. ¿Qué técnica para cambios rápidos utilizan en su empresa?
3. ¿Los resultados obtenidos por esta técnica son benéficos para la empresa?
4. ¿Cuál es el giro de la empresa en la que labora?
5. ¿Aproximadamente cuántas personas laboran en su empresa?

Las siguientes figuras y tablas que se muestran en esta sección son obtenidas con la ayuda del paquete de cómputo estadístico SPSS a partir de los datos capturados de las encuestas y proporcionan información relevante sobre la población objeto de estudio.

En la figura 4.1 se presenta un histograma que muestra el cumplimiento de los objetivos en la reducción de los tiempos de preparación en las empresas de la IME. En este histograma se observa un sesgo negativo de los datos, es decir, la mayoría de las personas encuestadas mencionan que en sus empresas se logra un alto porcentaje en el cumplimiento de los objetivos relacionados con la reducción de los tiempos de preparación.

Las frecuencias más altas corresponden a porcentajes de cumplimiento entre el 70% y 90%. En la tabla 4.3 se presentan los estadísticos descriptivos de los datos relacionados a esta misma pregunta.

La tabla 4.3 muestra que en promedio el 74.83 % de las empresas logran cumplir los objetivos relacionados con la reducción de los tiempos de preparación, con una desviación estándar de 19.82. Debido a la distribución que presentan los datos, la mediana es un mejor estadístico con un valor del 80% de cumplimiento.



**Figura 4.1 Porcentaje de cumplimiento de los objetivos en la reducción de tiempos de preparación. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

En esta misma tabla también se observa que existen empresas que tienen un porcentaje de cumplimiento de tan sólo el 10% en los objetivos relacionados a la reducción de los tiempos de preparación, pero también existen empresas que llegan a tener hasta un 100 % de cumplimiento.

**Tabla 4.3 Estadísticos descriptivos del porcentaje de cumplimiento de los objetivos**

<b>Pregunta</b>	<b>Estadísticos</b>		<b>Valores</b>
En una escala del 0 al 100%, ¿En qué porcentaje se cumplen los objetivos planteados para reducir los tiempos de preparación?	Media		74.8398
	Intervalo de confianza de la media al 95%	Límite inferior	72.2693
		Límite superior	77.4104
	Mediana		80.0000
	Varianza		393.170
	Desviación estándar		19.8285
	Valor mínimo		10.00
	Valor máximo		100.00

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 4.4 muestra la información relacionada con la pregunta dos. Aquí se presentan algunas de las técnicas más usadas para la reducción de los tiempos de preparación, mismas que las personas encuestadas mencionaron que utilizan en su empresa.

De esta tabla se puede concluir que el 50.58% de las técnicas usadas para la reducción de los tiempos de preparación en las diferentes empresas corresponde a la técnica SMED, sin embargo, es importante resaltar que el 12.12% de los encuestados mencionó que aunque en su empresa se realizan preparaciones de equipo no utilizan alguna de las técnicas existentes para llevar a cabo estos cambios. El tercer porcentaje más alto corresponde a la técnica de mejoramiento continuo *Kaizen* con un porcentaje del 7.55%.

De las diferentes técnicas para la reducción de los tiempos de preparación mencionadas por los encuestados, a excepción del SMED, ninguna corresponde a las vistas en el capítulo dos.

**Tabla 4.4 Uso de técnicas para cambios rápidos**

<b>Técnica usada para la reducción de los tiempos de preparación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
SMED	87	50.58%
Ninguna	21	12.20%
Kaizen	13	7.55%
Cinco eses	12	6.97%
Poka yokes	10	5.81%
Seis sigma	4	2.32%
TPM	3	1.74%
Check list	2	1.16%
Justo a tiempo	2	1.16%
Lean	2	1.16%
Lean sigma	2	1.16%
Paretos	2	1.16%
5s-Six sigma-TPM	1	6.97%
Acciones correctivas	1	
Auditorías de calidad	1	
DMAIC	1	
Estandarización	1	
Grupos de trabajo	1	
Lean, 5 eses, OEE	1	
Observación	1	
Reducción de inventarios	1	
Retroalimentación	1	
Set up	1	
Sistematizado	1	

**Fuente: Elaboración propia**

Con respecto a la pregunta tres, esta pregunta se les formula a los encuestados con la finalidad de identificar si el uso de las técnicas para la reducción de los tiempos de preparación que usan traen resultados favorables para su empresa. La tabla 4.5 resume la información correspondiente a esta pregunta.

De la tabla 4.5 se puede concluir que el 91.8% de las personas encuestadas consideraron que los resultados obtenidos por la técnica para la reducción de los tiempos de preparación usadas en sus procesos sí eran benéficos para la empresa; solamente el 8.2% dijeron lo contrario.

**Tabla 4.5. Porcentajes relacionados a la pregunta tres**

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
SÍ=1.00	178	91.8
NO=2.00	16	8.2
Total	194	100.0

**Fuente: Elaboración propia**

La pregunta cuatro, se formuló para obtener información del giro de la empresa en donde laboran las personas que contestaron el cuestionario. La tabla 4.6 muestra esta clasificación.

En la tabla 4.6 se observa que un 38.7% de los encuestados son personas que trabajan en empresas del ramo automotriz, el 14.78% en el ramo electrónico y un 10% en empresas de productos médicos. Cabe mencionar que estos tres ramos de manufactura son los principales en Ciudad Juárez.

Con un porcentaje del 6.09% aparece el apartado de “otros” en el que se consideraron empresas de sectores como: mantenimiento y ensamble de impresoras,

empresas dedicadas a la industria de la madera, empaques, industria de alimentos, industria cementera, textil y metalúrgica.

**Tabla 4.6 Giro de las empresas en donde laboran las personas encuestadas**

<b>Giro de la empresa</b>	<b>Personas encuestadas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Automotriz	89	38.70
Electrónico	34	14.78
Médico	23	10.00
Telecomunicaciones	17	7.39
Otros	14	6.09
Eléctrico	13	5.65
Servicios	9	3.91
Electrodomésticos	8	3.48
Accesorios oficina	5	2.17
Inyección de plásticos	4	1.74
Maquinados	4	1.74
Costura	4	1.74
Imprenta	2	0.87
Procesamiento de datos	2	0.87
Automatización	1	0.43
Fabricación de dulces	1	0.43

**Fuente: Elaboración propia**

La última pregunta muestra información relacionada al tamaño de la empresa. Las empresas se clasificaron de acuerdo con el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) como se muestra en la tabla 4.7.

En la tabla 4.7 se observa que el 79.91% de los encuestados laboran en empresas grandes que van desde los 265 empleados hasta los 5,000; el 11.35% trabaja en empresas de tamaño mediano con una cantidad de empleados entre 80 y 250, el 6.98% labora en



empresas pequeñas entre 12 y 50 empleados y solamente el 1.74% de los encuestados trabaja en alguna microempresa que cuenta entre 9 y 10 empleados.

Lo que se puede concluir de este análisis descriptivo, es que en su mayoría las empresas en donde laboran las personas encuestadas son de tamaño grande y del ramo automotriz, además de que un alto porcentaje de los encuestados utilizan la metodología SMED en sus procesos para la reducción de los tiempos de preparación con resultados favorables.

**Tabla 4.7 Tamaño de las empresas en donde laboran las personas encuestadas**

<b>Personas encuestadas</b>	<b>Tamaño de la empresa</b>
4	Microempresa
16	Pequeña
26	Mediana
183	Grande

**Fuente: Elaboración propia**

En la siguiente sección se presenta el desarrollo del análisis factorial realizado a las 53 variables, con el objetivo de reducir este número de variables a pocos factores que expliquen el éxito en los proyectos de cambios rápidos.

### **4.3 Análisis factorial**

En la revisión de la literatura se comentó que el análisis factorial tiene como propósito reducir múltiples variables a un número menor identificados como factores o componentes y que miden lo mismo. El número de variables fue de 53, por lo que es necesario realizar

un análisis factorial para reducir las a un número menor agrupándolas en componentes o factores que expliquen la contribución en el éxito de proyectos de cambios rápidos.

Antes de iniciar con el análisis factorial, se realizaron las pruebas de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin y de esfericidad de Bartlett, con el objetivo de verificar si los datos obtenidos con las 53 variables son adecuados y suficientes para llevar a cabo este análisis, además se determinó la matriz de correlaciones de las 53 variables, la cual se muestra en el anexo 3.

En la tabla 4.8 se presentan los resultados de las pruebas de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin y de esfericidad de Bartlett obtenidos con el paquete estadístico SPSS. El valor obtenido de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin es de 0.952; es decir, las correlaciones parciales son pequeñas y por lo tanto están midiendo un mismo factor.

Con lo que respecta a la prueba de esfericidad de Bartlett, la significancia de la prueba tiende a 0, lo cual quiere decir que los datos provienen de una distribución normal multivariante y que no existe colinealidad entre las variables, es decir, existen variables que explican lo mismo y por lo tanto se pueden agrupar.

**Tabla 4.8 Prueba de KMO y de esfericidad de Bartlett**

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin		0.952
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-Cuadrado aproximado	9388.738
	Grados de libertad	1378
	Significancia	0.000

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

Una vez que los datos han pasado estas pruebas, se procede a realizar el primer análisis factorial de tipo exploratorio (AFE), debido a que no se cuenta con un sustento teórico que determine la relación entre las diversas variables. El objetivo de este análisis es determinar los factores en donde mejor se agrupan cada una de las 53 variables a partir de la relación que pueda haber entre ellas.

Para la extracción de los factores de la solución inicial -los cuales agruparon a las variables- se usó el método de análisis de componentes principales. Los factores, así como los resultados de la varianza explicada por cada uno de ellos se muestran en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9 Porcentajes de varianza explicada**

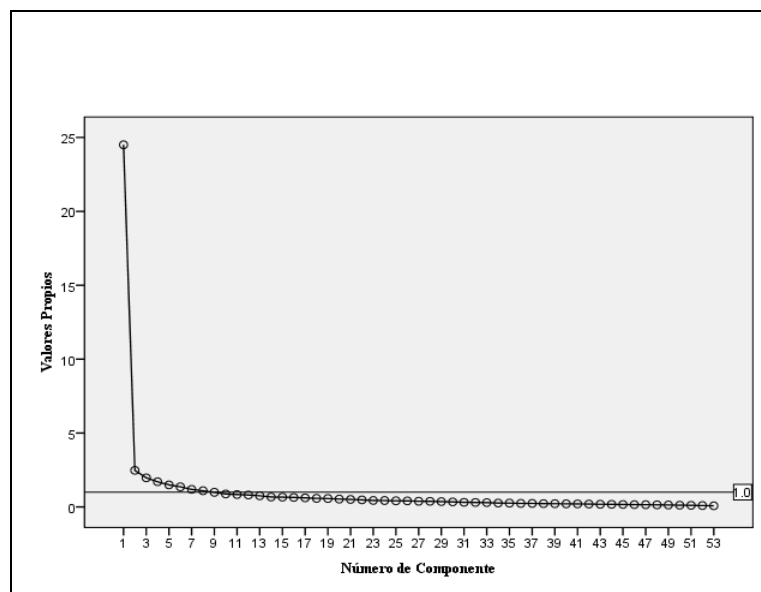
Componente	Valores propios iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	24.506	46.237	46.237	24.506	46.237	46.237
2	2.479	4.677	50.915	2.479	4.677	50.915
3	1.971	3.720	54.635	1.971	3.720	54.635
4	1.705	3.217	57.852	1.705	3.217	57.852
5	1.494	2.819	60.672	1.494	2.819	60.672
6	1.360	2.566	63.238	1.360	2.566	63.238
7	1.188	2.242	65.479	1.188	2.242	65.479
8	1.099	2.073	67.552	1.099	2.073	67.552
9	.992	1.872	69.424			
:	:	:	:			
53	0.078	.148	100.000			

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

En esta tabla se muestran los valores propios obtenidos de la matriz de varianzas-covarianzas y el porcentaje de varianza que cada uno contribuye. Los valores propios expresan la cantidad de la varianza total, la cual está explicada por cada factor. La cantidad de factores con valores propios mayores a la unidad son ocho, que sumadas sus varianzas pueden explicar el 66.552 % de la varianza de los datos originales.

Los componentes seleccionados son aquellos en donde los valores propios son mayores a la unidad, con la finalidad de que las variables que carguen en ese factor o componente, por lo menos tenga el poder explicativo de ellas mismas. A partir del componente nueve, el valor propio es menor a la unidad por lo que no es conveniente incluirlo en el análisis debido a que no agrupará a las variables.

Otra forma de identificar el número de factores por extraer es usando el gráfico de sedimentación, el cual consiste en representar gráficamente los valores propios de cada variable. En la figura 4.2 se muestra el gráfico de sedimentación de las 53 variables.



**Figura 4.2. Gráfico de sedimentación**

En éste gráfico se observa que a medida que crece el número de componentes la “línea” va tendiendo a cero, esto quiere decir que el factor correspondiente a ese valor propio es incapaz de explicar una cantidad relevante de la varianza total. También se puede ver como los componentes que sobrepasan la línea horizontal con valor de uno, son los ocho componentes extraídos anteriormente.

En la tabla 4.10 se presenta un extracto de la matriz de componentes, la cual representa la solución factorial. En ella se muestran las correlaciones o factores de carga entre las variables originales y cada uno de los factores. Las correlaciones relativas de cada una de las variables en cada factor constituyen un grupo diferenciado de variables dentro de la matriz de correlaciones. La matriz de componentes completa se muestra en el anexo 4.

**Tabla 4.10 Matriz de componentes**

Variables originales	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
¿Las personas que realizan los cambios cuentan con entrenamiento en al menos una metodología para cambios rápidos?	.803	-.124	.066	.114	-.024	-.161	-.101	.016
¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de los cambios?	.796	-.081	-.054	-.170	.012	-.206	-.173	-.017
¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el cambio rápido?	.793	-.108	.057	-.146	.128	-.135	-.235	.060
:	:	:	:	:	:	:	:	:
¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?	.499	.298	.313	.163	.343	.112	.221	.202
¿La empresa cuenta con políticas de calidad?	.425	.541	.335	.308	.233	.057	.021	.105
¿La empresa cuenta con misión y visión?	.370	.440	.456	.171	.355	-.073	.088	.109

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

De la matriz de componentes se obtiene la “comunalidad” de cada una de las variables, la cual es la proporción de la varianza de una variable que puede ser explicada por el modelo factorial obtenido, que en este caso consta de ocho factores.

En la tabla 4.11 se muestra un extracto de las comunalidades de las variables. El método de extracción utilizado fue el de análisis de componentes principales, el cual asume que la varianza observada se puede explicar al 100%, por lo cual el valor inicial de las comunalidades de cada variable es la unidad. En el anexo 5 se muestran todas las comunalidades de las variables.

**Tabla 4.11 Comunalidades de las variables**

Variable Original	Ini- cial	Extra- cción
¿Existe compromiso en todos los niveles de la empresa en la implementación de proyectos de cambios rápidos?	1.000	.709
¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso de participación?	1.000	.633
¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con habilidades y experiencia profesional?	1.000	.442
¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?	1.000	.606
:	:	:
¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?	1.000	.752
¿Las piezas defectuosas son identificadas y separadas?	1.000	.657
¿Cuando se realiza un cambio se identifican oportunidades de mejora?	1.000	.763
¿Si en el proceso de cambio, alguno de los pasos causa un problema, éste se anota y se recomiendan acciones de mejora?	1.000	.774
¿Cada vez que se implementa una acción de mejora, se actualiza el cambio?	1.000	.743
¿Existen grupos de mejora dentro de la empresa?	1.000	.606

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

La comunalidad de una variable se obtiene sumando los cuadrados de cada uno de sus factores de carga, por ejemplo el valor de 0.709 de la comunalidad de la primera

variable mostrada en la tabla 4.11, se obtiene sumando de los cuadrados de 0.592, -0.306, -0.185, -0.108, -0.087, 0.440, -0.051 y -0.123 mostrados en el anexo 4.

La variable que tiene menor comunalidad es la que se refiere a la pregunta “¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con habilidades y experiencia profesional?” con un valor de 0.442, por lo que seguramente dado el número de factores extraídos, esta variable no será considerada en el análisis.

En la tabla 4.12 se presenta la matriz de transformación de los factores utilizada para llevar a cabo la rotación de los factores. La matriz de componentes de tamaño 53 x 53 es multiplicada por esta matriz de transformación de tamaño 8 x 8, dando como resultado la matriz de factores rotados. En la tabla 4.13 se presenta una parte de esta matriz, y en el anexo 6 se presenta de manera completa la matriz rotada.

Si se compara la matriz de factores rotados con la matriz de componentes no rotados, se puede apreciar una mejora en la saturación de las variables agrupadas en los factores, es decir, al rotar los ejes de los factores, las variables pueden explicarlos de mejor manera.

En la matriz de factores rotados aparecen sólo coeficientes mayores a 0.5, debido a que para lograr una mejor interpretación de los datos se realizó un corte a los componentes con valores inferiores a 0.5, lo que indica un coeficiente de correlación bajo en relación con el factor en análisis.

**Tabla 4.12 Matriz de transformación de los factores**

Componente	1	2	3	4	5	6	7	8
1	.502	.404	.385	.356	.346	.286	.223	.241
2	-.612	-.035	.353	.119	.327	-.128	.554	-.234
3	.462	.123	-.160	-.200	-.102	-.643	.502	-.173
4	.142	-.422	-.390	.641	-.176	.247	.304	-.234
5	-.216	.227	-.068	-.157	-.584	.280	.466	.485
6	.275	-.493	.655	-.251	-.337	.175	.062	-.204
7	.059	-.590	-.075	-.097	.368	-.162	.128	.675
8	.115	-.017	-.332	-.558	.376	.541	.247	-.265

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

A partir de la matriz de factores rotados se obtienen las siguientes tablas en donde son agrupadas las variables de cada factor, además de definirse cada uno de los factores resultantes.

Por ejemplo, en la tabla 4.14 se observa que el primer factor se compone de once variables, las cuales están relacionadas con el CONOCIMIENTO DE LA METODOLOGÍA PARA CAMBIOS RÁPIDOS por parte de los responsables de estos proyectos.

Después de que la matriz de componentes es multiplicada por la matriz de transformación de los factores se obtiene una mejor interpretación de las variables en cada uno de los componentes o factores. Las once variables correspondientes al primer factor



presentan una mayor saturación o carga factorial en este componente, lo cual quiere decir que en conjunto están explicando lo mismo.

**Tabla 4.13 Matriz de factores rotados**

Variables	Factor			
	1	...	7	8
¿Todo lo necesario para realizar el cambio rápido se encuentra en el mismo nivel (piso)?	.735			
¿Las herramientas necesarias para el cambio se encuentran estandarizadas?	.721			
¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?	.713			
¿Con una revisión visual se puede saber si los materiales, herramientas, etc., están presentes para llevar a cabo el cambio rápido?	.708			
:	:	:	:	:
¿La empresa cuenta con una misión y visión?			.807	
¿La empresa cuenta con políticas de calidad?			.797	
¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?			.729	
¿En el proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido, se hace uso de los diagramas de Pareto?				.685
¿El uso de diagramas de causa-efecto es parte del proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido?				.633

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de SPSS**

En la tabla 4.15 se muestran las preguntas relacionadas con el segundo factor, el cual está compuesto por cinco variables relacionadas con la DOCUMENTACIÓN necesaria para llevar a cabo procesos de cambios rápidos.

Estas variables se refieren a la documentación de los procedimientos en donde se incluyen las tareas o actividades para realizar los cambios rápidos, reporte de incidencias encontradas y documentación de estándares para llevar a cabo un cambio rápido.

En la tabla 4.16 se muestran las preguntas relacionadas con el tercer factor. Este factor está compuesto por cuatro variables y se puede definir como COMPROMISO de

todos los niveles de la empresa en el éxito de la implementación de los proyectos de cambios rápidos, desde los responsables de la implementación hasta la alta gerencia.

**Tabla 4.14 Variables que conforman el primer factor**

No.	Variable	Saturación
44	¿Todo lo necesario para realizar el cambio rápido se encuentra en el mismo nivel (piso)?	.735
46	¿Las herramientas necesarias para el cambio se encuentran estandarizadas?	.721
49	¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?	.713
47	¿Con una revisión visual se puede saber si los materiales, herramientas, etc., están presentes para llevar a cabo el cambio rápido?	.708
50	¿Las piezas defectuosas son identificadas y separadas?	.702
45	¿Se cuenta con elementos especiales de transporte para el movimiento del material, herramientas, etc.?	.618
28	¿Todos los involucrados en la implementación de los cambios rápidos conocen el proceso?	.589
29	¿Las personas encargadas de realizar los cambios rápidos conocen el funcionamiento y mantenimiento de la máquina y/o equipo?	.585
43	¿La organización de las herramientas, partes, etc. se realiza de acuerdo con el orden en que van a usarse?	.576
42	¿Las herramientas, partes, etc., necesarios para realizar el cambio se encuentran organizados cerca de la máquina y/o equipo?	.567
48	¿Es fácil el acceso a la maquinaria y/o equipo para realizar el cambio rápido?	.554

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 4.15 Variables que conforman el segundo factor**

No.	Variable	Saturación
23	¿Los procedimientos para realizar los cambios rápidos se encuentran documentados?	.683
26	¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el cambio rápido?	.625
25	¿Existe un reporte de las incidencias encontradas en los procesos para la realización de un cambio?	.598
24	¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de los cambios?	.596
11	¿Existen objetivos que indican la reducción de los costos que se obtienen al implementar un proyecto de cambios rápidos?	.550

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 4.16 Variables que conforman el tercer factor**

No.	Variable	Saturación
1	¿Existe un compromiso de todos los niveles de la empresa en la implementación de proyectos de cambios rápidos?	.746
2	¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso de participación?	.661
8	¿Se cumplen los objetivos planteados en los proyectos para la reducción de los tiempos de cambio?	.597
4	¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?	.558

**Fuente: Elaboración propia**

El cuarto factor se puede definir como ACCIONES DE MEJORA, este factor se encontró en la revisión de literatura y se considera un factor de éxito en diversas prácticas de manufactura. En la tabla 4.17 se presentan las preguntas relacionadas con este factor.

**Tabla 4.17 Variables que conforman el cuarto factor**

No.	Variable	Saturación
51	¿Cuando se realiza un cambio se identifican oportunidades de mejora?	.687
52	¿Si en el proceso de cambio alguno de los pasos causa un problema éste se anota y se recomiendan acciones de mejora?	.670
53	¿Cada vez que se implementa una acción de mejora se actualiza el cambio?	.630
41	¿Se hace uso de técnicas complementarias como 5 “S”?	.548
54	¿Existen grupos de mejora dentro de la empresa?	.502

**Fuente: Elaboración propia**

Como se observa en la tabla anterior, las variables que agrupan este factor están relacionadas con acciones de mejoramiento continuo, las cuales deben ser consideradas en la implementación de los proyectos de cambio rápido. Es importante destacar que en este mismo factor se incluye la variable 41 que tiene que ver con el uso de la técnica 5 “S” y que es considerada una herramienta de mejora continua.

El quinto factor identificado, está formado por las cinco variables que aparecen en la tabla 4.18, y se puede definir como PLAN DE ACCIÓN, el cual incluye la planeación, implementación y seguimiento a los objetivos estratégicos relacionados con el despliegue de los proyectos de cambio rápido.

La tabla 4.19 contiene las variables que agrupan al sexto factor RECONOCIMIENTO DEL EMPLEADO, en este factor se observa que la variable 27 no

tiene relación con las demás variables que conforman este factor, esto se presenta debido a que al ir incrementando el número de factores, la interpretación de las variables se dificulta.

**Tabla 4.18 Variables que conforman el quinto factor**

No.	Variable	Saturación
21	¿La gerencia es la responsable de implementar el plan de acción?	.650
17	¿Se menciona la mejora global que se espera al cumplir con cada objetivo?	.640
22	¿La gerencia hace un seguimiento del avance del proyecto y de los resultados obtenidos?	.621
16	¿Cada uno de los objetivos cuenta con el costo requerido para su cumplimiento?	.597
18	¿Existe congruencia entre la mejora de proyectos y los objetivos estratégicos de la empresa?	.544
15	¿Cada objetivo presenta la fecha en que éste debe estar realizado?	.515

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 4.19 Variables que conforman el sexto factor**

No.	Variable	Saturación
32	¿Las personas responsables de implementar los cambios rápidos reciben un reconocimiento por los resultados favorables?	.710
33	¿Existen diferentes opciones de capacitación para las personas encargadas de implementar los cambios rápidos?	.666
27	¿Se encuentran grabadas en video las operaciones necesarias para realizar un cambio?	.548
37	¿Se cumplen plenamente las instrucciones para realizar un cambio rápido?	.538

**Fuente: Elaboración propia**

El séptimo factor está integrado por tres variables relacionadas con la DECLARACIÓN DE PROPÓSITOS DE LA EMPRESA. El que una empresa conozca su razón de ser, así como saber el rumbo a seguir, es importante en el éxito del despliegue de los proyectos de cambios rápidos. Las preguntas relacionadas con este factor se muestran en la tabla 4.20.

**Tabla 4.20 Variables que conforman el séptimo factor**

No.	Variable	Saturación
7	¿La empresa cuenta con una misión y visión?	.807
6	¿La empresa cuenta con políticas de calidad?	.797
5	¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?	.729

**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente, el octavo factor extraído por el método de análisis de componentes principales, se compone de solamente dos variables y es identificado en esta investigación como USO DE HERRAMIENTAS ALTERNAS, las variables de este factor consideran al diagrama de Pareto y al diagrama de causa-efecto como herramientas alternas que deben usarse en conjunto con las metodologías para cambios rápidos. En la tabla 4.21 se observan las dos variables que conforman este factor.

**Tabla 4.21 Variables que conforman el octavo factor**

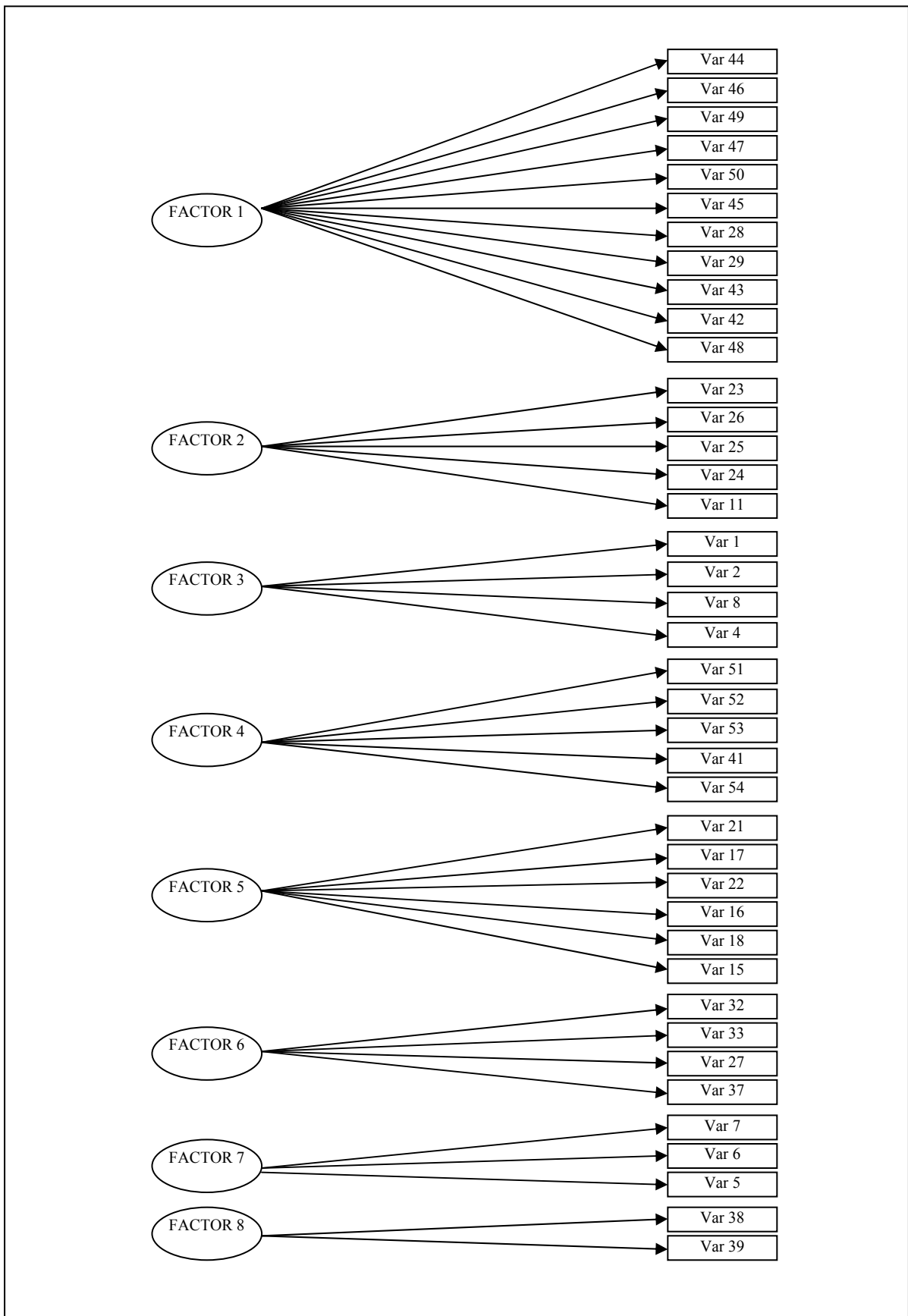
No.	Variable	Saturación
38	¿En el proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido se hace uso de los diagramas de Pareto?	.685
39	¿El uso de diagramas de causa-efecto es parte del proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido?	.633

**Fuente: Elaboración propia**

En el análisis factorial exploratorio realizado se obtuvieron ocho factores, extraídos con el método de Análisis de Componentes Principales. Estos factores, así como las variables que los integran, se muestran en el modelo de la figura 4.3.

#### **4.4 El modelo de ecuaciones estructurales**

En la siguiente sección se presentan los resultados de las etapas necesarias para llevar a cabo la modelización de un análisis de tipo causal. Se inicia con la especificación del modelo y se termina con la reespecificación del mismo.



**Figura 4.3 Factores y variables observadas. Fuente: Elaboración propia**

#### 4.4.1 Especificación del modelo

El diseño del modelo de ecuaciones estructurales está integrado por el modelo estructural, el modelo de medición de las variables latentes exógenas y finalmente el modelo de medición de las variables endógenas.

Con respecto al modelo estructural, se define una variable latente exógena llamada “éxito en los proyectos de cambio rápido” y las ocho variables latentes endógenas determinadas en el análisis factorial exploratorio.

En el modelo de la figura 4.4 se establecen como variables latentes endógenas al conocimiento de la metodología para cambios rápidos ( $\eta_1$ ), documentación ( $\eta_2$ ), compromiso ( $\eta_3$ ), acciones de mejora ( $\eta_4$ ), plan de acción ( $\eta_5$ ), reconocimiento del empleado ( $\eta_6$ ), declaración de propósitos de la empresa ( $\eta_7$ ) y uso de herramientas alternas ( $\eta_8$ ), estas variables están causalmente relacionadas con la variable latente exógena éxito en los proyectos de cambio rápido ( $\xi_1$ ). Como la variable latente exógena no logra explicar perfectamente a las ocho variables latentes endógenas, es necesario agregarle a cada una de ellas un término de perturbación (error)  $\zeta_1$ .

En este modelo se muestran las relaciones o pesos factoriales entre las variables latentes. La variable latente exógena se considera una variable independiente y trata de explicar a las ocho variables latentes endógenas, que en este caso son los ocho factores determinados en el AFE.

Del modelo estructural se obtienen las siguientes ecuaciones estructurales.

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \zeta_1 \quad (2)$$

$$\eta_2 = \gamma_{21}\xi_1 + \zeta_2 \quad (3)$$

$$\eta_3 = \gamma_{31}\xi_1 + \zeta_3 \quad (4)$$

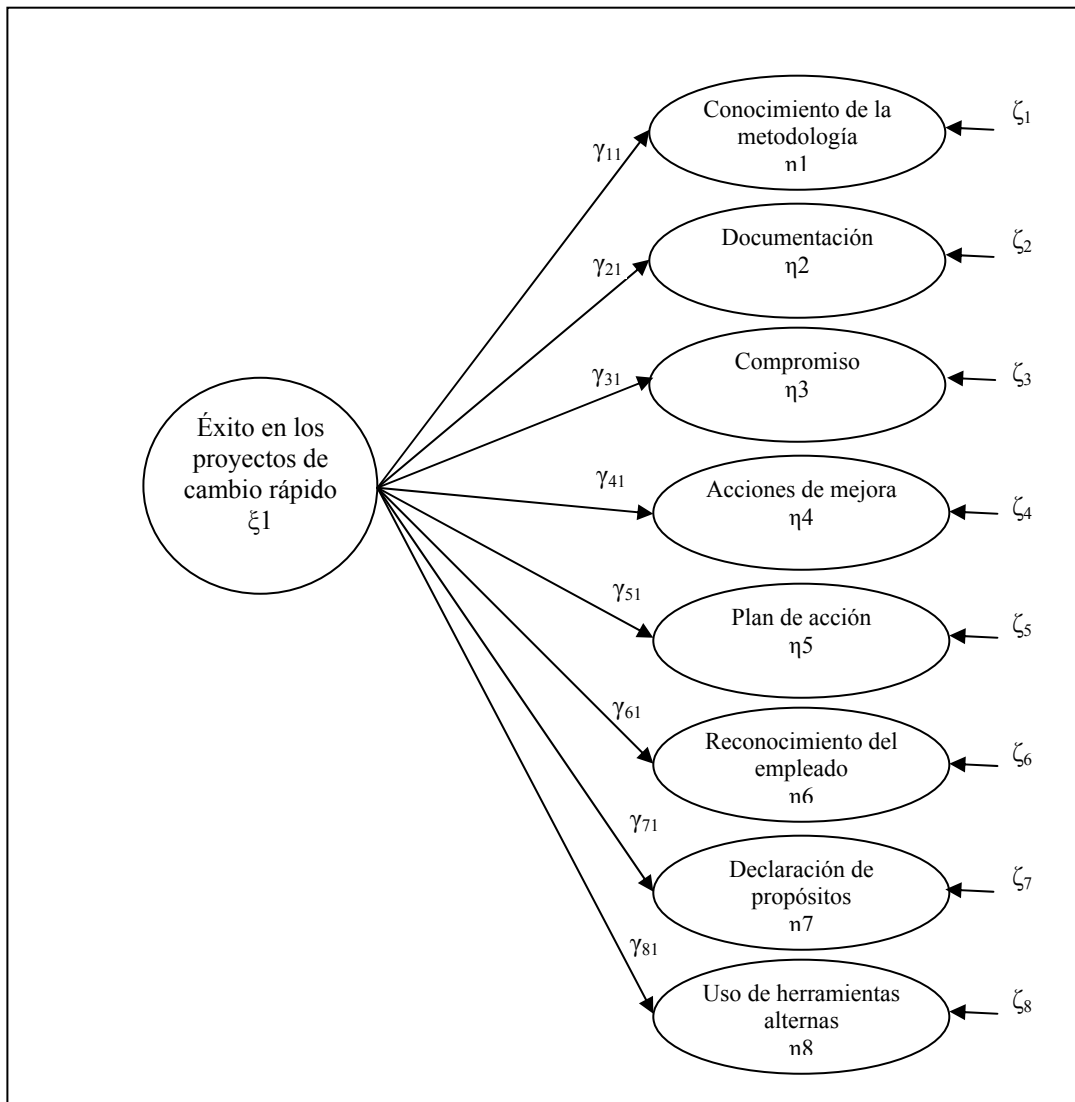
$$\eta_4 = \gamma_{41}\xi_1 + \zeta_4 \quad (5)$$

$$\eta_5 = \gamma_{51}\xi_1 + \zeta_5 \quad (6)$$

$$\eta_6 = \gamma_{61}\xi_1 + \zeta_6 \quad (7)$$

$$\eta_7 = \gamma_{71}\xi_1 + \zeta_7 \quad (8)$$

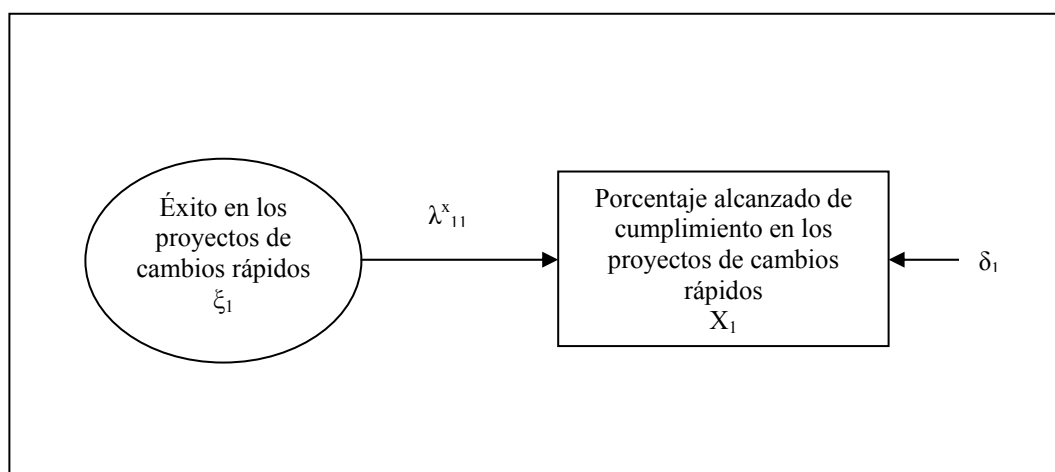
$$\eta_8 = \gamma_{81}\xi_1 + \zeta_8 \quad (9)$$



**Figura 4.4 Modelo estructural. Fuente: Elaboración propia**



A continuación, en la figura 4.5 se muestra el modelo de medición de la variable latente exógena con su respectivo indicador o variable empírica, en él se relaciona la variable empírica porcentaje alcanzado de cumplimiento en los proyectos de cambios rápidos con la variable latente exógena éxito en los proyectos de cambios rápidos.



**Figura 4.5 Modelo de medición de la variable latente exógena. Fuente: Elaboración propia**

La ecuación estructural del modelo de medición anterior que relaciona la variable latente “éxito en los proyectos de cambios rápidos” y la variable empírica “porcentaje alcanzado de cumplimiento en los proyectos de cambios rápidos” se presenta a continuación.

$$X_1 = \lambda_{11}^x \xi_1 + \delta_1 \quad (10)$$

Finalmente, en la figura 4.6 se presenta el modelo de medición de las variables endógenas, que están representadas por las 40 variables observadas, las cuales a su vez conforman las 8 dimensiones o variables latentes endógenas. Asimismo, a cada variable endógena se le agrega su término de perturbación o error  $\epsilon_n$ . A continuación se presenta

algunas de las 40 ecuaciones estructurales que representan al modelo de medición. Las variables observadas fueron sustituidas por las Y's

$$Y_1 = \lambda^y_{11} * \eta_1 + \varepsilon_1 \quad (11)$$

$$Y_2 = \lambda^y_{21} * \eta_1 + \varepsilon_2 \quad (12)$$

$$Y_3 = \lambda^y_{31} * \eta_1 + \varepsilon_3 \quad (13)$$

$$Y_4 = \lambda^y_{41} * \eta_1 + \varepsilon_4 \quad (14)$$

$$Y_5 = \lambda^y_{51} * \eta_1 + \varepsilon_5 \quad (15)$$

$$Y_{21} = \lambda^y_{21,4} * \eta_4 + \varepsilon_{21} \quad (31)$$

$$Y_{22} = \lambda^y_{22,4} * \eta_4 + \varepsilon_{22} \quad (32)$$

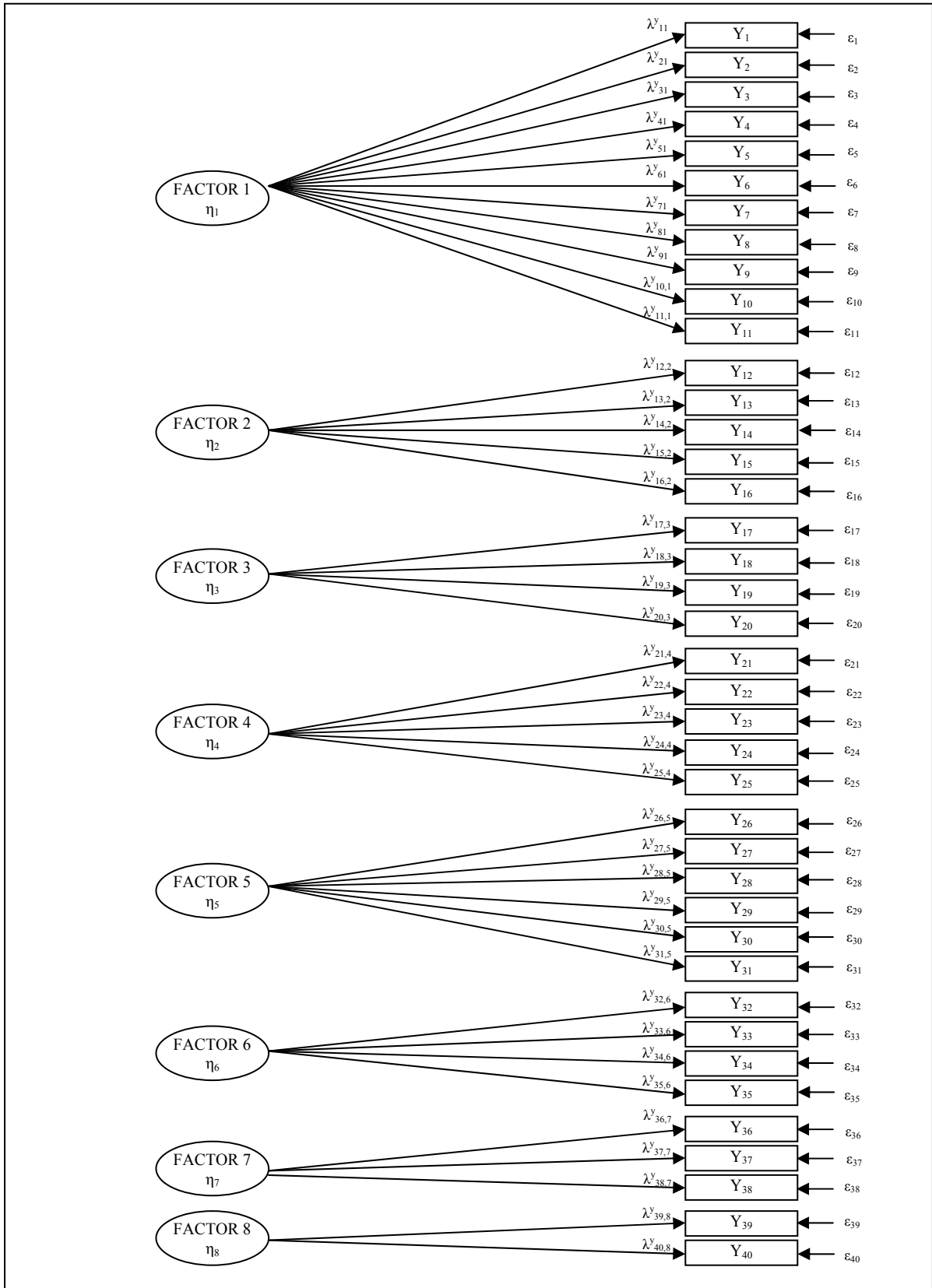
$$Y_{23} = \lambda^y_{23,4} * \eta_4 + \varepsilon_{23} \quad (33)$$

$$Y_{39} = \lambda^y_{39,8} * \eta_8 + \varepsilon_{39} \quad (49)$$

$$Y_{40} = \lambda^y_{40,8} * \eta_8 + \varepsilon_{40} \quad (50)$$

Una vez obtenidos los tres modelos –el modelo estructural, el modelo de medición de la variable latente exógena y el modelo de medición de las variables latentes endógenas - son combinados para obtener el modelo de ecuaciones estructurales.

En la figura 4.7 se presenta el modelo de ecuaciones estructurales, el cual muestra las relaciones entre las variables endógenas y exógenas, latentes y manifiestas. Este modelo se considera como un modelo causal con un solo nivel de causalidad. A continuación se describen las diferentes variables utilizadas en este modelo.



**Figura 4.6 Modelo de medición de las variables latentes endógenas. Fuente: Elaboración propia**

- $X_1$ : variable observable independiente exógena
- $Y_1$  a  $Y_{40}$ : variables observables dependientes endógenas
- $\xi_1$ : factor o variable latente exógena
- $\eta_1$  a  $\eta_8$ : factores o variables latentes endógenas
- $\lambda_{11}^y$  y  $\lambda_{11}^x$  a  $\lambda_{40,8}^x$ : cargas factoriales o saturaciones
- $\delta_1$ : error de medida de la variable observable exógena
- $\varepsilon_1$  a  $\varepsilon_{40}$ : errores de medida de las variables observables endógenas
- $\gamma_{11}$  a  $\gamma_{18}$ : parámetros estructurales
- $\zeta_1$  a  $\zeta_8$ : errores de regresión

Con el modelo de ecuaciones estructurales obtenido se procede a realizar la estimación de los diferentes parámetros, así como su ajuste mediante las diferentes medidas de ajustes, utilizando el paquete de cómputo estadístico AMOS, asimismo se comprueba su adecuación.

#### **4.4.2. Identificación del modelo**

En el modelo de ecuaciones estructurales de la figura 4.7, se establecieron diferentes parámetros los cuales serán necesarios estimar. Para saber si existen valores únicos para cada uno de los parámetros es importante calcular los grados de libertad del modelo, los cuales se obtienen restando al número de momentos distintos (elementos distintos de la matriz de varianzas-covarianzas) el número de parámetros distintos a ser estimados. En la tabla 4.22 se calculan los grados de libertad.

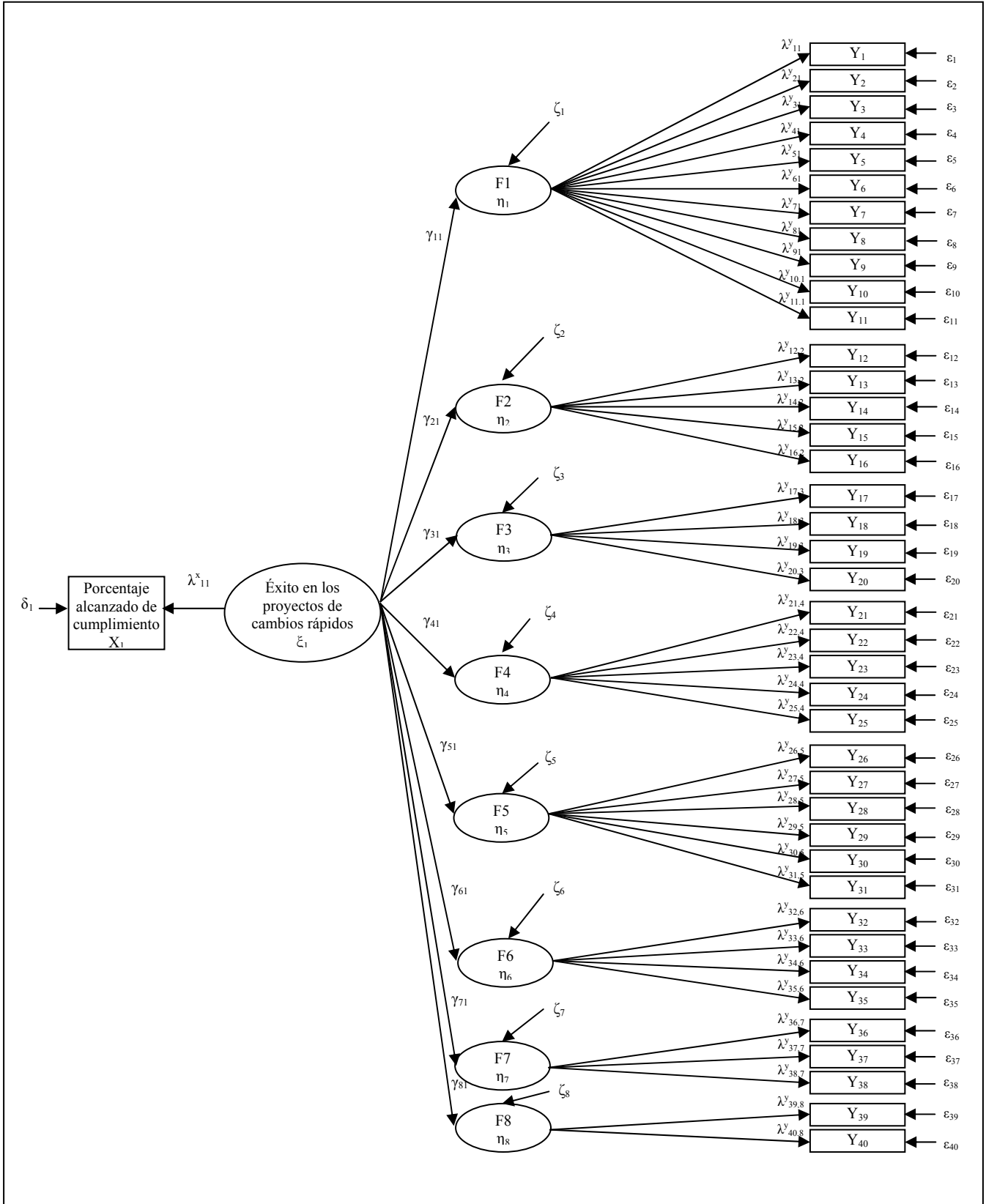


Figura 4.7 Modelo de ecuaciones estructurales propuesto. Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.22 Cálculo del número de grados de libertad**

Número de momentos distintos:	861
Número de parámetros distintos a ser estimados:	90
Grados de libertad (861 - 90):	771

**Fuente: Elaboración propia**

Como el número de grados de libertad es mayor a cero, el modelo se considera sobreidentificado, además de ser un modelo recursivo debido a la causalidad simple que existe entre la variable latente exógena y las variables latentes endógenas.

#### **4.4.3. Estimación de los parámetros**

El método que se utilizó para hacer la estimación de los parámetros fue el de máxima verosimilitud. Los valores de los parámetros se presentan de manera no estandarizados, además de fijar con valores de 1 algunos de los parámetros para facilitar la convergencia del modelo. La estimación de los parámetros de los pesos de la regresión y de la varianza se muestra en las tablas 4.23 y 4.24 respectivamente.

En estas tablas se observa que todos los parámetros son significativos (Valor  $P < .05$ ), esto quiere decir que los datos se ajustan bien al modelo teórico presentado. En la siguiente sección se analiza la evaluación del ajuste del modelo.

#### **4.4.4. Evaluación del ajuste**

Para evaluar el ajuste del modelo se utilizan diferentes índices de ajustes mencionados en el capítulo 3. El ajuste absoluto fue evaluado usando la razón de chi-cuadrada ( $\chi^2$ ) entre los grados de libertad (CMIN/DF), además de índices de ajuste como índice de bondad de

**Tabla 4.23 Estimación de los pesos o cargas factoriales no estandarizados**

Parámetro	Estimación	Error estándar	Razón crítica (Z)	Valor P
$\gamma_{31}$	.941	.099	9.499	< 0.05
$\gamma_{11}$	1.000			
$\gamma_{21}$	1.215	.113	10.738	< 0.05
$\gamma_{41}$	1.164	.105	11.054	< 0.05
$\gamma_{51}$	.865	.108	7.984	< 0.05
$\gamma_{61}$	1.256	.126	9.979	< 0.05
$\gamma_{71}$	.297	.047	6.289	< 0.05
$\gamma_{81}$	1.049	.124	8.496	< 0.05
$\lambda^y_{11}$	1.000			
$\lambda^y_{21}$	1.014	.083	12.168	< 0.05
$\lambda^y_{31}$	1.007	.070	14.309	< 0.05
$\lambda^y_{41}$	1.049	.085	12.387	< 0.05
$\lambda^y_{51}$	.959	.083	11.497	< 0.05
$\lambda^y_{61}$	.914	.081	11.331	< 0.05
$\lambda^y_{71}$	.971	.077	12.633	< 0.05
$\lambda^y_{81}$	.983	.081	12.096	< 0.05
$\lambda^y_{91}$	1.125	.088	12.764	< 0.05
$\lambda^y_{10,1}$	.919	.075	12.317	< 0.05
$\lambda^y_{11,1}$	.872	.079	11.090	< 0.05
$\lambda^y_{12,2}$	1.000			
$\lambda^y_{14,2}$	1.034	.074	13.994	< 0.05
$\lambda^y_{15,2}$	1.057	.067	15.784	< 0.05
$\lambda^y_{16,2}$	.957	.069	13.888	< 0.05
$\lambda^y_{17,3}$	1.000			
$\lambda^y_{18,3}$	.902	.085	10.641	< 0.05
$\lambda^y_{19,3}$	.951	.082	11.565	< 0.05
$\lambda^y_{20,3}$	.957	.093	10.300	< 0.05
$\lambda^y_{21,4}$	1.000			
$\lambda^y_{22,4}$	1.105	.062	17.704	< 0.05
$\lambda^y_{23,4}$	1.107	.064	17.404	< 0.05
$\lambda^y_{24,4}$	.796	.067	11.856	< 0.05
$\lambda^y_{29,5}$	1.401	.152	9.199	< 0.05
$\lambda^y_{30,5}$	1.223	.132	9.287	< 0.05
$\lambda^y_{31,5}$	1.159	.132	8.789	< 0.05
$\lambda^y_{32,6}$	1.000			
$\lambda^y_{33,6}$	.860	.069	12.379	< 0.05
$\lambda^y_{34,6}$	.835	.086	9.701	< 0.05
$\lambda^y_{13,2}$	1.094	.070	15.540	< 0.05
$\lambda^y_{25,4}$	.918	.081	11.356	< 0.05
$\lambda^y_{35,6}$	.761	.066	11.607	< 0.05
$\lambda^y_{36,7}$	1.000			
$\lambda^y_{37,7}$	1.363	.139	9.803	< 0.05
$\lambda^y_{39,8}$	1.000			
$\lambda^y_{40,8}$	1.124	.092	12.249	< 0.05
$\lambda^y_{38,7}$	1.591	.168	9.477	< 0.05
$\lambda^x_{11}$	1.907	.163	11.693	< 0.05
$\lambda^y_{26,5}$	1.000			
$\lambda^y_{27,5}$	1.442	.148	9.717	< 0.05
$\lambda^y_{28,5}$	1.152	.132	8.754	< 0.05

**Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de AMOS 16**

**Tabla 4.24 Estimación de las varianzas no estandarizadas**

Parámetro	Estimación	Error estándar.	Razón crítica Z	Valor P
$\zeta_9$	.693	.116	5.979	< 0.05
$\zeta_1$	.263	.044	5.903	< 0.05
$\zeta_2$	.255	.048	5.331	< 0.05
$\zeta_3$	.228	.049	4.644	< 0.05
$\zeta_4$	.287	.049	5.891	< 0.05
$\zeta_5$	.167	.040	4.150	< 0.05
$\zeta_6$	.460	.090	5.111	< 0.05
$\zeta_7$	.160	.029	5.473	< 0.05
$\zeta_8$	.730	.116	6.291	< 0.05
$\varepsilon_1$	.622	.063	9.816	< 0.05
$\varepsilon_2$	.811	.081	10.028	< 0.05
$\varepsilon_3$	.397	.043	9.225	< 0.05
$\varepsilon_4$	.813	.081	9.974	< 0.05
$\varepsilon_5$	.883	.087	10.169	< 0.05
$\varepsilon_6$	.841	.082	10.200	< 0.05
$\varepsilon_7$	.646	.065	9.908	< 0.05
$\varepsilon_8$	.778	.077	10.045	< 0.05
$\varepsilon_9$	.833	.084	9.871	< 0.05
$\varepsilon_{10}$	.637	.064	9.992	< 0.05
$\varepsilon_{11}$	.821	.080	10.241	< 0.05
$\varepsilon_{12}$	.689	.073	9.406	< 0.05
$\varepsilon_{14}$	.757	.080	9.445	< 0.05
$\varepsilon_{15}$	.445	.053	8.353	< 0.05
$\varepsilon_{16}$	.669	.071	9.486	< 0.05
$\varepsilon_{17}$	.691	.078	8.915	< 0.05
$\varepsilon_{18}$	.609	.067	9.065	< 0.05
$\varepsilon_{19}$	.455	.056	8.180	< 0.05
$\varepsilon_{20}$	.782	.084	9.286	< 0.05
$\varepsilon_{21}$	.451	.053	8.561	< 0.05
$\varepsilon_{22}$	.434	.055	7.950	< 0.05
$\varepsilon_{23}$	.475	.058	8.185	< 0.05
$\varepsilon_{24}$	.898	.089	10.114	< 0.05
$\varepsilon_{29}$	.757	.082	9.249	< 0.05
$\varepsilon_{30}$	.526	.058	9.096	< 0.05
$\varepsilon_{31}$	.745	.077	9.733	< 0.05
$\varepsilon_{32}$	.867	.109	7.978	< 0.05
$\varepsilon_{33}$	.746	.089	8.386	< 0.05
$\varepsilon_{34}$	1.640	.167	9.794	< 0.05
$\varepsilon_{36}$	.206	.026	7.961	< 0.05
$\varepsilon_{37}$	.224	.037	6.002	< 0.05
$\varepsilon_{13}$	.520	.061	8.562	< 0.05
$\varepsilon_{35}$	.759	.085	8.959	< 0.05
$\varepsilon_{39}$	.769	.118	6.513	< 0.05
$\varepsilon_{40}$	.437	.126	3.474	< 0.05
$\varepsilon_{38}$	.478	.062	7.684	< 0.05
$\delta_1$	1.327	.140	9.473	< 0.05
$\varepsilon_{26}$	1.352	.130	10.376	< 0.05
$\varepsilon_{27}$	.412	.053	7.749	< 0.05
$\varepsilon_{28}$	.756	.077	9.763	< 0.05
$\varepsilon_{25}$	1.337	.131	10.190	< 0.05



ajuste (GFI), índice residual de la raíz cuadrada media (RMR), índice de la raíz cuadrada media del error de la aproximación (RMSEA), índice de bondad de ajuste ponderado (AGFI), índice de ajuste normalizado (NFI), índice de ajuste comparativo (CFI) e índice de ajuste parsimónico (PGFI).

En la tabla 4.25 se muestran los resultados de los diferentes índices de ajuste obtenidos con el paquete estadístico AMOS, en esta misma tabla se presentan los criterios para evaluar cada uno de ellos..

Aunque algunos de los criterios que se mencionan en la tabla tienen un rango entre 0 y 1, en donde 1 significa un ajuste perfecto, los valores de estos índices son aceptables. En general, se puede concluir que el modelo propuesto cumple con todos los criterios de ajuste.

Los índices CMIN/DF, GFI, RMR, RMSEA indican una medida de ajuste global del modelo propuesto. Por su parte, los índices AGFI, NFI y CFI, comparan el modelo propuesto con el modelo nulo (en el modelo nulo no se plantean relaciones entre las variables). Finalmente, el índice PGFI representa la parsimonia del modelo, es decir, si el modelo esta sobreidentificado existirán demasiados parámetros a estimar y el modelo será más complejo.

En la siguiente sección se evalúa si es necesario hacer una reespecificación del modelo propuesto, eliminando algunas de las relaciones existentes entre las variables o generando algunas nuevas.

**Tabla 4.25 Índices de ajustes del modelo propuesto**

<b>Índice</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
CMIN/DF	$\leq 3.00$	1.882
GFI	0 mal ajuste, 1 ajuste perfecto	0.768
RMR	0 ajuste perfecto	0.100
RMSEA	$\leq 0.08$	0.061
AGFI	0 mal ajuste, 1 ajuste perfecto	0.741
NFI	0 mal ajuste, 1 ajuste perfecto	0.809
CFI	0 mal ajuste, 1 ajuste perfecto	0.900
PGFI	$\geq 0.50$	0.688

**Fuente: Elaboración propia a partir del Manual del Usuario AMOS 16**

#### **4.4.5. Interpretación del modelo**

Los parámetros estimados en la sección 4.4.3 son estadísticamente significativos, esto significa que los indicadores representan correctamente a las variables latentes, asimismo se observó en la sección anterior que todos los índices de ajuste fueron aceptables por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el modelo propuesto y el modelo teórico. Dada esta situación no es necesaria la reespecificación del modelo.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El presente capítulo se compone de dos secciones, en la primera se presentan las conclusiones de este trabajo de investigación y en la siguiente se hacen las recomendaciones para futuras investigaciones.

### **5.1 Conclusiones**

En el capítulo uno se formuló el objetivo general de esta investigación que consiste en desarrollar un modelo administrativo que incluya factores críticos de éxito para incrementar la efectividad de los proyectos de cambios rápidos. A partir de la revisión de literatura se diseñó el instrumento de medición que contiene diferentes grupos de variables relacionadas a los factores críticos de éxito que contribuyeron en la implementación efectiva de la técnica SMED, así como de otras técnicas de mejora continua. Una vez que el cuestionario fue validado se aplicó a personas con conocimiento en las actividades de preparación de equipo y maquinaria y los resultados obtenidos fueron capturados en el paquete de cómputo estadístico SPSS, obteniendo un primer análisis de tipo descriptivo con los siguientes resultados:

- El 50.58% de los encuestados aplica la técnica SMED en su empresa como una técnica para la reducción de los tiempos de preparación.
- El 22.65 % usa técnicas alternas para la reducción de los tiempos de preparación como Kaizen, Poka Yokes y Seis Sigma.
- El 12.20% no utiliza alguna técnica en específico para la reducción de los tiempos de preparación.

- En promedio los objetivos planteados para la reducción de los tiempos de preparación se alcanzan en un 74.83% .
- El 63.48% de los encuestados trabajan en alguno de los tres principales ramos de la manufactura de Ciudad Juárez: automotriz, electrónico y medico.
- El 79.91% trabajan en empresas grandes con más de 265 empleados.

Después de este análisis descriptivo se procedió a hacer uso del Análisis Factorial de tipo Exploratorio, aquí se determinaron ocho factores significativos, a saber: conocimiento de la metodología para cambios rápidos, documentación, compromiso, acciones de mejora, plan de acción, reconocimiento del empleado, declaración de propósitos de la empresa y uso de herramientas alternas. Cada factor a su vez contiene un grupo de variables las cuales están correlacionadas y tratan de explicar lo mismo. La reducción de la información que se logró, fue reducir las 53 variables observables a sólo ocho factores que explican el 67.55 % de la varianza.

Ya identificados los factores que contribuyen al éxito de los proyectos de cambios rápidos y con la información de la variable exógena “porcentaje alcanzado de cumplimiento en los proyectos de cambio”, se construyó un modelo de ecuaciones estructurales en donde se relacionan las variables latentes de los ocho factores con el “éxito en los proyectos de cambios rápidos”.

Para realizar la validación del modelo antes mencionado se utilizó la técnica estadística de modelado con ecuaciones estructurales, debido a que es una de las herramientas más usadas para el estudio de las relaciones causales sobre datos no experimentales que permiten validar las teorías verbales (Batista & Coenders, 2002).

De acuerdo a lo comentado en el párrafo anterior, el modelo fue validado a través de la contrastación de la teoría con los datos empíricos mediante pruebas de significación, por ejemplo, los índices de ajustes como la razón CMIN/DF, GFI, RMR, RMSEA, AGFI, entre otros. Los resultados de estos índices, en general, fueron aceptables por lo que se concluye que el modelo propuesto se considera como un modelo teórico que explica razonablemente el éxito de los proyectos de cambios rápidos y por ello se cumple el objetivo general de esta investigación. Además, en los resultados obtenidos, se observó una buena adecuación del modelo y no fue necesaria la reespecificación del mismo, debido a que todos los parámetros estimados fueron significativos.

Con mayor precisión y detalle, quien aplique el modelo propuesto en los procesos de manufactura que requieran de un *set up*, obtendrá una mayor reducción en los tiempos de preparación, debido a que este modelo incluye FCE que contribuyen en el incremento de los objetivos de la reducción de tiempos de preparación.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda para futuras investigaciones identificar e incluir una o más variables observables exógenas al modelo de ecuaciones estructurales. En este modelo sólo se incluye la variable observable exógena “porcentaje alcanzado de cumplimiento”.

Otra recomendación es realizar un análisis factorial confirmatorio (AFC) a un modelo que incluya los ocho factores determinados con el análisis factorial exploratorio (AFE) con sus respectivas variables observables endógenas y correlacionarlos entre sí

para ver si se pueden agrupar y, de esta manera, generar más variables latentes exógenas.

Finalmente, se recomienda implantar este modelo como una opción más de las diferentes técnicas para cambios rápidos específicamente en un sector manufacturero y evaluar los resultados obtenidos, para así, también probar su generalidad.

# **ANEXOS**

- 1. Técnicas de análisis multivariante**
- 2. Instrumento de medición**
- 3. Matriz de correlaciones**
- 4. Matriz de componentes**
- 5. Comunalidades de las variables**
- 6. Matriz de factores rotados**

## **Anexo 1: Técnicas de análisis multivariante**

En esta sección se presenta una descripción sobre las técnicas de análisis multivariante, así como la clasificación de las diferentes técnicas estadísticas, para después continuar con la definición de algunas técnicas multivariantes en particular.

### **Definición del análisis multivariante**

El análisis multivariante surge en el campo de la biología, por la necesidad de estudiar fenómenos en los que se miden diversas variables, pero este método no es exclusivo de las ciencias biológicas pues también es utilizado en el campo de las ciencias sociales, en lo económico, comercial e industrial.

El análisis multivariante se puede definir como el conjunto de métodos estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente conjuntos de datos con más de dos variables en el sentido de que hay demasiadas variables medidas para cada individuo u objeto estudiado.

El análisis multivariante de datos proporciona métodos objetivos para conocer cuántas variables indicadoras, que en ocasiones se denominan factores, son necesarias para describir adecuadamente una realidad compleja y determinar de esta manera las propiedades de esas variables.

Figueras (2000) menciona que el análisis multivariante surge como una necesidad para el mejor entendimiento del fenómeno u objeto de estudio obteniendo información que



los métodos estadísticos univariantes y bivariantes son incapaces de conseguir, por ejemplo, existen varias técnicas estadísticas que ayudan a manejar la información obtenida de algún proceso con el objetivo de conocerla, interpretarla y tomar decisiones para la mejora de la calidad en procesos productivos. Entre dichas técnicas se encuentran la técnica de regresión y correlación la cual es utilizada conjuntamente con la técnica de contraste de hipótesis cuando se contemplan dos variables continuas. Esencialmente, se emplean estadísticas descriptivas y técnicas de estimación para contestar preguntas y para resolver problemas generados al estudiar estas variables. También existe la técnica de análisis de la varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) que es una técnica estadística de contraste de hipótesis. Tradicionalmente estas técnicas, conjuntamente con las técnicas de regresión lineal múltiple, de las que prácticamente son una extensión natural, marcan el comienzo de las técnicas multivariantes.

Las técnicas antes mencionadas sólo son útiles cuando se trata de analizar dos variables o cuando son pocos los parámetros medidos. Por tal motivo, surgió la técnica de análisis multivariante, la cual es de mucha importancia y utilidad cuando se trata del manejo de un gran número de datos, debido a que tiene la característica de poder tratar una gran masa de información y comprimirla con la mínima merma de datos importantes convirtiendo las variables o parámetros originales en nuevos, más simples y fáciles de operar que explican la mayoría o el total comportamiento de los originales.

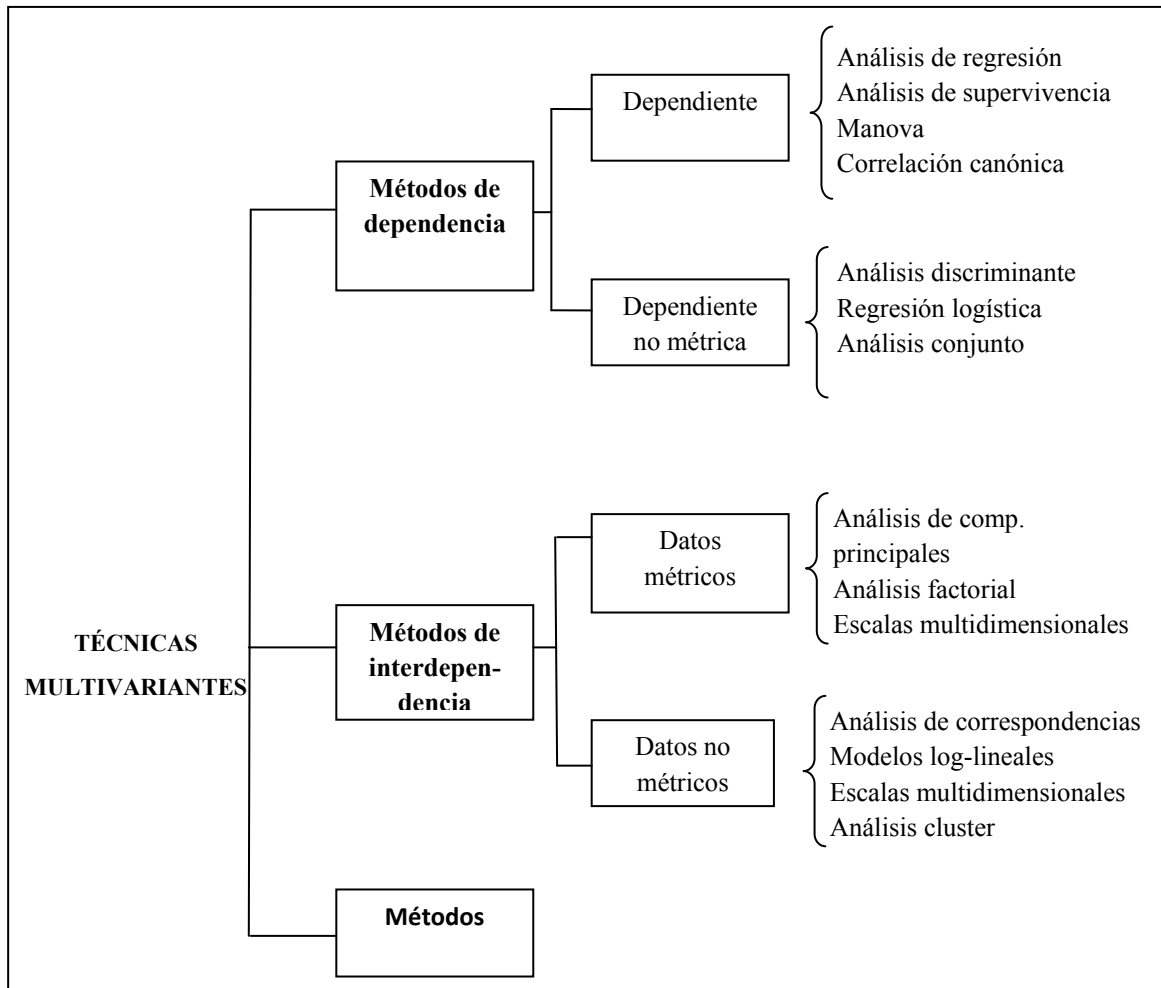
Asimismo, Figueras (2000) describe al análisis multivariante como una herramienta estadística que estudia el comportamiento de tres o más variables al mismo tiempo. Se usa principalmente para buscar las variables menos representativas para poder eliminarlas,

simplificando los modelos estadísticos en los que el número de variables es un problema y para comprender la relación entre varios grupos de variables. Figueras (2000) menciona que el análisis multivariante proporciona métodos objetivos para conocer cuáles son las variables indicadoras de cualquier problema donde se tienen numerosos datos. Esta herramienta ayuda al analista a tomar decisiones óptimas en el contexto en el que se encuentre teniendo en cuenta la información disponible por el conjunto de datos analizados.

Existen diferentes técnicas estadísticas dentro del análisis multivariante, por lo cual Figueras hace una clasificación de ellas tal como se muestra en la figura A-1 y las divide en tres grupos: métodos de dependencia, métodos de interdependencia y métodos estructurales o ecuaciones estructurales, los cuales son explicados a continuación.

- **Métodos de dependencia:** Estos métodos suponen que las variables a ser analizadas se encuentran divididas en variables dependientes y variables independientes. Lo que buscan estos métodos es determinar si el grupo de variables independientes afecta o no al grupo de variables dependientes y de qué manera.
- **Métodos de interdependencia:** El objetivo de estos métodos se basa en identificar las variables que están relacionadas, cómo lo están y por qué. A diferencia de los métodos de dependencia, estos métodos no distinguen entre variables dependientes e independientes.

- **Métodos estructurales:** Los métodos estructurales suponen que las variables están divididas en variables dependientes e independientes. El objetivo de estos métodos es analizar, no solo cómo las variables independientes afectan a las variables dependientes, sino también cómo se relacionan las variables de los dos grupos entre sí.



**Figura A-1 Clasificación de las técnicas multivariantes. Fuente: Figueras (2000)**

En los siguientes párrafos se describen algunas técnicas de análisis multivariante relacionadas con los métodos de interdependencia, debido a que en la revisión de la literatura se encontró que el uso de estos métodos estadísticos permite la generación, *a priori*, de un modelo de tipo exploratorio.

## **Análisis de componentes principales**

Figueras (2000) describe el análisis de componentes principales como una técnica de análisis estadístico multivariante que se clasifica entre los métodos de simplificación o reducción de la dimensión y que se aplica cuando se dispone de un conjunto elevado de variables con datos cuantitativos persiguiendo obtener un menor número de variables, combinación lineal de las variables primitivas u originales, que se denominan componentes principales o factores, cuya posterior interpretación permitirá un análisis más simple del problema estudiado. Su aplicación es directa sobre cualquier conjunto de variables, al que considera en bloque, sin que el investigador haya previamente establecido jerarquías entre ellas, ni necesite comprobar la normalidad de su distribución.

Lévy & Varela ( 2003) definen a este método del análisis multivariante como un método geométrico de tipo descriptivo cuyo objetivo es descubrir la estructura subyacente de un grupo de  $n$  individuos que son estudiados por un grupo de  $n$  variables cuantitativas.

El análisis de componentes principales permite describir, de un modo sintético, la estructura y las interrelaciones de las variables originales en el fenómeno que se estudia a partir de las componentes obtenidas que, naturalmente, habrá que interpretar y nombrar. El mayor número posible de componentes coincide con el número total de variables. Quedarse con todas ellas no simplificaría el problema, por lo que es importante seleccionar entre distintas alternativas aquéllas que, siendo pocas e interpretables, expliquen una proporción aceptable de la varianza global (Figueras, 2000).

El análisis de componentes principales permite pasar a un nuevo conjunto de variables, las componentes principales, que gozan de la ventaja de estar correlacionadas entre sí y que, además, pueden ordenarse de acuerdo con la información que llevan incorporada. Como medida de la cantidad de información incorporada en un componente se utiliza su varianza, es decir, cuanto mayor sea su varianza mayor es la información que lleva incorporado dicho componente. Por esta razón, se selecciona como primer componente aquel que tenga mayor varianza, mientras que, por el contrario, el último es el de menor varianza.

Por otra parte, Smith (2006) menciona que el ACP sirve para identificar patrones en los datos, así como para expresar y resaltar sus semejanzas y diferencias. Dado que es difícil encontrar los patrones en datos de alta dimensión, debido a que existen demasiadas variables, y la representación gráfica no está disponible el ACP llegar a ser una herramienta poderosa para el análisis de estos datos. Otra ventaja del ACP es que una vez que se han encontrado los patrones en los datos, los datos se comprimen, es decir, se reduce el número de dimensiones, sin la pérdida de gran parte de la información.

Cabe hacer hincapié en que los componentes principales se expresan como una combinación lineal de las variables originales. Desde el punto de vista de su aplicación, el método de componentes principales es considerado como un método de reducción, es decir, un método que permite reducir la dimensión del número de variables que inicialmente se han considerado en el análisis. Es vital abordar las técnicas usuales para determinar el número de componentes principales a retener. Esta es una cuestión importante, debido a

que ese conjunto de componentes retenidas es el que se utilizará en análisis posteriores para representar a todo el conjunto de variables iniciales.

Como se puede observar, el análisis de componentes principales, sólo permite hacer una reducción de la información, determinando los componentes que, en su conjunto, explicarán la mayor cantidad posible de la información; sin embargo, una vez obtenidos los componentes principales o factores será necesario realizar un estudio de tipo confirmatorio en donde se compruebe la relación entre las variables y componentes determinados. El uso de los modelos estructurales o también conocidos como modelos de ecuaciones estructurales permitirá hacer este tipo de análisis.

### **Análisis factorial**

Kline (2005) describe al análisis factorial como una serie de técnicas estadísticas que tienen como objetivo reducir un conjunto complejo de datos. Figueras (2000) menciona que el AF tiene como propósito reducir múltiples variables a un número menor identificados como factores y que miden lo mismo. Por otra parte, Lévy y Varela (2003) mencionan que el análisis factorial puede ser de tipo exploratorio si no se tiene un sustento teórico que determine la relación entre diversas variables y de tipo confirmatorio si existe una teoría que confirma la independencia entre los factores que miden un constructo.

Para llevar a cabo el análisis factorial es importante que un gran número de variables se encuentren correlacionadas y que esta correlación sea elevada. Si esto ocurre quiere decir que al menos un grupo de variables están midiendo lo mismo y por lo tanto se

pueden agrupar en lo que sería un “factor”, es decir, la colinealidad o varianza común entre las variables es un indicador de que el problema tiene variables que miden lo mismo y por lo tanto se pueden extraer “factores”.

En el caso de una matriz identidad, las variables son totalmente no colineales, debido a que tienen una correlación perfecta solamente entre ellas, pero una correlación nula con las demás, si a esta matriz se le hiciera un análisis factorial se tendría igual número de factores que de variables.

Existen diversos métodos o pruebas para saber si a una matriz de datos se le puede aplicar el análisis factorial, debido a que no en todos los casos la reducción de la información puede ser posible. Las pruebas más usadas son la prueba de esfericidad de Bartlett's y la prueba de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin (Manual del usuario de SPSS base 16.0, 2007).

Con respecto a la prueba de esfericidad de Bartlett's esta calcula el determinante de una matriz de la suma de productos y productos cruzados (llamada matriz S) de la cual la matriz de intercorrelación es rotada. El determinante de la matriz S es sometido a una prueba de significancia Chi-cuadrado, en donde se plantea la hipótesis nula que los datos de la matriz de correlaciones observada viene de una matriz identidad. (García, Gil, & Rodríguez, 2000).

Para García et al. (2000) la prueba de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin, se basa en las correlaciones parciales entre dos variables ( $a_{ij}$ ). Cuando dos variables

comparten un factor en común con otras variables, la correlación parcial ( $a_{ij}$ ) va a ser pequeña, lo cual indica que la única varianza es la que ellas comparten. Por lo tanto, si la correlación parcial ( $a_{ij}$ ) es pequeña (tiende a cero), las variables están midiendo un factor en común y el valor de KMO es igual o cercano a uno. De lo contrario si las correlaciones parciales son grandes (tienden a uno) las variables no están midiendo a un factor en común.

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} r_{ij.m}^2}$$

Donde  $r_{ij}$  representa el coeficiente de correlación simple entre las variables  $i$  y  $j$  y  $r_{ij-m}$  representa la correlación parcial entre las variables  $i$  y  $j$  eliminado el efecto de las restantes “m” variables incluidas en el análisis. En la tabla A-2 se presenta la interpretación de los valores de KMO.

**Tabla A-1 Interpretación del valor de KMO**

<b>Valor de KMO</b>	<b>Grado de varianzas en común</b>
0.90 a 1.00	Excelente
0.80 a 0.89	Bueno
0.70 a 0.79	Regular
0.60 a 0.69	Malo
0.50 a 0.59	Despreciable
0.00 a 0.49	Sin factor

**Fuente: Friel (2001, p.20)**



García et al. (2000) comenta que la significancia de la prueba de esfericidad de Bartlett, es otra medida que debe ser considerada, un valor menor al nivel de significancia, indica que los datos provienen de una distribución normal mutivariante y no existe colinealidad entre las variables, por lo que puede realizarse un análisis factorial.

Una vez realizadas estas dos pruebas, se procede a la extracción de los factores que aparecerán en la solución inicial. En la solución inicial, cada variable se estandariza para que tenga una media de 0 y una desviación estándar de  $\pm 1$ . Por lo tanto la varianza de cada una de las variables deberá ser 1.

Existen diferentes métodos para estimar las saturaciones de las variables en los factores (Manual del usuario de SPSS base 16.0, 2007). Algunos de los más conocidos son:

- Componentes principales.
- Máxima verosimilitud.
- Ejes principales o análisis del factor común.
- Mínimos cuadrados no ponderado.
- Mínimos cuadrados generalizados.
- Alfa.
- Factorización imagen.

Para determinar el número de componentes es conveniente seleccionar los factores con valores propios o autovalores mayores a la unidad, debido a que, de lo contrario el

factor extraído sólo estará explicando a una sola variable. Un valor propio se define como la varianza explicada por cada factor. El número de factores a extraer es igual al número de componentes en donde  $\lambda \geq 1$  ( $\lambda$  es el valor propio)

Una vez que se cuenta con una solución inicial factorial y se tienen extraídos los factores se procede a realizar la rotación de la solución original con el objetivo de contar con una mejor interpretación de la estructura factorial.

Los factores principales que se obtienen pueden tener interpretaciones difíciles de comprender, por lo que es conveniente adoptar otras soluciones para hacerlos más interpretables a base de rotar la solución inicial. Después de la rotación hay que calcular la matriz de factores nuevos la cual contiene las correlaciones entre los factores de rotación y las variables originales

Otra de las razones por las que se recomienda realizar la rotación de la solución original, es debido a que siempre la solución original es ortogonal, es decir, los factores que no están rotados son independientes entre sí. Existen diferentes métodos de rotación tanto ortogonales como oblicuos, los cuales se mencionan a continuación (Manual del usuario de SPSS base 16.0, 2007).

- Varimax. Es un método de rotación ortogonal que minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada factor.

- Quartimax. También es un método de rotación ortogonal que minimiza el número de factores para explicar cada una de las variables.
- Equamax. Es un método de rotación que combina al método varimax y quartimax, para minimizar el número de variables y de factores.
- Oblimin Directo. Este método es considerado de rotación oblicua y depende del valor de delta. Un valor de delta igual a cero significa que las soluciones son oblicuas y a medida que el valor de delta se va haciendo más negativo, los factores son menos oblicuos.
- Promax. También es un método de rotación oblicua y se recomienda su uso para grandes conjuntos de datos, ya que se puede calcular más rápidamente que una rotación oblimin directo.

Uno de los métodos de rotación más utilizado es el varimax. La rotación varimax o criterio varimax hace hincapié en la simplificación de las columnas o los factores de la matriz de factores (Kaiser, 1958) a fin de satisfacer la sencillez de la interpretación, la maximización de la suma de las varianzas de los cuadrados de las cargas factoriales de cada factor. Si definimos a la matriz antes de la rotación como  $\Lambda$ , se requiere de una matriz de transformación  $T$  para obtener la matriz rotada  $\Lambda^*$ . Entonces la formula sería la siguiente.

$$\Lambda^* = \Lambda \times T$$

## **Modelos de ecuaciones estructurales**

Para Batista y Coenders (2002) los modelos de ecuaciones estructurales constituyen una de las herramientas más potente para el estudio de las relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal, ayudando a seleccionar entre las hipótesis causales relevantes y desechando aquellas que no son soportadas por la evidencia empírica. Una de las ventajas de usar los modelos de ecuaciones estructurales es que, además de analizar la varianza de una variable dependiente, analiza las covarianzas entre todas las variables.

Por su parte, Silva (2008) comenta que los modelos estructurales (o de ecuaciones estructurales) comienzan a ser planteados por Wright (1932, 1984) y se reafirman con Jöreskog (1971) y Jöreskog y Goldberger (1975). Los problemas abordables por esta metodología pueden ser en biometría, marketing, psicometría, ciencias sociales, etcétera.

Los modelos estructurales son una combinación del análisis factorial con regresión lineal múltiple y son considerados como una técnica eminentemente confirmatoria, por lo que se requiere que el investigador, con base en la teoría, defina las variables que tengan un efecto sobre otras variables.

Los modelos de ecuaciones estructurales constituyen una de las herramientas más potentes para el estudio de las relaciones causales sobre datos no experimentales cuando las relaciones son lineales. El modelo pretende estudiar la relación entre este conjunto de variables observables en términos de un número generalmente menor de variables no

observables. Las asociaciones o relaciones detectadas entre las variables observables o entre variables observadas y variables latentes permiten suponer relaciones de causalidad.

Batista y Coenders (2000) menciona cinco razones por las que los modelos de ecuaciones estructurales son tan populares en la actualidad.

- Trabajan con constructos medidos a través indicadores que sirven para medir la calidad de la medición.
- Consideran fenómenos complejos incorporando múltiples variables en el análisis.
- Evalúan los efectos de las variables latentes entre sí, sin contaminación debida al error de medida.
- El investigador introduce su conocimiento teórico en la especificación del modelo.
- Además de la descomposición de las varianzas se pueden descomponer las covarianzas, desde una perspectiva del análisis de interdependencia.

Por su parte Lévy y Varela (2003) definen a los modelos estructurales como modelos de estructuras de covarianza situados dentro de los modelos de interdependencia para el análisis factorial confirmatorio y para los modelos de dependencia para una análisis causal. La ventaja de los modelos estructurales con respecto a los modelos multivariantes clásicos, es que permiten la dependencia a varios niveles.

Generalmente los modelos estadísticos describen las estructuras subyacentes y las relaciones existentes entre las variables observables, pero no pueden proporcionar los índices de ajuste de los datos como lo hace el análisis estructural con variables latentes.

Para Silva (2008) un aspecto central en la estimación de cualquier tipo de modelo estadístico es su sujeción al planteamiento de una teoría debidamente asentada en el área del conocimiento que se esté trabajando. Los modelos de ecuaciones estructurales son muy flexibles en la modelación por lo cual es muy importante poner atención en la identificación y estimación del modelo.

Levy y Varela (2003) comentan que el análisis estructural requiere de la definición y la elaboración de un modelo, la estimación de los parámetros, la contrastación de la bondad de ajuste y la comparación con la teoría. A continuación se explican las etapas que propone Levy en la modelización en el análisis de tipo causal.

**a) Especificación del modelo.** Según Batista y Coenders (2000) esta etapa tiene que ver más con el conocimiento teórico que se tenga que con el instrumento estadístico por usar. En esta etapa se establece formalmente un modelo, el cual trata de explicar la teoría a partir de la relación entre las variables observables y latentes.

Por otra parte, Lévy y Varela (2003) mencionan que si no existe una teoría o un modelo el cual se tenga que contrastar en esta etapa el investigador puede diseñar su propio modelo incluyendo los constructos, conceptos y las relaciones que se tengan que contrastar. Menciona también que es muy común en esta etapa omitir una variable o una relación dentro del modelo, por lo que esto tendría consecuencias tanto en la precisión del modelo como en los estimadores de los parámetros. La especificación se hace a partir del análisis factorial, en donde no se conoce cómo cada variable describe a cada factor, a una forma confirmatoria, en donde se especifican las variables que mejor definen a un constructo.

En la especificación del modelo se hace uso de una terminología usada en los modelos de ecuaciones estructurales, las definiciones siguientes son dadas por Visauta (1986) y Lévy y Varela (2003).

**VARIABLES OBSERVABLES:** Pueden ser variables dependientes (endógenas) o variables independientes (exógenas) y se representan por un rectángulo dentro del modelo. Estas variables pueden ser cuantitativas como la edad, peso, precio de venta, etcétera, o cualitativas por ejemplo el comportamiento o satisfacción de los clientes. La nomenclatura de una variable endógena es  $Y_j$  y su ocurrencia es explicada por el modelo estructural. Una variable exógena se representa por  $X_j$  y éstas variables actúan como causa y su ocurrencia no es explicada por el modelo.

**VARIABLES LATENTES O FACTORIALES:** Son variables explicadas por las variables observadas y se representan por un círculo dentro del modelo de ecuaciones estructurales. Su nomenclatura puede ser  $\xi$  (variables latentes exógenas) o  $\eta$  (variables latentes endógenas).

**CARGAS FACTORIALES:** Se refiere a la carga o saturación de una variable observable sobre una variable latente. La nomenclatura está dada por  $\lambda_{ij}$  y usa flechas rectas unidireccionales

**PARÁMETROS ESTRUCTURALES:** Los parámetros se refieren a los valores que reflejan el grado de la relación causal como consecuencia del cambio en una unidad en la causa, cuando todo el resto de las variables permanece constante. Estos parámetros estructurales utilizan la siguiente nomenclatura:  $\gamma_{ij}$  (relación entre una variable latente exógena y una endógena) y  $\beta_{ij}$  (cuando la relación se da entre variables latentes endógenas)

Términos de error: En caso de existir más de una variable observable para definir una variable latente, se le asocia un error de medida. Si solamente existe una variable observable para definir una variable latente, el error se considera cero. El error de medida de una variable observable endógena está dado por  $\epsilon_i$ , para una variable observable exógena por  $\delta_i$  y los errores de regresión por  $\zeta_i$ .

Covarianzas: La covarianza entre variables latentes exógenas está dada por  $\Phi_{ij}$  y la covarianza entre los errores de medida de las variables observables por  $\theta\delta$  y  $\theta\epsilon$ . Para representar una covarianza se usa una flecha curva de doble dirección.

**b) Identificación del modelo.** En esta etapa se determinan los grados de libertad del modelo los cuales se obtienen restando los parámetros a estimar al número de momentos del modelo. Se considera un modelo sobreidentificado (modelos que incluyen menos parámetros que varianzas y covarianzas) si los grados de libertad son superiores a cero, exactamente identificado (modelos en los que existe una única solución) si los grados de libertad son iguales a cero e infraidentificado (modelos con parámetros indeterminados) si los grados de libertad son menores a cero.

Batista y Coenders (2000) mencionan que el propósito de esta etapa es comprobar si los parámetros que el modelo incluye se pueden obtener a partir de las varianzas y covarianzas. El problema de la identificabilidad del modelo consiste en determinar si las covarianzas entre las variables observables son suficientes como para estimar correctamente los parámetros del modelo



**c) Estimación de los parámetros.** Cuando ya se ha especificado e identificado el modelo, la siguiente etapa consiste en estimar los parámetros. Esta etapa se basa también en la relación entre las varianzas y covarianzas de las variables originales y los parámetros.

Visauta (1986) menciona que las relaciones entre las variables deben ser lineales y si se tiene una matriz “S” de varianzas-covarianzas muestral y una matriz “ $\Sigma$ ” también de varianzas-covarianzas pero generada a través de los estimadores de los parámetros de la población, la función de ajuste servirá para medir el grado en que se ajusta la matriz  $\Sigma$  a partir de la matriz “S”.

Por su parte Batista y Coenders (2000) comentan que la matriz de varianzas-covarianzas de la población “ $\Sigma$ ” no se conoce y esta debe aproximarse a partir de la matriz de varianzas-covarianzas muestral “S”.

Este proceso de aproximación se da a partir de iteraciones utilizando diferentes métodos de estimación como el método mínimos cuadrados generalizados, el método de máxima verosimilitud y el método de mínimos cuadrados no ponderados. Cuando después de varias iteraciones el valor de la función de ajuste es igual a cero (matriz residual igual a cero), el ajuste se considera perfecto, es decir “S” es igual a “ $\Sigma$ ”.

#### **d) Ajuste del modelo**

En esta etapa se plantea la hipótesis nula que especifica que la matriz “S” es igual a la matriz “ $\Sigma$ ”, y la hipótesis alterna que menciona que las matrices son diferentes. Si existiera

una igualdad entre las matrices, el modelo sería perfecto y el valor del estadístico chi-cuadrado sería cero con cero grados de libertad.

Para comprobar la igualdad de matrices se puede hacer uso de diferentes estadísticos. Existen tres grupos genéricos de índices globales, a saber, los de ajuste absoluto, los de ajuste incremental y los de ajuste de parsimonia.

Con respecto a los índices de ajuste absoluto, éstos miden el ajuste global del modelo a partir de las diferencias (matriz de residuos) entre la matriz “S” y “ $\Sigma$ ”. El índice de mayor aplicación es el GFI (*Goodness of Fit Index*) también conocido como índice de bondad de ajuste. Lévy y Varela (2003) menciona que Jöreskog y Sorbom establecieron que un valor de cero significa un ajuste muy pobre y un valor de uno, significa un ajuste perfecto; un ajuste aceptable debe tener un valor cercano a 0.9

En lo que se refiere a los índices de ajuste incremental, éstos no comparan a las matrices “S” y “ $\Sigma$ ”, sino que comparan el ajuste del modelo propuesto con otro modelo base. El modelo base comúnmente es llamado “nulo” o modelo de “independencia”. El índice más utilizado se conoce como AGFI (*Adjusted Goodness of Fit Index*), el cual constituye una extensión del índice de ajuste tradicional. Es recomendable que este índice sea mayor a 0.9.

Finalmente, los índices de ajuste de parsimonia tienen el propósito de diagnosticar si existe sobreidentificación de los datos y si existe presencia de demasiados parámetros, es decir, equilibrar la bondad de ajuste con la simplicidad, incluyendo para esto la menor

cantidad de parámetros posibles. Un modelo es considerado de alta parsimonia cuando tiene relativamente pocos parámetros y muchos grados de libertad. Uno de los índices utilizados para el ajuste parsimónico es el PGFI (*Parsimonious Goodness of Fit Index*), el cual se basa en el equilibrio del modelo presentado sobre el número de variables observables y no sobre el número de grados de libertad. Conforme el índice tienda a la unidad, indicará que el modelo tiene una mayor parsimonia.

#### **e) Reespecificación del modelo**

Lévy y Varela (2003) mencionan que la reespecificación de un modelo puede hacerse mediante cualquiera de los siguientes criterios, uno que tiene que ver con los datos y otro con respecto a la teoría. El primero de ellos no es conveniente debido a que al reespecificar el modelo para que el índice de ajuste se incremente a partir de los datos el modelo no tendría sentido con la teoría. El segundo criterio se refiere a reespecificar el modelo a través de añadir o suprimir relaciones entre las diferentes variables para incrementar el ajuste y con esto obtener conclusiones con respecto a la teoría existente.

Esta reespecificación del modelo se puede hacer llevando a cabo un análisis RMR (*Root Mean Residual*) o mejor conocido como análisis de los residuos estandarizados. Cuando este valor es superior a 0.05 significa que puede llevarse a cabo una reespecificación del modelo.

Como se puede observar, el uso de los modelos de ecuaciones estructurales permite explicar las relaciones entre variables observables y variables latentes o factores, de tal forma que el modelo teórico puede ser contrastado a partir de la medida y causalidad del

sistema. Si el modelo es adecuado, es decir, que después de haber realizado las pruebas de significancia las covarianzas derivadas a partir de los efectos del modelo especificado coinciden con las covarianzas de los datos empíricos, el modelo podrá utilizarse para la validación de las teorías verbales (Batista & Coenders, 2002).

### **Confiabilidad del instrumento de medición**

Para Hernández, Fernández-Collado y Baptista (2006), la confiabilidad de un instrumento es el grado en que produce resultados consistentes y coherentes. Una forma de medir la consistencia interna es mediante el índice alfa de cronbach, que es un índice que mide la fiabilidad cuando se usa un conjunto de preguntas (*ítems*) o reactivos y que se espera midan el mismo atributo o campo de contenido (Ledesma, Molina, & Valero, 2002). La fórmula para determinar este índice es la siguiente:

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) \left( 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n [S_i^2]}{S_{sum}^2} \right) \right)$$

Donde  $k$  es el número de *ítems* de la prueba,  $S_i^2$  es la varianza de los *ítems* y  $S_{sum}^2$  es la varianza total del instrumento. Este coeficiente mide la fiabilidad de la prueba de dos maneras, la primera mide la longitud de la misma, es decir, del número de *ítems* que tenga el instrumento; y la segunda por la proporción de la varianza, respecto a la varianza total debida a la covarianza entre los *ítems*.

Elosua y Zumbo (2008) reportan que en diferentes estudios realizados se ha demostrado que al hacer uso del índice alfa de cronbach con menos de cinco categorías en las respuestas, y tratándose de variables ordinales, se produce un decremento espurio en su magnitud, por lo que esta magnitud se estabiliza a partir del uso de escalas con seis o más categorías de respuesta.

## CUESTIONARIO PARA IDENTIFICAR LOS FACTORES QUE AFECTAN EL ÉXITO EN EL DESPLIEGUE DE PROYECTOS DE CAMBIOS RÁPIDOS (QUICK CHANGEOVER)

El cuestionario siguiente presenta una serie de preguntas relacionadas con la implementación de un proyecto para cambios rápidos (quick changeover). En este cuestionario el término “cambio” es sinónimo del término “set up” y el tiempo de cambio se refiere al tiempo transcurrido desde la última pieza buena “A” hasta la primera pieza buena “B”. La escala de valoración se encuentra entre uno y seis como se muestra a continuación:

1 Nunca	2 Casi nunca	3 Esporádicamente	4 Frecuentemente	5 Casi siempre	6 Siempre
------------	-----------------	----------------------	---------------------	-------------------	--------------

Por favor seleccione el recuadro que considere pertinente usando una “X”

<b>ASPECTOS ORGANIZACIONALES</b>	1	2	3	4	5	6
1. ¿Existe un compromiso de todos los niveles de la empresa en la implementación de proyectos de cambios rápidos?						
2. ¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso de participación?						
3. ¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con habilidades y experiencia profesional?						
4. ¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?						
5. ¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?						
6. ¿La empresa cuenta con políticas de calidad?						
7. ¿La empresa cuenta con una misión y visión?						
8. ¿Se cumplen los objetivos planteados en los proyectos para la reducción de los tiempos de cambio?						
<b>OBJETIVOS ESTRATEGICOS</b>	1	2	3	4	5	6
9. ¿Se cuenta con objetivos que indican la reducción del tiempo que se espera al implementar los proyectos de cambios rápidos?						
10. ¿Se tienen objetivos relacionados con el incremento en la disponibilidad de la máquina y/o equipo?						
11. ¿Existen objetivos que indican la reducción de los costos que se obtienen al implementar un proyecto de cambios rápidos?						
12. ¿Se cuenta con objetivos para la reducción del desperdicio del material ocasionado por los ajustes?						
13. ¿Existen objetivos para incrementar la seguridad de los operarios en su área de trabajo?						

1 Nunca	2 Casi nunca	3 Esporádicamente	4 Frecuentemente	5 Casi siempre	6 Siempre
------------	-----------------	----------------------	---------------------	-------------------	--------------

	1	2	3	4	5	6
14. ¿Se cuenta con objetivos para reducir los movimientos y manipulaciones de las herramientas, materiales, etc.?						
15. ¿Cada objetivo presenta la fecha en que éste debe estar realizado?						
16. ¿Cada uno de los objetivos cuenta con el costo requerido para su cumplimiento?						
17. ¿Se menciona la mejora global que se espera al cumplir con cada objetivo?						
18. ¿Existe congruencia entre la mejora de proyectos y los objetivos estratégicos de la empresa?						
<b>PLAN DE ACCIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
19. ¿Existe un plan de acción para el cumplimiento de los objetivos?						
20. ¿El plan cuenta con un responsable de realizar y/o validar cada acción?						
21. ¿La gerencia es la responsable de implementar el plan de acción?						
22. ¿La gerencia hace un seguimiento del avance del proyecto y de los resultados obtenidos?						
<b>DOCUMENTACIÓN / INFORMACIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
23. ¿Los procedimientos para realizar los cambios rápidos se encuentran documentados?						
24. ¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de los cambios?						
25. ¿Existe un reporte de las incidencias encontradas en los procesos para la realización de un cambio?						
26. ¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el cambio rápido?						
27. ¿Se encuentran grabadas en video las operaciones necesarias para realizar un cambio?						
<b>RECURSO HUMANO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
28. ¿Todos los involucrados en la implementación de los cambios rápidos conocen el proceso?						
29. ¿Las personas encargadas de realizar los cambios rápidos conocen el funcionamiento y mantenimiento de la máquina y/o equipo?						
30. ¿Las personas que realizan los cambios cuentan con entrenamiento en al menos una metodología para cambios rápidos?						
31. ¿Las personas involucradas en implementar los cambios rápidos cuentan con entrenamiento para trabajar en equipo?						

## ANEXO 2 Instrumento de medición

1 Nunca	2 Casi nunca	3 Esporádicamente	4 Frecuentemente	5 Casi siempre	6 Siempre
------------	-----------------	----------------------	---------------------	-------------------	--------------

	1	2	3	4	5	6
32. ¿Las personas responsables de implementar los cambios rápidos reciben un reconocimiento por los resultados favorables?						
33. ¿Existen diferentes opciones de capacitación para las personas encargadas de implementar los cambios rápidos?						
34. ¿Al realizar los cambios existen riesgos de sufrir algún accidente?						
35. ¿Las condiciones del entorno (medioambientales, puesto de trabajo, estanterías, etc.) son adecuados para llevar a cabo los cambios rápidos?						
36. ¿El personal cuenta con dispositivos de protección para su seguridad?						
37. ¿Se cumplen plenamente las instrucciones para realizar un cambio rápido?						
<b>HERRAMIENTAS ALTERNAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
38. ¿En el proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido, se hace uso de los diagramas de Pareto?						
39. ¿El uso de diagramas de causa-efecto es parte del proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido?						
40. ¿Se hace uso de técnicas complementarias como Poka-yoke?						
41. ¿Se hace uso de técnicas complementarias como 5 “S”?						
<b>METODOLOGIA PARA CAMBIOS RAPIDOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
42. ¿Las herramientas, partes, etc., necesarios para realizar el cambio se encuentran organizados cerca de la maquina y/o equipo?						
43. ¿La organización de las herramientas, partes, etc. se realiza de acuerdo al orden en que van a usarse?						
44. ¿Todo lo necesario para realizar el cambio rápido se encuentra en el mismo nivel (piso)?						
45. ¿Se cuenta con elementos especiales de transporte para el movimiento del material, herramientas, etc.?						
46. ¿Las herramientas necesarias para el cambio se encuentran estandarizadas?						
47. ¿Con una revisión visual se puede saber si los materiales, herramientas, etc., están presentes para llevar a cabo el cambio rápido?						
48. ¿Es fácil el acceso a la maquinaria y/o equipo para realizar el cambio rápido?						
49. ¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?						
50. ¿Las piezas defectuosas son identificadas y separadas?						



<b>1</b> Nunca	<b>2</b> Casi nunca	<b>3</b> Esporádicamente	<b>4</b> Frecuentemente	<b>5</b> Casi siempre	<b>6</b> Siempre
-------------------	------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------

<b>ACCIONES DE MEJORA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
51. ¿Cuando se realiza un cambio se identifican oportunidades de mejora?						
52. ¿Si en el proceso de cambio, alguno de los pasos causa un problema, éste se anota y se recomiendan acciones de mejora?						
53. ¿Cada vez que se implementa una acción de mejora, se actualiza el cambio?						
54. ¿Existen grupos de mejora dentro de la empresa?						

Finalmente le solicitamos la siguiente información adicional.

I) En una escala del 0 al 100%, ¿En qué porcentaje se cumplen los objetivos planteados para reducir los tiempos de preparación?

\_\_\_\_\_

II) ¿Qué técnica para cambios rápidos utilizan en su empresa?

\_\_\_\_\_

III) ¿Los resultados obtenidos por esta técnica son benéficos para la empresa?

\_\_\_\_\_

IV) ¿Cuál es el giro de la empresa en la que labora? (Por ejemplo: automotriz, costura, médico, etc.)

\_\_\_\_\_

V) ¿Aproximadamente cuántas personas laboran en su empresa?

\_\_\_\_\_

**Agradecemos su valiosa participación en el llenado de este cuestionario. ¡Gracias!**

Var	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1.000	0.572	0.385	0.549	0.262	0.313	0.184	0.603	0.419	0.488	0.422	0.466	0.540	0.542	0.456	0.421	0.460	0.464	0.482	0.384	0.368	0.428	0.308	0.435	0.292	0.421
2	0.572	1.000	0.488	0.496	0.260	0.300	0.167	0.553	0.522	0.572	0.545	0.515	0.361	0.572	0.490	0.487	0.492	0.498	0.498	0.449	0.328	0.469	0.413	0.483	0.403	0.458
3	0.385	0.488	1.000	0.537	0.253	0.217	0.247	0.536	0.470	0.463	0.487	0.448	0.351	0.435	0.432	0.429	0.460	0.417	0.416	0.468	0.327	0.420	0.427	0.506	0.451	0.423
4	0.549	0.496	0.537	1.000	0.431	0.319	0.363	0.526	0.516	0.486	0.589	0.490	0.363	0.443	0.444	0.393	0.434	0.428	0.489	0.441	0.368	0.390	0.417	0.498	0.417	0.515
5	0.262	0.260	0.253	0.431	1.000	0.573	0.516	0.322	0.427	0.392	0.405	0.310	0.439	0.312	0.353	0.274	0.377	0.365	0.433	0.354	0.267	0.304	0.296	0.301	0.326	0.347
6	0.313	0.300	0.217	0.319	0.573	1.000	0.606	0.297	0.321	0.295	0.310	0.260	0.489	0.336	0.273	0.254	0.310	0.391	0.439	0.358	0.190	0.359	0.271	0.230	0.260	0.299
7	0.184	0.167	0.247	0.363	0.516	0.606	1.000	0.205	0.308	0.300	0.294	0.239	0.401	0.201	0.233	0.207	0.223	0.250	0.416	0.356	0.211	0.310	0.251	0.259	0.262	0.287
8	0.603	0.553	0.536	0.526	0.322	0.297	0.205	1.000	0.517	0.543	0.506	0.439	0.478	0.541	0.425	0.474	0.534	0.551	0.597	0.508	0.411	0.505	0.465	0.532	0.435	0.526
9	0.419	0.522	0.470	0.516	0.427	0.321	0.308	0.517	1.000	0.735	0.704	0.560	0.443	0.541	0.544	0.433	0.601	0.507	0.631	0.544	0.415	0.464	0.533	0.560	0.540	0.562
10	0.488	0.572	0.463	0.486	0.392	0.295	0.300	0.543	0.735	1.000	0.747	0.586	0.431	0.532	0.597	0.492	0.546	0.505	0.590	0.485	0.416	0.495	0.615	0.579	0.520	0.609
11	0.422	0.545	0.487	0.589	0.405	0.310	0.294	0.506	0.704	0.747	1.000	0.658	0.451	0.557	0.633	0.554	0.600	0.530	0.658	0.612	0.438	0.549	0.643	0.685	0.628	0.665
12	0.466	0.515	0.448	0.490	0.310	0.260	0.239	0.439	0.560	0.586	0.658	1.000	0.448	0.421	0.503	0.361	0.438	0.394	0.541	0.492	0.370	0.413	0.504	0.525	0.544	0.530
13	0.540	0.361	0.351	0.363	0.439	0.489	0.401	0.478	0.443	0.431	0.451	0.448	1.000	0.522	0.425	0.404	0.509	0.526	0.515	0.416	0.308	0.466	0.348	0.381	0.387	0.417
14	0.542	0.572	0.435	0.443	0.312	0.336	0.201	0.541	0.541	0.532	0.557	0.421	0.522	1.000	0.568	0.626	0.638	0.645	0.589	0.560	0.385	0.489	0.439	0.529	0.493	0.494
15	0.456	0.490	0.432	0.444	0.353	0.273	0.233	0.425	0.544	0.597	0.633	0.503	0.425	0.568	1.000	0.638	0.646	0.537	0.575	0.592	0.426	0.549	0.530	0.613	0.530	0.602
16	0.421	0.487	0.429	0.393	0.274	0.254	0.207	0.474	0.433	0.492	0.554	0.361	0.404	0.626	0.638	1.000	0.712	0.680	0.537	0.559	0.428	0.533	0.461	0.533	0.481	0.506
17	0.460	0.492	0.460	0.434	0.377	0.310	0.223	0.534	0.601	0.546	0.600	0.438	0.509	0.638	0.646	0.712	1.000	0.760	0.583	0.574	0.503	0.630	0.530	0.612	0.529	0.525
18	0.464	0.498	0.417	0.428	0.365	0.391	0.250	0.551	0.507	0.505	0.530	0.394	0.526	0.645	0.537	0.680	0.760	1.000	0.620	0.573	0.378	0.579	0.465	0.558	0.499	0.463
19	0.482	0.498	0.416	0.489	0.433	0.439	0.416	0.597	0.631	0.590	0.658	0.541	0.515	0.589	0.575	0.537	0.583	0.620	1.000	0.742	0.476	0.608	0.576	0.575	0.565	0.600
20	0.384	0.449	0.468	0.441	0.354	0.358	0.356	0.508	0.544	0.485	0.612	0.492	0.416	0.560	0.592	0.559	0.574	0.573	0.742	1.000	0.394	0.582	0.544	0.619	0.551	0.573
21	0.368	0.328	0.327	0.368	0.267	0.190	0.211	0.411	0.415	0.416	0.438	0.370	0.308	0.385	0.426	0.428	0.503	0.378	0.476	0.394	1.000	0.633	0.320	0.371	0.359	0.391
22	0.428	0.469	0.420	0.390	0.304	0.359	0.310	0.505	0.464	0.495	0.549	0.413	0.466	0.489	0.549	0.533	0.630	0.579	0.608	0.582	0.633	1.000	0.495	0.560	0.482	0.522
23	0.308	0.413	0.427	0.417	0.296	0.271	0.251	0.465	0.533	0.615	0.643	0.504	0.348	0.439	0.530	0.461	0.530	0.465	0.576	0.544	0.320	0.495	1.000	0.697	0.627	0.740
24	0.435	0.483	0.506	0.498	0.301	0.230	0.259	0.532	0.560	0.579	0.685	0.525	0.381	0.529	0.613	0.533	0.612	0.558	0.575	0.619	0.371	0.560	0.697	1.000	0.725	0.752
25	0.292	0.403	0.451	0.417	0.326	0.260	0.262	0.435	0.540	0.520	0.628	0.544	0.387	0.493	0.530	0.481	0.529	0.499	0.565	0.551	0.359	0.482	0.627	0.725	1.000	0.689
26	0.421	0.458	0.423	0.515	0.347	0.299	0.287	0.526	0.562	0.609	0.665	0.530	0.417	0.494	0.602	0.506	0.525	0.463	0.600	0.573	0.391	0.522	0.740	0.752	0.689	1.000

**ANEXO 3a Matriz de correlaciones**

Var	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
1	0.239	0.349	0.373	0.411	0.413	0.405	0.369	0.414	0.368	0.475	0.299	0.300	0.301	0.328	0.371	0.413	0.246	0.267	0.358	0.306	0.418	0.349	0.234	0.410	0.427	0.416	0.408
2	0.316	0.431	0.484	0.418	0.422	0.378	0.369	0.450	0.411	0.456	0.346	0.351	0.360	0.356	0.459	0.427	0.358	0.393	0.427	0.344	0.363	0.425	0.282	0.403	0.428	0.435	0.366
3	0.340	0.462	0.416	0.479	0.426	0.364	0.387	0.382	0.408	0.352	0.319	0.346	0.394	0.323	0.420	0.414	0.302	0.397	0.375	0.366	0.335	0.431	0.322	0.395	0.446	0.433	0.377
4	0.309	0.423	0.456	0.469	0.450	0.412	0.350	0.455	0.441	0.435	0.296	0.384	0.393	0.392	0.460	0.484	0.383	0.428	0.427	0.428	0.400	0.477	0.357	0.401	0.391	0.409	0.410
5	0.268	0.359	0.354	0.320	0.377	0.256	0.198	0.360	0.269	0.298	0.329	0.309	0.242	0.327	0.298	0.313	0.311	0.286	0.327	0.331	0.365	0.339	0.262	0.359	0.361	0.332	0.331
6	0.137	0.313	0.302	0.312	0.356	0.165	0.152	0.204	0.279	0.251	0.166	0.180	0.150	0.303	0.191	0.099	0.186	0.246	0.160	0.198	0.397	0.225	0.167	0.377	0.390	0.324	0.290
7	0.171	0.266	0.294	0.289	0.300	0.082	0.043	0.160	0.221	0.160	0.124	0.170	0.216	0.259	0.220	0.183	0.226	0.244	0.154	0.149	0.251	0.161	0.155	0.297	0.293	0.226	0.259
8	0.381	0.404	0.391	0.435	0.480	0.500	0.466	0.420	0.449	0.589	0.405	0.388	0.419	0.443	0.441	0.480	0.390	0.380	0.367	0.349	0.463	0.437	0.344	0.492	0.497	0.516	0.452
9	0.355	0.485	0.499	0.509	0.426	0.332	0.323	0.420	0.430	0.436	0.396	0.409	0.456	0.412	0.482	0.445	0.454	0.451	0.393	0.425	0.403	0.496	0.341	0.420	0.463	0.445	0.446
10	0.403	0.517	0.560	0.590	0.534	0.413	0.410	0.469	0.466	0.461	0.475	0.553	0.513	0.423	0.524	0.516	0.498	0.482	0.458	0.414	0.387	0.493	0.375	0.419	0.493	0.460	0.437
11	0.433	0.548	0.559	0.598	0.547	0.358	0.356	0.473	0.444	0.488	0.456	0.515	0.493	0.449	0.525	0.510	0.497	0.474	0.502	0.482	0.400	0.585	0.424	0.502	0.527	0.523	0.498
12	0.295	0.477	0.395	0.505	0.445	0.309	0.308	0.425	0.440	0.391	0.373	0.459	0.357	0.419	0.505	0.495	0.348	0.448	0.383	0.402	0.315	0.490	0.391	0.452	0.494	0.450	0.394
13	0.292	0.413	0.360	0.438	0.425	0.353	0.341	0.367	0.496	0.496	0.211	0.263	0.303	0.441	0.331	0.343	0.309	0.298	0.318	0.289	0.392	0.370	0.282	0.485	0.490	0.427	0.392
14	0.357	0.492	0.442	0.529	0.502	0.429	0.454	0.510	0.330	0.509	0.387	0.375	0.345	0.444	0.511	0.466	0.385	0.415	0.407	0.453	0.483	0.468	0.347	0.576	0.592	0.539	0.545
15	0.317	0.492	0.527	0.516	0.483	0.320	0.385	0.445	0.393	0.437	0.323	0.413	0.423	0.346	0.479	0.476	0.474	0.493	0.456	0.487	0.478	0.553	0.426	0.507	0.488	0.479	0.355
16	0.339	0.493	0.545	0.569	0.601	0.404	0.442	0.441	0.366	0.401	0.353	0.415	0.406	0.410	0.485	0.500	0.463	0.399	0.429	0.451	0.464	0.489	0.407	0.512	0.547	0.559	0.437
17	0.419	0.501	0.501	0.541	0.528	0.472	0.476	0.463	0.392	0.467	0.463	0.424	0.392	0.453	0.450	0.509	0.451	0.417	0.434	0.482	0.472	0.483	0.390	0.584	0.611	0.586	0.418
18	0.387	0.506	0.491	0.562	0.549	0.473	0.419	0.466	0.407	0.426	0.369	0.329	0.371	0.463	0.470	0.460	0.455	0.431	0.400	0.435	0.487	0.455	0.362	0.571	0.611	0.555	0.425
19	0.364	0.534	0.517	0.604	0.494	0.368	0.387	0.470	0.439	0.542	0.369	0.440	0.513	0.484	0.530	0.461	0.462	0.464	0.367	0.426	0.448	0.502	0.362	0.519	0.569	0.502	0.439
20	0.253	0.529	0.510	0.589	0.475	0.311	0.338	0.457	0.412	0.479	0.332	0.421	0.423	0.422	0.476	0.470	0.440	0.391	0.336	0.430	0.444	0.507	0.386	0.558	0.548	0.507	0.409
21	0.371	0.292	0.397	0.393	0.442	0.350	0.394	0.394	0.262	0.351	0.298	0.366	0.280	0.291	0.336	0.311	0.181	0.386	0.301	0.268	0.328	0.313	0.266	0.306	0.408	0.326	0.229
22	0.354	0.420	0.498	0.507	0.530	0.408	0.406	0.455	0.379	0.441	0.300	0.399	0.416	0.462	0.367	0.372	0.352	0.406	0.343	0.344	0.422	0.413	0.329	0.551	0.578	0.575	0.328
23	0.456	0.537	0.496	0.596	0.489	0.437	0.439	0.453	0.556	0.531	0.443	0.544	0.447	0.410	0.448	0.465	0.473	0.429	0.449	0.431	0.387	0.552	0.439	0.463	0.474	0.546	0.443
24	0.448	0.590	0.551	0.647	0.534	0.470	0.478	0.550	0.472	0.580	0.465	0.550	0.509	0.468	0.536	0.618	0.473	0.444	0.480	0.528	0.417	0.619	0.494	0.603	0.556	0.561	0.473
25	0.472	0.557	0.483	0.573	0.541	0.474	0.458	0.457	0.468	0.516	0.393	0.476	0.415	0.408	0.539	0.551	0.461	0.454	0.404	0.450	0.412	0.597	0.493	0.558	0.513	0.565	0.520
26	0.441	0.596	0.596	0.635	0.569	0.430	0.471	0.495	0.564	0.620	0.439	0.539	0.542	0.463	0.556	0.531	0.569	0.464	0.505	0.525	0.486	0.660	0.510	0.511	0.498	0.569	0.500

**ANEXO 3b Matriz de correlaciones**

Var	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
27	0.239	0.316	0.340	0.309	0.268	0.137	0.171	0.381	0.355	0.403	0.433	0.295	0.292	0.357	0.317	0.339	0.419	0.387	0.364	0.253	0.371	0.354	0.456	0.448	0.472	0.441
28	0.349	0.431	0.462	0.423	0.359	0.313	0.266	0.404	0.485	0.517	0.548	0.477	0.413	0.492	0.492	0.493	0.501	0.506	0.534	0.529	0.292	0.420	0.537	0.590	0.557	0.596
29	0.373	0.484	0.416	0.456	0.354	0.302	0.294	0.391	0.499	0.560	0.559	0.395	0.360	0.442	0.527	0.545	0.501	0.491	0.517	0.510	0.397	0.498	0.496	0.551	0.483	0.596
30	0.411	0.418	0.479	0.469	0.320	0.312	0.289	0.435	0.509	0.590	0.598	0.505	0.438	0.529	0.516	0.569	0.541	0.562	0.604	0.589	0.393	0.507	0.596	0.647	0.573	0.635
31	0.413	0.422	0.426	0.450	0.377	0.356	0.300	0.480	0.426	0.534	0.547	0.445	0.425	0.502	0.483	0.601	0.528	0.549	0.494	0.475	0.442	0.530	0.489	0.534	0.541	0.569
32	0.405	0.378	0.364	0.412	0.256	0.165	0.082	0.500	0.332	0.413	0.358	0.309	0.353	0.429	0.320	0.404	0.472	0.473	0.368	0.311	0.350	0.408	0.437	0.470	0.474	0.430
33	0.369	0.369	0.387	0.350	0.198	0.152	0.043	0.466	0.323	0.410	0.356	0.308	0.341	0.454	0.385	0.442	0.476	0.419	0.387	0.338	0.394	0.406	0.439	0.478	0.458	0.471
35	0.414	0.450	0.382	0.455	0.360	0.204	0.160	0.420	0.420	0.469	0.473	0.425	0.367	0.510	0.445	0.441	0.463	0.466	0.470	0.457	0.394	0.455	0.453	0.550	0.457	0.495
36	0.368	0.411	0.408	0.441	0.269	0.279	0.221	0.449	0.430	0.466	0.444	0.440	0.496	0.330	0.393	0.366	0.392	0.407	0.439	0.412	0.262	0.379	0.556	0.472	0.468	0.564
37	0.475	0.456	0.352	0.435	0.298	0.251	0.160	0.589	0.436	0.461	0.488	0.391	0.496	0.509	0.437	0.401	0.467	0.426	0.542	0.479	0.351	0.441	0.531	0.580	0.516	0.620
38	0.299	0.346	0.319	0.296	0.329	0.166	0.124	0.405	0.396	0.475	0.456	0.373	0.211	0.387	0.323	0.353	0.463	0.369	0.369	0.332	0.298	0.300	0.443	0.465	0.393	0.439
39	0.300	0.351	0.346	0.384	0.309	0.180	0.170	0.388	0.409	0.553	0.515	0.459	0.263	0.375	0.413	0.415	0.424	0.329	0.440	0.421	0.366	0.399	0.544	0.550	0.476	0.539
40	0.301	0.360	0.394	0.393	0.242	0.150	0.216	0.419	0.456	0.513	0.493	0.357	0.303	0.345	0.423	0.406	0.392	0.371	0.513	0.423	0.280	0.416	0.447	0.509	0.415	0.542
41	0.328	0.356	0.323	0.392	0.327	0.303	0.259	0.443	0.412	0.423	0.449	0.419	0.441	0.444	0.346	0.410	0.453	0.463	0.484	0.422	0.291	0.462	0.410	0.468	0.408	0.463
42	0.371	0.459	0.420	0.460	0.298	0.191	0.220	0.441	0.482	0.524	0.525	0.505	0.331	0.511	0.479	0.485	0.450	0.470	0.530	0.476	0.336	0.367	0.448	0.536	0.539	0.556
43	0.413	0.427	0.414	0.484	0.313	0.099	0.183	0.480	0.445	0.516	0.510	0.495	0.343	0.466	0.476	0.500	0.509	0.460	0.461	0.470	0.311	0.372	0.465	0.618	0.551	0.531
44	0.246	0.358	0.302	0.383	0.311	0.186	0.226	0.390	0.454	0.498	0.497	0.348	0.309	0.385	0.474	0.463	0.451	0.455	0.462	0.440	0.181	0.352	0.473	0.473	0.461	0.569
45	0.267	0.393	0.397	0.428	0.286	0.246	0.244	0.380	0.451	0.482	0.474	0.448	0.298	0.415	0.493	0.399	0.417	0.431	0.464	0.391	0.386	0.406	0.429	0.444	0.454	0.464
46	0.358	0.427	0.375	0.427	0.327	0.160	0.154	0.367	0.393	0.458	0.502	0.383	0.318	0.407	0.456	0.429	0.434	0.400	0.367	0.336	0.301	0.343	0.449	0.480	0.404	0.505
47	0.306	0.344	0.366	0.428	0.331	0.198	0.149	0.349	0.425	0.414	0.482	0.402	0.289	0.453	0.487	0.451	0.482	0.435	0.426	0.430	0.268	0.344	0.431	0.528	0.450	0.525
48	0.418	0.363	0.335	0.400	0.365	0.397	0.251	0.463	0.403	0.387	0.400	0.315	0.392	0.483	0.478	0.464	0.472	0.487	0.448	0.444	0.328	0.422	0.387	0.417	0.412	0.486
49	0.349	0.425	0.431	0.477	0.339	0.225	0.161	0.437	0.496	0.493	0.585	0.490	0.370	0.468	0.553	0.489	0.483	0.455	0.502	0.507	0.313	0.413	0.552	0.619	0.597	0.660
50	0.234	0.282	0.322	0.357	0.262	0.167	0.155	0.344	0.341	0.375	0.424	0.391	0.282	0.347	0.426	0.407	0.390	0.362	0.362	0.386	0.266	0.329	0.439	0.494	0.493	0.510
51	0.410	0.403	0.395	0.401	0.359	0.377	0.297	0.492	0.420	0.419	0.502	0.452	0.485	0.576	0.507	0.512	0.584	0.571	0.519	0.558	0.306	0.551	0.463	0.603	0.558	0.511
52	0.427	0.428	0.446	0.391	0.361	0.390	0.293	0.497	0.463	0.493	0.527	0.494	0.490	0.592	0.488	0.547	0.611	0.611	0.569	0.548	0.408	0.578	0.474	0.556	0.513	0.498
53	0.416	0.435	0.433	0.409	0.332	0.324	0.226	0.516	0.445	0.460	0.523	0.450	0.427	0.539	0.479	0.559	0.586	0.555	0.502	0.507	0.326	0.575	0.546	0.561	0.565	0.569
54	0.408	0.366	0.377	0.410	0.331	0.290	0.259	0.452	0.446	0.437	0.498	0.394	0.392	0.545	0.355	0.437	0.418	0.425	0.439	0.409	0.229	0.328	0.443	0.473	0.520	0.500

**ANEXO 3c Matriz de correlaciones**

Var	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
27	1.000	0.381	0.333	0.402	0.388	0.516	0.492	0.388	0.280	0.426	0.414	0.425	0.359	0.334	0.313	0.389	0.320	0.325	0.341	0.333	0.339	0.405	0.258	0.386	0.371	0.439	0.367
28	0.381	1.000	0.761	0.721	0.629	0.377	0.425	0.530	0.550	0.451	0.375	0.430	0.491	0.508	0.551	0.569	0.551	0.504	0.541	0.549	0.498	0.595	0.552	0.543	0.510	0.558	0.377
29	0.333	0.761	1.000	0.746	0.642	0.290	0.355	0.509	0.473	0.433	0.345	0.435	0.515	0.424	0.512	0.512	0.578	0.479	0.536	0.500	0.447	0.588	0.528	0.498	0.511	0.541	0.336
30	0.402	0.721	0.746	1.000	0.742	0.444	0.518	0.565	0.510	0.559	0.481	0.545	0.563	0.523	0.535	0.571	0.548	0.485	0.485	0.533	0.511	0.601	0.584	0.610	0.648	0.608	0.467
31	0.388	0.629	0.642	0.742	1.000	0.481	0.532	0.514	0.468	0.543	0.408	0.497	0.456	0.597	0.533	0.536	0.511	0.508	0.489	0.519	0.527	0.557	0.536	0.658	0.626	0.657	0.524
32	0.516	0.377	0.290	0.444	0.481	1.000	0.705	0.492	0.467	0.548	0.458	0.484	0.380	0.391	0.416	0.489	0.324	0.327	0.386	0.267	0.447	0.401	0.264	0.475	0.506	0.522	0.484
33	0.492	0.425	0.355	0.518	0.532	0.705	1.000	0.444	0.406	0.520	0.456	0.478	0.373	0.352	0.417	0.456	0.318	0.333	0.392	0.370	0.395	0.448	0.304	0.468	0.466	0.486	0.411
35	0.388	0.530	0.509	0.565	0.514	0.492	0.444	1.000	0.472	0.649	0.414	0.439	0.381	0.418	0.516	0.536	0.406	0.373	0.530	0.440	0.481	0.543	0.471	0.461	0.506	0.507	0.427
36	0.280	0.550	0.473	0.510	0.468	0.467	0.406	0.472	1.000	0.614	0.316	0.414	0.373	0.411	0.416	0.393	0.424	0.418	0.420	0.364	0.390	0.522	0.452	0.407	0.449	0.474	0.398
37	0.426	0.451	0.433	0.559	0.543	0.548	0.520	0.649	0.614	1.000	0.410	0.478	0.450	0.471	0.450	0.442	0.412	0.368	0.435	0.387	0.519	0.528	0.434	0.507	0.539	0.567	0.484
38	0.414	0.375	0.345	0.481	0.408	0.458	0.456	0.414	0.316	0.410	1.000	0.732	0.452	0.422	0.452	0.493	0.379	0.341	0.440	0.382	0.281	0.452	0.303	0.362	0.404	0.396	0.440
39	0.425	0.430	0.435	0.545	0.497	0.484	0.478	0.439	0.414	0.478	0.732	1.000	0.569	0.454	0.497	0.518	0.413	0.434	0.385	0.427	0.354	0.497	0.371	0.440	0.482	0.474	0.465
40	0.359	0.491	0.515	0.563	0.456	0.380	0.373	0.381	0.373	0.450	0.452	0.569	1.000	0.624	0.542	0.520	0.560	0.414	0.394	0.439	0.450	0.460	0.415	0.430	0.464	0.473	0.364
41	0.334	0.508	0.424	0.523	0.597	0.391	0.352	0.418	0.411	0.471	0.422	0.454	0.624	1.000	0.515	0.473	0.493	0.482	0.384	0.473	0.454	0.425	0.421	0.580	0.579	0.576	0.465
42	0.313	0.551	0.512	0.535	0.533	0.416	0.417	0.516	0.416	0.450	0.452	0.497	0.542	0.515	1.000	0.666	0.612	0.584	0.531	0.542	0.518	0.597	0.433	0.464	0.483	0.510	0.445
43	0.389	0.569	0.512	0.571	0.536	0.489	0.456	0.536	0.393	0.442	0.493	0.518	0.520	0.473	0.666	1.000	0.624	0.483	0.593	0.585	0.472	0.636	0.506	0.529	0.517	0.530	0.471
44	0.320	0.551	0.578	0.548	0.511	0.324	0.318	0.406	0.424	0.412	0.379	0.413	0.560	0.493	0.612	0.624	1.000	0.620	0.603	0.587	0.523	0.655	0.537	0.449	0.428	0.490	0.335
45	0.325	0.504	0.479	0.485	0.508	0.327	0.333	0.373	0.418	0.368	0.341	0.434	0.414	0.482	0.584	0.483	0.620	1.000	0.595	0.487	0.486	0.568	0.472	0.391	0.456	0.438	0.324
46	0.341	0.541	0.536	0.485	0.489	0.386	0.392	0.530	0.420	0.435	0.440	0.385	0.394	0.384	0.531	0.593	0.603	0.595	1.000	0.565	0.464	0.632	0.532	0.364	0.330	0.428	0.326
47	0.333	0.549	0.500	0.533	0.519	0.267	0.370	0.440	0.364	0.387	0.382	0.427	0.439	0.473	0.542	0.585	0.587	0.487	0.565	1.000	0.512	0.690	0.616	0.446	0.433	0.460	0.344
48	0.339	0.498	0.447	0.511	0.527	0.447	0.395	0.481	0.390	0.519	0.281	0.354	0.450	0.454	0.518	0.472	0.523	0.486	0.464	0.512	1.000	0.634	0.487	0.502	0.511	0.527	0.408
49	0.405	0.595	0.588	0.601	0.557	0.401	0.448	0.543	0.522	0.528	0.452	0.497	0.460	0.425	0.597	0.636	0.655	0.568	0.632	0.690	0.634	1.000	0.658	0.493	0.451	0.540	0.404
50	0.258	0.552	0.528	0.584	0.536	0.264	0.304	0.471	0.452	0.434	0.303	0.371	0.415	0.421	0.433	0.506	0.537	0.472	0.532	0.616	0.487	0.658	1.000	0.488	0.425	0.481	0.294
51	0.386	0.543	0.498	0.610	0.658	0.475	0.468	0.461	0.407	0.507	0.362	0.440	0.430	0.580	0.464	0.529	0.449	0.391	0.364	0.446	0.502	0.493	0.488	1.000	0.796	0.738	0.501
52	0.371	0.510	0.511	0.648	0.626	0.506	0.466	0.506	0.449	0.539	0.404	0.482	0.464	0.579	0.483	0.517	0.428	0.456	0.330	0.433	0.511	0.451	0.425	0.796	1.000	0.767	0.551
53	0.439	0.558	0.541	0.608	0.657	0.522	0.486	0.507	0.474	0.567	0.396	0.474	0.473	0.576	0.510	0.530	0.490	0.438	0.428	0.460	0.527	0.540	0.481	0.738	0.767	1.000	0.604
54	0.367	0.377	0.336	0.467	0.524	0.484	0.411	0.427	0.398	0.484	0.440	0.465	0.364	0.465	0.445	0.471	0.335	0.324	0.326	0.344	0.408	0.404	0.294	0.501	0.551	0.604	1.000

**ANEXO 3d Matriz de correlaciones**

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
¿Las personas que realizan los cambios cuentan con entrenamiento en al menos una metodología para cambios rápidos?	.803	-.124	.066	.114	-.024	-.161	-.101	.016
¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de los cambios?	.796	-.081	-.054	-.170	.012	-.206	-.173	-.017
¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el cambio rápido?	.793	-.108	.057	-.146	.128	-.135	-.235	.060
¿Existen objetivos que indican la reducción de los costos que se obtienen al implementar un proyecto de cambios rápidos?	.788	.078	.107	-.336	.061	-.132	.000	-.059
¿Las personas involucradas en implementar los cambios rápidos cuentan con entrenamiento para trabajar en equipo?	.768	-.062	.004	.278	-.048	-.057	.009	.048
¿Existe un plan de acción para el cumplimiento de los objetivos?	.764	.273	.106	-.119	-.002	-.119	.006	-.035
¿Cada vez que se implementa una acción de mejora, se actualiza el cambio?	.760	-.006	-.142	.312	-.058	-.126	-.080	-.148
¿Se menciona la mejora global que se espera al cumplir con cada objetivo?	.757	.189	-.122	-.036	-.285	-.119	.166	.080
¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?	.755	-.341	.169	-.015	-.047	.116	-.092	.108
¿Si en el proceso de cambio, alguno de los pasos causa un problema, éste se anota y se recomiendan acciones de mejora?	.754	.145	-.128	.317	-.076	-.166	.014	-.186
¿Se tienen objetivos relacionados con el incremento en la disponibilidad de la máquina y/o equipo?	.749	.070	.041	-.343	.131	-.017	.092	-.044
¿Todos los involucrados en la implementación de los cambios rápidos conocen el proceso?	.745	-.173	.213	.094	-.051	-.036	-.148	.040
¿Existe un reporte de las incidencias encontradas en los procesos para la realización de un cambio?	.737	-.074	-.020	-.088	.085	-.254	-.203	.020
¿Cuando se realiza un cambio se identifican oportunidades de mejora?	.735	.092	-.077	.363	-.100	-.172	-.064	-.181
¿Existe congruencia entre la mejora de proyectos y los objetivos estratégicos de la empresa?	.726	.241	-.066	.095	-.298	-.030	.112	-.002
¿La organización de las herramientas, partes, etc. se realiza de acuerdo al orden en que van a usarse?	.726	-.308	-.011	-.009	-.017	.121	.137	-.138

#### ANEXO 4a Matriz de componentes

¿Las personas encargadas de realizar los cambios rápidos conocen el funcionamiento y mantenimiento de la máquina y/o equipo?	.726	-.125	.262	.020	-.131	-.068	-.059	.121
¿Los procedimientos para realizar los cambios rápidos se encuentran documentados?	.725	-.079	-.014	-.191	.172	-.266	-.237	.077
¿Se cuenta con objetivos para reducir los movimientos y manipulaciones de las herramientas, materiales, etc.?	.720	.215	-.141	.004	-.247	.093	.080	-.148
¿Cada objetivo presenta la fecha en que éste debe estar realizado?	.719	.081	.108	-.217	-.261	-.080	.018	.070
¿El plan cuenta con un responsable de realizar y/o validar cada acción?	.719	.200	.127	-.095	-.137	-.220	-.091	-.089
¿Las herramientas, partes, etc., necesarios para realizar el cambio se encuentran organizados cerca de la máquina y/o equipo?	.715	-.238	.088	-.036	-.004	.132	.173	-.184
¿Se cuenta con objetivos que indican la reducción del tiempo que se espera al implementar los proyectos de cambios rápidos?	.710	.173	.122	-.336	.081	-.017	.062	-.079
¿Cada uno de los objetivos cuenta con el costo requerido para su cumplimiento?	.709	.084	-.066	.015	-.389	-.105	.139	.019
¿Se cumplen plenamente las instrucciones para realizar un cambio rápido?	.706	-.027	-.245	.105	.136	.141	-.310	.066
¿Se cumplen los objetivos planteados en los proyectos para la reducción de los tiempos de cambio?	.692	.206	-.228	-.089	.005	.238	-.033	-.087
¿La gerencia hace un seguimiento del avance del proyecto y de los resultados obtenidos?	.687	.281	-.076	-.007	-.198	-.217	.045	.202
¿Las condiciones del entorno (medioambientales, puesto de trabajo, estanterías, etc.) son adecuados para llevar a cabo los cambios rápidos?	.685	-.110	-.117	.057	-.002	.176	-.110	.153
¿Todo lo necesario para realizar el cambio rápido se encuentra en el mismo nivel (piso)?	.670	-.359	.299	.067	-.062	.066	.125	-.069
¿Es fácil el acceso a la maquinaria y/o equipo para realizar el cambio rápido?	.662	-.058	.094	.297	-.108	.232	.038	.101
¿Se cuenta con objetivos para la reducción del desperdicio del material ocasionado por los ajustes?	.661	.073	.076	-.296	.118	.025	-.097	-.200
¿Se hace uso de técnicas complementarias como 5 “S”?	.660	-.056	.026	.295	.098	-.040	.155	-.280
¿Con una revisión visual se puede saber si los materiales, herramientas, etc., están presentes para llevar a cabo el cambio rápido?	.658	-.326	.231	.054	-.140	.096	.092	.007
¿El uso de diagramas de causa-efecto es parte del proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido?	.656	-.227	-.183	-.075	.347	-.186	.232	-.038

**ANEXO 4b Matriz de componentes**

¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?	.651	.127	.084	-.181	.141	.326	-.013	-.002
¿Las herramientas necesarias para el cambio se encuentran estandarizadas?	.645	-.343	.151	-.045	-.054	.308	.098	.188
¿Se cuenta con elementos especiales de transporte para el movimiento del material, herramientas, etc.?	.645	-.208	.233	-.021	-.046	.119	.195	.070
¿Se hace uso de técnicas complementarias como Poka-yoke?	.644	-.223	.036	.006	.144	-.107	.179	-.211
¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso de participación?	.644	.169	-.088	-.274	-.117	.278	-.005	-.125
¿El personal cuenta con dispositivos de protección para su seguridad?	.638	-.057	-.004	.034	.182	.149	-.434	.074
¿Existen grupos de mejora dentro de la empresa?	.630	.068	-.209	.157	.226	.004	-.009	-.291
¿Las piezas defectuosas son identificadas y separadas?	.618	-.364	.249	.151	-.125	.026	-.186	.085
¿Existen diferentes opciones de capacitación para las personas encargadas de implementar los cambios rápidos?	.613	-.120	-.477	.110	.044	.043	.012	.229
¿Las personas responsables de implementar los cambios rápidos reciben un reconocimiento por los resultados favorables?	.613	-.059	-.530	.161	.162	.130	.017	.152
¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con habilidades y experiencia profesional?	.611	.086	-.052	-.198	-.013	.114	-.062	-.055
¿Existen objetivos para incrementar la seguridad de los operarios en su área de trabajo?	.600	.405	.037	.169	.049	.185	-.140	-.003
¿Existe un compromiso de todos los niveles de la empresa en la implementación de proyectos de cambios rápidos?	.592	.306	-.185	-.108	-.087	.440	-.051	-.123
¿En el proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido, se hace uso de los diagramas de Pareto?	.583	-.211	-.239	-.074	.331	-.072	.371	-.041
¿Se encuentran grabadas en video las operaciones necesarias para realizar un cambio?	.545	-.087	-.301	.003	.204	-.107	.118	.310
¿La gerencia es la responsable de implementar el plan de acción?	.536	.196	-.151	-.160	-.131	-.086	.230	.444
¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?	.499	.298	.313	.163	.343	.112	.221	.202
¿La empresa cuenta con políticas de calidad?	.425	.541	.335	.308	.233	.057	.021	.105
¿La empresa cuenta con una Misión y Visión?	.370	.440	.456	.171	.355	-.073	.088	.109

#### ANEXO 4c Matriz de componentes



	Inicial	Extra- cción
¿Existe un compromiso de todos los niveles de la empresa en la implementación de proyectos de cambios rápidos?	1.000	.709
¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso de participación?	1.000	.633
¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con habilidades y experiencia profesional?	1.000	.442
¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?	1.000	.606
¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?	1.000	.683
¿La empresa cuenta con políticas de calidad?	1.000	.749
¿La empresa cuenta con una misión y visión?	1.000	.720
¿Se cumplen los objetivos planteados en los proyectos para la reducción de los tiempos de cambio?	1.000	.646
¿Se cuenta con objetivos que indican la reducción del tiempo que se espera al implementar los proyectos de cambios rápidos?	1.000	.678
¿Se tienen objetivos relacionados con el incremento en la disponibilidad de la máquina y/o equipo?	1.000	.714
¿Existen objetivos que indican la reducción de los costos que se obtienen al implementar un proyecto de cambios rápidos?	1.000	.775
¿Se cuenta con objetivos para la reducción del desperdicio del material ocasionado por los ajustes?	1.000	.600
¿Existen objetivos para incrementar la seguridad de los operarios en su área de trabajo?	1.000	.610
¿Se cuenta con objetivos para reducir los movimientos y manipulaciones de las herramientas, materiales, etc.?	1.000	.683
¿Cada objetivo presenta la fecha en que éste debe estar realizado?	1.000	.662
¿Cada uno de los objetivos cuenta con el costo requerido para su cumplimiento?	1.000	.696
¿Se menciona la mejora global que se espera al cumplir con cada objetivo?	1.000	.755
¿Existe congruencia entre la mejora de proyectos y los objetivos estratégicos de la empresa?	1.000	.701
¿Existe un plan de acción para el cumplimiento de los objetivos?	1.000	.698
¿El plan cuenta con un responsable de realizar y/o validar cada acción?	1.000	.665
¿La gerencia es la responsable de implementar el plan de acción?	1.000	.648
¿La gerencia hace un seguimiento del avance del proyecto y de los resultados obtenidos?	1.000	.687
¿Los procedimientos para realizar los cambios rápidos se encuentran documentados?	1.000	.730
¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de los cambios?	1.000	.745
¿Existe un reporte de las incidencias encontradas en los procesos para la realización de un cambio?	1.000	.670
¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el cambio rápido?	1.000	.758
¿Se encuentran grabadas en video las operaciones necesarias para realizar un cambio?	1.000	.559
¿Todos los involucrados en la implementación de los cambios rápidos conocen el proceso?	1.000	.667
¿Las personas encargadas de realizar los cambios rápidos conocen el funcionamiento y mantenimiento de la máquina y/o equipo?	1.000	.651
¿Las personas que realizan los cambios cuentan con entrenamiento en al menos una metodología para cambios rápidos?	1.000	.714
¿Las personas involucradas en implementar los cambios rápidos cuentan con entrenamiento para trabajar en equipo?	1.000	.679

## ANEXO 5a Comunalidades de las variables

	Inicial	Extra- cción
¿Las personas responsables de implementar los cambios rápidos reciben un reconocimiento por los resultados favorables?	1.000	.752
¿Existen diferentes opciones de capacitación para las personas encargadas de implementar los cambios rápidos?	1.000	.686
¿Las condiciones del entorno (medioambientales, puesto de trabajo, estanterías, etc.) son adecuados para llevar a cabo los cambios rápidos?	1.000	.565
¿El personal cuenta con dispositivos de protección para su seguridad?	1.000	.661
¿Se cumplen plenamente las instrucciones para realizar un cambio rápido?	1.000	.709
¿En el proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido, se hace uso de los Diagramas de Pareto?	1.000	.701
¿El uso de diagramas de causa-efecto es parte del proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido?	1.000	.730
¿Se hace uso de técnicas complementarias como Poka-yoke?	1.000	.575
¿Se hace uso de técnicas complementarias como 5 “S”?	1.000	.640
¿Las herramientas, partes, etc., necesarios para realizar el cambio se encuentran organizados cerca de la maquina y/o equipo?	1.000	.657
¿La organización de las herramientas, partes, etc. se realiza de acuerdo al orden en que van a usarse?	1.000	.675
¿Todo lo necesario para realizar el cambio rápido se encuentra en el mismo nivel (piso)?	1.000	.701
¿Se cuenta con elementos especiales de transporte para el movimiento del material, herramientas, etc.?	1.000	.573
¿Las herramientas necesarias para el cambio se encuentran estandarizadas?	1.000	.702
¿Con una revisión visual se puede saber si los materiales, herramientas, etc., están presentes para llevar a cabo el cambio rápido?	1.000	.633
¿Es fácil el acceso a la maquinaria y/o equipo para realizar el cambio rápido?	1.000	.615
¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?	1.000	.752
¿Las piezas defectuosas son identificadas y separadas?	1.000	.657
¿Cuando se realiza un cambio se identifican oportunidades de mejora?	1.000	.763
¿Si en el proceso de cambio, alguno de los pasos causa un problema, éste se anota y se recomiendan acciones de mejora?	1.000	.774
¿Cada vez que se implementa una acción de mejora, se actualiza el cambio?	1.000	.743
¿Existen grupos de mejora dentro de la empresa?	1.000	.606

## ANEXO 5b Comunalidades de las variables

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
¿Todo lo necesario para realizar el cambio rápido se encuentra en el mismo nivel (piso)?	.735							
¿Las herramientas necesarias para el cambio se encuentran estandarizadas?	.721							
¿Sólo se utilizan las herramientas, materiales y medios de control establecidos para realizar el cambio?	.713							
¿Con una revisión visual se puede saber si los materiales, herramientas, etc., están presentes para llevar a cabo el cambio rápido?	.708							
¿Las piezas defectuosas son identificadas y separadas?	.702							
¿Se cuenta con elementos especiales de transporte para el movimiento del material, herramientas, etc.?	.618							
¿Todos los involucrados en la implementación de los cambios rápidos conocen el proceso?	.589							
¿Las personas encargadas de realizar los cambios rápidos conocen el funcionamiento y mantenimiento de la máquina y/o equipo?	.585							
¿La organización de las herramientas, partes, etc. se realiza de acuerdo al orden en que van a usarse?	.576							
¿Las herramientas, partes, etc., necesarios para realizar el cambio se encuentran organizados cerca de la maquina y/o equipo?	.567							
¿Es fácil el acceso a la maquinaria y/o equipo para realizar el cambio rápido?	.554							
¿Las personas que realizan los cambios cuentan con entrenamiento en al menos una metodología para cambios rápidos?								
¿Las personas involucradas en implementar los cambios rápidos cuentan con entrenamiento para trabajar en equipo?								
¿Los procedimientos para realizar los cambios rápidos se encuentran documentados?		.683						
¿Se tienen identificadas las tareas o actividades necesarias para realizar el cambio rápido?		.625						
¿Existe un reporte de las incidencias encontradas en los procesos para la realización de un cambio?		.598						

**ANEXO 6a Matriz de factores rotados**

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
¿Se cuenta con la información del tiempo requerido para realizar cada uno de los cambios?		.596						
¿Existen objetivos que indican la reducción de los costos que se obtienen al implementar un proyecto de cambios rápidos?		.550						
¿Se cuenta con objetivos para la reducción del desperdicio del material ocasionado por los ajustes?								
¿El plan cuenta con un responsable de realizar y/o validar cada acción?								
¿El personal cuenta con dispositivos de protección para su seguridad?								
¿Se tienen objetivos relacionados con el incremento en la disponibilidad de la máquina y/o equipo?								
¿Existe un plan de acción para el cumplimiento de los objetivos?								
¿Existe un compromiso de todos los niveles de la empresa en la implementación de proyectos de cambios rápidos?			.746					
¿Los involucrados en el proyecto de cambios rápidos tienen un alto compromiso de participación?			.661					
¿Se cumplen los objetivos planteados en los proyectos para la reducción de los tiempos de cambio?			.597					
¿La alta dirección apoya la implementación de proyectos de cambios rápidos?			.558					
¿Se cuenta con objetivos para reducir los movimientos y manipulaciones de las herramientas, materiales, etc.?								
¿Se cuenta con objetivos que indican la reducción del tiempo que se espera al implementar los proyectos de cambios rápidos?								
¿El equipo encargado de la reducción de los tiempos de cambio cuenta con habilidades y experiencia profesional?								
¿Cuando se realiza un cambio se identifican oportunidades de mejora?				.687				
¿Si en el proceso de cambio, alguno de los pasos causa un problema, éste se anota y se recomiendan acciones de mejora?				.670				
¿Cada vez que se implementa una acción de mejora, se actualiza el cambio?				.630				
¿Se hace uso de técnicas complementarias como 5 “S”?				.548				
¿Existen grupos de mejora dentro de la empresa?				.502				
¿La gerencia es la responsable de implementar el plan de acción?					.650			
¿Se menciona la mejora global que se espera al cumplir con cada objetivo?					.640			

**ANEXO 6b Matriz de factores rotados**

	Componente							
	1	2	3	4	5	6	7	8
¿La gerencia hace un seguimiento del avance del proyecto y de los resultados obtenidos?					.621			
¿Cada uno de los objetivos cuenta con el costo requerido para su cumplimiento?					.597			
¿Existe congruencia entre la mejora de proyectos y los objetivos estratégicos de la empresa?					.544			
¿Cada objetivo presenta la fecha en que éste debe estar realizado?					.515			
¿Las personas responsables de implementar los cambios rápidos reciben un reconocimiento por los resultados favorables?						.710		
¿Existen diferentes opciones de capacitación para las personas encargadas de implementar los cambios rápidos?						.666		
¿Se encuentran grabadas en video las operaciones necesarias para realizar un cambio?						.548		
¿Se cumplen plenamente las instrucciones para realizar un cambio rápido?						.538		
¿Las condiciones del entorno (medioambientales, puesto de trabajo, estanterías, etc.) son adecuados para llevar a cabo los cambios rápidos?								
¿La empresa cuenta con una Misión y Visión?							.807	
¿La empresa cuenta con políticas de calidad?							.797	
¿La empresa cuenta con políticas organizacionales?							.729	
¿Existen objetivos para incrementar la seguridad de los operarios en su área de trabajo?								
¿En el proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido, se hace uso de los diagramas de Pareto?								.685
¿El uso de diagramas de causa-efecto es parte del proceso de implementación de los proyectos de cambio rápido?								.633
¿Se hace uso de técnicas complementarias como Poka-yoke?								

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: varimax con normalización Kaiser.

A. rotación converge en 28 iteraciones.

## ANEXO 6c Matriz de factores rotados

## REFERENCIAS

- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management* , 17 (4), 460-471.
- Ang, J., Sum, C.-C., & Chug, W. F. (1995). Critical success factors in implementing MRP and government assistance: A Singapore context. *Information & Management* (29), 63-70.
- Antony, J., Leung, K., & Knowles, G. (2002). Critical success factors of TQM implementation in Hong Kong industries. *International Journal of Quality & Reliability Management* , 19 (5), 551-556.
- APICS. (n.d.). *Una aproximación al pensamiento LEAN...Hacia las empresas y naciones esbeltas*. Recuperado el 6 de Junio de 2010, de [www.apics.org.mx](http://www.apics.org.mx)
- Bañuelas, R., & Antony, J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. *The TQM Magazine* , 14 (2), 92-99.
- Batista, J., & Coenders, G. (2002). *Modelo de ecuaciones estructurales*. Madrid: La Muralla, S.A.
- Bonavia, T., & Marin, J. A. (2006). An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain. *International Journal of Operations & Production Management* , 26 (5), 505-531.
- Bunge, M. (2004). *La investigación científica*. México: Siglo XXI editores, S.A. de C.V.
- Cakmakei, M., & Karasu, M. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *Journal Advanced Manufacturing Technology* , 33, 334-344.
- Catell, R. (1972). *El análisis científico de la personalidad. Los test de personalidad*. Barcelona: Editorial Fontanella.
- Daniel, D. R. (1961). Management information crisis. *Harvard Business Review* , 39 (5), 111-121.
- Elosua, P., & Zumbo, B. (2008). Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada. *Psicotema* , 896-901.
- Escobar, S. E., & Romero, R. (2008). *Aplicación de la Herramienta SMED (Single Minute Exchange of Die) en una Máquina Thermoformer*. Ciudad Juárez: UACJ.
- Fernández, Z. (1993). La máquina que cambio el mundo. *Revista de Economía Aplicada* , 1 (3), 219-222.
- Figueras, M. S. (2000). *5campus*. Recuperado el 23 de may de 2008, de Introducción al análisis multivariante: [www.5campus.com/leccion/anamul](http://www.5campus.com/leccion/anamul)

- Friel, C. M. (2001). *Factor Analysis*. Huntsville: Sam Houston State University.
- García, E., Gil, F., & Rodríguez, G. (2000). *Análisis factorial*. Madrid: La muralla S.A.
- Gerwin, D. (1993). Manufacturing flexibility: A strategic perspective. *Management science* , 39 (4), 395-410.
- Gest, G. B., Culley, S. J., McIntosh, R. I., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (1994). Classification methodologies for set-up reduction techniques within industry. *Proc. 4th International Factory 2000 conference*. 398, págs. 486-490. University of York: IEE Conference Publication.
- Gilmore, M., & Smith, D. J. (1996). Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. *International journal of operations and production management* , 4-17.
- Gupta, Y. P., & Somers, T. M. (1996). Business strategy, manufacturing flexibility, and organizational performance relationship: a path analysis approach. *Production and operations management* , 5 (3), 204-233.
- Hairul, M., Ahmad, R., & Hafizah, N. (2008). Resistance factors in the implementation of software process improvement project in Malaysia. *Journal of Computer Science* , 4 (3), 211-219.
- Hayes, R. H., & Wheelwright, S. C. (1979). Link manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review* , 57 (1), 133-140.
- Hernández, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve. *International Journal of Operatiosn & Production Management* , 24 (10), 994-1011.
- Jöreskog, K. G. (1971). Statistical analysis of sets of congeneric tests. *Psychometrika* , 36, 109-133.
- Kaiser, H. F. (1958). The Varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* , 23 (3), 187-200.
- Kassicieh, S. K., & Yourstone, S. A. (1998). Training, performance evaluation, rewards, and TQM implementation success. *Journal of Quality Management* , 3 (1), 25-38.
- Khoo, H. H., & Tan, K. C. (2002). Critical success factors for quality management implementation in Russia. *Industrial and Commercial Training* , 34 (7), 263-268.
- King, S. F., & Burgess, T. F. (2005). Beyond critical success factors: a dynamic model of enterprise system innovation. *International Journal of Information Management* , 26, 59-69.
- Kline, P. (2005). *An easy guide to factor analysis*. New York: Routledge.

- Lau, R. M. (1999). Critical factors for achieving manufacturing flexibility. *International Journal of Operations & Productions Management* , 19 (3), 328-341.
- Ledesma, R., Molina, G., & Valero, P. (2002). Análisis de consistencia interna mediante Alfa de Cronbach: un programa basado en gráficos dinámicos. *Psico-USF* , 7 (2), 143-152.
- Leidecker, J. K., & Bruno, A. V. (1984). Identifying and using critical success factors. *Long Range Planning* , 17 (1), 23-32.
- Lévy, J., & Varela, J. (2003). *Análisis multivariable para las ciencias sociales*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Lévy, J.-P., & Varela, J. (2003). *Análisis multivariable para las ciencias sociales*. Madrid: Prentice Hall.
- Manual del usuario AMOS 16*. (2007). Chicago: Chicago.
- Manual del usuario de SPSS base 16.0*. (2007). Chicago: SPSS Inc.
- Martínez, A., & Pérez, M. (2001). Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations & Production Management* , 21 (11), 1433-1451.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Gest, G. B., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (1996). An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *Internatioonal Journal of Operations & Production Management* , 16 (9), 5-22.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research* , 38 (11), 2377-2395.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). Changeover improvement: A maintenance perspective. *International Journal of Production Economics* , 73, 153-163.
- McIntosh, R. I., Owen, G. W., Culley, S. J., & Mileham, A. R. (2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management* , 54 (1), 98-111.
- Mendoza, L. E., Marius, A., Pérez, M., & Grimán, A. C. (2006). Critical success factor for a customer relationship management. *Information and Software Technology* , 49, 913-945.
- Mileham, A. R., Culley, S. J., Owen, G. W., & McIntosh, R. I. (1999). Rapid changeover - a prerequisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management* , 19 (8), 785-796.
- Moxham, C., & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology, A study in a textile processing environment. *International Journal of Quality & Realibility Management* , 18 (4), 404-414.



- Murrieta, R. C., & Romero, R. (2001). *Propuesta de implementación del sistema SMED en un área de moldeo*. Ciudad Juárez: UACJ.
- Newton, R., & Wilkinson, M. (1995). Critical success in management development. *Management Development Review* , 8 (1), 16-24.
- Oke, A. (2005). A Framework for analyzing manufacturing flexibility. *International Journal of Operations & Productions Management* , 25 (10), 973-996.
- Papadopoulou, T. C., & Özbayrak, M. (2005). Leanness: experiences from the journey to date. *Journal of Manufacturing Technology Management* , 16 (7), 784-807.
- Paredes, F. (Julio de 2007). Preparación rápida de máquinas: El sistema SMED. Lima, Perú.
- Patel, S., Dale, B. G., & Shaw, P. (2001). Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing. *The TQM Magazine* , 13 (3), 175-179.
- Pérez, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Perinic, M., Ikonic, M., & Maricic, S. (2009). Die casting process assessment using single minute Exchange of dies (SMED) method. *METABK* , 48 (3), 199-202.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal* , 21 (2), 127-142.
- Porter, M. (1998). *Estrategia Competitiva*. México: CECSA.
- Ramos, J., & Romero, R. (2001). *Mantenimiento productivo total en una empresa no japonesa*. Ciudad Juárez: UACJ.
- Reik, M. P., McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2006b). A formal design for changeover methodology Part 2: methodology and case study. *Proceedings of the Institutions Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 220, págs. 1237-1247. Sage Publications.
- Reik, M. P., McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2006a). A formal design for changeover methodology. Part 1: theory and background. *Proceedings of the Institutions Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 220, págs. 1225-1235. Sage Publications.
- Rockart, J. F., & Bullen, C. V. (1981). *A primer on critical success factors*. Center for Information Systems Research, Sloan School of Management.
- Sadiq, M., & Landers, T. L. (1991). Decision support system for for intelligent parts/ slot assignment on a SMT placement machine. *Computer and Industrial Engineering* , 21, 565-574.

- Scheaffer, R., Mendenahll, W., & Lyman, O. (1987). *Elementos de muestreo*. México: Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V.
- Schmenner, M. V., & Tatikonda, M. V. (2005). Manufacturing process flexibility revisited. *International Journal of Operations & Productions Management* , 25 (12), 1183-1189.
- Sekine, K., & Arai, K. (1993). *Kaizen para preparaciones rápidas de máquinas. Más allá del SMED*. Madrid: Editorial Productivity Press.
- Selvan, R., Antony, J., & Sid, G. (2002). Critical success factors for SPC implementation in UK small and medium enterprises: some key findings from a survey. *The TQM Magazine* , 14 (4), 217-224.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Portland: Productivity Press.
- Shingo, S. (1993). *Una revolución en la producción: El sistema SMED*. México: Productivity Press.
- Silva, C. (2008). Modelos de ecuaciones estructurales ¿qué es eso? *Ciencia & Trabajo* (29), 106-110.
- Slack, N. (1991). *The manufacturing advantage*. London: Mercury Books.
- Smith, L. (2006). *A tutorial on principal components analysis*. Otago: University Otago.
- Sohal, A. S., & Terziovski, M. (2000). TQM in Australian manufacturing: factors critical to success. *International Journal of Quality & Realibility Management* , 17 (2), 158-167.
- Spann, M. S., Adams, M., Rahman, M., Czarneeki, H., & Schroer, B. J. (1999). *Transferring lean manufacturing to small manufacturers: The role of NIST-MEP*. University of Alabama in Huntsville.
- Stevenson, W. J. (2000). *Estadística para administración y economía*. México: OXFORD.
- Suárez, F. F., Cusumano, M. A., & Fine, C. F. (1996). An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly. *Operations Research* , 44 (1), 223-240.
- Sun, H., & Wing, W. C. (2004). Critical success factors for new product development in the Hong Kong toy industry. *Technovation* , 25, 293-303.
- Sung, T. K., & Gibson, D. V. (1998). Critical success factors for business reengineering and corporate performance: the case of Korean corporations. *Tecnological Forecasting and Social Change* , 58, 297-311.
- Swamidass, P. M., & Newell, W. T. (1987). Manufacturing strategy, enviromental uncertainty, and performance: a path analytic model. *Management Science* , 33 (4), 509-524.

- Udo, G. J., & Ehie, I. C. (1996). Critical success factors for advanced manufacturing systems. *Computer Industrial Engineering* , 31 (1-2), 91-94.
- Upton, D. M. (1994). The management of manufacturing flexibility. *California Management Review* , 36 (2), 72-89.
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2001). An integrated methodology for more effective set-up reduction. *Proceedings of the IIE Solutions*. Dallas, TX.
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* , 18 (3-4), 205-214.
- Villegas, G. C. (1997). Gestión por factores críticos de éxito. *Revista EAFIT* (105), 1-26.
- Visauta, B. (1996). *Técnicas de investigación social. Modelos causales*. Barcelona: Editorial Hispano Europea, S.A.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991). *The machine that changed the world*. New York: Harper Perennial.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

Programa de Posgrado en Ciencias de la  
Administración  
Oficio: PPCA/GA/2011

**Asunto:** Envío oficio de nombramiento de jurado de Doctorado.

**Coordinación**

**Dr. Isidro Ávila Martínez**  
**Director General de Administración Escolar**  
**de esta Universidad**  
**Presente**

At'n.: Lic. Balfred Santaella Hinojosa  
Coordinador de la Unidad de Administración del Posgrado


Me permito hacer de su conocimiento, que el alumno **Roberto Romero López**, presentará la tesis dentro del Plan de Doctorado en Ciencias de la Administración toda vez que ha concluido el Plan de Estudios respectivo, por lo que el Subcomité de asuntos académicos y administrativos de Doctorado, tuvo a bien designar el siguiente jurado:

Dr. Carlos Enrique Escobar Toledo	Presidente
Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez	Vocal
Dr. Alfonso Carlos Merino González	Secretario
Dr. Raúl Valdivieso Martínez	Suplente
Dr. Salvador Anacleto Noriega Morales	Suplente

Por su atención le doy las gracias y aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente  
"Por mi raza hablará el espíritu"  
Ciudad Universitaria, D.F., 17 de marzo de 2011.

**El Coordinador del Programa**

  
Dr. Ricardo Alfredo Varela Juárez