



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

**Modelo administrativo para el despliegue efectivo de proyectos
de mantenimiento productivo total en empresas manufactureras
del sector de la industria maquiladora en Ciudad Juárez**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Doctor en Ciencias de la Administración

Presenta:

Jesús Andrés Hernández Gómez

Comité Tutor

Tutor principal:

Dr. Carlos Enrique Escobar Toledo
Facultad de Química

Dr. Juan Manuel Larios Prado
Facultad de Contaduría y Administración

Dr. Salvador Noriega Morales
Facultad de Contaduría y Administración

México, D. F., marzo de 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RESUMEN

El Mantenimiento Productivo Total (MPT) ha sido estudiado en el campo de la investigación de la administración de las operaciones como una herramienta estratégica, táctica y operacional. Considerado como uno de los principales enfoques para mejorar el desempeño operacional junto a otros como la Administración Total de Calidad, el Seis Sigma y la Manufactura Esbelta, las organizaciones manufactureras han intentado adoptarlo para desarrollar y mantener una ventaja competitiva sostenible. Sin embargo, en México la investigación relacionada con los factores que predicen su exitosa implantación es escasa. Así, el objetivo de esta investigación fue desarrollar y proponer un modelo teórico que explica los Factores Críticos de Éxito (FCE) asociados con la implantación del MPT, particularmente en el contexto de la industria maquiladora en Ciudad Juárez. Se inició con una revisión exhaustiva de la literatura sobre el MPT, que derivó en la elaboración y validación de un instrumento para investigar estos factores y fue respondido por una muestra de 360 sujetos con experiencia en el despliegue del MPT. Después, se aplicó un enfoque exploratorio para identificar los FCE y con ellos se propuso un modelo explicativo. Posteriormente, con un Análisis Factorial Confirmatorio se evaluó la validez convergente y discriminante de los constructos y se probó el ajuste global del modelo. Los resultados muestran un modelo de nueve FCE relacionados con la implantación del MPT cuya adopción permitiría a los administradores mejorar la comprensión de las actividades clave requeridas para implantar la estrategia del MPT.

ABSTRACT

Total Productive Maintenance (TPM) has been widely considered as the strategic, tactical and operational tool in the operations management research field. It is one of the most applied and well accepted approaches for improves operational performance besides Total Quality Management, Six Sigma and Lean Manufacturing among approaches. Thus, there has been a great enthusiasm among manufacturing industries in adopting and implementing this strategy in order to development and maintain their sustainable competitive advantage. However, in Mexico the research about TPM-deployed-process has been limited. Therefore, the aim of this study is to develop and propose the conceptual model of Critical Success Factors (CSF) related to Total Productive Maintenance implementation particularly in context with the maquiladora industry in Ciudad Juarez. For this reason, a comprehensive review of literature on Total Productive Maintenance was carried out. From this review, a questionnaire was generated and validated. Also, it was responded by 360 people who had experience in the deployment of Total Productive Maintenance's projects in their companies. An exploratory approach was applied to identify CSF related whit the implementation of the TPM, and with it a proposed theoretical model was generated. Finally, a confirmatory factor analysis was utilized to assess the construct validity of the theoretical model and test model's fit. The results of this study show there are nine CFS associated with the implementation of Total Productive Maintenance. The adoption such theoretical model would help managers in better understanding of the key-activities while they are implementing the strategy of Total Productive Maintenance.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a Dios por las bendiciones de quien he sido objeto. Después, a mi Madre, que me enseñó a valorar el estudio como una forma de vida y superación constante y quien desde el cielo estará orgullosa de este logro profesional. A mis hijos Blanca, Andrés y Ana Patricia quienes desde que nacieron me motivan a desarrollarme constante, espero inspirarlos para el logro de sus metas personales y profesionales. Mi gratitud para mi esposa María Luisa, quien estuvo a mi lado en los momentos mas oscuros en esta travesía, con tus cuidados y paciencia fuiste esencial para culminar este proyecto. A mis hermanas que han enriquecido mi voluntad con su admiración.

A mi comité de asesores: Dr. Carlos Escobar, Dr. Salvador Noriega y Dr. Juan Manuel Larios de quienes recibí en todo momento conocimientos, orientación, paciencia y motivación que fueron fundamentales para mi formación como investigador. Ustedes inculcaron en mí, un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no habría logrado esta meta, reciban mi admiración y lealtad por siempre. Mención especial merecen el Dr. Alfonso Merino y el Dr. Raul Valdivieso por su amplia contribución en la revisión final y evaluación de este trabajo de investigación.

A mis estimados amigos universitarios: la Dra. Patricia Jiménez, el Dr. Roberto Romero, el Dr. Erwin Martínez, la Dra Aurora Maynez, el Mtro. Ulises Mendoza, el Mtro. Luis Vidal y el Mtro. Luis Guillén quienes me alentaron en todo momento a culminar esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
Lista de figuras	viii
Lista de tablas	ix
 Capítulo 1. Introducción	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Objetivos	8
1.3.1 Objetivo general	8
1.3.2 Objetivos particulares	8
1.4 Hipótesis y Preguntas de investigación	8
1.4.1 Hipótesis general	8
1.4.2 Hipótesis particulares	9
1.4.3 Preguntas de investigación	9
1.5 Justificación	9
1.6 Delimitación	10
 Capítulo 2. Marco Teórico	
2.1 Estrategia	11
2.2 Administración Estratégica	13
2.2.1 Estrategia Competitiva	15
2.2.2 Análisis Estructural del Sector Industrial	17

2.2.3 Principios del Análisis Competitivo	23
2.2.3.1 Principio de la Ventaja Competitiva	23
2.2.3.2 Principio de la Cadena de Valor	25
2.2.2.3 Principio del Sistema de Valor	27
2.2.2.4 Principio del ámbito Competitivo	27
2.2.4 Despliegue de la Estrategia	28
2.2.5 Factores Críticos del Éxito	29
2.2.5.1 Definición y Objetivo de los Factores Críticos del Éxito	29
2.2.5.2 Descripción del método de los FCE	30
2.2.5.3 Evolución de los FCE	32
2.2.5.4 FCE predominantes encontrados en la literatura de PMAM	32
2.3 Teoría de la Estrategia de la Manufactura	33
2.3.1 Contenido Teórico de la EM	34
2.3.2 Modelos Teóricos de la EM	35
2.3.3. Relación entre la EM, la EI&DT y el MPT	42
2.3.4 Relación entre la ME y el MPT	43
2.4 Teoría del Mantenimiento Productivo Total	46
2.4.1 Relación del Mantenimiento con la Competitividad	46
2.4.2 Evolución de la administración del mantenimiento	48
2.4.3 Definición y elementos del MPT	50
2.4.4 Relación del MPT con otras iniciativas de mejora	53
2.4.5 FCE del MPT	54

Capítulo 3. Metodología

3.1 Características de la Investigación	57
3.1.1 Tipo de estudio y diseño de investigación	57
3.1.2 Sujetos de investigación	58
3.2 Materiales	58
3.3 Método	59
3.3.1 Identificación de FCE de la revisión de la literatura	61
3.3.2 Operalización de constructos y variables	61
3.3.3 Diseño y validación del cuestionario	62
3.3.4. Aplicación del cuestionario a los participantes	63
3.3.5. Captura de la información	64
3.3.6. Análisis factorial de los datos	64
3.3.7. Identificación de los Factores Significativos (FCE)	64
3.3.8. Especificación del modelo	65
3.3.9. Evaluación de la validez del modelo de medición	65
3.3.10. Especificación del modelo estructural	67
3.3.11. Evaluación del modelo estructural	67

Capítulo 4. Resultados

4.1 Identificación de FCE de la revisión de literatura	68
4.2 Operacionalización de constructos y variables	71
4.3 Diseño y validación del cuestionario	79
4.4 Aplicación del cuestionario y captura de información	81

4.5 Análisis Factorial de los datos	83
4.5.1 Comprobación de la adecuación de la muestra	83
4.5.2 Extracción de los Factores Significativos (FCE)	84
4.5.3 Análisis descriptivo de la información complementaria	89
4.6 Identificación de Factores Significativos (FCE)	92
4.7 Especificación del modelo de medida	94
4.8 Evaluación de la validez del modelo de medida	96
4.9 Especificación del modelo estructural	101
4.10 Estimación de los parámetros del modelo estructural	104
4.11. Evaluación del ajuste del modelo estructural	107

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones	110
5.2 Recomendaciones	113

Anexos 114

Anexo 1: Técnicas de Análisis Multivariable	115
Anexo 2: Instrumento de Medición	129
Anexo 3: Matriz de varianza explicada	134
Anexo 4: Matriz de componentes	138
Anexo 5: Matriz de comunalidades	141
Anexo 6: Matriz de componentes rotados	142

Referencias 144

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura No. 1 Modelo de Najakima	1
Figura No. 2 Modelo de Steinbacher and Steinbacher	2
Figura No. 3 Círculo de la estrategia competitiva	15
Figura No. 4 Contexto en el cual se formula la estrategia competitiva	16
Figura No. 5 Fuerzas motrices de la competencia en un sector industrial	18
Figura No. 7 La Cadena de Valor: Actividades Primarias y de Apoyo	26
Figura No. 8 Modelo integrador de la competencia de manufactura y el desempeño del negocio	37
Figura No. 9 Modelo de interrelaciones entre la EC, EM y el desempeño del negocio	38
Figura No.10 Diagrama de flujo del método propuesto	60
Figura No.11 Plantilla de captura de datos en SPSS	82
Figura No.12 Modelo de Medida	95
Figura No.13 Modelo estructural propuesto de los FCE del MPT	102
Figura No. 14. Modelo Estructural de los FCE del MPT	109

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No.1 Técnicas para la administración del mantenimiento	49
Tabla No. 2 Metas y prioridades de la manufactura obtenidas a través del MPT	51
Tabla No. 3 Beneficios tangibles e intangibles del MPT	52
Tabla No. 4 FCE relacionados con la planeación estratégica	69
Tabla No. 5 FCE relacionados con aspectos técnicos	70
Tabla No. 6 FCE relacionados con el desarrollo del recurso humano	71
Tabla No. 7 Operacionalización de constructos y variables	72
Tabla No. 8 Operacionalización del constructo: éxito del MPT	79
Tabla No. 9 Estadístico de Fiabilidad	80
Tabla No. 10 Modificación del Alfa de Cronbach	80
Tabla No. 11 Estadístico de Fiabilidad de la muestra de 306 casos	81
Tabla No. 12 Prueba de KMO y de esfericidad de Barlett	83
Tabla No. 13 Solución factorial inicial	84
Tabla No. 14 Matriz de Componentes	85
Tabla No. 15 Matriz de Comunalidades	86
Tabla No. 16 Matriz de Transformación de las Componentes	87
Tabla No. 17 Matriz Rotada	88
Tabla No. 18 Varianza explicada en la matriz rotada	89
Tabla No. 19 Perfil de los Entrevistados	90
Tabla No. 20 Distribución porcentual por sector industrial	91

Tabla No. 21 Constructos que conforman el modelo	92
Tabla No. 22 índices de bondad de ajuste global	97
Tabla No. 23 Validez convergente del modelo	98
Tabla No. 24 Validez discriminante: prueba AVE	99
Tabla No. 25 Validez discriminante: prueba de la diferencia χ^2	99
Tabla No. 26 Validez discriminante: prueba del IC	100
Tabla No. 27 Cálculo de los grados de libertad	104
Tabla No. 28 Estimación de los pesos de la regresión no estandarizados	105
Tabla No. 29 Estimación de las varianzas no estandarizadas	106
Tabla No. 30 índices de bondad de ajuste del modelo propuesto	107
Tabla No. 31. Contrastación de las hipótesis de investigación	108

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se exponen los antecedentes del proyecto, el planteamiento del problema, los objetivos, las hipótesis, la justificación para terminar en la discusión de la delimitación.

1.1. Antecedentes

En el entorno actual de los negocios, las empresas manufactureras enfrentan una intensa competencia por los mercados en los ambientes globalizados y cambiantes (Al-Hassan et al., 2000), en los que la adopción de prácticas de manufactura de clase mundial tales como el Mantenimiento Productivo Total (MPT) puede ser una estrategia eficaz para mejorar el nivel de desempeño de las organizaciones y con ello mejorar su competitividad (Nakajima, 1988; Ahuja et al., 2004; Labib, 1999; Sun et al., 2003; Dossenbach, 2006; Leachman et al., 2005) y cuando se implanta de manera exitosa un programa de MPT, la organización incrementa significativamente la productividad y la calidad reduciendo los costos de operación (Nakajima, 1988).

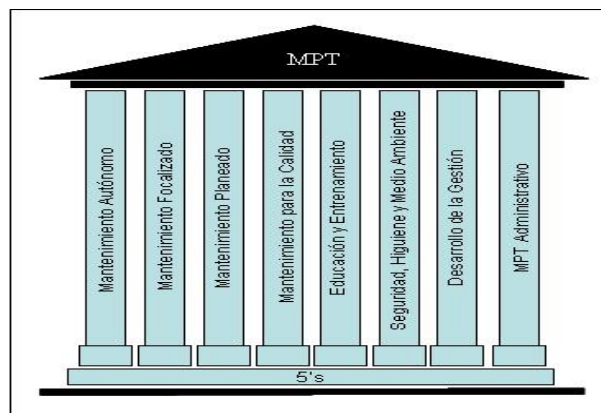


Figura No.1. Modelo de Nakajima. Fuente: Ahuja y Kamba (2008b, p. 721)

Diversos autores ofrecen detalladas guías para la implantación exitosa de MPT. La guía más conocida y que se ofrece en la mayoría de los textos de mejoramiento continuo y

especializados en temas de MPT es el modelo de los ocho pilares del MPT. Este modelo fue desarrollado por el Japan Institute of Plan Maintenance (JIPM) en 1971 y es mejor conocido como el modelo de Najakima y representa el enfoque japonés, el modelo se presenta en la Figura No.1. Por otro lado Steinbacher and Steinbacher (1993) simplifican este modelo a cinco pilares, este se representa en la Figura No. 2.

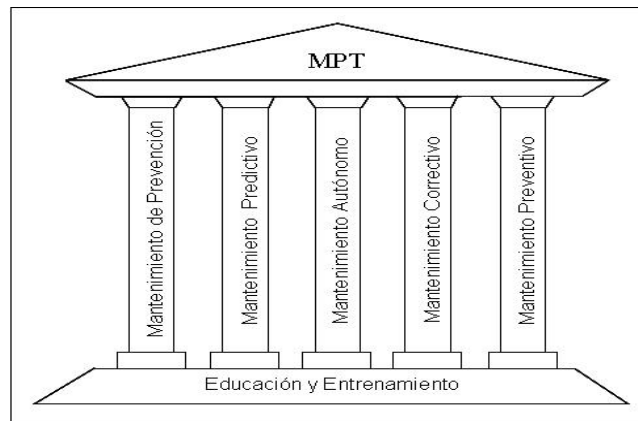


Figura No.2 Modelo de Steinbacher and Steinbacher.

Fuente: Ahuja y Kamba (2008b, p. 730)

Algunos autores como (Najakima,1988; Shirose 1996; Hansen, 2002; Mc Kellen, 2005) refieren que las organizaciones que adoptan el MPT requieren conocer con precisión las grandes pérdidas y los indicadores adecuados para medir estas pérdidas, con ello se puede explicar un exitoso despliegue del MPT.

El métrico más utilizado para medir la productividad de las operaciones de manufactura y por tanto un indicador básico en la evaluación del éxito del despliegue del MPT, es la Efectividad General del Equipo, OEE por sus siglas en inglés (Jeong y Phillips, 2001), sin embargo existen algunas divergencias en la aplicación de estas pérdidas para calcular el OEE. Mc Kellen (2005) propone calcular el OEE tomando en cuenta seis pérdidas debidas a fallas en el equipo, cambio de modelo o ajustes, paros menores,

velocidad del equipo, defectos y a un rendimiento reducido del proceso. Hansen (2002) incorpora otras dos pérdidas, una debida al mantenimiento planeado y la otra, al control de la producción. Por lo que el cálculo del OEE varía al aplicar uno u otro enfoque. Otra divergencia importante que se presenta en la teoría del MPT es la variedad de modelos propuestos para la implantación del MPT en las organizaciones. En los siguientes párrafos se sintetizan las diferencias entre los diversos modelos propuestos por diferentes autores consultados.

Nakajima (1988) propone 12 pasos contenidos en un modelo de cuatro fases, destaca la importancia de la sensibilización del personal antes de adoptar un programa de MPT. Hartmann (1992) propone un modelo de tres fases y da mayor prioridad a la aplicación efectiva del proceso de mejora de los equipos para asegurar altos niveles de desempeño. Por su parte Naguib (1993) propone un modelo de cinco fases en el que destacan aspectos relacionados con factores administrativos tales como programas de recompensa, reestructuración de la organización y desarrollo de una fuerza laboral multihábil y autodirigida. Pirsig (1996) propone cuatro temas generales del MPT que integran siete elementos requeridos en el despliegue del MPT. Por su parte Bamber et al. (1999) ofrecen un modelo de seis pasos que aplica en organizaciones que cuentan con un programa de MPT pero que aún no está consolidado.

Este proyecto de investigación doctoral fue impulsado principalmente por dos amplias razones. La primera es de carácter personal, en mi experiencia como profesor universitario, consultor, investigador y empleado en puestos de ingeniería y mandos administrativos en la industria maquiladora he observado que el despliegue del MPT no siempre logra los objetivos y metas planteadas inicialmente lo que constituye una gran interrogante en relación a las causas que explican este nivel de desempeño.

La segunda obedece a la búsqueda de explicaciones teóricas para una implantación exitosa del MPT. Wireman (2006) citado por Ahuja and Khamba (2008b) señala que desde hace tiempo las organizaciones del todo el mundo han buscado la mejor estrategia para un exitoso despliegue del MPT, este autor menciona que los investigadores y profesionales del MPT reconocen dificultades respecto al desarrollo de una “receta de cocina” para la implantación del MPT debido a factores tales como la alta variación en la habilidades asociadas con la fuerza de trabajo bajo diferentes situaciones, diferencias de edad en los miembros de los equipos, variaciones complejas en los sistemas de producción y en los equipos, grandes diferencias en la cultura, políticas, objetivos y ambientes de las organizaciones que pretenden adoptar el MPT.

Las diferencias descritas que se observan en la teoría del MPT, indican que este cuerpo de conocimientos no está totalmente definido, es evidencia de que esta inacabado, falta poder explicativo; lo que abre la oportunidad para plantear el problema científico que se expone en la siguiente sección.

1.2. Planteamiento del problema

El problema objeto de esta investigación tiene dos aspectos, uno práctico y uno teórico. En el aspecto práctico se observa repetidamente en la experiencia de profesionales y en los reportes técnicos de plantas industriales (Bamber et al., 1999) que los logros, es decir incrementos del nivel de desempeño del equipo no son los esperados. Bakerjan (1994) citado por Bamber et al. (1999) reporta que la implantación del MPT no es una tarea fácil y que el número de empresas que han implantado exitosamente programas de MPT es relativamente pequeño. Existen reportes por parte de profesionales e investigadores de casos de éxito (Horan, 2007; Brown, 2010) pero también existen reportes documentados de falla en la implantación del MPT en diferentes contextos

(Ahuja and Khamba, 2008c). Esta evidencia indica que es necesaria la realización de investigación aplicada, para hacer un diagnóstico con rigor científico y no empírico de esta problemática y explicar sus causas.

En el aspecto teórico, en la literatura se reporta que la adopción del MPT demanda compromiso, estructura y dirección y que los principales problemas para implementar el MPT incluyen la resistencia cultural al cambio (que también depende del enfoque cultural de los distintos pueblos), implantación parcial del MPT, abuso de expectativas demasiado optimistas, falta de una definida estrategia alineada con los objetivos de la implantación, falta de entrenamiento y capacitación, fallas en la comunicación y que frecuentemente la implantación del MPT obedece más a factores o presiones del mercado que a un verdadero espíritu de adoptar una estrategia de clase mundial (Crawford et al., 1988; Becker, 1993; Eti et al., 2006; Ahuja y Khamba, 2008c).

Según Rodrigues y Hatakeyama (2006) el éxito del despliegue del MPT está fuertemente relacionado con la manera en que se administra al personal, es decir las relaciones entre los diferentes actores involucrados en el proceso del MPT. Estos actores son: la alta administración, los administradores de las funciones de producción y de mantenimiento, el personal de mantenimiento y los operadores. Resaltan que la falta de una adecuada comunicación y retroalimentación por parte de los administradores que toman las decisiones provocan la desmoralización del personal encargado de la ejecución de las prácticas del MPT.

En la búsqueda de explicaciones en la literatura sobre estas fallas, se configura el aspecto teórico de este problema. Diversos investigadores (Bamber et al., 1999; Ahmed et al., 2004; Ahuja y Khamba, 2008c; Rolfsen y Langeland, 2012) han intentado explicar

las causas de las fallas y de los efectos no deseados ocurridos durante el despliegue del MPT. Por ejemplo, Ahuja and Khamba (2008c) clasifican los obstáculos en organizacionales, culturales, comportamiento, tecnológicos, operacionales, financieros y barreras departamentales. Un examen cuidadoso de las aportaciones de los investigadores consultados revela que no existe un consenso generalizado que explique las diferencias presentadas en cuanto al tiempo, costo y el nivel de desempeño operacional obtenido o que el beneficio es menor que el planeado.

Por su parte, Mora (2002) reporta que las compañías que intentaron implementar el programa de MPT, menos del 10% tuvo éxito en lograr la implantación planeada y que el proceso de implantación de MPT ha estado plagado de obstáculos y pifias. El otro aspecto que vuelve cuestionable a la literatura radica en las diferencias entre los modelos que intentan identificar los factores clave del éxito para el despliegue de programas de MPT, lo que puede constituir una fuente de confusión, principalmente porque no hay un modelo generalizado para su aplicación.

En las siguientes viñetas se enuncian los factores identificados por diversos autores para explicar el éxito en la implementación del MPT.

- Swanson (1997) recomienda cuatro factores claves del éxito: entrenamiento del trabajador, involucramiento del operador, desarrollo de equipos y mantenimiento preventivo.
- Davis (1997) sigue como factores críticos: un enfoque realista del MPT, desarrollo de un plan práctico de implantación y el empleo de programas y proyectos basados en principios administrativos.

- Fredendall et al., (1997) enfatiza que se debe considerar el rol del liderazgo de la alta administración durante el lanzamiento e implantación del MPT, establecer políticas y metas del MPT, desarrollar un plan maestro y comunicarlo a todo miembro de la organización y la creación de un sistema de entrenamiento e involucramiento del trabajador. Es crucial desarrollar previamente un ambiente laboral favorable, previo a la implantación del MPT.
- Bamber et al., (1999) propone el control de nueve factores clave: la existencia de una organización, medidas de desempeño, alineación a la misión de la compañía, involucramiento del empleado, desarrollo de un plan de implantación, eliminar creencias, y una adecuada asignación de tiempo para la implantación, compromiso de la administración y motivación y administración de la fuerza de trabajo.
- Ferrari et al., (2002) sugiere adoptar prácticas de manufactura esbelta basadas en líneas de producción flexibles, reducción de inventarios e integración de varias funciones de la organización.

Este cuerpo de conocimientos es muy amplio y muestra falta de acuerdo, coincidencia entre los expertos, se observa que algunos de ellos destacan factores administrativos, mientras que otros se inclinan por aspectos técnicos, otros proponen la integración del MPT con otras metodologías o estrategias de clase mundial y en algunos casos advierten la necesidad de desarrollar aspectos tecnológicos y científicos como soporte en el despliegue del MPT.

Todo ello viene a constituir una gran oportunidad para realizar este proyecto de investigación y así contribuir con el enriquecimiento de la teoría que explique el éxito en el despliegue de programas de MPT.

1.3. Objetivos

En esta sección se exponen los propósitos de este proyecto, presentando en el primer apartado el objetivo general y en el siguiente, los objetivos particulares.

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo estructural que explique el despliegue eficiente de programas de Mantenimiento Productivo Total en la industria manufacturera de Ciudad Juárez.

1.3.2. Objetivos particulares

- Identificar los FCE en la implantación de programas de MPT en la literatura.
- Identificar los FCE que favorecen la implantación exitosa del MPT en la muestra de la industria maquiladora en Ciudad Juárez.
- Construir un modelo estructural de los FCE relacionados con la implantación del MPT con los resultados obtenidos en la investigación empírica y en el Estado del Arte.

1.4. Hipótesis

En esta sección se expone y se comenta sobre los supuestos a comprobar. Específicamente si la propuesta generada en esta investigación explica el problema planteado.

1.4.1. Hipótesis General

El modelo estructural propuesto es más efectivo que la práctica industrial, para explicar el despliegue exitoso de programas de Mantenimiento Productivo Total.

1.4.2. Hipótesis Particulares

H1: Los factores técnicos identificados, son predictores de la implantación exitosa de programas de MPT en la industria maquiladora de Ciudad Juárez.

H2: Los factores administrativos identificados, son predictores de la implantación exitosa de programas de MPT en la industria maquiladora de Ciudad Juárez.

H3: Los factores de integración identificados, son predictores de la implantación exitosa de programas de MPT en la industria maquiladora de Ciudad Juárez.

H4: Los factores críticos con una contribución relativamente alta, constituyen los elementos que integran el modelo estructural que explica la implantación de programas de MPT.

1.4.3. Preguntas de Investigación

Una vez revisadas las contribuciones de los autores que intentan identificar los obstáculos ó los factores críticos de éxito que explican el despliegue eficiente del MPT en las empresas manufactureras, surgen las siguientes preguntas de investigación:

- *¿Cuáles son los factores claves del éxito relacionados con el despliegue de programas de MPT en la industria maquiladora de Ciudad Juárez?*
- *¿Cuáles de los factores identificados contribuyen en mayor medida para explicar el despliegue eficiente del MPT en la industria maquiladora de Ciudad Juárez?*
- *¿Cuáles de los factores claves del éxito identificados en la muestra, coinciden con la literatura?*
- *¿Cuáles son los elementos que conforman el modelo estructural que explican el despliegue exitoso de programas de MPT?*

1.5. Justificación

Los beneficios asociados a este proyecto de investigación tienen impacto en dos áreas. En primer término en la teoría del MPT ya que con este proyecto de investigación se

pretende contribuir al desarrollo de la teoría determinando los factores críticos para el éxito en el despliegue de programas de MPT así como la contribución relativa que guardan estos factores durante la implantación del MPT, específicamente se espera disminuir la discordancia y a la vez aumentar la concordancia de la teoría. Por otro lado el desarrollo de un modelo de aplicación generalizada permitirá que los practicantes y administradores a cargo del MPT dispongan de una herramienta teórica válida para asegurar un exitoso despliegue del MPT en sus organizaciones.

Finalmente se considera relevante este proyecto en virtud de que diversos autores consultados sugieren reiteradamente la necesidad de realizar investigación empírica en diferentes entornos, tipos de organizaciones y diferentes culturas y países con el fin de generalizar los resultados y disminuir la discordancia.(Ferrari et al., 2002; Ahuja and Kamba, 2008c; Rositas, 2009).

1.6. Delimitación

Los resultados que se obtendrán constituyen evidencia empírica que explica el despliegue efectivo de programas de MPT en el giro industrial seleccionado y solamente aplican para ese giro industrial, no obstante esta evidencia enriquecerá el poder explicativo de la teoría realacionada con los factores críticos de éxito para la implantación del MPT y se tendrá una teoría de aplicación más generalizada.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se discute la teoría de la ciencia administrativa en la que se inscribe el problema objeto de estudio en este proyecto de investigación, los principales tópicos que son estudiados son en primer término, la estrategia cuya teoría explica como crear y quedar con ventaja en situaciones de competencia. En segundo término, la administración estratégica cuya teoría explica la mejor forma de aplicar los recursos, posteriormente se aborda la teoría de la estrategia de manufactura desde una perspectiva en la que se plantean por un lado su relación con la estrategia competitiva y por otro se expone el modo en que las divergencias teóricas influyen en la efectividad de los sistemas productivos. Finalmente, se presenta la teoría en el estado del arte que pretende explicar los factores críticos del éxito en la implantación estratégica del Mantenimiento Productivo Total.

2.1. Estrategia

En general, se puede considerar como una teoría fundamental para determinar la actividad a realizar con el propósito de crear las capacidades necesarias para enfrentar a la competencia y quedar en una situación final de ventaja que no se poseía previamente. En esta sección se exponen algunas contribuciones de los pioneros de la estrategia. Según David (2003) el concepto de estrategia tiene sus orígenes en la ciencia militar, la actividad militar ha estado presente desde el inicio de la civilizaciones y es del dominio público que los grandes imperios tales como el egipcio, persa, griego, romano y el maya, entre otros, no fueron ajenos a la guerra y contribuyeron al desarrollo de esta teoría, para entender como competir contra sus vecinos por los recursos naturales y lograr el éxito económico.

Entre otros pioneros, Sun Tzu, en McNeilly (2001), afirma que la guerra es necesaria para la sobrevivencia del estado. Tzu identifica en su obra, factores críticos que los dirigentes deben considerar para que la estrategia lleve a la victoria. Resalta la importancia de actuar con ventaja sobre el enemigo valiéndose de un conjunto estructurado de actividades que se caracterizan por una cuidadosa planeación, las que surgen de la identificación de las fortalezas y debilidades existentes entre los adversarios y de la evaluación anticipada de las consecuencias derivadas de las decisiones adoptadas.

También comenta que una victoria no ocurre por casualidad, sino que se debe a haberse situado en posición de ganar, imponiéndose sobre los que ya han perdido de antemano, es decir establece una clara diferencia entre quienes tienen una estrategia concebida y quienes no tienen planes premeditados. Además, una de sus principales premisas es que la mejor estrategia para ganar una guerra es poseer fortalezas que el enemigo no pueda atacar y estar atento al peligro y al caos en tiempos prósperos.

Por su parte, Wilson (2002) afirma que Musashi contribuyó con un legado de estrategias de combate para obtener en todo momento una posición de ventaja sobre el rival y lograr la victoria. De su obra se desprende que el éxito –entendido como la derrota del oponente- sobre los competidores depende del dominio de las tácticas y técnicas aplicables para obtener ventaja sobre el rival. El dominio al que hace alusión es un concepto profundo ya que implica discernir cuando aplicar determinada táctica o técnica y comprender las fortalezas y debilidades que se poseen, así como las del oponente. Musashi no solo destaca la importancia de saber atacar al rival sino también la de anticipar el ataque del oponente, logrando de esta manera neutralizarlo y mantener la ventaja sobre él, con ello es posible lograr la victoria.

Mientras que Clausewitz (1989) define la estrategia como una combinación de compromisos individuales para alcanzar el objetivo de una campaña durante una guerra y afirma que la estrategia en tiempos de guerra persigue tres principales objetivos: conquistar y destruir la fuerza del ejército del enemigo, tomar el control de los recursos que le proporcionen fuerza al enemigo y ganar la opinión pública. En su obra se destacan importantes factores de la victoria: actuar con la mayor energía, concentrar el ataque sobre el mando del enemigo, ser más veloz que el enemigo aprovechando el factor sorpresa y darle seguimiento al éxito para mantener sometido al enemigo. Estos fueron los conceptos propios en los que se basa la teoría de la estrategia empresarial.

En la teoría moderna Porter (1996), afirma que la posición estratégica significa realizar actividades diferentes que los rivales o bien realizar actividades similares que los rivales pero en formas diferentes y afirma que la esencia de la formulación de una estrategia radica en la forma de enfrentar a la competencia. Se puede concluir que la competencia estratégica en el mundo empresarial es un proceso cuyo propósito es ganar mercados o bien aumentar la posición en aquellos en los que se compete, a través de una combinación de actividades que permitan obtener una ventaja sobre las organizaciones rivales. En la teoría de la ciencia administrativa estas ideas impulsaron el desarrollo de modelos administrativos para desplegar estrategias, siendo el más general el de la Administración Estratégica.

2.2. Administración Estratégica

En esta sección se comenta sobre el modelo de la administración estratégica; los elementos de la estrategia competitiva (EC), se expone con detalle cada uno de ellos y finalmente se discute sobre aspectos críticos relacionados con el despliegue de la estrategia, como marco para ubicar la teoría del Mantenimiento Preventivo Total. Las

empresas de manufactura estan inmersas en todo momento en un ambiente de intensa competencia en el que para afrontar los desafíos del mercado es indispensable contar con un plan estratégico de largo plazo, denominado estrategia de negocio.

Así, Miltenburg (2005) define a la estrategia de negocio como un plan administrativo empleado para mejorar la posición en el mercado, atraer y satisfacer a los clientes, conducir las operaciones y finalmente competir exitosamente y con ello lograr los objetivos organizacionales, este plan se compone con la suma de las estrategias individuales de las funciones de manufactura, mercadotecnia, finanzas, investigación y desarrollo entre otras. Si estas estrategias se integran adecuadamente entonces se obtiene una ventaja competitiva. Es desde ésta etapa del modelo de Administración Estratégica que se discuten aspectos operacionales y se vislumbra la importancia estratégica de la efectividad operacional, muy ligada a la función del mantenimiento.

En los ambientes de negocio del presente, caracterizados por alta turbulencia, incertidumbre e intensa competencia, de la estrategia general del negocio se despliegan otras, más orientadas a la creación de ventaja competitiva. Miltenburg (2005) afirma que de la estrategia de negocio, se deriva la Estrategia Competitiva (EC), es decir mientras que la estrategia de negocio se enfoca a todos los aspectos estratégicos de la organización, la estrategia competitiva se dirige al logro de una ventaja competitiva respecto a sus competidores. En el mismo sentido Gunther (1998) afirma que la ventaja competitiva se obtiene ya sea creando productos o servicios únicos y por la creación de operaciones eficientes a través una combinación de recursos que son difíciles de imitar. Nuevamente se puede deducir que la creación de operaciones eficientes está estrechamente relacionada con la función del mantenimiento y ésta, cuando es eficiente, es un recurso difícil de imitar porque se desarrolla internamente y con la

experiencia; no es una tecnología genérica. Estas combinaciones son llamadas competencias, donde la competencia es el método para hacer algo. El análisis de las competencias se aborda desde el estudio de la misma estrategia competitiva, el análisis estructural del sector industrial y los principios del análisis competitivo. En las siguientes secciones se discuten cada uno de estos elementos.

2.2.1. Estrategia Competitiva

En lo que corresponde al modelo de EC, Porter (1998) menciona que la estrategia competitiva es la búsqueda de una posición competitiva favorable en un sector industrial, así como plantear sus objetivos y definir las políticas necesarias para alcanzarlos.

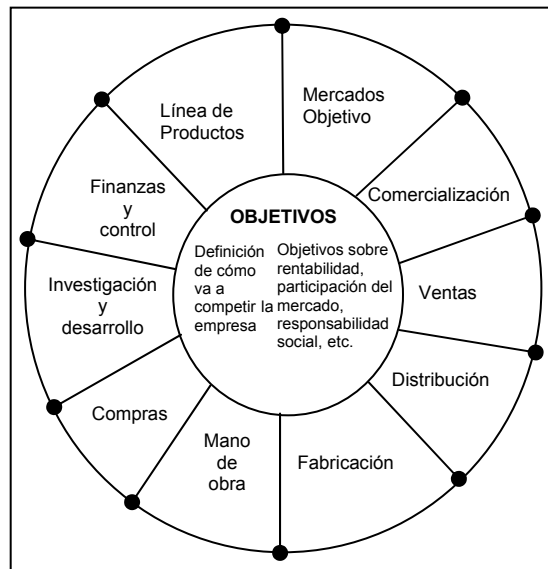


Figura No. 3. Círculo de la estrategia competitiva.
Fuente: Porter (1998, p. 16)

La Figura No. 3 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 representa la estrategia

competitiva. La efectividad en los resultados alcanzados en las políticas adoptadas de fabricación, línea de productos y administración de la mano de obra están íntimamente ligadas con el Mantenimiento Productivo Total como lo plantea Rodrigues y Hatakeyama (2006).

Por otra parte, Porter (1998) muestra que en el nivel más amplio de la estrategia competitiva se involucran cuatro factores clave: fortalezas 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 No. 4.

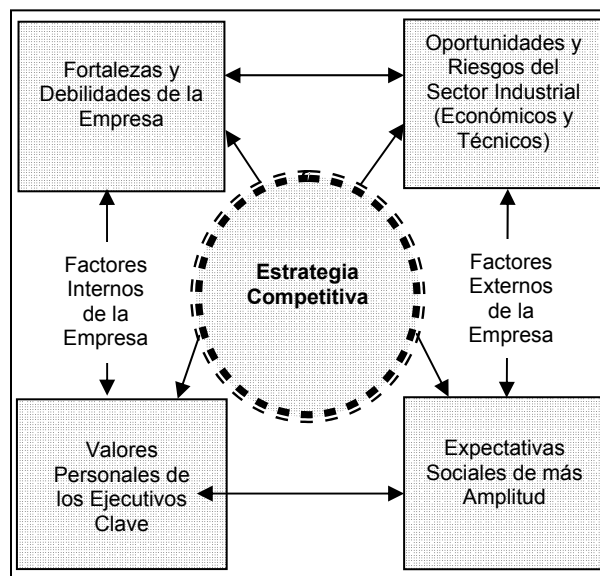


Figura No. 4. Contexto en el cual se formula la estrategia competitiva.
Fuente: Porter (1998, p. 17)

En este orden de ideas, Porter explica que los puntos fuertes y débiles de una empresa los conforman su perfil de activos y habilidades con relación a sus competidores, incluyendo recursos financieros, posición tecnológica, identificación de marcas, eficiencia operacional (objetivo del MPT), entre otros y que al combinarse con la filosofía

organizacional determinan los límites internos de la EC que una empresa puede adoptar con éxito.

En lo que se refiere a los límites externos, están determinados por su sector industrial y el entorno. Las oportunidades y amenazas del sector industrial definen el ambiente competitivo, con sus riesgos relacionados 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. En las secciones subsecuentes se presenta una breve descripción de los elementos de la estrategia competitiva y se resalta su importancia.

2.2.2. Análisis Estructural del Sector Industrial

El Análisis Estructural del Sector Industrial (AESI), consiste en determinar la posición de ventaja que se tiene en el sector industrial donde se compete. Porter (1998) menciona que la esencia de una EC consiste en relacionar a la empresa con su entorno para determinar al sector o sectores industriales que son sus competidores. Además, la estructura de un sector industrial tiene una fuerte influencia al determinar las reglas del juego competitivas así como las posibilidades estratégicas potencialmente disponibles. La intensidad de la competencia tiene sus raíces en su estructura económica y va más allá del comportamiento de los competidores actuales. La Figura No. 5 muestra las cinco fuerzas motrices básicas de las que depende la situación de competencia en un sector industrial.

El poder colectivo de 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 poder de las cinco fuerzas varía de industria a industria, y puede cambiar con la evolución del sector industrial.

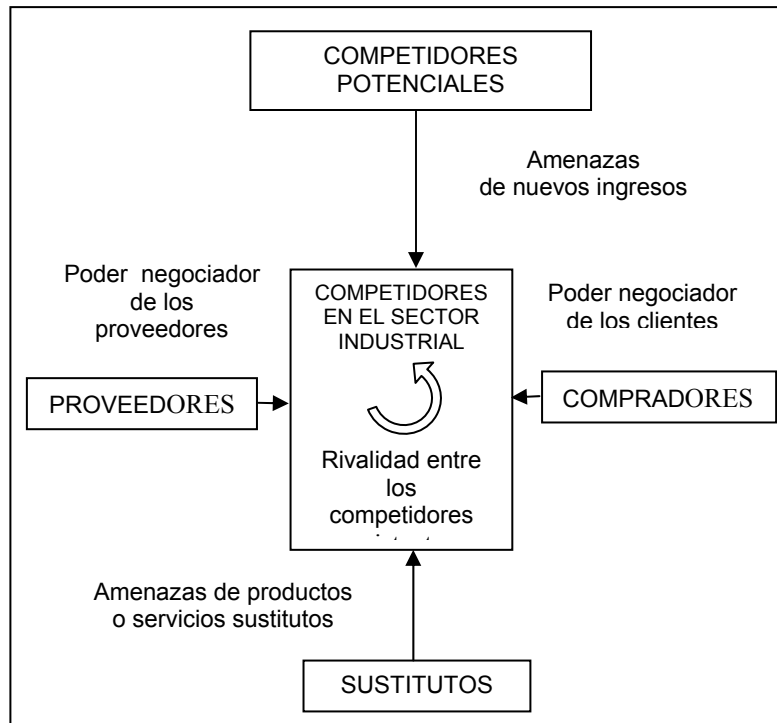


Figura No. 5. Fuerzas motrices de la competencia en un sector industrial.
Fuente: Porter (1998, p. 24)

Muchos sectores industriales se diferencian desde el punto de vista de utilidad inherente. En aquellos en los que las cinco fuerzas son favorables, muchos competidores ganan márgenes atractivos. Pero en los que la presión de una o más fuerzas es intensa, pocas empresas logran márgenes atractivos. La utilidad en un sector industrial no es una función de cómo se ve el producto o si representa una tecnología de alto nivel, sino de la estructura del sector industrial. Por esta razón un cuidadoso análisis de la influencia de estos actores en el desempeño de la empresa es indispensable para desarrollar la EC más adecuada.

La efectividad en la operación –incluyendo la de la manufactura- enfrenta a los competidores en los términos que marca el líder sector, así, la intención de la estrategia competitiva es crear y desarrollar las capacidades necesarias para competir exitosamente y como la tecnología es la principal fuente de ventaja competitiva, el mantenimiento adquiere una importancia crucial por la conexión entre la estrategia y lo operativo, aunque no se observa una relación directa y formal. Desde esta perspectiva, el tiempo muerto debido a una ineficiente administración del mantenimiento reduce el nivel de desempeño operacional, constituyendo una debilidad a la vez que compromete la posición competitiva de la empresa para afrontar las amenazas.

Las cinco fuerzas motrices reflejan el hecho de que la competencia en cualquier sector industrial va más allá de los competidores directos, es decir, los clientes, proveedores sustitutos y competidores potenciales, también se consideran “competidores” y pueden ser de mayor o menor importancia, dependiendo de las circunstancias particulares. En este sentido, Porter (1998) afirma que 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. Éstas cinco fuerzas se describen brevemente a continuación.

- **Amenaza de ingreso.** La entrada 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; obliga a que las empresas existentes disminuyan sus precios y por lo tanto reduzcan su rentabilidad. La intensidad de esta amenaza depende de las barreras de entrada existentes en el sector. La barreras de entrada son el conjunto de factores que hacen que las

empresas instaladas en el sector tengan ventajas sobre las que intentan entrar al sector. Así, un sistema efectivo de mantenimiento puede constituir una excelente barrera para la entrada, debido a que las empresas de nuevo ingreso al sector industrial generalmente adquieren la tecnología genérica disponible -como son los equipos para la producción- con paquetes incompletos ya que el mantenimiento sólo contempla la conservación de las condiciones de operación, más no su administración eficiente, por lo que las empresas más sensibles a la competitividad y comprometidas con el mejoramiento operacional tienen que crear y desarrollar capacidades tecnológicas que finalmente constituyen barreras para la entrada de seguidores, como es el caso de un sistema de Mantenimiento Productivo Total.

Existen seis factores principales que actúan como barreras para el ingreso: las economías de escala, la diferenciación de productos, las ventajas en producción y distribución, los requisitos de capital y los costos cambiantes. En las siguientes viñetas se exponen brevemente aquellas que tienen relación con el despliegue de un sistema de Mantenimiento Productivo Total.

- **Economías de escala:** Se refieren a la reducción en el costo por unidad producida en un periodo y frenan el ingreso porque obligan al potencial ingresante a producir en gran escala o bien a producir en pequeña escala y aceptar una desventaja en costos. La función del mantenimiento es muy importante para la escala, porque la producción de altos volúmenes implica que los equipos son muy utilizados y es necesario que se desarrolle una cadena de operación, lo que también constituye una barrera, porque esto se desarrolla con la experiencia.

- **Diferenciación de productos:** Se refiere al nivel de lealtad que los compradores muestran por algunos productos de las empresas existentes, motivados por la diferencia de ciertos factores como son calidad, precio, componentes, servicio postventa, entre otros. La diferenciación impone que el ingresante invierta demasiado en superar la lealtad existente. El mantenimiento también es importante cuando se posee un sistema de producción enfocado a la diferenciación, en los cambios frecuentes de modelo es necesario que la primera pieza cumpla las especificaciones, en este sentido el mantenimiento eficaz del equipo contribuye con este objetivo.
- **Requisitos de capital:** La necesidad de invertir grandes sumas de capital en activos es otra barrera para entrar en el nuevo sector. También si se requiere el capital para publicidad riesgosa o para actividades de investigación y desarrollo. Cuando el equipo y la infraestructura para la producción constituyen una inversión ineludible y cuantiosa, asegurar su uso eficiente con un sistema de administración del mantenimiento como el del MPT, mejora la relación costo-beneficio e impone un costo adicional a los potenciales ingresantes que no tengan un nivel competitivo de desempeño operacional.

Aunque la tecnología genérica esté disponible, las tecnologías para la producción son difíciles de imitar porque no son genéricas, se desarrollan al interior de las empresas y finalmente constituyen barreras para la entrada. La mayor parte de las veces el paquete tecnológico contiene prácticas de mantenimiento mínimas, por lo que las empresas líderes desarrollan prácticas efectivas de mantenimiento, como el MPT.

- **Intensidad de la rivalidad entre los competidores existentes.** Esta fuerza motriz 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. Generalmente la intensidad de la rivalidad entre los competidores es influenciada por factores observables, como la mezcla, portafolio de productos, grado de concentración, sin considerar que mejores características del producto y de productividad pueden modificarse a través de mejores prácticas industriales, como lo es un sistema efectivo de mantenimiento. Por ello, se esperaría que un sistema de MPT represente un factor de la intensidad de la rivalidad.

- **Presión de productos sustitutos.** Cualquier empresa dentro de un sector industrial compite, en un sentido general, con empresas que producen artículos sustitutos, es decir, aquellos productos, basados en otra tecnología que desempeñan la misma función. Como los productos sustitutos que merecen la mayor atención son aquellos que están sujetos a tendencias que mejoran su desempeño y precio, se puede esperar que un programa efectivo de MPT incrementa la presión porque la mejor forma de competir contra este tipo de productos es la estrategia de diferenciación ya que cuando se posee un sistema de producción enfocado a la diferenciación es posible obtener los resultados en desempeño y precio. El mantenimiento también es importante en los cambios frecuentes de modelo donde es necesario que la primera pieza cumpla las especificaciones, en este sentido, el MPT contribuye con éste propósito.

- **Poder negociador de los compradores.** El poder de negociación del cliente se puede ver disminuido cuando el proveedor hace fuertes esfuerzos de mejoramiento que le permitan elevar el nivel de servicio. Como el MPT puede llevar a aumentos considerables de productividad, entonces a mejor relación calidad y precio habrá más clientes potenciales derivado del mejoramiento continuo.

- **Poder de negociación de los proveedores.** Como se puede esperar, un incremento en ventas implica que el nivel de las compras de insumos también se incremente, lo que podría ocasionar que el poder negociador del proveedor se reduzca, inclusive en ambientes industriales de clase mundial, el poder negociador se transforma, la rivalidad de la relación comercial entre comprador y vendedor basada en precio cambia a una de sociedad, construyendo una relación de largo plazo, en este sentido el MPT contribuye a fortalecer esta sociedad, ya que los aumentos en productividad, costo y mejor precio ofrecidos por el proveedor, le garantiza una relación cooperativa con su cliente.

2.2.3. Principios del Análisis Competitivo

En esta sección se exponen los principios básicos del análisis competitivo, cada uno de ellos constituyen componentes fundamentales en el diseño de la estrategia competitiva; primero se presenta el principio de la Ventaja Competitiva, seguido del principio de la Cadena de Valor, posteriormente el principio del Sistema de Valor y finalmente el principio del Ámbito Competitivo.

2.2.3.1. Principio de la Ventaja Competitiva

Dess y Miller (1993) afirman que la ventaja competitiva depende de la capacidad de la organización para crear continuamente valor al cliente. Mientras que para Miltenburg (2005) la ventaja competitiva está en función de la eficiencia de la organización de la compañía y del desempeño eficaz de sus operaciones. El principio de ventaja competitiva incluye seleccionar el tipo de ventaja que se quiere lograr, liderazgo en costo, diferenciación o liderazgo en la entrega. Desde este punto de vista, el MPT es un sistema holístico que se enfoca a incrementar continuamente el nivel de desempeño operacional.

Es pertinente destacar que el principio de ventaja competitiva se relaciona con las estrategias competitivas que Miltenburg (2005) clasifica en cinco categorías genéricas: liderazgo en costo, diferenciación, mejor valor, centrado en costo y centrado en diferenciación. Mientras que para Dess y Miller (1993), las dimensiones de la ventaja competitiva son el liderazgo en costo, diferenciación y liderazgo en el tiempo de respuesta así que para que la empresa tenga éxito, se deben crear o mantener una o más ventajas competitivas sobre sus competidores.

Según Porter (1998) el liderazgo en costo consiste en colocar en el mercado el producto al menor costo. Para ello el desempeño se deberá realizar a un costo más bajo que sus competidores, ya sea aplicando métodos que son difíciles de imitar -como el MPT- por la competencia o bien porque el costo total de las actividades, en el sistema de valor de la industria, es menor que el costo total de las actividades de los competidores. El costo mas bajo implica que el costo del desperdicio en la producción y el tiempo muerto son bajos o incluso no existen- un sistema exitoso de MPT reduce dramáticamente los desperdicios y el tiempo muerto-, por ello, poseer un equipo de manufactura confiable contribuye en el desempeño y la rentabilidad (Kutucuoglu et al., 2001).

Para Dess y Miller (1993) la ventaja competitiva en costo surge cuando una unidad del negocio opera con procesos de manufactura más eficientes, para lo que el MPT es un importante factor; mano de obra barata, materiales de bajo costo y un mejor nivel de costo beneficio de los sistemas de distribución. Este valor al cliente se crea por el desempeño superior que se logra tanto en una función del negocio como a través de varias áreas funcionales que lo componen. En este sentido Ahuja y Kamba (2008a) señalan que el MPT tiene un impacto significativo en el desarrollo de competencias estratégicas de manufactura. Una vez más, es importante destacar el impacto del MPT

en la reducción de costos de producción y en la calidad del proceso y que adecuadamente desplegado, contribuye a la creación de competencias inimitables que contribuyen al logro de una ventaja competitiva.

De acuerdo a Porter (1998) la estrategia de enfoque o alta segmentación consiste en enfocarse sobre un grupo de compradores en particular, en un segmento de la línea del producto, o en un mercado geográfico. 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 y consiste en ofrecer un mejor precio en productos promedio o bien ofrecer un mejor producto a un precio promedio. Para desplegar esta estrategia se deben tener los recursos y capacidades necesarias para producir productos promedio a un costo más bajo que la competencia. En este contexto el MPT da soporte a una estrategia de diferenciación, a una de enfoque e inclusive, a la de imitador rápido.

2.2.3.2. Principio de la Cadena de Valor

Para Dess y Miller (1993) el principio de la cadena de valor consiste en un sistema de actividades de las funciones primarias que componen el negocio y los enlaces respectivos entre ellas que permiten contribuir directamente en la creación de valor al cliente. Para Miltenburg (2005) una organización con desempeño superior en su cadena de valor produce una ventaja competitiva. La cadena de valor asume que cada función de un negocio es capaz de producir valor al cliente, para ello cada función debe tratar de distinguirse como la mejor en su clase. El análisis de la cadena de valor representa un marco útil para evaluar sistemáticamente las fortalezas y debilidades de la organización. Para efectuar un análisis de la cadena de valor, los administradores

deben identificar el conjunto de actividades que agregan valor, las cuales se clasifican en actividades primarias y actividades de apoyo.

La Figura No. 7 muestra la clasificación de las actividades primarias y de apoyo que forman la cadena de valor de una empresa. Las actividades primarias son aquellas que contribuyen a la transformación del producto, a la venta y transferencia del producto, al comprador y el servicio post-venta; las actividades de apoyo ayudan al logro de las primeras.

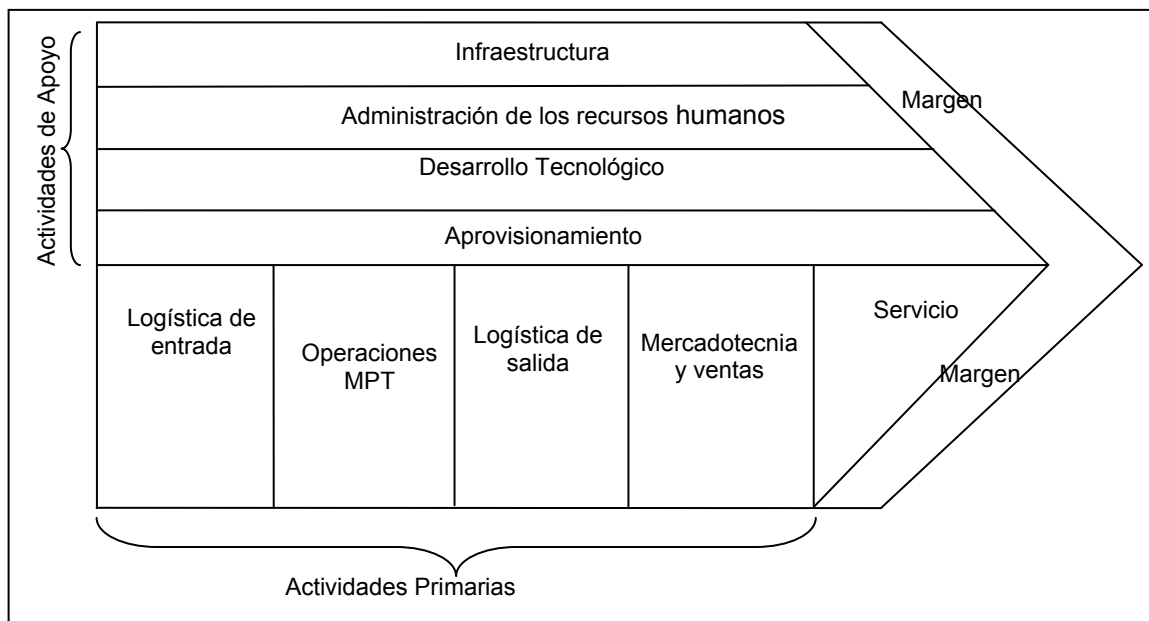


Figura No. 7. La Cadena de Valor: Actividades Primarias y de Apoyo.

Fuente: Dess y Miller (1993) pp 75.

Para el caso específico de las operaciones, el análisis de la cadena de valor consiste en evaluar el desempeño de la organización, específicamente, de la productividad del equipo comparado contra el que tienen otros competidores claves, Muchiri (2010) menciona que un valor del 85% para la Efectividad General del Equipo es un estándar en el sector industrial de la manufactura y es a través del MPT que se alcanza este nivel de desempeño y que según Al-Hassan et al. (2000) representa un indicador de un

sistema de producción efectivo ya que al reducir o eliminar sistemáticamente los desperdicios inherentes al equipo de producción, es posible que la organización produzca bienes con alta calidad, con mayor eficiencia y responda más rápido a las condiciones del mercado, traduciendo estos logros a una ventaja competitiva, Najakima (1988). Adicionalmente, hay que considerar que según Porter (2004) el cambio tecnológico es uno de los principales factores de la competencia ya que deteriora la ventaja competitiva en empresas consolidadas y empuja a la vanguardia a otras, dicho cambio implica en los sistemas de producción la incorporación de equipos más complejos por lo que una administración efectiva del mantenimiento juega un papel crucial para aprovecharlo.

2.2.3.3. Principio del Sistema de Valor

Miltenburg (2005) señala que la cadena de valor de la compañía es parte del principio denominado “sistema de valor”, que se compone por la integración de las cadenas de valor de los proveedores, distribuidores, clientes y de la propia cadena de valor de la compañía. El logro de una ventaja competitiva depende de la administración efectiva de las actividades de enlace con todo el sistema de valor. Sistemas holísticos como el MPT, favorecen un ambiente propicio para la integración de las cadenas de valor.

2.2.3.4. Principio del Ámbito Competitivo

Bajo el principio del ámbito competitivo se integran la amplitud y profundidad de la línea de productos, los canales de distribución física, las áreas geográficas donde se compete y los mercados objetivo en los que se coloca el producto, Miltenburg (2005). De estos elementos se desprenden ocho dimensiones de expectativas que direccionan la estrategia adoptada e incluyen el principio del ámbito competitivo. En particular, las

dimensiones referentes a la productividad, el desempeño de la gestión administrativa y el desempeño y actitudes de la fuerza laboral son aspectos fundamentales que se desarrollan efectivamente al adoptar estrategias de manufactura de clase mundial, entre las cuales se encuentra el MPT.

2.2.4. Despliegue de la Estrategia

Dess y Miller (1993) definen la fase del despliegue de la estrategia como el proceso que transforma las estrategias planeadas en estrategias realizadas. Un factor importante del éxito para el despliegue de una estrategia es el capital humano, integrarlo efectivamente en el proceso de despliegue es vital. Por otro lado, hacen énfasis en un concepto que denominan racionalidad organizacional y su comprensión es importante durante el despliegue de la estrategia.

Al respecto, mencionan que los empleados tienden a actuar racionalmente, su conducta se guía por interés personal, sin embargo la suma de los comportamientos individuales no necesariamente garantizan la racionalidad organizacional, es decir que la acción colectiva responda al interés de la organización. Manifiestan que aunque los gerentes se ocupen intensamente en lograr los objetivos de corto plazo, la organización puede sufrir notables conflictos que impactan sobre su desempeño general.

Esta problemática ha constituido la oportunidad para la aplicación de las teorías de enfoque grupal inherentes en las prácticas industriales de manufactura de clase mundial. Se puede afirmar que la aplicación de estas prácticas aseguran el logro de la racionalidad que es necesaria para un despliegue efectivo de la estrategia de mejora en la operación para la creación de ventaja competitiva. Es precisamente el enfoque de

“involucramiento total del empleado” del MPT, lo que potencia el efecto de la racionalidad individual hacia una racionalidad organizacional, transformando la perspectiva de crecimiento de corto plazo de la organización a una perspectiva de crecimiento de largo plazo. El despliegue efectivo de la estrategia, específicamente del MPT es un problema multifactorial asociado a la naturaleza compleja de su implantación cuyos resultados pueden depender, entre otros factores, de la inversión en los recursos económicos, de las características del equipo, del talento del personal, del apoyo y compromiso de la alta dirección, entre otros, no todos con igual importancia y cuya importancia relativa es distinta y probablemente desconocida. Un enfoque útil que se presenta en la literatura de la administración estratégica para determinar la contribución relativa de los factores que inciden en el éxito en la implantación de sistemas de mejora continua es el concepto de los Factores Críticos del Éxito (FCE).

2.2.5. Factores Críticos del Éxito

En esta sección se expone la fundamentación del concepto de Factores Críticos del Éxito (FCE), su origen, su descripción, el procedimiento para su aplicación, así como su evolución. También se presenta una revisión de literatura de los FCE relacionados con Programas de Mejoramiento de Actividades de Manufactura (PMAM).

2.2.5.1. Definición y Objetivo de los Factores Críticos del Éxito

El concepto de factores críticos del éxito, como parte de la teoría de la estrategia, no es un concepto nuevo, desde la antigüedad se resaltó la importancia de identificarlos para asegurar un despliegue efectivo de la estrategia. Sun Tzu afirmó que el liderazgo, la disciplina, la unificación de objetivos, la comunicación clara entre los mandos, el entrenamiento y la selección de elementos fuertes y comprometidos debían considerarse para asegurar la victoria. Por su parte Clausewitz declaró un principio

denominado concentración de fuerzas, comentando al respecto que un mal general dispersa sus fuerzas a través de los campos de batalla mientras que un buen general concentra sus fuerzas en pocas y críticas batallas que había que ganar para asegurar la victoria. Por su parte, Dess y Miller (1993) mencionan que un aspecto fundamental en el proceso de planeación estratégica es la identificación de FCE y de competidores clave.

Leidecker y Bruno (1984) definen a los Factores Críticos de Éxito como aquellas áreas que aseguran un exitoso desempeño competitivo y que la gerencia debe monitorear continuamente. Por su parte Caralli (2004) menciona que los FCE son áreas clave de desempeño que son esenciales para que la organización logre su misión.

De acuerdo a Rockart y Bullen (1981) el objetivo principal del método de los factores críticos de éxito es determinar las actividades principales en las que una empresa debe centrar su atención, como también facilitar la planeación de las actividades y recursos, así como delimitar las áreas clave facilitando la asignación de prioridades dentro de ella.

2.2.5.2 Descripción de los FCE

Rockart y Crescenzi (1984) distinguen dos tipos de FCE desde la perspectiva de un administrador individual y de la perspectiva corporativa. En el primer caso los FCE son aquellas áreas en las que un desempeño exitoso permite el logro de los objetivos, mientras que para el caso corporativo los FCE son aquellas áreas clave sobre las cuales la organización debe enfocarse para lograr los objetivos estratégicos. Para el segundo caso, las principales fuentes de FCE para una organización, según Rockart (1982) son cuatro: características propias de la industria donde se compite; la estrategia

competitiva; la posición en la industria y la localización geográfica; los factores ambientales y los factores temporales.

Rockart y Bullen (1981) mencionan que la técnica de los FCE implica, para su aplicación, los siguientes puntos básicos:

- Definir los objetivos estratégicos de la organización al interior de la misma usando cualquier medio.
- Definir una unidad de medida para evaluar el funcionamiento de la organización con respecto a esos objetivos.
- Identificar los factores críticos que contribuyen a ese funcionamiento, teniendo el suficiente cuidado en su interpretación.
- Comunicar los FCE como parte de la estrategia de implantación al interior de la empresa.
- Monitorear los FCE y reevaluarlos, para asegurar que se está cumpliendo el objetivo.

Así mismo, este mismo autor destaca las ventajas de la aplicación del método de los FCE en el proceso de planeación estratégica de una organización. Aplicar los FCE tiene varios propósitos: reducir la ambigüedad organizacional, ofrecer mayor confiabilidad para alcanzar la misión, reflejar de mejor manera las condiciones actuales del ambiente operacional, proveer una perspectiva de la administración del riesgo a la organización, corregir el rumbo de acuerdo a los cambios en el ambiente. Diversos autores (Brah y Chong, 2004; Alsyouf, 2006; Chand y Shirvani, 2000; Bamber et al., 1999; Eti et al., 2004; Davis, 1997; Graisa y Al-Habaibeh, 2011; Jonsson, 1997; Lazim y Ramayah, 2010), destacan el enlace existente entre el proceso de planeación estratégica y una

efectiva implantación del MPT, por lo que identificar los FCE relacionados a dicha implantación es crucial para la comprensión del proceso de adopción del MPT, desde su adaptación, su implantación, su aplicación y su administración.

2.2.5.3. Evolución de los FCE

Foster (1989) muestra que desde que Rockart inicio el método de los FCE, éste concepto ha sido utilizado de forma distinta a su aplicación original, que fue en el campo de la planeación de la información tecnológica. Desde entonces ha sido utilizado ampliamente como una técnica efectiva en la implantación de determinadas estrategias organizacionales (Caralli, 2004; Plant y Willcocks, 2007). A partir de la década de los noventa es frecuente encontrar en la literatura aplicaciones de los FCE para la implantación exitosa de Programas de Mejoramiento de Actividades de Manufactura (PMAM) tales como: Administración Total de la Calidad (ATC), Kaizen, Control Estadístico del Proceso (CEP), Seis Sigma (SS), Planeación de Recursos Empresariales (PRE) , Círculos de Calidad (CCs), ISO 9000, entre otras.

2.2.5.4. FCE predominantes encontrados en la literatura de PMAM

En esta sección se exponen FCE identificados en la revisión de literatura referente a la implantación de proyectos de mejora en diferentes industrias y países. Por ejemplo Chin et al. (2000) reportan que los FCE para el mantenimiento de un sistema ISO 9000 son el compromiso de la administración, el trabajo en equipo y la difusión del reconocimiento ISO 9000 por toda la compañía, mientras que Wahid y Corner (2009) reportan que los FCE son el compromiso de la alta administración, el involucramiento de los empleados y

la participación en equipos de trabajo, mejoramiento continuo, sistemas de recompensas, medición del desempeño y la comunicación.

Para el caso de la implantación de Círculos de Calidad (CCs), Salaheldin (2009) reporta que los FCE son: el compromiso de la alta, media y baja administración, entrenamiento a todo el personal involucrado con los CCs, involucramiento del empleado y el aprendizaje organizacional.

Porter (2004) señala que para mejorar la competitividad de las empresas, los esfuerzos deben dirigirse hacia la mejora de la calidad en los productos para crear mayor valor agregado y hacia la mejora en la tecnología del proceso para que sea más eficiente la producción, esto implica desarrollar una estrategia de manufactura que favorezca una posición de fuerza de la organización sobre sus competidores.

2.3. Teoría de la Estrategia de la Manufactura

En las siguientes secciones se exponen brevemente aspectos relevantes del contenido teórico de la Estrategia de Manufactura (EM), se analiza la relación de la EM con la estrategia competitiva (EC), se discute la relación de la EM con la estrategia de Estrategia de Innovación y Desarrollo Tecnológico (EI&DT), aunque en el presente documento no se hace énfasis en la EI&DT, no se puede dejar de mencionar la importancia de ésta. En la última sección se presenta la inclusión de la Manufactura Esbelta (ME) dentro de la Estrategia de Manufactura. También se discuten las bases científicas de la teoría de los sistemas de manufactura de clase mundial, tales como la Manufactura Esbelta -sistema que a su vez, incluye al MPT- y las dificultades que implica su exitosa implantación.

2.3.1. Contenido Teórico de la EM

El contenido teórico de la EM es muy diverso; la diversidad se presenta hasta en la misma definición, Gyampah y Acquaah (2008) definen la EM como el nivel de competitividad desarrollada en el desempeño operacional. Para Rho et al. (2001), es un proceso de decisiones, tanto estructurales como infraestructurales, que determinan la capacidad del sistema de manufactura y especifican como debe operar para que los objetivos de manufactura sean consistentes con la estrategia competitiva establecida por la empresa.

En relación a los elementos que la componen, Cil y Ramazan (1998) afirman que la EM se integra con los principios administrativos que determinan como serán producidos los productos, los recursos que serán empleados y desplegados y la infraestructura de soporte para la manufactura. Para Fine y Hax (1985) la EM tiene nueve categorías estructurales: instalaciones, capacidad, integración vertical, tecnologías de proceso, tecnologías de producto, recursos humanos, calidad, relación con proveedores y la infraestructura de manufactura; respecto a esta última categoría, Dangayach y Deshmukh (2006) añaden que la infraestructura se refiere a la administración de los recursos humanos, a la planeación y control de la producción y a los sistemas de información.

Por su parte, Thun (2008), reporta que la literatura sobre estrategia de manufactura distingue cuatro tipos de EM: basada en el mercado, basada en el producto, basada en el precio y basada en las capacidades. La EM basada en el mercado considera a la función de la manufactura como un sistema ajustable a las reglas del mercado y es considerada un eslabón entre la estrategia de negocio, la organización y la base tecnológica interna, (Voss, 1995; Avella et al., 2001). La EM basada en el producto

orienta los esfuerzos de la función del diseño del producto para obtener ventaja competitiva que se desprenden de la innovación; la EM basada en el precio esta relacionada en la optimización de las decisiones de manufactura para apoyar una estrategia genérica del liderazgo en costos.

Finalmente, desde la perspectiva de la teoría basada en las capacidades, la EM asegura a la unidad de negocio crear y desarrollar la estructura, la infraestructura y el conjunto de capacidades específicas de la manufactura, Hayes y Wheelwright (1984). Gagnon (1999), considera más rentable desarrollar, sostener y obtener ventaja competitiva de las capacidades de manufactura únicas para cambiar las reglas de la competencia. Así, la EM debe orientarse a la creación de productos o servicios que sean valiosos, raros y difíciles de imitar, Paiva et al. (2008). Es desde la perspectiva de la teoría basada en las capacidades, que se aborda el estudio de los FCE relacionados con una implantación efectiva del MPT, ya que cuando este objetivo se cumple, la organización desarrolla un sistema de administración del mantenimiento difícil de imitar. Por ello resulta importante presentar los modelos teóricos de la EM que fundamenten la posible relación de la efectividad de los sistemas de producción con los resultados planteados en la EC.

2.3.2. Modelos Teóricos de la EM

La literatura presenta diversos modelos de la EM, en ellos se resalta la importancia de la competencia y el alto desempeño de los sistemas de producción, así como su interrelación con la EM y/o la estrategia competitiva (EC). Además, se puede apreciar que los contenidos de la EM se concentran en aspectos predominantemente administrativo-estratégicos o bien con énfasis en la manufactura. En los siguientes párrafos se exponen brevemente varios de ellos.

En primer término, se exponen algunos modelos con fuerte connotación administrativo-estratégica. Kim y Lee (1993), proponen dos dimensiones para la EM, la eficiencia en costo y la diferenciación, de las combinaciones de estas dimensiones se desprenden tres estrategias genéricas de la EM: puro liderazgo en costo, diferenciación pura y la mezcla de ambas. Este modelo proporciona un fuerte marco de referencia que integra las estrategias genéricas de la manufactura con los sistemas de producción y las dimensiones específicas del desempeño, sin embargo, este modelo tiene una fuerte connotación conceptual y sus proposiciones teóricas necesitan ser validadas.

Por su parte, Theodorou y Florou (2008) afirman que las prioridades o competencias genéricas según (Hayes y Wheelwright, 1984; Avella et al., 2001; Skinner, 2007), son varias, siendo las más importantes la calidad y la innovación; además de otras prioridades competitivas como el diseño del producto, la imagen de marca, el soporte técnico, la cultura y el servicio al cliente. En ambos modelos se puede deducir que es a través de un despliegue efectivo del MPT que se pueden desarrollar competencias genéricas de manufactura difíciles de imitar.

Kotha y Orne (1989), proponen un modelo que relaciona las dimensiones de la EM con ocho estrategias genéricas para la manufactura. El modelo establece que las dimensiones de la EM son el grado de complejidad del proceso, el grado de complejidad del producto y la diversidad del portafolio; el modelo intenta explicar la generación de ocho estrategias genéricas de manufactura a partir de las diferentes combinaciones de la intensidad entre las tres dimensiones de la manufactura. Desde la perspectiva de racionalidad organizacional del MPT es factible apoyar la estrategia genérica que se desprende de la combinación de las dimensiones de EM propuestas por el modelo.

Por otro lado, Avella et al. (2001) afirman que los elementos de la EM son: las áreas de decisión, las prioridades competitivas y el mercado. Identifican cuatro prioridades competitivas genéricas: costo, flexibilidad, calidad y entrega. También, identifican 11 prioridades competitivas específicas de la manufactura: costos bajos, cambios rápidos en diseños actuales e introducción de nuevos productos, mezcla y volumen de producción, portafolio de productos, calidad del producto y del cliente, durabilidad del producto y entregas rápidas y puntuales. El alto desempeño operacional que se obtiene con el MPT permite alcanzar los objetivos relacionados con las prioridades relacionadas al costo, la mezcla, la calidad y la entrega descritas en este modelo.

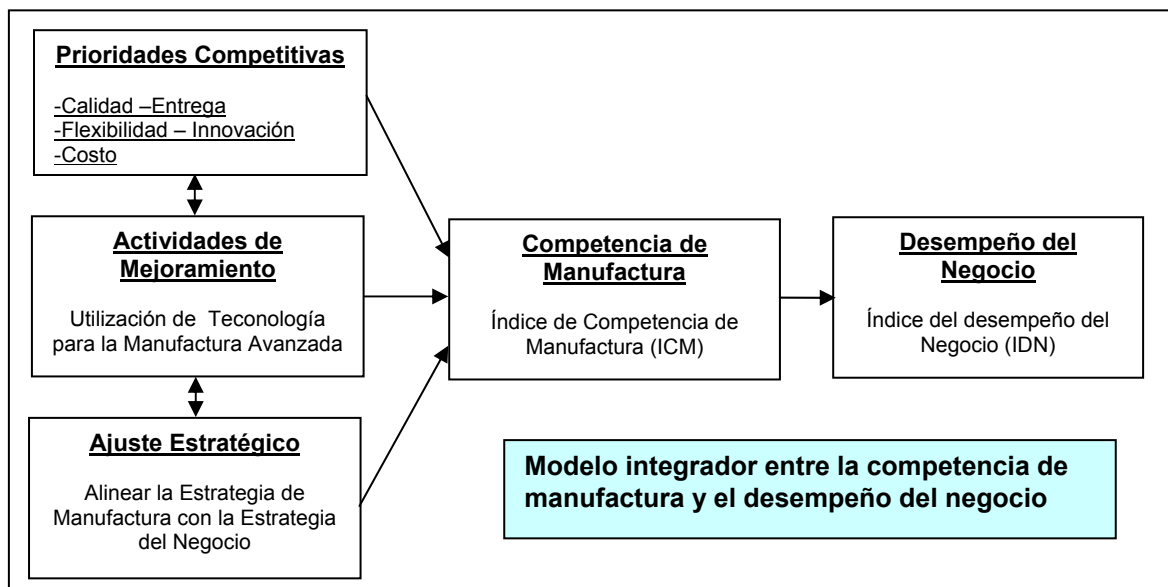


Figura No. 8. Modelo integrador de la competencia de manufactura y el desempeño del negocio. Fuente: Dangayach y Deshmukh (2004) p. 165.

También hay modelos que intentan explicar la relación entre un nivel competitivo en la manufactura y el desempeño. Dangayach y Deshmukh (2004), proponen un modelo integrador estratégico-manufactura, basado en el eslabón que hay entre la competencia de manufactura y el desempeño, además de la previa interrelación de las prioridades competitivas, actividades de mejora y propósito estratégico, como se muestra en la

Figura No. 8. Proponen que las prioridades competitivas son la calidad, la entrega, la flexibilidad, la innovación y el costo.

Además, (Dangayach y Deshmukh, 2006) expanden las cinco prioridades competitivas a doce dimensiones; que son, la conformidad a las especificaciones, la confiabilidad del producto, el desempeño del producto, la durabilidad del producto, la confianza en la entrega, la velocidad de la entrega, el desarrollo de nuevos productos, la mezcla del producto, la flexibilidad en el volumen de producción, la respuesta a los cambios del producto, la personalización del producto y el bajo costo. Un sistema de MPT apoya eficazmente a un sistema de producción capaz de lograr varias de estas prioridades.

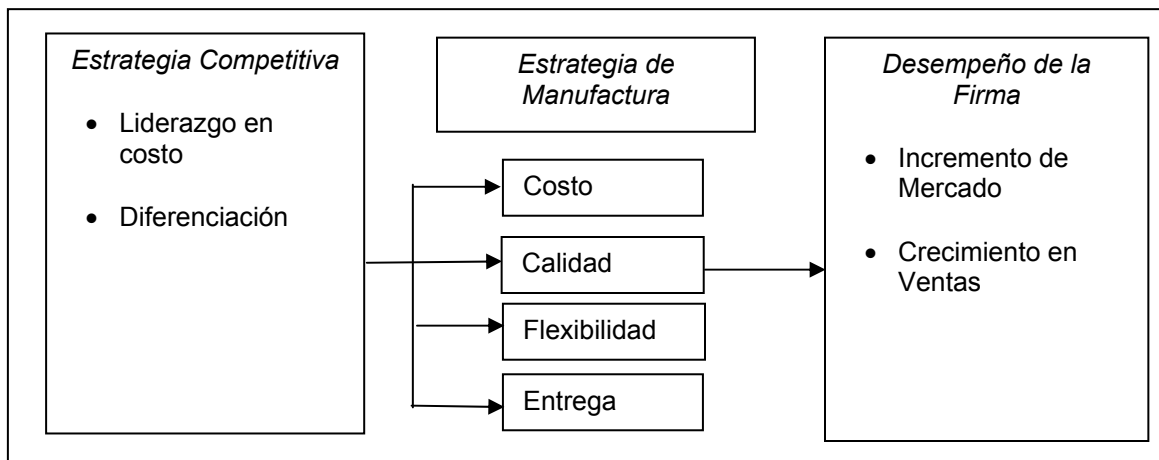


Figura No. 9. Modelo de interrelaciones entre la EC, EM y el desempeño del negocio. Fuente: Elaboración propia a partir de Gyampah y Acquaah (2008).

Por su parte, Gyampah y Acquaah (2008) proponen un modelo de interrelación entre la estrategia competitiva (EC), la EM y el desempeño de la empresa, el modelo se presenta en la Figura No. 9, el cual establece una influencia directa de la EC sobre la EM y una relación directa de la calidad en el desempeño; lo que evidencia que la selección de la estrategia por sí misma no necesariamente mejora el desempeño, y tampoco explica la influencia de otras dimensiones de la EM sobre el desempeño.

Como se puede observar, no hay un modelo único, generalmente aceptado, que explique el vínculo existente desde la EC, pasando por la EM y hasta el despliegue de sistemas de mejoramiento del desempeño operacional como el MPT.

Los modelos de Dangayach y Deshmukh (2006) y Gyampah y Acquaah (2008) coinciden en la importancia en el ajuste de la EC con la EM y en la relación directa de las competencias en la manufactura con indicadores de desempeño del negocio. Sin embargo, los hallazgos de estos trabajos presentan algunas divergencias relacionadas con el nivel de importancia dada a las prioridades competitivas y además, los resultados de ambas investigaciones contradicen al trabajo de Avella et al. (2001), por lo que la controversia en la teoría aún persiste.

Por su parte, Hallgren y Olhager (2006), recomiendan que la EM debería estudiar las relaciones causales dadas entre factores y variables del desempeño en la función de la manufactura, a su vez relacionadas a los requerimientos del mercado tales como la calidad, el precio, la velocidad y confiabilidad en la entrega, rango de productos, personalización del producto y la capacidad de innovación, por lo que proponen un modelo cuantitativo de siete etapas para medir el proceso de la EM.

Lo anteriormente expuesto muestra que uno de los problemas de la EM es su contenido fuertemente conceptual, los contenidos son ambiguos, las dimensiones de la manufactura presentan divergencias entre autores, los enfoques tradicionales para mejorar el desempeño de la manufactura están basados en la teoría de las compensaciones, la cual establece que una firma solo puede competir exitosamente en una única capacidad genérica, sin embargo, este precepto no aplica en todos los casos. Esta problemática teórica constituye una fuente de confusión al intentar

desplegar la EM correcta y por lo tanto, es probable que afecte el patrón de decisiones involucradas en la formulación y ejecución del plan de implantación del MPT.

Gagnon (1999) afirma que la EM basada en recursos, subsana las deficiencias teóricas existentes en otros modelos de EM para implementar efectivamente las metodologías de mejoramiento continuo tales como la Manufactura Esbelta (ME). Sin embargo, las aportaciones de Gagnon son conceptuales y requieren una validación empírica. En un sentido complementario, Paiva et al. (2008) defienden a partir de la teoría de capacidades basadas en recursos, que el proceso de formulación de la estrategia de manufactura puede ser considerado por sí mismo como una capacidad competitiva debida a la imperfecta transferibilidad del conocimiento organizacional adquirido.

Como se puede observar no existe consenso entre los autores del contenido teórico de la EM, lo que dificulta la selección de metodologías para el despliegue efectivo de la EM en las organizaciones y enlazar la formulación de la estrategia con la implantación constituye un desafío para las organizaciones de manufactura, Pun et al. (2004). Por otra parte, Barnes et al. (2001) reconocen que la forma de seleccionar e implementar la EM –incluido el MPT- es considerado un problema teórico.

La teoría de la EM considera que hay una relación entre la EM y las habilidades competitivas; por lo que se puede suponer que es mas probable obtener buenos resultados en promedio y a largo plazo si se planea, que en el caso contrario. Sin embargo, hay evidencia como lo reporta Avella et al. (2001) que aparentemente lo contradice, esto constituye una paradoja que contribuye a la confusión existente de las interrelaciones entre la EM y la estrategia competitiva (EC); aunque si hay evidencia de que hay una fuerte relación entre ellas tal como lo reportan Gyampah y Acquah (2008). Otros autores reportan que la elección de una EM alineada con la EC logra un

desempeño superior, (Fine y Hax, 1985; Rho et al., 2001; Devaraj et al., 2004; Dangayach y Deshmukh, 2006).

La literatura sobre EM presenta enfoques contradictorios, existen autores que proponen que la EM debe enfocarse a satisfacer prioridades competitivas (Kotha y Orne, 1989; Gagnon, 1999; Thun, 2008; Dangayach y Deshmukh, 2006; Gyampah y Acquah, 2008), mientras que otros (Paiva et al., 2008), argumentan que la EM debe tener un rol donde se integre el conocimiento organizacional de la manufactura y la orientación transversal-funcional para crear capacidades competitivas desde las que se genere una ventaja competitiva. Desde esta perspectiva el rol de la administración debe ser mas significativo y por lo tanto los mandos bajos requieren tener una participación más activa en el proceso de formulación de la estrategia.

Anteriormente, Barnes et al. (2001), destacaron el papel fundamental de la gerencia media en la implantación de metodologías que impulsan la transformación para el ingreso al grupo de empresas de clase mundial, aunque, es frecuente que las funciones de la administración estratégica las realicen la alta administración, y los cuadros operativos son relegados en el análisis y la toma de decisiones estratégicas, (Sohal et al., 1999; Barnes et al., 2001). Por lo tanto, no hay un consenso sobre el impacto que juegan los cuadros operativos en el proceso de implantación estratégica de sistemas de producción eficaces, incluyendo al MPT.

Lo expuesto en las secciones precedentes ponen de manifiesto que la teoría de la EM adolece de una terminología clara y respalda a Kim y Lee (1993) quienes afirman que sus contenidos son confusos, que el proceso de la EM ha sido estudiada prescriptivamente, que falta mayor investigación empírica que sustente sus modelos

conceptuales; además que, no hay claridad respecto a las unidades de análisis adecuados, existe dificultad para obtener una medición universalmente aceptada para la medición de la competitividad y no explica con precisión como integrar los conceptos desarrollados con la Estrategia Competitiva, Avella et al. (2001).

En la sección precedente, se señaló que la EM debe estar en total sintonía con la EC, sin embargo, también deberá haber alineación con la Estrategia de Innovación y Desarrollo Tecnológico (EI&DT). Por ello, en la siguiente sección se discuten las interrelaciones entre la EM y la EI&DT de forma tal que el MPT podría ser, en todo caso, parte de la EI&DT, con el desarrollo de tecnología de equipo, producción y proceso para eficientizar el MPT.

2.3.3. Relación entre la EM, la EI&DT y el MPT

Es a través de las operaciones de manufactura en conjunción con la mercadotecnia que se diseña la cartera de proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I&DT), para satisfacer las condiciones de competitividad contenidas en la EC. Estas relaciones se encuentran explicadas y fundamentadas científicamente en Martínez y Escobar (2011); en este sentido diversos autores han destacado la importancia de la innovación como una prioridad competitiva para crear un valor diferenciado al mercado del sector industrial donde se compite, (Avella et. al., 2001; Dangayach y Deshmukh, 2006; Gyampah y Acquah, 2008), para ello se debe contar con una EI&DT que favorezca la creación de nuevos productos y tecnologías para la producción que contribuyan a mejorar la posición competitiva, Martínez y Escobar (2011).

También, Martínez y Escobar afirman que el desarrollo de sistemas para el mejoramiento de procesos y el desempeño de proyectos de ingeniería especializado

están contenidos en el MPT, el cual integra varios elementos como los descritos por Nakajima (1988) y con diferentes variantes, Ahuja y Khamba (2008b), incluyen actividades de innovación y desarrollo de tecnología para la producción, cuyas características de confiabilidad, mantenibilidad, operabilidad, seguridad y flexibilidad no sean imitables por los competidores, y es precisamente desde esta perspectiva que el MPT se relaciona con la EI&DT y la EM, contenidas en la Estrategia Competitiva de la Organización.

Aunque se reconocen los problemas que presenta la teoría de la EM, hay evidencia de que la consistencia entre la EM adoptada y las prácticas de manufactura –como la manufactura esbelta y el sistema del MPT- está relacionada con un mejor desempeño de las organizaciones, Rho et al (2001). Por ello, en la siguiente sección se expone la teoría que explica la relación existente entre el Mantenimiento Productivo total y la Manufactura Esbelta (ME).

2.3.4. Relación entre la ME y el MPT

En la literatura hay diversas concepciones de la Manufactura Esbelta, entre ellas, Houshmand y Jamshidnezhad (2006) se refieren a la ME como un punto de vista del concepto de producción que incluye un cambio en la cultura laboral del personal de las organizaciones. Shah y Ward (2003) mencionan que es un enfoque multidimensional que incluye una amplia variedad de técnicas en un sistema integrado, cuya idea central es su aplicación sinérgica, para crear un sistema de manufactura racional y de alta calidad. Las técnicas de la ME son: el Justo a Tiempo, los Sistemas de Calidad, los Equipos de Trabajo, la Manufactura Celular y el Mantenimiento Productivo Total; que se han aplicado ampliamente con resultados cuestionables.

Bruun y Mefford (2004) mencionan que muchos fabricantes alrededor del mundo adoptaron la ME como una estrategia para incrementar su nivel global de competitividad. No obstante, Shah y Ward (2003) señalan que las empresas que no implantan la estrategia de ME es más probable que tengan desventajas en el desempeño operacional que aquellas que sí lo logran. Sin embargo, su implantación presenta verdaderos desafíos, según Shonberger en Houshmand y Jamshidnezhad (2006), la implantación de un sistema de manufactura esbelto demanda una capacidad de adaptación originada de las características culturales, regionales y tecnológicas propias de la organización y advierte que el despliegue de una aplicación exitosa de la ME no es fácil de lograr.

En este sentido, hay diversas opiniones; Flinchbaugh (1998) refiere que frecuentemente las empresas enfrentan grandes dificultades al tratar de implantar algún sistema de la ME, aunque se efectuara gradualmente. Si bien es cierto que varias empresas lograron notables progresos en la productividad como efecto de la implantación de este sistema de producción, también ha ocurrido que otras han encontrado grandes dificultades para lograrlo en sus fábricas, por lo que han optado por abandonar este intento, según refieren Bruun y Mefford (2004). Aún así, muchas organizaciones manufactureras se esfuerzan constantemente en adoptar con éxito la ME y los sistemas que lo componen como el MPT.

Una posible explicación para estas dificultades, la ofrecen Houshmand y Jamshidnezhad (2006), los que sostienen que la teoría de los sistemas de producción dentro de los cuales se encuentra la ME –incluido el MPT–, carecen de un fundamento científico ya que la teoría de los sistemas productivos se fundamenta en el conocimiento

empírico que han desarrollado los profesionales de la aplicación de estos sistemas. Por otra parte, Suh (1990) afirma que la aplicación de los sistemas de manufactura responden mas al desarrollo tecnológico que al descubrimiento científico o a teorías que lo sustenten y que la ciencia de los sistemas de manufactura ha quedado rezagada respecto al desarrollo tecnológico de estos sistemas por décadas. Estas razones justifican la necesidad de estudiar el proceso de implantación del sistema del MPT, desde una perspectiva científica y cuyos resultados aumenten el poder explicativo de la teoría relacionada con los factores críticos involucrados para su despliegue exitoso.

El cumplimiento de las prioridades competitivas de la Estrategia de Manufactura incide en la competitividad, con las que el mantenimiento tiene una relación directa y estrecha y por tanto constituye un predictor de la competitividad, sin embargo Kathuria (2000) reporta que existen diferentes enfoques para abordar el conjunto de combinaciones de las prioridades competitivas y ello puede inhibir el compromiso de la gerencia para un despliegue efectivo del MPT.

Por otra parte, Machuca et al. (2011), reportan que la tecnología no contribuye al desempeño operacional de la misma manera en diversos contextos industriales, esto puede ocasionar que la adopción del MPT pueda fallar al estar relacionado a la implantación de un sistema de manufactura basado en alta tecnología, cuyo impacto estratégico depende de factores contextuales. En lo sucesivo, es necesario abordar la teoría referente al MPT que fundamente la relación existente entre un alto desempeño operacional del sistema de producción y su impacto en la competitividad.

2.4. Teoría del Mantenimiento Productivo Total

En esta sección se presentan varios tópicos del MPT, iniciando con la exposición de la relación de la función del mantenimiento con la competitividad, la evolución histórica de los diversos enfoques para su administración- para destacar el origen del MPT-, se continúa con la definición del MPT y la descripción de sus elementos, la relación del MPT con otras prácticas de manufactura, y finalmente se listan los FCE obtenidos en la revisión de la literatura que intentan explicar el éxito de su implantación.

2.4.1. Relación del Mantenimiento con la Competitividad

En el ambiente de una economía global, la manufactura se ha convertido en una necesidad para mantener la competitividad, por lo que la administración del mantenimiento es una función clave que soporta las operaciones de producción de empresas manufactureras.

Basu (2001) menciona que la rivalidad del mercado intensifica la presión de los clientes y competidores en los sectores industriales de la manufactura. En el mismo sentido, Pintelon et al., (2006) afirman que la amenaza de la competencia global y la búsqueda de la rentabilidad obligan a las organizaciones a implementar iniciativas para mejorar la productividad, como la ME –incluida la función del mantenimiento-. Houshmand y Jamshidnezhad (2006) afirman que después de una implantación exitosa de la ME el retorno de la inversión es notable. Son diversos los factores de este proceso de cambio, por una lado, factores externos como la demanda cambiante de los mercados y las rápidas innovaciones tecnológicas de los competidores (Ahuja y Khamba, 2007) y por otro, los factores de la empresa como el incremento de la eficiencia a través de

economías de escala y de la especialización interna para satisfacer los requisitos de flexibilidad, entrega y calidad del mercado, Yamashina (1995).

Ahuja y Kamba (2008a) opinan que un enfoque estratégico para mejorar el desempeño de la administración del mantenimiento consiste en adaptar e implantar el MPT en las organizaciones manufactureras, puesto que el MPT es capaz de resaltar al mantenimiento como una área necesaria y de vital importancia para el negocio ya que su adopción conlleva un cambio de mentalidad en la cultura laboral, además, el MPT está dirigido a contribuir a la mejora de la competitividad de la organización ya que su implantación reduce las quejas de los clientes, reduce los niveles de inventario, incrementa la tasa de calidad de la producción, mejora el tiempo de entrega e incrementa la moral y seguridad del empleado, contribuyendo a un mejor nivel de ventas y de rentabilidad, (Park & Han, 2001; Ahmed et al., 2005; Ahuja y Khamba, 2008b ; Thomas et al., 2010).

Ahuja y Khamba (2007) mencionan que en este escenario de intensa competencia, la función de mantenimiento es considerada por las organizaciones manufactureras como una potencial fuente de ahorro y de ventaja competitiva, por ejemplo en contraste, Chen y Meng (2011) reportan una tasa de 70% de accidentes en las industrias del carbón, acero, electrónica de potencia, aceite y química en China, relacionados con un deficiente despliegue de la función del mantenimiento, por ello, el reconocimiento de la función del mantenimiento como fuente de ventaja competitiva explica la creciente importancia de una eficiente administración de la función del mantenimiento (Garg y Deshmukh, 2006; Ahuja y Khamba, 2007); ya que poseer un equipo confiable contribuye a un desempeño superior mejorando la competitividad, Muchiri (2011).

La administración de la función del mantenimiento ha sido abordada desde diversos enfoques, los cuales se han desarrollado de manera independiente o como consecuencia de la evolución de otros.

2.4.2. Evolución de la administración del mantenimiento

En esta sección se presenta, una breve descripción del concepto del mantenimiento y los diferentes enfoques históricos desarrollados para administrar la función del mantenimiento. Muchiri (2011) define al mantenimiento como una combinación de actividades de índole técnica y administrativas requeridas para mantener el equipo, las instalaciones y otros activos fijos en una condición deseada de operación o restaurarlos a esta condición. Señala varios enfoques para desplegar la estrategia del mantenimiento: el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, el Mantenimiento Centrado en el Negocio y el Mantenimiento Productivo Total.

La Tabla No. 1 describe brevemente los diferentes enfoques desarrollados para la administración de la función del mantenimiento. Como se puede observar, en algunos enfoques predominan aspectos cualitativos y en otros aspectos cuantitativos; en algunos se requiere involucrar a personal ajeno al mantenimiento y en otros no. Así, el MPT es un sistema de administración del mantenimiento que integra algunos de los enfoques expuestos en la Tabla No. 1.

En este sentido, Moayed y Shell (2009) consideran al MPT como una evolución de la función del mantenimiento, ya que afirman que para que una empresa de tipo no esbelta pueda transitar a una de tipo esbelto, debe actualizar su sistema de mantenimiento de no planeado a planeado, después a preventivo y finalmente a mantenimiento productivo total.

Tabla No.1 Técnicas para la administración del mantenimiento

Técnica	Descripción de la Técnica
Mantenimiento Correctivo	Utilizado antes de 1950. El equipo se repara cuando se presenta una falla, un paro o bien el deterioro del equipo es grave.
Mantenimiento Preventivo	Surge en 1951 en Estados Unidos. Consiste en desarrollar actividades para prevenir fallas, paros o deterioro del equipo. Se basa en el cálculo de probabilidades de fallas o de deterioro. Incluye rutinas inspección y reemplazo de partes.
Mantenimiento Predictivo	Relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. Se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. Se aplican modelos estocásticos para determinar cuando reemplazar un componente.
Prevención del Mantenimiento	Se introdujo en los 60's. Consiste en diseñar el equipo de manera que sea confiable y libre de mantenimiento y que los operadores puedan ajustarlo fácilmente.
Mantenimiento centrado en la confiabilidad	Se desarrolló en los 60's. Es una metodología que permite definir, en forma sistemática, estrategias de mantenimiento de máquinas y equipos, originada en el FMEA, desarrollada por la aviación comercial norteamericana y luego adaptada a la industria.
Sistemas computarizados para la administración del mantenimiento	Permite automatizar las actividades del Mantenimiento preventivo. Incluye la automatización de la programación del personal, compras de partes, ordenes de trabajo, etc.
Mantenimiento Productivo Total	Surgió en Japón en 1971 y su propósito es optimizar la efectividad del equipo, eliminar tiempos muertos y promover el mantenimiento autónomo por los operadores. Involucra a todo el personal de la organización.
Administración estratégica del mantenimiento	Considera al mantenimiento como una actividad multidisciplinaria. Incluye aspectos como el proceso de degradación a largo plazo, aspectos estratégicos a largo plazo y la subcontratación del mantenimiento. Involucra modelos matemáticos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ahuja y Kamba (2008) b p. 712-715 y Garg y Deshmukh (2006) p. 214-218

En la siguiente sección, es pertinente exponer el concepto propio del MPT y los elementos que lo componen.

2.4.3. Definición y elementos del MPT

Teeravaraprug et al. (2011), reportan que el MPT se originó como respuesta de las compañías japonesas a la demanda de un mercado competitivo en costo y calidad. Nakajima (1988) define al MPT como “mantenimiento productivo que involucra la participación total”; esta definición incluye los siguientes elementos, conocidos como los cinco pilares:

- Maximización de la efectividad del equipo.
- Establecimiento de un sistema de mantenimiento productivo para el ciclo de vida del equipo.
- Implantación por varios departamentos (ingeniería, producción, mantenimiento)
- Involucramiento de cada empleado, desde la alta gerencia hasta los trabajadores de la línea de producción.
- Promoción del mantenimiento productivo a través de actividades autónomas realizadas por grupos pequeños.

Para Nakajima la palabra “Total” tiene tres significados, los cuales describen las principales características del mantenimiento productivo total: efectividad total, sistema de mantenimiento total y participación total de los empleados. El concepto de “efectividad total”, incluye la integración del mantenimiento predictivo y productivo. La segunda característica “sistema de mantenimiento total” implica el establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo con un enfoque de mejora continua. La última característica “participación total de los empleados” se refiere a que el MPT requiere que se establezcan actividades de mantenimiento autónomo por los operadores.

Por lo tanto, el MPT es una función de manufactura diseñada para maximizar la efectividad del equipo a lo largo de su vida útil a través de la participación y motivación de toda la fuerza laboral (Thomas et al., 2010; Teeravaraprug et al., 2011).

Tabla No. 2. Metas y prioridades de la manufactura obtenidas a través del MPT

Prioridades de la Manufactura	Consideraciones del MPT
Productividad	La reducción de paros no planeados y tiempos muertos mejora la disponibilidad del equipo y la productividad. Provee personalización del proceso y amplía la capacidad. Favorece el cambio rápido de modelo.
Calidad	Reduce los problemas de calidad relacionados con la producción inestable. Reduce las fallas del producto en campo.
Costo	Provee procedimientos eficientes de mantenimiento. Da soporte al volumen y mezcla de producción. Reduce los costos asociados al desperdicio por mala calidad y paros del equipo.
Entrega	Apoya la manufactura esbelta a través de equipo confiable Mejora la eficiencia de la entrega, velocidad y confiabilidad. Mejora la disponibilidad de operarios hábiles para las líneas de producción.
Seguridad	Mejora el ambiente de trabajo. Favorece la ocurrencia de cero accidentes en el lugar de trabajo. Elimina factores de riesgo de accidentes.
Moral	Incrementa el conocimiento del proceso y del producto por parte de los empleados. Mejora la habilidad para la solución de problemas. Incremento de los conocimientos y habilidades del trabajador. Incrementa el involucramiento y el empoderamiento del empleado.

Fuente: Ahuja y Khamba (2008b) p. 719

Ahuja y Khamba (2008b) afirman que la implantación del MPT se relaciona con el logro de varias de las prioridades de una organización manufacturera. El desarrollo de éstas

prioridades contribuyen al logro de las competencias de manufacturas identificadas en la literatura. Es fácil observar que un alto desempeño operacional como el que provee la aplicación de un sistema efectivo del MPT tiene una conexión directa con varias de las prioridades identificadas por Avella et al. (2001) y por Theodoru y Florou (2008). Las relaciones existentes se muestran en la Tabla No. 2.

Tabla No. 3. Beneficios tangibles e intangibles del MPT

Efectos Tangibles	Efectos Intangibles
Mejora el OEE del equipo	Mejora la calidad de la empresa
Mejora la productividad	Cambia el concepto del personal
Reduce el costo del mantenimiento del equipo	Mejora la habilidad de innovación del empleado
Mejora la calidad del producto a la vez que reduce las quejas del cliente	Establece una cultura de trabajo autónomo en la empresa
Mejora la eficiencia de los departamentos indirectos	Construye una empresa llena de energía
Ciclo de producción mas corto	Hace a la empresa confiable
Reduce los costos de producción	

Fuente: Chen y Meng (2011) p. 53

Por su parte, Chen y Meng (2011) afirman que la implantación exitosa del MPT en la organizaciones ofrece beneficios de naturaleza tangible e intangible, La Tabla No. 3 muestra tales beneficios.

Por lo anteriormente expuesto, se considera que un sistema de MPT favorece la efectividad de los sistemas de producción establecidos en la EM adoptada por la organización, sin embargo, persiste la interrogante sobre los factores críticos que inciden en su despliegue exitoso. Aunque, hay estudios que comprueban la relación del MPT con el desempeño, desde un punto de vista operacional (Swanson, 2001; Brah y Chong, 2004), desde la perspectiva del desarrollo de competencias de manufactura

(Ahuja y Kamba, 2008a), con aspectos financieros (Brah y Chong, 2004) y con la estrecha vinculación del MPT con otras iniciativas de mejora que también contribuyen al desarrollo de competencias de manufactura (Cua et al., 2001). Esto justifica que la implantación del MPT no debe ser un esfuerzo aislado, sino por el contrario, debe representar una estrategia perfectamente planeada y con un horizonte de largo plazo.

2.4.4. Relación del MPT con otras iniciativas de mejora.

En esta sección se expone la relación que existe entre el MPT y otras iniciativas de mejora. Por ejemplo, Al-Hassan et al. (2000) afirman que si una organización implanta primero la Administración Total de la Calidad (ATC) se reduce el tiempo en la implantación del MPT, puesto que el esfuerzo por cambiar la cultura de la organización será sensiblemente menor. En otro sentido, Park & Han (2001) señalan que debido a que el MPT es capaz de mantener el desempeño óptimo del equipo para producir productos de alta calidad, contribuye de manera importante en la obtención de la calidad, así, el MPT es un subconjunto esencial de la ATC.

La metodología del justo a tiempo (JAT), se enfoca en reducir todos los tipos de desperdicio, especialmente los inventarios y las esperas innecesarias en el flujo de la producción (Flynn et al., 1995). Según Thomas, Goetzfried y Basu (2010) la implantación del MPT, da lugar a la implantación exitosa del JAT, ya que reduce significativamente los tiempos de espera, el porcentaje de desperdicio y aumenta la capacidad, dando lugar a la producción por jalón, esto a su vez reduce los inventarios necesarios para cubrir las fluctuaciones en la producción ocasionadas a paros por averías o mal funcionamiento del equipo. Teeravaraprug et al., (2011) generaron un modelo de tres fases para la implantación de JAT, ATC y MPT; en la primera fase se debe aplicar 5's y

MP, en la segunda fase se debe implementar Kaizen y para el caso de MPT también se debe implantar el Control Visual y el Poka-Yoke. La tercera fase es la implantación del JAT, esta iniciativa requiere que se implanten previamente la ATC y el MPT además del Kanban.

Por otro lado, Thomas y Gareth (2007) afirman que que la combinación del MPT con Seis Sigma (SS), mejora y controla los procesos, para obtener productos de mayor calidad a menores costos, reduciendo los desperdicios, inventarios, tiempos entrega. Esto conlleva a la necesidad de identificar los factores que influyen en el despliegue efectivo del MPT, para explicar el éxito de su implantación, los cuales se exponen en la siguiente sección.

2.4.5. FCE críticos del éxito del MPT

En esta sección se resumen las conclusiones de diversas investigaciones relacionadas con el proceso de implantación del MPT para finalmente listar los FCE asociados a la implantación del MPT. En primer término, Cigolini y Turco (1997) proponen una taxonomía de las compañías que implantan el MPT de acuerdo al enfoque utilizado para su despliegue, dependiendo del enfoque adoptado, (modelo centrado en el mejoramiento, modelo centrado en la planta y modelo centrado en el piso), aumenta el nivel de comprensión del MPT. Esto constituye un posible factor de éxito o fracaso al momento de implantarlo, puesto que cada enfoque implica un nivel de complejidad distinto para el proceso de implantación.

Por su parte, Al-Hassan et al., (2000) afirman que el MPT no se puede implantar de la misma forma en todas las organizaciones debido a diferencias en la cultura y la

estructura, al nivel de comunicación entre sus miembros, al nivel de compromiso de la administración y al nivel de aceptación y cooperación de todos los empleados. Sin esta sinergia, a la organización le tomará un largo tiempo e invertirá un gran esfuerzo en la implantación del MPT.

De acuerdo a Cheng y Meng (2011) las barreras que han impedido un despliegue efectivo del MPT en China son: la falta de soporte de la alta administración, la falta de actividades autónomas y que no se ha adoptado previamente un programa de 5's. En este sentido, por ejemplo, Perez-Lafont (1997) propone un plan basado en el entrenamiento intensivo, el desarrollo de indicadores del desempeño, el diagnóstico del desempeño operacional y finalmente la construcción de equipos de trabajo.

El despliegue de cualquier proyecto de mejora requiere un marco adecuado para medir el proceso de implantación, de acuerdo con esto, Muchiri et al. (2011) ofrecen un marco de referencia para medir el desempeño de la función del mantenimiento. Lo dividen en tres fases que incluyen: la alineación del mantenimiento con la manufactura, el análisis del proceso del mantenimiento y el análisis de los resultados del mantenimiento. En la primera fase se busca alinear los objetivos del mantenimiento con la estrategia del negocio y de la manufactura.

Para alcanzar los resultados deseados y los objetivos del mantenimiento, la administración del proceso de mantenimiento es importante, esto constituye la segunda fase. Este proceso de administración, equivale a los factores críticos del éxito que impulsan el desempeño del mantenimiento. Los pasos claves para el proceso del mantenimiento se describen como identificación del trabajo, planeación del trabajo, programación del trabajo y la ejecución del trabajo. La combinación correcta de estos

pasos asegura que el trabajo de mantenimiento se realice correctamente. Para administrar el proceso del mantenimiento para cada paso se deben establecer indicadores de desempeño.

La tercera fase, consiste en analizar los resultados del mantenimiento obtenidos en un periodo de tiempo dado, los resultados se miden en términos del desempeño del equipo y los costos del mantenimiento, este análisis incluye una comparación con los valores recomendados para estos indicadores. El uso de indicadores adecuados respaldan al monitoreo y control del desempeño, ayudan a la identificación de brechas del desempeño, avalan el aprendizaje y el mejoramiento continuo, apoyan a que las acciones del mantenimiento se dirijan al logro de objetivos y proveen un enfoque de los recursos del mantenimiento a áreas que impactan el desempeño de la manufactura, Ferrari et al. (2002).

Como se puede deducir de la revisión de la literatura que sustenta el presente proyecto de investigación, existen contradicciones implícitas entre los expertos. Éstas ambigüedades también manifiestan que la teoría esta inacabada, su estado actual no es el de una teoría con el suficiente poder explicativo. Es una teoría operativa que tiene contrariedades que deben ser resueltas para construir una teoría sustantiva, Bunge (2004). Por ello, en esta investigación se identificarán con mayor precisión los FCE relacionados con la implantación eficiente del MPT.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describen las características de la investigación para posteriormente exponer los recursos que se aplicarán para realizar esta investigación. En la primera sección se describe el tipo de estudio, el diseño de investigación y los sujetos de investigación, en la segunda sección se exponen los materiales brevemente y en la tercera se explican los métodos, específicamente como se aplicarán dichos recursos.

3.1. Características de la Investigación

En esta sección se mencionan algunas de las características de la investigación como son el tipo y diseño de la investigación y los sujetos de investigación.

3.1.1. Tipo de estudio y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa, ya que la información obtenida será analizada con técnicas estadísticas, la relación entre las variables planteadas se pretende representarla por medio de modelos lineales (ecuaciones estructurales). La naturaleza de los elementos de la investigación son descriptivos y sus resultados pueden ser generalizados.

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, transversal y correlacional-causal ya que los datos se recolectarán en un solo momento a una muestra única, con el objetivo de indagar las correlaciones o relaciones causales de las variables a investigar, (Hernández Sampieri et al., 1998).

3.1.2 Sujetos de investigación

La función del mantenimiento es primordialmente realizada en empresas de manufactura y el perfil de los sujetos de investigación lo conforman los diferentes mandos y personal relacionado con la implantación de programas de MPT tales como consultores industriales, gerentes e ingenieros de mantenimiento que laboran en plantas de empresas maquiladoras establecidas en Ciudad Juárez, que cuenten con equipos clave para el desempeño de sus operaciones y que hayan implantado satisfactoriamente programas de MPT ó que estén en un proceso avanzado en su implantación.

3.2. Materiales

Los recursos de la teoría administrativa que se aplicaron se describen en las siguientes viñetas:

- Revisión de la literatura en el estado del arte. Se revisaron las colecciones de revistas internacionales, arbitradas y reconocidas para determinar, en los cinco últimos años los contenidos del mantenimiento productivo total, su posible inclusión en la teoría de la administración estratégica y la estrategia de manufactura, se analizó esa literatura y se discriminó buscando los problemas de la misma, en términos de omisiones, diferencias y hasta contradicciones entre las contribuciones de los autores. También, se identificaron los factores críticos del éxito.
- En la IME de la región de Ciudad Juárez hay un padrón de 378 plantas industriales, muchas de ellas operando tecnologías para la manufactura avanzada en el estado del arte (Infomaquila, 2012). Inicialmente y de forma preliminar se realizó un

diagnóstico para determinar los sectores industriales en donde los tiempos muertos constituyan un gran problema operacional y se integró una muestra con plantas de los sectores con mayores problemas de tiempo muerto. También se entrevistaron consultores industriales, gerentes e ingenieros de mantenimiento para obtener una descripción de la práctica industrial del MPT.

- La información se colectó con un instrumento de diagnóstico basado en la teoría determinada en el primer punto y con algunas observaciones derivadas de las entrevistas. El cuestionario se validó con el índice Alfa de Conbrach y se procedió a aplicarlo en las empresas que integraron la muestra.
- La información se analizó con el paquete computacional SPSS. Este paquete es adecuado para la captura de la información, el análisis factorial de los datos y la determinación de los factores significativos, para especificar el modelo propuesto.
- Para el desarrollo y validación del modelo se utilizó el paquete de cómputo estadístico EQS 6.1, el cual permite presentar de una manera gráfica el modelo especificado y contiene el algoritmo de Satorra- Bentler para corregir la no normalidad de los datos.

3.3. Método

Siguiendo a Ahuja y Kamba (2008a), Konecny y Thun (2011) y Rositas (2009); se propuso un método general para la realización de la presente investigación. El método se compone de tres fases que se presentan en la Figura No. 10. La primera fase incluyó las actividades relacionadas con la identificación de los FCE, la operacionalización de constructos y variables a partir de los FCE identificados, el diseño del cuestionario, la

validación de contenido y de consistencia interna, para culminar con la aplicación del instrumento de recolección de datos. En la segunda fase se aplicaron técnicas de análisis factorial para determinar los factores significativos y con ello identificar los FCE.

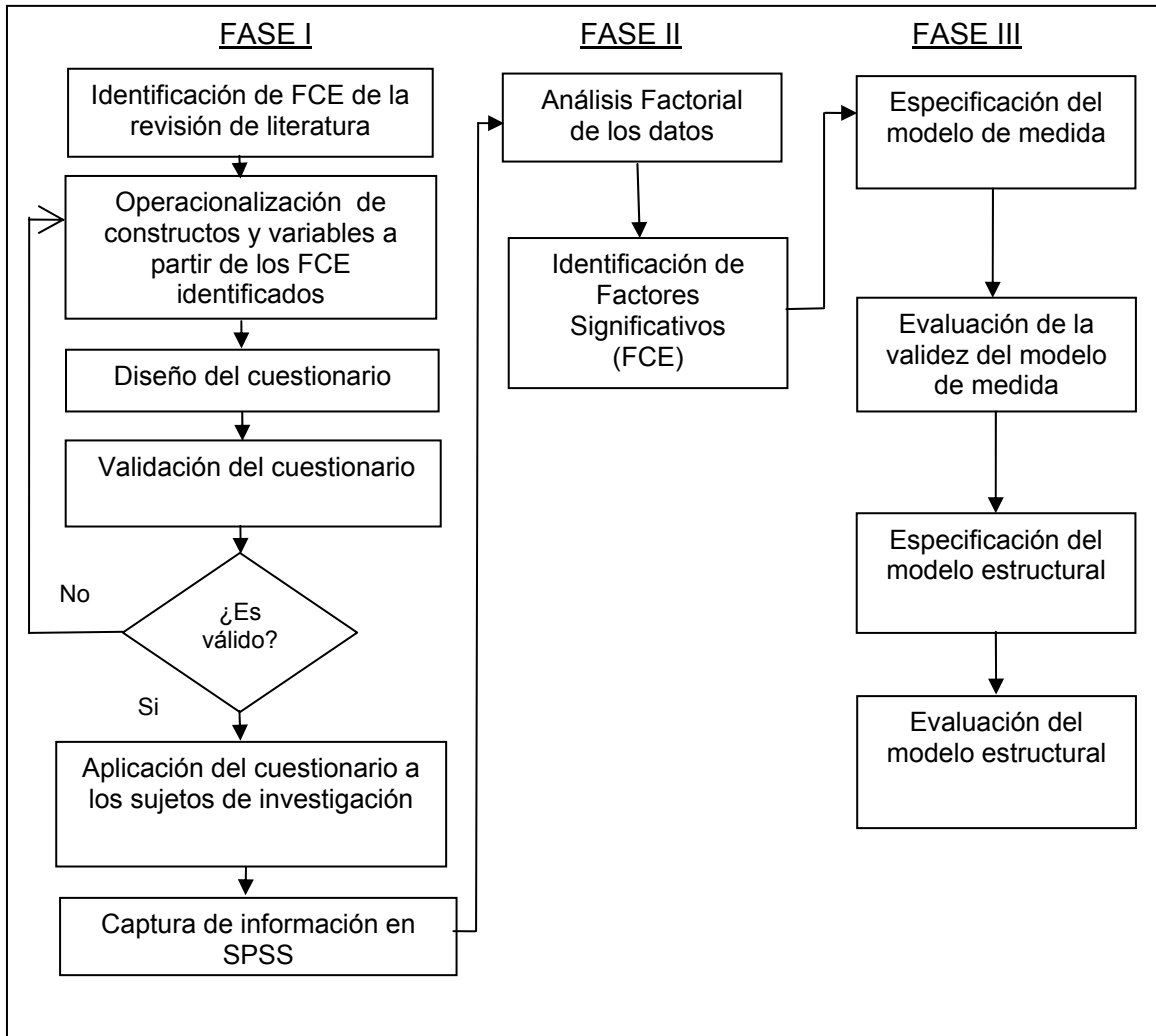


Figura No. 10. Diagrama de flujo del método propuesto. Fuente: Elaboración propia

Por último, en la tercera fase se especificó y se validó el modelo propuesto, a través de modelos estructurales, para establecer las relaciones entre los FCE con las variables que representan el éxito en el despliegue del MPT. En los siguientes apartados se explica detalladamente cada una de las actividades mostradas en la Figura No. 10.

3.3.1. Identificación de FCE de la revisión de la literatura

Esta actividad consistió en la revisión de diferentes colecciones de revistas internacionales, arbitradas y reconocidas para determinar, en los cinco últimos años los contenidos del mantenimiento productivo total, su posible inclusión en la teoría de la administración estratégica y la estrategia de manufactura, se analizó esa literatura y se discriminó buscando los problemas de la misma, en términos de omisiones, diferencias y hasta contradicciones entre las contribuciones de los autores. Se determinaron los factores críticos del éxito relacionados con la implantación del MPT.

3.3.2. Operacionalización de constructos y variables

La metodología empleada en esta investigación sigue los procedimientos descritos por Hernández et al., (1998) y Lévy y Varela (2003) para la identificación de factores críticos de éxito para la implantación del MPT y las posibles variables observables relacionadas con dichos factores. A partir de la lista de FCE determinados en la literatura, se establecen a priori, los constructos y las variables que los miden, los cuales se ajustan con los resultados del Análisis Factorial.

El éxito en la implantación del MPT se mide aplicando el enfoque de Cua et. al., (2001), quienes relacionaron la mejora obtenida en el desempeño en las dimensiones del costo, la entrega, la calidad y la flexibilidad con algunas dimensiones del Mantenimiento Productivo Total, el Justo a Tiempo y la Administración Total de la Calidad, en esta investigación se extendió el análisis a otras dimensiones del MPT no consideradas por estos autores.

3.3.3. Diseño y validación del cuestionario

El proceso de operacionalización de las variables permitió diseñar un cuestionario autoadministrado, con ítems que se midieron en una escala de Likert de 5 puntos, para que los participantes seleccionaran su percepción en relación a la frecuencia en su empresa, de cada una de las actividades representadas en las afirmaciones en cada ítem, Lévy y Varela (2003). El cuestionario que se muestra en anexo 1, se dividió en nueve secciones, donde cada sección esta relacionada con cada constructo. Las preguntas de la 1 a la 74 se responden en una escala ordinal del 1 al 5, donde el 1 representa que nunca se observa la actividad y el 5 representa que siempre se observa tal actividad.

La sección correspondiente al constructo éxito del MPT se estructuró por cinco ítems, el primero de ellos midió el nivel de acuerdo del entrevistado en la reducción del tiempo muerto posterior a la implantación del MPT, midiéndose en una escala de Lickert de 5 puntos; las preguntas restantes se contestaron en una escala ordinal, en la que el 1 representa un bajo nivel del desempeño operacional en relación a la competencia y un 5 representa un nivel superior de desempeño operacional en relación a la competencia. Finalmente, se incluyó una sección para recolectar información complementaria referente al giro y tamaño de la empresa, al sexo, antigüedad y puesto del participante y de manera opcional, el nombre de la planta encuestada.

La validación del instrumento se efectuó de acuerdo a los criterios sugeridos por Lévy y Varela (2003), para ello se consultó a seis expertos en relación con la implantación del MPT, para determinar que cada ítem tuviera relación con el constructo que pretende

medir, además, se consultó a cinco expertos con grado de doctorado y con experiencia en el diseño de cuestionarios, para verificar que la redacción de la pregunta redujera el prejuicio de respuesta del participante. La fiabilidad del instrumento se comprobó con el cálculo del índice de alfa de Cronbach a una muestra preeliminar de 30 cuestionarios, una vez validado el instrumento, se procedió a su distribución a los sujetos de estudio.

3.3.4. Aplicación del cuestionario a los participantes

El cuestionario se aplicó a una muestra representativa del personal de la industria maquiladora de exportación (IME) de Ciudad Juárez, con conocimiento del proceso de implantación del MPT en sus plantas. El perfil de los puestos, incluyó a ingenieros y jefes de mantenimiento, ingenieros de diseño, ingenieros de manufactura, ingenieros “lean”, ingenieros de servicio al cliente, responsables de desarrollo de proveedores, supervisores de producción y de mantenimiento entre otros; así como a gerentes de mantenimiento, de producción, de proyectos especiales, de calidad y finalmente, gerentes de planta o corporativos.

Para determinar el tamaño de muestra se utilizaron los criterios de Hair et al. (2010) quienes recomiendan al menos 300 casos, para efectuar análisis estadísticos aplicando modelado con ecuaciones estructurales y por MacCallum et al., (1999), quienes reportan que muestras con más de 200 casos que presentan comunalidades altas, ofrecen buenas soluciones factoriales. Así, se distribuyeron mas de 400 cuestionarios esperando recolectar al menos, 300 casos válidos.

3.3.5. Captura de la información

Una vez recolectados los datos, se procedió a la captura de la información en el paquete estadístico SPSS, verificando la consistencia de los datos con los parámetros de captura requeridos por el paquete estadístico. Además, se realizaron pruebas de detección de datos extremos para identificar errores de captura y prevenir errores en los cálculos correspondientes.

3.3.6. Análisis factorial de los datos

Para comprobar la adecuación de la muestra al análisis factorial, se procedió a efectuar las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin y de esfericidad de Barlett recomendadas por Levy y Varela (2003). La razón de su aplicación es que se requiere reducir la información contenida en las 79 variables a pocos factores subyacentes, que representen a las variables tanto latentes como manifiestas, con una mínima pérdida de información, Hair et al. (2010).

3.3.7. Identificación de los Factores Significativos (FCE)

Para la identificación de los factores significativos, se eligió el método de componentes principales, tomando como criterio de extracción, aquellos componentes con eigenvalores superiores a la unidad, tomando como base la matriz de correlaciones de las variables (ítems) analizadas. Para mejorar la interpretación de la matriz de correlaciones, se aplicó el método de rotación varimax, de acuerdo con Levy y Varela (2003).

3.3.8. Especificación del Modelo de medición

En esta etapa, se especificó el modelo de medición, con el que se propone explicar la teoría relacionada con los FCE en la implantación exitosa del MPT a partir de la relación entre las variables observables y las variables latentes. El modelo incluyó los factores o componentes significativos identificados en la etapa anterior, sus respectivos indicadores, así como la correlación entre ellos, (Hair et al., 2010). El modelo especificado representa un análisis factorial confirmatorio de primer orden, (Byrne, 2006). Aunque el modelo puede ser representado con un conjunto de ecuaciones lineales, se utilizó la notación gráfica descrita en Kline (2011).

3.3.9. Evaluación de la validez del modelo de medición

En esta fase se efectuó un análisis factorial confirmatorio, cuyo procedimiento incluye diversas pruebas estadísticas para verificar la validez convergente y la validez discriminante de los constructos propuestos en el modelo, el uso de índices de bondad de ajuste y un análisis de los residuales estandarizados. En primer término se comprobó la validez convergente de cada constructo verificando que las cargas factoriales de los indicadores que midieron cada constructo fueran estadísticamente significativos y tuvieran un valor mínimo de 0.5 o idealmente mayor a 0.7, (Hair et al., 2010). Después se calcularon para cada constructo, el promedio de varianza extraída (AVE) y el índice de fiabilidad (IF) verificando que todos los constructos tuvieran un valor superior a 0.5 y 0.6 respectivamente, (Byrne, 2001). Para evaluar la validez discriminante se aplicaron varias pruebas, la de la diferencia entre χ^2 y la del intervalo de confianza reportados por Máynez-Guaderrama et al. (2013) y la prueba de la varianza extraída, Hair et al. (2010).

De acuerdo a Bagozzi y Phillips (1982), la validez de constructo en las ciencias sociales, se comprueba rigurosamente cuando métodos distintos muestran un mismo acuerdo.

Una vez que se verificó la validez del constructo, se procedió a evaluar el ajuste del modelo a los datos, utilizando el método de máxima verosimilitud con estadísticos robustos de Satorra-Bentler, que según Ullman y Bentler (2013), es el más confiable para estimar parámetros cuando los indicadores no siguen una distribución normal multivariada, lo cual es común en datos que provienen de escalas tipo Likert, (Landeros y González, 2006).

Se siguieron los criterios recomendados por Jakson et al., (2009) para evaluar la bondad de ajuste del modelo, aplicando el índice χ^2 normado (χ^2 / gl) con un valor de corte menor a 3, (Schreiber et al., 2006), el índice de la raíz cuadrada de la media de los errores de aproximación (RMSEA) con un valor de corte menor a 0.07, (Hair et al., 2010), el índice de ajuste no normado de Bentler-Bonet (NNFI) con un valor de corte mayor a 0.90 (Schermelel-Engel et al., 2003) y el índice de ajuste comparativo de Bentler (CFI) con un valor de corte de al menos 0.90, (Hair et al., 2010).

Finalmente, se realizó un análisis de los residuales estandarizados, para determinar el número de desviaciones estándares de los residuales observados respecto a los residuales cero que deberían existir si el modelo causal ajustara perfectamente como lo sugiere Byrne (2006).

3.3.10. Especificación del modelo estructural

En esta etapa se especificaron las relaciones de dependencia entre los constructos determinados en el análisis factorial confirmatorio, tales relaciones son de tipo predictivo y se justificaron a partir de la revisión de la literatura.

3.3.11. Evaluación del modelo estructural

Para evaluar el modelo estructural se usaron los mismos índices de ajuste aplicados en el análisis factorial confirmatorio, es decir se evaluó el ajuste con el índice χ^2 normado, el NNFI, el RSMEA y el CFI, verificando que el valor χ^2 del modelo de medida fuera menor que el valor χ^2 del modelo estructural. Adicionalmente, se verificó la validez del modelo estructural, comprobando que las estimaciones de los parámetros de las relaciones de dependencia fueran estadísticamente significativas y en la dirección prevista, (Hair et al., 2010).

4. RESULTADOS

Este capítulo se compone de siete secciones, en la primera sección se muestran los FCE identificados en la revisión de la literatura, en la segunda sección se describe la operacionalización de los constructos y variables. El diseño y los resultados de la validación del cuestionario se exponen en la tercera sección; el detalle de la aplicación del cuestionario y la captura de la información se presenta en la cuarta sección.

En la quinta sección, se exponen los resultados del análisis factorial (AF), incluyendo un apartado que presenta un análisis descriptivo de la información complementaria. En la sexta sección se identifican los factores significativos con lo que se construye el modelo conceptual de los FCE, en la últimas secciones correspondientes a la fase tres de la metodología, se describe la validación del modelo de ecuaciones estructurales, que incluye la especificación del modelo de medida, el análisis factorial confirmatorio para evaluar la validez de los constructos y la evaluación global del modelo estructural.

4.1. Identificación de FCE de la revisión de literatura

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 del MPT, también se hizo uso de algunas bases de datos: Emerald, Sciencedirect, Springerlink, Redalyc, Scirus, EBSCO, entre otras.

De esta revisión de literatura, se identificaron diversos FCE, que se clasificaron en tres grandes categorías. La primera de ellas, agrupa los aspectos relacionados con la alineación del proceso de implantación del MPT y la planeación estratégica de la empresa, la tabla No. 5 lista los FCE relacionados con esta categoría.

Tabla No. 4. FCE relacionados con la planeación estratégica

Factor identificado	Autores
Asesoría de Staff especializado	Swanson (1997).
Compromiso/contribución de la alta administración	Ahuja y Kamba (2008c), Ahmed et al. (2004), Chan et al. (2005), Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Hansson y Backlund (2003), Kumar et al. (2006), Lycke (2003), Lazim y Ramayah (2010), McAdam y McGeough (2000), Park y Han (2001).
Transformaciones culturales	Ahuja y Kamba (2008c), Carannante et al. (1996), Cooke (2000), Eti et al. (2006), Park y Han (2001).
Despliegue de políticas proactivas de mantenimiento	Ahuja y Kamba (2008c), Carannante et al. (1996).
Planeación Corporativa/ plan de implantación	Brah y Chong (2004), Alsyouf (2006), Chand y Shirvani (2000), Bamber et al. (1999), Eti et al (2004), Davis (1997), Graisa y Al-Habaibeh (2011), Jonsson (1997), Lazim y Ramayah (2010), Park y Han (2001).
Liderazgo de la alta administración	Brah y Chong (2004), Fredendall et al. (1997), Lycke (2003), Lazim y Ramayah (2010).
Proceso de sensibilización/ comunicación	Chan et al. (2005), Bamber et al. (1999), Eti et al. (2004), Lycke (2003), Park y Han (2001).
Selección efectiva del equipo de implantación	Chan et al. (2005), Lycke (2003).
Introducción gradual del MPT	Chan et al. (2005), Fredendall et al. (1997).
Alineación de objetivos organizacionales con el MPT	Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Jonsson (1997).
Asignación de recursos (financieros, humanos, tiempo, sistema de recompensas)	Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Eti et al. (2004), Davis (1997), Graisa y Al-Habaibeh (2011).

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar de la Tabla No. 4, existe un mayor consenso entre los autores en la importancia del compromiso de la alta administración para el proceso de despliegue del MPT y también que la existencia de un plan de implantación formulado por el nivel corporativo, influye en el éxito en el despliegue del MPT, por lo que estos factores se tomaron en cuenta para la operacionalización de las variables a considerar en esta investigación.

Tabla No. 5. FCE relacionados con aspectos técnicos

Factor identificado	Autores
Aplicación de un sistema computarizado de administración del mantenimiento / Tecnologías de información	Bohoris et al. (1995), Brah y Chong (2004), Chand y Shirvani (2000).
Mantenimiento descentralizado	Swanson (1997), Jonsson (1997)
Rutinas de mantenimiento preventivo	Ahuja y Kamba (2008c), Chinese y Ghirardo (2010), Friedli et al. (2010).
Aplicar un enfoque de mejoramiento al proceso/ integración con TQM/Lean/JIT	Ahuja y Kamba (2008c), Brah y Chong (2004), Carannante et al. (1996), Al- Najjar (1996), Finlow-Bates et al. (2000), Konecny y Thun (2011), Muthu et al. (2001).
Aplicar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Ben-Daya (2000), Chan et al. (2005), Chinese y Ghirardo (2010).
Aplicación integral de herramientas de Mantenimiento/Ingeniería	Blanchard (1997), Carannante et al. (1996), Al- Najjar (1996), Jonsson (1997), McAdam y McGeough (2000).
Uso y difusión de indicadores de desempeño	Carannante et al. (1996), Bamber et al. (1999), Ferrari et al. (2002), Fredendall et al. (1997).
Distribución de planta para el mantenimiento	Carannante et al. (1996).
Desarrollo de una estructura propia	Chan et al. (2005), Bamber et al. (1999), Jonsson (1997), Kumar et al. (2006).
Implantación de 5's	Friedli et al. (2010), Gnanaguru (2011).
Uso de modelos matemáticos	Lawrence (1999), Wang y Lee (2001).

Fuente: Elaboración propia

La segunda categoría, agrupa los FCE relacionados con aspectos técnicos inherentes al MPT, los cuales son mostrados en la Tabla No. 5, es importante señalar la posible relación de metodologías de mejoramiento continuo con el MPT, como posible factor de éxito. Los FCE relacionados con el involucramiento de los trabajadores, se agruparon en una categoría denominada desarrollo del recurso humano, en la Tabla No. 6 se listan estos factores.

Tabla No. 6. FCE relacionados con el desarrollo del recurso humano

Factor identificado	Autores
Integración de todos los empleados/trabajo en equipo/cooperación	Bohoris et al., (1995), Chand y Shirvani (2000), Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Fredendall et al. (1997), Jonsson (1997), Konecny y Thun (2011), Lycke (2003), Park y Han (2001).
Entrenamiento/ capacitación/educación	Swanson (1997), Ahuja y Kamba (2008c), Carannante et al. (1996), Chan et al. (2005), Eti et al. (2004), Ferrari et al. (2002), Fredendall et al.(1997), Graisa y Al-Habaibeh (2011), Konecny y Thun (2011), Lazim y Ramayah (2010), Park y Han (2001).
Involucramiento del empleado	Ahuja y Kamba (2008c), Brah y Chong (2004), Cooke (2000), Bamber et al. (1999), Fredendall et al. (1997), Friedli et al. (2010), Parida y Kumar (2006).
Selección efectiva del equipo de implantación	Chan et al. (2005), Lycke (2003).
Implantación de un sistema de sugerencias	Konecny y Thun (2011), McAdam y McGeough (2000).

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente sección se describe detalladamente la operacionalización de los constructos y variables.

4.2. Operacionalización de constructos y variables

A partir de un análisis de la concidencia entre los FCE identificados en cada categoría se establecieron a priori los siguientes constructos:

- Proceso de planeación estratégica
- Desarrollo del recurso humano
- Distribución de planta para el MPT
- Contribuciones gerenciales
- Comunicación del proceso de implantación
- Técnicas básicas del MPT
- Prácticas de mejora continua
- Estructura propia

En la Tabla No. 7 se muestran los constructos, definiciones y variables de medición propuestas para la identificación de FCE en la implantación del MPT.

Tabla No. 7. Operacionalización de constructos y variables

Constructo	Definición Conceptual	Variable	Ítem
Proceso de planeación estratégica	El proceso de planeación estratégica para implementar el MPT, está relacionado con el grado en que la estrategia corporativa brinda soporte al desarrollo del programa de mantenimiento y el grado de esfuerzo para propagar el programa ampliamente en base al apoyo y comprensión de la misión por parte de los empleados (Brah y Chong, 2004; Lazim y Ramaya, 2010), e incluye la definición de políticas de mantenimiento (Brah y Chong, 2004; Ahuja y Kamba, 2008c). Además, el plan establece aspectos relacionados con la introducción gradual del programa (Fredendall et al., 1997; Chan et al., 2005), la evaluación sistemática del programa, Ahuja y Kamba (2008c) y la asignación de recursos (Cooke, 2000; Graisa y Al-Habaibeh, 2011).	Las responsabilidades de nuestro programa de mantenimiento estén bien establecidas para todas las áreas de la planta.	1
		La formulación de nuestra misión, estrategias y políticas reflejen el compromiso de la alta gerencia con el mantenimiento del equipo.	2
		Nuestras metas corporativas fomenten y apoyen el desarrollo de un programa de mantenimiento.	3
		La declaración de la misión sea comunicada efectivamente en toda la empresa	4
		La declaración de la misión sea completamente apoyada por nuestros empleados.	5
		El plan de implantación contemple una política para el mantenimiento planeado.	6
		El plan de implantación contemple una política para incorporar prácticas de mantenimiento predictivo.	7
		El plan de implantación contemple indicadores para evaluar el desempeño del programa de mantenimiento.	8
		El plan de implantación prevea la introducción gradual del programa.	9
		La asignación de recursos financieros para apoyar la implantación sea suficiente.	10

		El plan prevea un horizonte de largo plazo para implantar completamente el programa.	11
		El plan establezca un sistema de incentivos para premiar los logros obtenidos.	12
Desarrollo del recurso humano	Este constructo esta relacionado con el involucramiento del recurso humano para solucionar los problemas ocasionados por el pobre desempeño del equipo, la existencia de equipos de trabajo específicos de MPT, los cuales tienen metas claras, son liderados efectivamente y se integran con otros equipos existentes, Brah y Chong, (2004).	Se formen equipos para resolver problemas de producción y fomentar la participación de los empleados.	13
		Los empleados dispongan de recursos para tratar con problemas de paros de equipo inesperado.	14
		A los operadores se les haya dado entrenamiento en principios de mantenimiento autónomo.	15
		Los operadores sean responsables del mantenimiento de sus máquinas.	16
	También se relaciona con una efectiva cooperación transdepartamental entre los empleados a través de un programa de capacitación y entrenamiento (Brah y Chong, 2004; Chan et al., 2005; Ahuja y Kamba, 2008c; Konecny y Thun, 2011).	Los operadores sean responsables de inspeccionar su propio trabajo.	17
		Exista un programa que garantice que las sugerencias de los empleados sean regularmente evaluadas e implantadas.	18
		Exista un programa que garantice que la administración comunique porque las sugerencias fueron o no implantadas.	19
		La habilidad para resolver problemas sea un criterio de promoción del empleado.	20
	Los equipos de TPM estén enfocados de acuerdo a metas preestablecidas.	21	
			22

		Las metas de los equipos de TPM esten alineadas con las metas de la empresa.	23
		Los responsables de los equipos de TPM cuenten con experiencia en el sistema y tengan cualidades de liderazgo.	24
		Los empleados de las diferentes departamentos de la planta cooperen entre sí para resolver sus conflictos.	25
		Los empleados de los departamentos administrativos conozcan los problemas de producción.	26
		Los empleados reciban entrenamiento para desempeñar múltiples tareas.	27
		Los empleados reciban entrenamiento cruzado para que puedan sustituir a otros si es necesario.	28
		Los empleados reciban entrenamiento para trabajar en equipo.	28
Distribución de planta para el MPT	Este constructo se relaciona con las acciones desarrolladas para que la distribución de planta favorezca la función del mantenimiento, Carannante et al. (1996).	Las instalaciones de suministro de energía (electricidad, fluidos, gas, etc.) se diseñen con las capacidades de operación requeridas por los equipos de producción.	29
		La distribución del equipo de manufactura, tome en cuenta accesos para el fácil mantenimiento.	30
Contribuciones gerenciales	Este constructo se forma con dos factores ampliamente mencionados en la literatura: el compromiso y el liderazgo de la alta administración (Bamber et al., 1999; Hansson y	Se perciba un liderazgo de la dirección, en la ejecución de los programas de TPM.	31
		La dirección cree y comunica una visión centrada en calidad y mantenimiento.	32

	Backlund, 2003; Lycke, 2003; Brah y Chong, 2004; Ahmed et al., 2005; Ahuja y Kamba, 2008c; Lazim y Ramayah, 2010; Garcia et al., 2010).	Los jefes de departamento acepten su responsabilidad hacia el TPM.	33
	La definición conceptual y las variables que miden la dimensión del compromiso son las utilizadas por García et al. (2010); para la definición de la dimensión del liderazgo se aplicó el criterio establecido por Brah y Chong (2004) y se adaptó la escala utilizada por estos mismos autores	Existan reuniones de trabajo entre el departamento de mantenimiento y producción.	34
		La gerencia promueva la participación de trabajadores en el mantenimiento y conservación del equipo.	35
		La dirección se involucre en proyectos para mejorar los resultados del programa de mantenimiento.	36
		La dirección defina e identifique indicadores para el desempeño del programa de mantenimiento.	37
		La dirección promueva activamente una cultura de TPM.	38
		La dirección pondere correctamente el TPM y el programa de producción.	39
Comunicación del proceso de implantación	Este constructo esta relacionado con las acciones desarrolladas por la administración para efectuar una sensibilización previa a la implantación del TMP, comunicar claramente los progresos del sistema a través del uso y difusión de indicadores de desempeño del mantenimiento, (Park y Han, 2001; Ferrari et al., 2002; Brah y Chong, 2004; Chan et al., 2005).	La frecuencia del tiempo muerto debido a paros, set-up, microparos, reducción de velocidad, defectos, retrabajo, y pérdidas del rendimiento sean graficados y mostrados en el piso de producción.	40
		Empleados tengan fácil acceso a la información de la productividad.	41
		La dirección promueva sesiones de sensibilización previas a cualquier cambio radical en los sistemas de manufactura.	42
Técnicas básicas del MPT	Este constructo esta relacionado con el grado de adopción de cuatro conceptos básicos del MPT: el	Los operarios del equipo dediquen una porción de cada día solamente al mantenimiento.	43

mantenimiento planeado y autónomo, un énfasis tecnológico, desarrollo de equipo propio y el uso del programa de	Se considere al mantenimiento como una estrategia para cumplir con los requerimientos de entrega y calidad del cliente.	44
5's. Para medir las variables se han adaptado ítems propuestos por las escalas de Cua et al. (2001) y García et al. (2010).	Nosotros tengamos un turno o parte del mismo dedicado a actividades de mantenimiento.	45
	Nuestro departamento de mantenimiento se enfoque en asistir a los operarios para desempeñar su propio mantenimiento preventivo.	46
	Nuestra planta se mantenga a la vanguardia en las nuevas tecnologías en nuestra industria.	47
	En nuestra planta estemos constantemente pensando en la siguiente generación de tecnología.	48
	Nuestra planta sea líder en el uso efectivo de nuevas tecnologías para procesos de manufactura.	49
	Los ingenieros de la planta busquen permanentemente aprender y mejorar el equipo después de su instalación.	50
	Nosotros desarrollemos equipo propio y específico para nuestros procesos.	51
	Contemos con proveedores para la mayoría de nuestros equipos.	52
	Contemos con equipo propio que esté protegido por patentes de la firma.	53
	El desarrollo de equipo propio nos ayude a obtener una ventaja competitiva.	54
	El programa garantice que Los operarios mantengan sus áreas de trabajos limpios y ordenados.	55

		La planta se distinga por estar limpia en todo momento y en todos los departamentos.	56
		Los operarios tengan la disciplina de poner todas las herramientas y accesorios en su lugar.	57
		La alta gerencia sea ejemplo del orden y limpieza en el área de trabajo.	58
Prácticas de mejora continua	Este constructo tiene relación con la implantación del MPT en conjunto o como parte de la implantación de otras prácticas de manufactura de clase mundial como la Manufactura Esbelta (ME) y la Administración Total del Calidad (ATC), con el fin de medir su relación predictora con el MPT. Las variables para medir el grado de adopción de la ATC se han adaptado de los trabajos de McKone et al. (2001) y Cua et al. (2001). Para medir la dimensión de la ME se adaptaron ítems basados en las variables propuestas por Panizzolo (1998), para caracterizar a las empresas esbeltas.	Nosotros estemos en estrecho contacto con nuestros clientes.	59
		Nos esforcemos por ser sensibles a las necesidades de nuestros clientes.	60
		Nos esforcemos por establecer relaciones de largo plazo con nuestros proveedores.	61
		Contemos con un número pequeño de proveedores pero de alta calidad.	62
		Nuestros proveedores cuenten con certificaciones que acreditan su calidad.	63
		Nosotros monitoreemos nuestros procesos aplicando técnicas de control estadístico.	64
		Un gran porcentaje de nuestros equipos o procesos estén bajo control estadístico de calidad.	65
		En la empresa se reducen continuamente los tiempos de set-up.	66
		Los tiempos de ciclo se reducen continuamente.	67
		El sistema de control de producción se base en un sistema de jalón (pull system).	68

		En la planta se utilice el control visual para el piso de producción.	69
Estructura propia	Este constructo esta relacionado con la formación y funcionamiento de un departamento específico que coordina el entrenamiento necesario para la implantación del MPT, así como, promover ampliamente el programa y sus beneficios, (Chan et al., 2005; Kumar et al., 2006).	En nuestra planta se desarrolle un plan maestro de capacitación para cada nivel jerárquico de los trabajadores.	70
		El programa de capacitación se actualice continuamente.	71
		En la planta se dé un seguimiento permanente a las lecciones aprendidas del TPM.	72
		En la planta se promueva continuamente la filosofía del TMP.	73
		En la planta se difundan las buenas o malas experiencias obtenidas durante la implantación del TPM.	74

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla No. 8 presenta la operacionalización del constructo éxito del MPT, en este constructo se incorporó una variable que mide la percepción que tiene el sujeto de estudio, en la reducción del tiempo muerto en el equipo de producción, una vez que se ha avanzado o culminado la implantación del MPT. Con la operacionalización de las variables descritas en las Tablas No. 7 y No. 8 se procedió a diseñar el cuestionario.

Tabla No. 8. Operacionalización del constructo: Éxito del MPT.

Constructo	Definición Conceptual	Variable	Ítem
Éxito del MPT	Este constructo esta relacionado con el impacto que tiene la adopción de las prácticas establecidas por el MPT con el mejoramiento de las cuatro dimensiones del desempeño operacional reportadas por Cua et al. (2001).	La implantación del TPM en las diferentes líneas de producción ha generado una reducción en el tiempo muerto por paros de equipo.	75
		Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en costo unitario de manufactura.	76
		Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en calidad del producto.	77
		Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en tiempo y confiabilidad de entrega del producto.	78
		Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en flexibilidad para cambiar la mezcla y volumen del producto.	79

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Diseño y validación del cuestionario

El diseño del cuestionario que se muestra en el Anexo No. 2, es resultado de las correcciones y sugerencias efectuadas por los expertos consultados, comprobando de este modo, la validez de contenido del instrumento.

La tabla No. 9 muestra el cálculo inicial del índice alfa de Cronbach (α) a una muestra aleatoria de 30 cuestionarios válidos, el valor obtenido fue mayor al mínimo de 0.75 recomendado en Lévy y Varela (2003).

Tabla No. 9. Estadístico de Fiabilidad.

Alfa de Cronbach	No. de elementos
.987	74

Para analizar la contribución de cada ítem a la consistencia del instrumento, se calculó nuevamente el índice α , eliminando cada uno de los ítems.

Tabla No. 10. Modificación del Alfa de Cronbach.

No. Ítem	α si se elimina el ítem	No. Ítem	α si se elimina el ítem	No. Ítem	α si se elimina el ítem	No. Ítem	α si se elimina el ítem
ítem1	.987	ítem20	.987	ítem39	.986	ítem58	.986
ítem2	.986	ítem21	.986	ítem40	.986	ítem59	.987
ítem3	.986	ítem22	.986	ítem41	.986	ítem60	.986
ítem4	.986	ítem23	.986	ítem42	.986	ítem61	.986
ítem5	.986	ítem24	.986	ítem43	.986	ítem62	.986
ítem6	.986	ítem25	.986	ítem44	.986	ítem63	.986
ítem7	.987	ítem26	.986	ítem45	.986	ítem64	.986
ítem8	.986	ítem27	.986	ítem46	.986	ítem65	.986
ítem9	.986	ítem28	.986	ítem47	.986	ítem66	.986
ítem10	.986	ítem29	.986	ítem48	.986	ítem67	.986
ítem11	.986	ítem30	.986	ítem49	.986	ítem68	.986
ítem12	.987	ítem31	.986	ítem50	.986	ítem69	.986
ítem13	.986	ítem32	.986	ítem51	.986	ítem70	.986
ítem14	.986	ítem33	.986	ítem52	.987	ítem71	.986
ítem15	.987	ítem34	.986	ítem53	.987	ítem72	.986
ítem16	.987	ítem35	.986	ítem54	.987	ítem73	.986
ítem17	.986	ítem36	.986	ítem55	.986	ítem74	.986
ítem18	.986	ítem37	.986	ítem56	.986		
ítem19	.986	ítem38	.986	ítem57	.986		

En la Tabla No. 10, se muestra el resultado obtenido y como se puede observar, en ningún caso, mejoró el índice global del cuestionario, por lo que se concluye que cada uno de los 74 ítems, sí representan los constructos que se identificaron en la revisión de

la literatura, contribuyendo a la consistencia del instrumento. Se procedió a la distribución de los cuestionarios en las diversas plantas de la IME, recolectando 306 cuestionarios válidos. A la información recolectada, se le calculó el índice α , el resultado se muestra en la Tabla Número 11.

Tabla No. 11. Estadístico de Fiabilidad de la muestra de 306 casos.

Alfa de Cronbach	No. de elementos
.986	79

Como se puede observar, en la muestra de 306 casos, se confirma el criterio de fiabilidad para el instrumento, por lo que se procedió a su aplicación.

4.4. Aplicación del cuestionario y captura de la información

La distribución del cuestionario se efectuó en forma impresa o electrónica; la primera se realizó con el apoyo del padrón de egresados de los programas de ingeniería industrial, ingeniería en manufactura e ingeniería en mecatrónica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Por otro lado, se contactó a gerentes de diversas empresas, enviándoles el cuestionario vía correo electrónico, explicándoles el objetivo de la investigación, solicitando su apoyo para contestarlo y distribuirlo al personal que tuviera conocimiento del proceso de implantación del MPT y reenviar los cuestionarios contestados al correo del autor.

La mayoría de los cuestionarios se recolectaron de forma personal, explicando a cada participante, la estructura del cuestionario y los conocimientos que debían tener para que las respuestas proporcionadas contribuyeran a los objetivos de esta investigación, se distribuyeron 482 cuestionarios en diversas plantas de la IME de los cuales se recolectaron 306 cuestionarios, obteniéndose una tasa de respuesta de 63.5 %.

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales...	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	VAR00001	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	VAR00002	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
3	VAR00003	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
4	VAR00004	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
5	VAR00005	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
6	VAR00006	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
7	VAR00007	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
8	VAR00008	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
9	VAR00009	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
10	VAR00010	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
11	VAR00011	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
12	VAR00012	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
13	VAR00013	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
14	VAR00014	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
15	VAR00015	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
16	VAR00016	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
17	VAR00017	Numérico	8	2	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada

Figura No. 11. Plantilla de captura de datos en SPSS.

En la Figura No. 11, se presenta un extracto de la hoja de trabajo utilizada para la captura de los datos, como se puede observar se verificó la consistencia de la variable capturada y su escala correspondiente.

4.5. Análisis Factorial de los datos

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del análisis factorial de los datos recolectados para disminuir el número de las variables identificadas previamente en la revisión de la literatura y elaborar un modelo explicativo del éxito en la implantación del MPT, que posteriormente fue confirmado con la técnica de modelos de ecuaciones estructurales.

4.5.1. Comprobación de la adecuación de la muestra

Las pruebas de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin y de esfericidad de Barlett fueron obtenidos con el paquete estadístico SPSS, la Tabla No. 12, recoge los valores calculados a la muestra de 306 cuestionarios.

Tabla No. 12. Prueba de KMO y de esfericidad de Barlett.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0.966
Prueba de esfericidad de	Chi-cuadrado aproximado	22016.763
Bartlett	gl	3081
	Sig.	0.000

El valor obtenido de la prueba KMO es de 0.966, mayor al mínimo de 0.80 recomendado por Levy y Varela (2003), lo que implica que las correlaciones parciales son pequeñas y por lo mismo están midiendo un mismo factor. Respecto a la prueba de esfericidad de Barlett, la significancia es cero, es decir, se rechaza la hipótesis de que la matriz de correlaciones es una matriz identidad y significa que hay una proporción muy alta de correlaciones significativas entre las variables, pudiéndose agrupar en componentes significativos.

4.5.2. Extracción de los factores significativos

Para la extracción de los factores significativos se utilizó el método de componentes principales, ya que en esta investigación, interesa reproducir la totalidad de la varianza, y este método es el indicado para ello, Hair *et al.*, (2010). La Tabla No. 13, muestra los valores propios obtenidos de la matriz de varianzas-covariancias y el porcentaje de contribución a la varianza de cada componente extraído.

Se utilizó como criterio de extracción, factores con autovalores o eigenvalores mayores a la unidad (criterio de Kaiser), con la finalidad de que las variables que carguen en estos factores tengan el poder explicativo de ellas mismas.

Tabla No. 13. Solución factorial inicial

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	37.863	47.928	47.928	37.863	47.928	47.928
2	3.016	3.818	51.747	3.016	3.818	51.747
3	2.594	3.284	55.030	2.594	3.284	55.030
4	2.005	2.538	57.569	2.005	2.538	57.569
5	1.670	2.113	59.682	1.670	2.113	59.682
6	1.598	2.023	61.705	1.598	2.023	61.705
7	1.505	1.906	63.610	1.505	1.906	63.610
8	1.333	1.688	65.298	1.333	1.688	65.298
9	1.244	1.574	66.872	1.244	1.574	66.872
10	1.173	1.484	68.357	1.173	1.484	68.357
.	.704	.891	78.316			
.						
79	.062	.079	100.000			

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del SPSS

Como se puede apreciar en la Tabla No. 13, diez componentes tienen un eigenvalor mayor a la unidad y en conjunto explican aproximadamente el 69% de la varianza, la matriz de varianzas explicadas se muestra completa en el Anexo 3.

La Tabla No.14 presenta un extracto de la matriz de componentes que representa la solución factorial, en ella, se muestran las cargas factoriales entre las variables originales y cada uno de los factores extraídos, la matriz de componentes completa se puede consultar en el Anexo No. 4.

Tabla No. 14. Matriz de Componentes

	Componente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ÍTEM1	.203	.025	-.045	-.001	.016	-.111	.025	-.032	-.059	-.052
ÍTEM2	.187	.011	.025	.030	-.005	-.092	-.096	-.052	-.038	-.028
ÍTEM3	.185	-.017	.045	-.017	.006	-.034	-.074	-.010	-.044	-.095
.
.
ÍTEM29	.005	-.040	.095	.318	-.029	-.085	-.026	.008	-.113	-.084
ÍTEM30	-.003	-.059	.053	.312	-.038	-.145	-.057	.009	.018	-.018
.
.
ÍTEM76	-.013	-.086	.023	-.078	.276	.007	-.013	-.068	.015	-.009
ÍTEM77	-.018	-.015	-.047	-.014	.285	-.050	.000	-.031	.002	-.022
ÍTEM78	-.015	-.066	.081	-.058	.273	-.054	.011	.021	-.104	.011
ÍTEM79	.010	-.010	-.023	-.033	.263	.006	-.130	-.021	.021	-.006

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del SPSS

También, se observa que no es posible verificar cuales variables o ítems se agrupan con cual componente, sin embargo de esta matriz se obtiene la comunalidad de cada una de las variables, la cual representa la proporción de la varianza de una variable que puede ser explicada por el modelo factorial obtenido.

En la Tabla No. 15 se muestra un extracto de las comunalidades de las variables, la matriz completa se encuentra en el Anexo No. 5. La comunalidad de una variable se obtiene sumando los cuadrados de cada una de las cargas factoriales mostradas en la matriz de componentes, por ejemplo, la comunalidad del ítem 1 que es 0.640, se calcula sumando el cuadrado de cada uno de los siguientes valores: 0.203, 0.025, -0.045, -0.001, 0.016, - 0.111, .0.025, -0.032, -.059 y -0.052.

Tabla No. 15. Matriz de Comunalidades.

Variable	Inicial	Extracción
ÍTEM1	1.000	.640
.	.	.
.	.	.
ÍTEM7	1.000	.703
ÍTEM25	1.000	.567
ÍTEM52	1.000	.569
ÍTEM55	1.000	.699
ÍTEM60	1.000	.760
ÍTEM61	1.000	.735
.	.	.
ÍTEM73	1.000	.801

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del SPSS

De la tabla, se puede deducir que ciertas variables que tienen comunalidades bajas como los ítems 25 y 52 probablemente serán eliminados de la agrupación, debido a que un valor bajo de comunalidad implica que los factores comunes, reproducen un valor bajo de su varianza; mientras que variables con valores moderados, como es el caso de los ítems 1, 7 y 55; o bien ítems con comunalidades altas como el 60, 61 o el 73 serán agrupados en los factores extraídos.

La matriz de la transformación de las componentes se muestra en la Tabla No.16, esta matriz es útil porque al multiplicarse por la matriz de componentes, da como resultado la matriz de componentes rotados.

Tabla No. 16. Matriz de Transformación de las Componentes.

Componente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	.406	.354	.354	.335	.293	.287	.277	.248	.238	.232
2	-.452	.320	-.059	-.064	.557	-.233	-.033	.453	-.043	-.255
3	.635	-.092	-.531	.129	.194	.046	-.135	.210	-.312	-.278
4	.206	.266	.104	-.145	-.643	-.264	-.102	.508	.220	-.154
5	.295	-.241	.312	-.428	.281	.001	.083	-.203	.427	-.391
6	-.125	-.685	-.111	.236	.067	.003	-.170	.414	.431	.153
7	.131	.053	.180	-.424	.170	.155	-.648	.128	-.149	.499
8	.175	-.214	.008	-.414	.108	-.495	.481	.169	-.237	.300
9	.169	.044	.132	.449	.122	-.688	-.221	-.282	.072	.219
10	.009	-.136	.120	.029	-.082	.111	.059	-.084	-.318	.019
11	-.040	.144	-.494	-.119	-.024	.130	.324	-.024	.287	.464
12	.071	.275	-.401	-.198	.076	-.136	-.222	-.293	.402	-.039

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Se eligió el método de rotación Varimax para calcular la matriz de componentes rotados, ya que este método agrupa las variables que presentan cargas factoriales altas en un factor, mientras que estas mismas variables presentan cargas factoriales bajas en el resto de los factores; de este modo se minimiza el número de variables que saturan cada factor.

Además, es necesario determinar cuales variables de la matriz rotada serán retenidas en cada factor extraído, para ello, se aplicó el criterio sugerido en Costello y Osborne (2005), quienes recomiendan retener ítems con cargas factoriales iguales o mayores a 0.5. Con este procedimiento se eliminaron del análisis, ítems con características de

cargas cruzadas, es decir, que tienen cargas factoriales de similar intensidad en dos o más factores. La Tabla No. 17 muestra la matriz rotada y contiene únicamente los ítems retenidos que explican cada factor o componente extraído, en el anexo No. 6 se muestra la matriz completa. Como se puede observar, cada ítem carga en un solo factor, de esta forma es posible identificar los factores significativos y los ítems que lo conforman.

Tabla No. 17. Matriz Rotada

Variable	Componente				
	1	.....	3	7	9
ÍTEM1	.661	.....	.....	.....	.....
ÍTEM2	.662	.....	.....	.....	.....
ÍTEM3	.674	.....	.....	.....	.....
.
ÍTEM15	.	.	.	.	.615
ÍTEM16	.	.	.	.	.823
ÍTEM21	.	.	.602	.	.
ÍTEM22	.	.	.599	.	.
ÍTEM23	.	.	.635	.	.
ÍTEM40	.	.	.	.660	.
ÍTEM41	.	.	.	.624	.
ÍTEM59	.	.773	.	.	.
ÍTEM60	.	.668	.	.	.
ÍTEM61	.	.621	.	.	.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del SPSS

La Tabla No. 18, muestra la nueva matriz de varianza explicada, en la cual se identifican los doce factores extraídos y el porcentaje de varianza explicada por cada uno de ellos. Como recomienda Costello y Osborne (2005) se eliminaron de la solución factorial, los componentes 11 y 12 que se muestran en negrita; así, los diez factores restantes explican el 65.4% de la varianza observada. De esta forma se identificaron los factores significativos que representan los FCE relacionados con el despliegue del MPT.

Tabla No. 18. Varianza explicada en la matriz rotada

Componente	Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Autovalores iniciales	% de la varianza	% acumulado
1	8.255	10.449	10.449
2	6.268	7.934	18.384
3	6.217	7.869	26.253
4	5.550	7.025	33.278
5	5.351	6.774	40.052
6	4.433	5.611	45.664
7	4.215	5.336	50.999
8	4.190	5.303	56.303
9	3.585	4.538	60.841
10	3.568	4.517	65.358
11	3.019	3.821	69.179
12	1.494	1.891	71.069

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del SPSS

Para concluir, se inspeccionaron los residuales no redundantes entre las matrices de correlaciones observada y reproducidas, identificando que sólo un 6% de ellos tienen valores absolutos mayores a 0.05, con lo que se comprueba la calidad de la solución factorial propuesta en este estudio.

4.5.3. Análisis Descriptivo de la Información Complementaria

El cuestionario incluyó dos preguntas para identificar el sector industrial y tamaño de la planta participante y tres preguntas relacionadas con el puesto, antigüedad y género de los entrevistados, un análisis descriptivo de las características demográficas de los entrevistados se muestra en la Tabla No. 19. Cabe señalar que no todos los participantes contestaron de forma completa la sección relacionada con la información correspondiente al puesto, a la antigüedad y al género, por lo que los resultados porcentuales relativos se presentan únicamente para el número de casos contestados.

Tabla No. 19. Perfil de los Entrevistados

Característica	No. de Casos	%
Género		
Masculino	162	82%
Femenino	36	18%
Puesto générico ocupado		
Gerente	22	12%
Ingeniero de mantenimiento o área	82	44%
Supervisor de mantenimiento o de producción	59	59%
Administrativo	6	3%
Jefe de grupo	6	3%
Técnico en mantenimiento	13	7%
Antigüedad en el puesto		
Menos de 2 años	39	20%
Entre 2 y 5 años	66	24%
Entre 5 y 10 años	59	31%
Más de 10 años	29	15%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, un 90% de los entrevistados ocupan una posición jerárquica de mando, el restante 10% son mandos operativos que han participado activamente en los programas de mejora continua en sus empresas, por lo que se considera que la información proporcionada es relevante para la investigación. Por otra parte, aproximadamente la mitad de los participantes cuentan con una antigüedad mayor a 5 años, es decir una proporción significativa de sujetos son empleados con amplia experiencia y que ocupan una posición jerárquica importante en la estructura organizacional de las plantas que conforman la muestra.

Según datos del Instituto de Nacional de Estadística y Geografía, en abril del 2009, la ocupación de empleos generados por la industria maquiladora en Ciudad Juárez fue de 214,416 ocupados en poco menos de 400 plantas, donde alrededor del 90% de ellas fabrican o manufacturan componentes o productos terminados, predominando la industria automotriz, la industria electrónica y eléctrica y la industria médica. Como se puede apreciar en la Tabla No. 20, el 86% de los encuestados pertenecen a los sectores industriales predominantes, mencionados con anterioridad.

Tabla No. 20. Distribución porcentual por sector industrial

Sector Industrial	Automotriz	Electrica/ Electronica	Médico	Otros	Sin Referencia
Distribucion Porcentual	54 %	21 %	11 %	13 %	1 %

Fuente: Elaboración propia.

Según el acuerdo publicado el día 30 de Junio del 2009 por la Secretaría de Economía de México, en el Diario Oficial de la Federación, las empresas del sector industrial se clasifican en pequeñas, medianas y grandes. Esta clasificación se basa entre otros criterios, en el rango de trabajadores que ocupa; así, una empresa se tipifica como pequeña si emplea entre 11 y 50 trabajadores; en mediana si emplea entre 51 a 250 trabajadores y grande si excede los 251 trabajadores. Respecto al tamaño de las plantas participantes, el 92% de los encuestados provienen de empresas con más de 251 empleados, un 6% provienen de empresas entre 51 y 250 empleados y un 2% de empresas menores a 50 empleados. La razón de que la mayor parte de los encuestados provenga de empresas grandes obedece a que en Ciudad Juárez, se han establecido plantas industriales que ocupan desde 500 hasta 2000 trabajadores cuyos clientes o corporativos son empresas líderes como General Motors, Toyota, Mercedes Benz, Lexmar, Toshiba, Johnson & Johnson entre otras, empresas que compiten intensamente en sus mercados y que es del dominio público que utilizan prácticas clase mundial como el MPT para desarrollar sus competencias distintivas.

4.6. Identificación de Factores Significativos (FCE)

Los FCE se determinaron a través de un examen cuidadoso de la correspondencia entre los resultados de la matriz rotada y los constructos elaborados a priori a partir de la revisión de la literatura, la Tabla No. 21 muestra las variables latentes identificadas y sus correspondientes variables manifiestas o ítems.

Tabla No. 21. Constructos que conforman el modelo

Constructo	Nombre de la variable latente	Variable manifiesta o ítem
1	Alineación estratégica del MPT	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11
2	Integración con prácticas de mejora continua	64,65,66,67,68,69
3	Alineación del equipo de trabajo MPT	21,22,23
4	Desarrollo de equipo propio	51,53,54
5	Integración con clientes y proveedores	59,60,61,62,63
6	Distribución de planta para el MPT	29,30
7	Comunicación del proceso de implantación	40,41
8	Mantenimiento autónomo	15,16
9	Aplicación de tecnología de vanguardia	47,48,49
10	Mejora del desempeño operacional	75,76,77,78,79

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar de la tabla 21, los factores 1, 6 y 7 coinciden con los constructos identificados a priori como proceso de planeación estratégica, distribución de planta para el MPT y comunicación del proceso de implantación, respectivamente.

Al factor 2 se le denominó integración del MPT con prácticas de mejora continua y combina indicadores relacionados con la aplicación de herramientas de mejora continua propias de la administración total de la calidad y el justo tiempo.

Inicialmente se propuso que el constructo técnicas básicas del MPT, integrara actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo, la incorporación de tecnología de vanguardia al equipo de producción, la innovación para el desarrollo de nuevo equipo o la adaptación del existente y la aplicación de un programa de 5's. Sin embargo, el análisis factorial separó este constructo en tres factores distintos, el factor 9 relacionado con la incorporación de tecnología de vanguardia al equipo de producción, el factor 4 vinculado a la innovación para el desarrollo de nuevo equipo o para la adaptación del ya existente y el factor 6 compuesto por actividades referentes al mantenimiento preventivo efectuado por los operarios.

En lo que se refiere al constructo desarrollo del recurso humano, se agruparon ítems relacionados con acciones encaminadas al desarrollo de equipos de trabajo específicos para el despliegue y seguimiento del proceso de implantación del MPT, por lo que se sustituyó por un factor denominado alineación del equipo de trabajo MPT.

Finalmente, al factor 7 se le denominó integración con clientes y proveedores y se compone con actividades enfocadas a vincular las necesidades de clientes con la función del mantenimiento y el involucramiento de los proveedores en las tareas de diseño de equipo para la producción, todos los factores anteriormente descritos, representan los FCE. También, se comprobó la identificación a priori del constructo mejora en el desempeño operacional posterior a la implantación del MPT, como una variable latente para medir el éxito en la implantación del MPT y está representada por el factor 10.

4.7. Especificación del modelo de medida

Para evaluar las propiedades psicométricas del modelo, se efectuó un análisis factorial confirmatorio (AFC) de primer orden (Byrne, 2006). La especificación inicial del modelo consta de 51 variables exógenas, 10 de ellas están representadas por los constructos mostrados en la Tabla No. 19 y el resto de estas variables son los errores de medición asociados a los indicadores o ítems asignados a cada constructo. Las variables endógenas del modelo, están representadas por los 41 indicadores asignados a los constructos. Las ecuaciones estructurales especificadas para el modelo de medida propuesto se muestran a continuación:

$$\begin{array}{lll} \text{VAR}_{47} = \lambda_{11} * \text{F1} + \varepsilon_{47} ; & \text{VAR}_{7} = \lambda_{73} * \text{F3} + \varepsilon_{7} ; & \text{VAR}_{21} = \lambda_{17} * \text{F7} + \varepsilon_{21} \\ \text{VAR}_{48} = \lambda_{21} * \text{F1} + \varepsilon_{48} ; & \text{VAR}_{8} = \lambda_{83} * \text{F3} + \varepsilon_{8} ; & \text{VAR}_{22} = \lambda_{27} * \text{F7} + \varepsilon_{22} \\ \text{VAR}_{49} = \lambda_{31} * \text{F1} + \varepsilon_{49} ; & \text{VAR}_{9} = \lambda_{93} * \text{F3} + \varepsilon_{9} ; & \text{VAR}_{23} = \lambda_{37} * \text{F7} + \varepsilon_{23} \\ \text{VAR}_{59} = \lambda_{12} * \text{F2} + \varepsilon_{59} ; & \text{VAR}_{11} = \lambda_{103} * \text{F3} + \varepsilon_{11} ; & \text{VAR}_{51} = \lambda_{18} * \text{F8} + \varepsilon_{51} \\ \text{VAR}_{60} = \lambda_{22} * \text{F2} + \varepsilon_{60} ; & \text{VAR}_{64} = \lambda_{14} * \text{F4} + \varepsilon_{64} ; & \text{VAR}_{53} = \lambda_{28} * \text{F8} + \varepsilon_{53} \\ \text{VAR}_{61} = \lambda_{32} * \text{F2} + \varepsilon_{61} ; & \text{VAR}_{65} = \lambda_{24} * \text{F4} + \varepsilon_{65} ; & \text{VAR}_{54} = \lambda_{38} * \text{F8} + \varepsilon_{54} \\ \text{VAR}_{62} = \lambda_{42} * \text{F2} + \varepsilon_{62} ; & \text{VAR}_{66} = \lambda_{34} * \text{F4} + \varepsilon_{66} ; & \text{VAR}_{75} = \lambda_{19} * \text{F9} + \varepsilon_{75} \\ \text{VAR}_{63} = \lambda_{52} * \text{F2} + \varepsilon_{63} ; & \text{VAR}_{67} = \lambda_{44} * \text{F4} + \varepsilon_{67} ; & \text{VAR}_{76} = \lambda_{29} * \text{F9} + \varepsilon_{76} \\ \text{VAR}_{1} = \lambda_{13} * \text{F3} + \varepsilon_{1} ; & \text{VAR}_{68} = \lambda_{54} * \text{F4} + \varepsilon_{68} ; & \text{VAR}_{77} = \lambda_{39} * \text{F9} + \varepsilon_{77} \\ \text{VAR}_{2} = \lambda_{23} * \text{F3} + \varepsilon_{2} ; & \text{VAR}_{69} = \lambda_{64} * \text{F4} + \varepsilon_{69} ; & \text{VAR}_{78} = \lambda_{49} * \text{F9} + \varepsilon_{78} \\ \text{VAR}_{3} = \lambda_{33} * \text{F3} + \varepsilon_{3} ; & \text{VAR}_{15} = \lambda_{15} * \text{F5} + \varepsilon_{15} ; & \text{VAR}_{79} = \lambda_{59} * \text{F9} + \varepsilon_{79} \\ \text{VAR}_{4} = \lambda_{43} * \text{F3} + \varepsilon_{4} ; & \text{VAR}_{16} = \lambda_{25} * \text{F5} + \varepsilon_{16} ; & \text{VAR}_{29} = \lambda_{110} * \text{F10} + \varepsilon_{29} \\ \text{VAR}_{5} = \lambda_{53} * \text{F3} + \varepsilon_{5} ; & \text{VAR}_{40} = \lambda_{16} * \text{F6} + \varepsilon_{40} ; & \text{VAR}_{30} = \lambda_{210} * \text{F10} + \varepsilon_{30} \\ \text{VAR}_{6} = \lambda_{63} * \text{F3} + \varepsilon_{6} ; & \text{VAR}_{41} = \lambda_{26} * \text{F6} + \varepsilon_{41} ; & \end{array}$$

F1: Aplicación de Tecnología de Vanguardia; F2: Integración con Clientes y Proveedores; F3: Alineación Estratégica del MPT; F4: Integración con Prácticas de Mejora Continua; F5: Mantenimiento Autónomo; F6: Comunicación del Proceso de Implantación; F7: Alineación del Equipo de Trabajo MPT; F8: Desarrollo de Equipo Propio; F9: Mejora en el desempeño operacional posterior a la implantación del MPT; F10: Distribución de planta para el MPT.

Una representación gráfica del modelo de medida se ofrece en la Figura No. 12. Como se puede apreciar, se suponen relaciones de covariación entre todos los constructos, correlaciones nulas entre los errores de medición y que ningún ítem o indicador carga factorialmente en más de un constructo en particular.

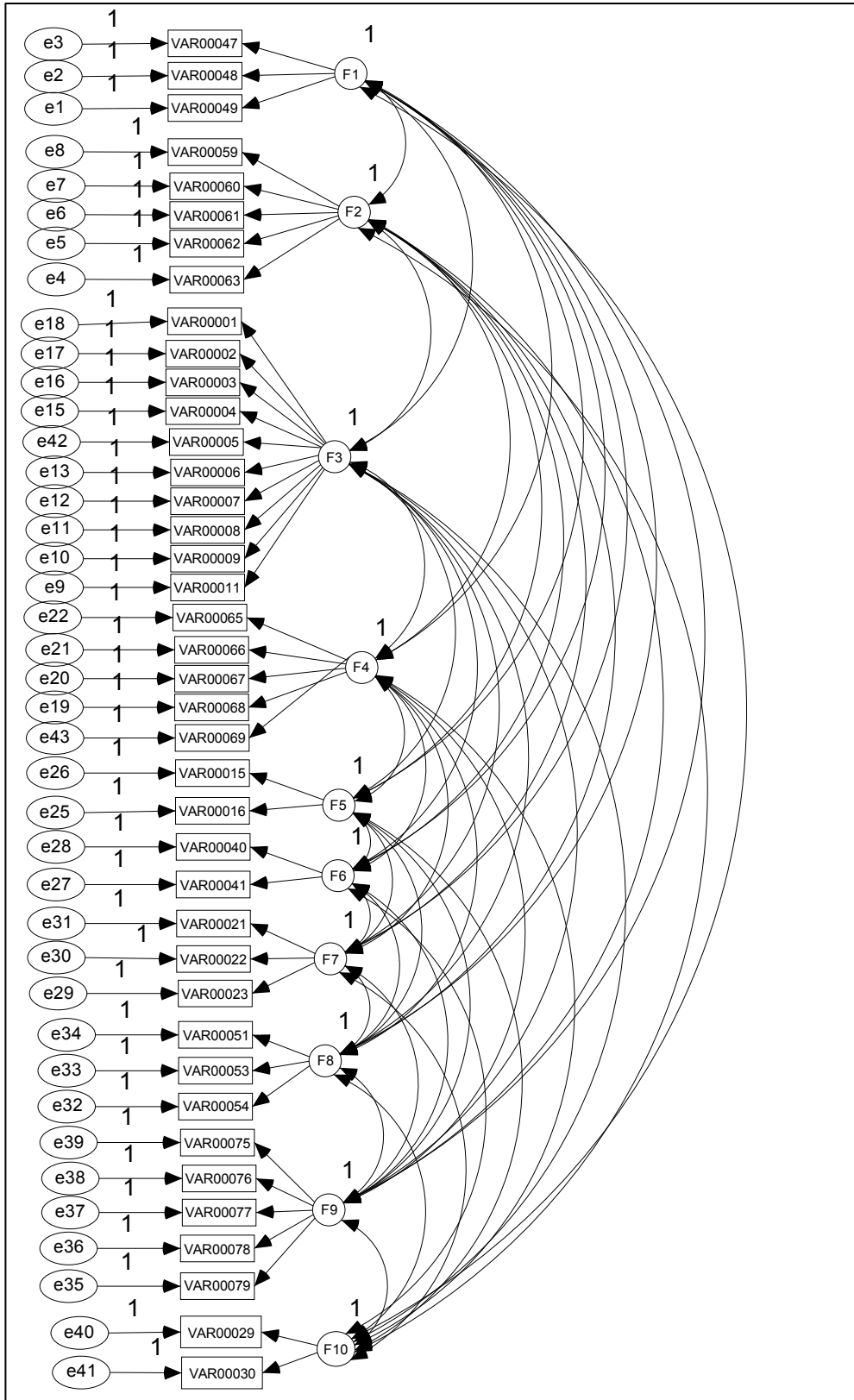


Figura No. 12. Modelo de Medida

4.8. Evaluación de la validez del modelo de medida

Para evaluar la validez de constructo, se efectuó un análisis factorial confirmatorio (AFC) con el paquete estadístico EQS 6.1, (Bentler, 2005). Los parámetros del modelo fueron estimados con el método de máxima verosimilitud (ML) con la corrección de estadísticos robustos de Satorra-Bentler, (Ullman y Bentler, 2013) ya que el valor del coeficiente normalizado de Mardia fué igual a 36.4467, mayor al valor mínimo de 5 recomendado por Bentler (2005), para suponer una distribución normal multivariante.

Una inspección de la matriz de los residuales permitió identificar que los ítems 5 y 65 registraron la mayor frecuencia de residuales con mayor valor. Al analizar la redacción de ellos, se pudo apreciar que el ítem 5 *-la declaración de la misión sea completamente apoyada por nuestros empleados-* y el ítem 4 *-la declaración de la misión sea comunicada efectivamente en toda la empresa-* pueden ser considerados ítems traslapados, es decir, preguntan lo mismo y por ello generan un error sistemático en el modelo factorial, (Byrne, 2006); por esta razón se decidió eliminar al ítem 5. Se procedió de forma similar con el ítem 65 *-un gran porcentaje de nuestro equipo o procesos estén bajo control estadístico de calidad-*, al considerarse traslapado con el ítem 64 *-Nosotros monitoreemos nuestros procesos aplicando técnicas de control estadístico-*. Así, el modelo final se redujo a 39 variables observables, sin afectar su convergencia.

Los resultados del AFC relacionados con el ajuste global del modelo de medida se presentan en la Tabla No. 22, en ella se aprecia que los distintos estadísticos sugieren que el modelo tiene un buen ajuste ya que los índices cumplen con los criterios de corte recomendados (Hair et al., 2010; Hu y Bentler, 1999; Schreiber et al., 2006), a excepción del estadístico χ^2 . Este índice de bondad de ajuste absoluto se reporta por

formalismo estadístico a pesar de su sensibilidad para rechazar cualquier modelo cuando aumenta el tamaño de muestra, sin importar si el modelo es falso o verdadero, (Schreiber et al., 2006). En su lugar, Jackson et al., (2009) recomiendan reportar el estadístico χ^2 normado, cuyo valor debe ser menor a 3 para indicar un ajuste adecuado.

Tabla No. 22. Índices de bondad de ajuste global

SB- χ^2	χ^2 Normado	B-B NNFI	CFI	IFI	RMSEA Intervalo de Confianza del 90 %
965.69 (657 gl) p=.000	1.470	0.951	0.957	0.957	0.039 (0.034 – 0.044)
Valores recomendados	< 3	> 0.95	> 0.95	> 0.95	< 0.06 LS del IC < 0.08

χ^2 Normado: χ^2 /gl; B-B NNFI: índice de ajuste no-normado de Bentler y Bonett; CFI: índice de ajuste comparativo de Bentler; IFI: índice de ajuste incremental de Bollen; RMSEA: índice de la raíz cuadrada de la media de los errores de aproximación de Steiger y Lind.

Siguiendo los criterios sugeridos por Hair et al. (2010) para evaluar la validez convergente del modelo, los resultados del AFC que se reportan en la Tabla No. 23; indican que todas las relaciones de los ítems o indicadores con sus factores hipotéticos son significativas, que la magnitud de sus cargas estandarizadas son superiores 0.5 y que el promedio de varianza extraída de cada uno de los constructos superan el valor de 0.50, es decir, que un 50% o más de la varianza de los indicadores están contenidos en la variable latente correspondiente.

Con respecto a la confiabilidad del constructo, se observa en la misma tabla No. 23, que todos los constructos superan el valor de 0.60 recomendado por Bagozzi y Yi (1988) para el índice de fiabilidad compuesta (IFC). Además, el coeficiente de Rho para evaluar globalmente la confiabilidad del modelo de medida fue de 0.979, superando significativamente el valor de 0.80 sugerido por Byrne (2006). Estos resultados comprueban la convergencia del modelo, es decir que los indicadores miden

adecuadamente al constructo a los que hipotéticamente fueron asignados. La validez discriminante del modelo, se comprobó aplicando la prueba de la varianza extraída (AVE), la prueba de la diferencia de la χ^2 y la prueba del intervalo de confianza de las correlaciones interconstructos. La prueba AVE, es considerada la más estricta para comprobar la validez discriminante en un modelo factorial confirmatorio.

Tabla No. 23. Validez convergente del modelo

Constructo	Ítem	Validez Convergente			Constructo	Ítem	Validez Convergente		
		AVE	IFC	λ			AVE	IFC	λ
Alineación estratégica del MPT	1	0.572	0.758	0.689***	Mejora en el desempeño operativo posterior a la implantación del MPT	75	0.648	0.839	0.692***
	2			0.745***		76			0.771***
	3			0.776***		77			0.871***
	4			0.716***		78			0.871***
	6			0.772***		79			0.806***
	7			0.758***					
	8			0.784***					
	9			0.818***					
Distribución de planta para el MPT	11			0.759***					
	29	0.726	0.906	0.829***	Comunicación del proceso de implementación	40	0.666	0.856	0.786***
	30			0.874***		41			0.845***
Alineación del equipo de trabajo MPT	21	0.763	0.931	0.907***	Aplicación de tecnología de vanguardia	47	0.823	0.963	0.883***
	22			0.915***		48			0.937***
	23			0.794***		49			0.901***
Integración con clientes y proveedores	59	0.627	0.817	0.806***	Integración con prácticas de mejora continua	65	0.584	0.770	0.719***
	60			0.861***		66			0.844***
	61			0.829***		67			0.785***
	62			0.735***		68			0.775***
	63			0.717***		69			0.706***
Desarrollo de equipo propio	51	0.658	0.848	0.791***	Mantenimiento Autónomo	15	0.649	0.836	0.947***
	53			0.787***		16			0.634***
	54			0.853***					

*** p < 0.001

Los resultados de la prueba de varianza extraída se presentan en la Tabla No. 24, en la diagonal se muestran los valores AVE y debajo de la diagonal los cuadrados de los coeficientes de las correlaciones entre los constructos (CI^2). Al observar esta tabla, se verifica que los todos los valores AVE exceden en cualquier dirección en la matriz a los valores CI^2 comprobándose la validez discriminante entre constructos, Hair et al. (2010). Sin embargo, la diferencia entre los valores AVE y CI^2 para los constructos, Alineación

estratégica del MPT (F3) y Alineación del equipo de trabajo MPT (F7), fue marginal, por ello se aplicaron dos pruebas complementarias de validez discriminante.

Tabla No. 24. Validez discriminante: prueba AVE

Constructo	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
F1	0.823									
F2	0.425	0.627								
F3	0.393	0.411	0.572							
F4	0.490	0.521	0.465	0.584						
F5	0.240	0.234	0.289	0.295	0.649					
F6	0.346	0.421	0.331	0.457	0.112	0.666				
F7	0.428	0.359	0.570	0.453	0.316	0.332	0.763			
F8	0.508	0.364	0.350	0.383	0.175	0.296	0.361	0.658		
F9	0.287	0.393	0.271	0.375	0.192	0.333	0.318	0.210	0.648	
F10	0.417	0.361	0.452	0.388	0.284	0.329	0.347	0.317	0.248	0.726

F1: Aplicación de Tecnología de Vanguardia; F2: Integración con Clientes y Proveedores; F3: Alineación Estratégica del MPT; F4: Integración con Prácticas de Mejora Continua; F5: Mantenimiento Autónomo; F6: Comunicación del Proceso de Implantación; F7: Alineación del Equipo de Trabajo MPT; F8: Desarrollo de Equipo Propio; F9: Mejora en el desempeño operacional posterior a la implantación del MPT; F10: Distribución de planta para el MPT.

Respecto a la prueba de la diferencia entre χ^2 , la correlacion con mayor magnitud (0.755), se presentó entre los constructos F3 y F7. A partir de lo anterior, se efectuó un nuevo AFC modificando a 1 la covarianza entre los constructos F3 y F7 y estimándose un nuevo valor χ^2 . En la Tabla No. 25 se muestran los resultados de la prueba.

Tabla No. 25. Validez discriminante: prueba de la diferencia χ^2

AFC	Valor S-B χ^2	Grados de Libertad	Diferencia $\chi^2_{,1}$	Valor p
Original	965.69	657		
Modificado	1180.72	658	215.03	0.000

Como se puede apreciar, el valor χ^2 del AFC original es significativamente menor al valor χ^2 del AFC modificado, criterio suficiente para comprobar la validez discriminante, Bagozzi y Phillips (1982).

Tabla No. 26. Validez discriminante: prueba del IC

Factores	Correlación Interconstructo	Error estándar	Intervalo de Confianza	
			- 2 σ	+ 2 σ
F1-F2	0.652	0.043	0.566	0.738
F1-F3	0.627	0.045	0.537	0.717
F1-F4	0.700	0.038	0.624	0.776
F1-F5	0.490	0.059	0.372	0.608
F1-F6	0.588	0.051	0.486	0.690
F1-F7	0.654	0.041	0.572	0.736
F1-F8	0.713	0.041	0.631	0.795
F1-F9	0.536	0.048	0.440	0.632
F2-F3	0.641	0.044	0.553	0.729
F2-F4	0.722	0.045	0.632	0.812
F2-F5	0.484	0.058	0.368	0.600
F2-F6	0.649	0.045	0.559	0.739
F2-F7	0.599	0.046	0.507	0.691
F2-F8	0.603	0.049	0.505	0.701
F2-F9	0.627	0.044	0.539	0.715
F3-F4	0.682	0.044	0.594	0.770
F3-F5	0.538	0.053	0.450	0.626
F3-F6	0.575	0.048	0.479	0.671
F3-F7	0.755	0.034	0.687	0.823
F3-F8	0.592	0.052	0.488	0.696
F3-F9	0.521	0.054	0.413	0.629
F4-F5	0.543	0.061	0.421	0.665
F4-F6	0.676	0.05	0.576	0.776
F4-F7	0.673	0.049	0.575	0.771
F4-F8	0.619	0.045	0.529	0.709
F4-F9	0.612	0.044	0.524	0.700
F5-F6	0.335	0.069	0.197	0.473
F5-F7	0.562	0.054	0.454	0.670
F5-F8	0.418	0.064	0.290	0.546
F5-F9	0.438	0.053	0.332	0.544
F6-F7	0.576	0.054	0.468	0.684
F6-F8	0.544	0.059	0.426	0.662
F6-F9	0.577	0.051	0.475	0.679
F7-F8	0.601	0.051	0.499	0.703
F7-F9	0.564	0.053	0.458	0.670
F8-F9	0.458	0.051	0.356	0.560
F1-F10	0.646	0.05	0.546	0.746
F2-F10	0.601	0.058	0.485	0.717
F3-F10	0.672	0.048	0.576	0.768
F4-F10	0.623	0.053	0.517	0.729
F5-F10	0.533	0.058	0.417	0.649
F6-F10	0.574	0.058	0.458	0.690
F7-F10	0.589	0.054	0.481	0.697
F8-F10	0.563	0.057	0.449	0.677
F9-F10	0.498	0.059	0.380	0.616

Finalmente, se efectuó la prueba del intervalo de confianza interconstructos, esta prueba consiste en construir un intervalo de confianza a partir de ± 2 errores estándar de la correlación entre factores y determinar si este incluye al 1; si no se incluye este valor, entonces se comprueba la validez discriminante, Anderson y Gerbing (1988). Los intervalos de confianza de las correlaciones interconstructos son mostradas en la tabla No. 26 y se puede verificar que el intervalo de confianza entre los constructos F3 y F7 [0.687- 0.823] no incluye al 1.

Resumiendo, los resultados del AFC sugieren evidencia de validez discriminante, ya que los valores AVE de las variables latentes superan a los cuadrados de los coeficientes de correlación entre constructos, la prueba de diferencias χ^2 indica que el modelo original ajusta mejor que el modelo modificado y que ninguno de los intervalos de confianza estimados comprenden la unidad. Una vez comprobada la validez convergente y discriminante de las variables latentes se procede a especificar el modelo estructural para probar las relaciones entre los constructos identificados, (Byrne, 2006).

4.9. Especificación del modelo Estructural

El modelo presentado en la figura No. 13, está compuesto por una variable exógena denominada “MPT Efectivo” que explica las 9 variables latentes endógenas identificadas en el AFE y también predice a la variable endógena “Mejora en el desempeño operacional posterior a la implantación del MPT”. Las variables latentes endógenas que representan los FCE son la Aplicación de Tecnología de Vanguardia (η_1), la Integración con Clientes y Proveedores (η_2), la Alineación Estratégica del MPT (η_3), la Integración con Prácticas de Mejora Continua (η_4), el Mantenimiento Autónomo (η_5), la Comunicación del Proceso de Implantación (η_6), la Alineación del Equipo de Trabajo

MPT (η_7), el Desarrollo de Equipo Propio (η_8) y la Distribución de planta para el MPT (η_9). Como la variable MPT Efectivo (ξ_1) no logra explicar perfectamente a las variables latentes endógenas se le agrega a cada una, un término de perturbación (error) ζ_i .

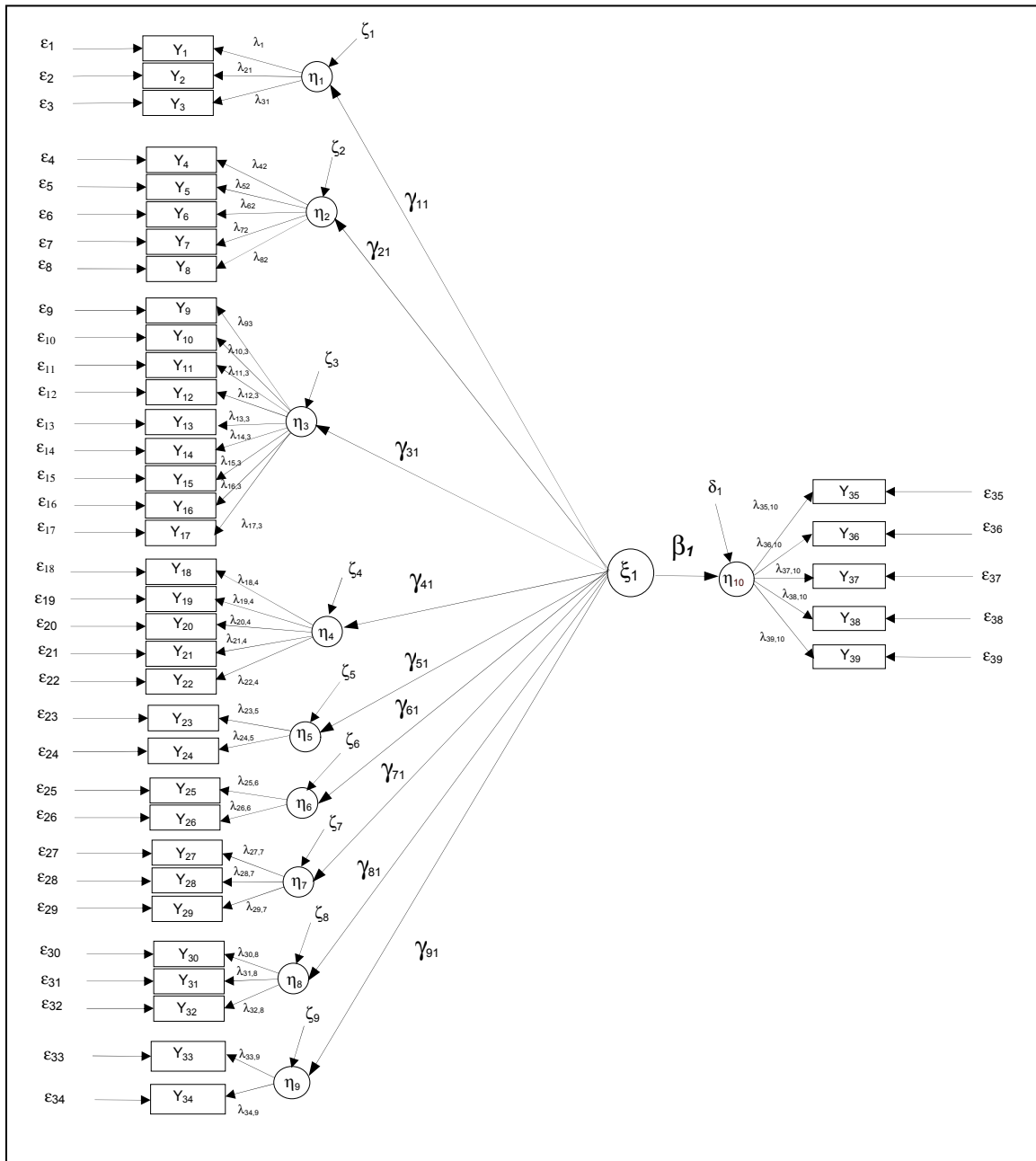


Figura No. 13. Modelo estructural propuesto de los FCE del MPT

En el modelo también están identificadas las relaciones directas (pesos factoriales) entre la variable latente exógena y las variables latentes endógenas que se simbolizan con γ . La relación estructural está representada con la flecha que sale de la variable exógena MPT Efectivo (ξ_1) y que llega a la variable endógena Desempeño de la empresa posterior a la implantación del MPT (η_{10}), puesto que su varianza no es predicha totalmente por la variable exógena también se le agrega un término de perturbación δ_1 . El coeficiente de regresión está simbolizado con β_1 . Las ecuaciones estructurales del modelo están dadas por las siguientes expresiones:

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \zeta_1 \quad \text{Ec 1}$$

$$\eta_2 = \gamma_{21}\xi_1 + \zeta_2 \quad \text{Ec 2}$$

$$\eta_3 = \gamma_{31}\xi_1 + \zeta_3 \quad \text{Ec 3}$$

$$\eta_4 = \gamma_{41}\xi_1 + \zeta_4 \quad \text{Ec 4}$$

$$\eta_5 = \gamma_{51}\xi_1 + \zeta_5 \quad \text{Ec 5}$$

$$\eta_6 = \gamma_{61}\xi_1 + \zeta_6 \quad \text{Ec 6}$$

$$\eta_7 = \gamma_{71}\xi_1 + \zeta_7 \quad \text{Ec 7}$$

$$\eta_8 = \gamma_{81}\xi_1 + \zeta_8 \quad \text{Ec 8}$$

$$\eta_9 = \gamma_{91}\xi_1 + \zeta_9 \quad \text{Ec 9}$$

$$\eta_{10} = \beta_1\xi_1 + \delta_1 \quad \text{Ec 10}$$

El modelo de medida está conformado por un sistema de 39 ecuaciones que representan a cada una de las variables endógenas observables y a cada una de ellas se le agrega un término de error (ε_i). Se presentan a modo de ejemplo las expresiones de algunas de ellas.

$$Y_1 = \lambda_{11} \eta_1 + \varepsilon_1 \quad \text{Ec 11}$$

$$Y_2 = \lambda_{21} \eta_1 + \varepsilon_2 \quad \text{Ec 12}$$

$$Y_3 = \lambda_{31} \eta_1 + \varepsilon_3 \quad \text{Ec 13}$$

.....

$$Y_{20} = \lambda_{20,4} \eta_4 + \varepsilon_{20} \quad \text{Ec 20}$$

$$Y_{21} = \lambda_{21,4} \eta_4 + \varepsilon_{21} \quad \text{Ec 21}$$

$$Y_{22} = \lambda_{22,4} \eta_4 + \varepsilon_{22} \quad \text{Ec 22}$$

.....

$$Y_{38} = \lambda_{38,9} \eta_9 + \varepsilon_{38} \quad \text{Ec 38}$$

$$Y_{39} = \lambda_{39,9} \eta_9 + \varepsilon_{39} \quad \text{Ec 39}$$

Establecidas las ecuaciones estructurales del modelo se procedió a estimar los diferentes parámetros del modelo utilizando el software estadístico AMOS V.16.

4.10. Estimación de los parámetros del modelo estructural

La convergencia del modelo requiere que los grados de libertad sean mayores que cero para que el modelo esté sobreidentificado. En la tabla No. 27 se muestran los estadísticos correspondientes al cálculo de los grados de libertad. Aplicando el método de máxima verosimilitud se estimaron los parámetros del modelo.

Tabla No. 27. Cálculo de los grados de libertad

Número de momentos distintos de la matriz de varianzas-covarianzas (N)	780
$N = [\# \text{ Ítems } (\# \text{ ítems } + 1)] / 2$	
Número de parámetros a ser estimados en el modelo (P)	88
Grados de libertad (GL)	692
$GL = N - P$	

Fuente: Elaboración Propia

Los valores no estandarizados para los pesos de la regresión se muestran en la tabla No. 28 y los valores no estandarizados de las varianzas se exhiben en la Tabla No. 29.

Tabla No. 28. Estimación de los pesos de la regresión no estandarizados

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Valor Z	Parámetro	Estimación	Error Estándar	Valor Z
F9	0.803	0.086	9.360***	VAR00069	1.042	0.094	11.087***
F1	1.277	0.115	11.070***	VAR00067	1.142	0.091	12.484***
F2	1.010	0.098	10.359***	VAR00066	1.210	0.092	13.200***
F3	0.831	0.087	9.571***	VAR00065	1.000		
F4	0.927	0.099	9.387***	VAR00016	0.695	0.084	8.223***
F5	1.077	0.117	9.175***	VAR00015	1.000		
F6	1.104	0.120	9.165***	VAR00041	1.016	0.083	12.291***
F7	1.218	0.109	11.158***	VAR00040	1.000		
F8	1.011	0.107	9.475***	VAR00023	0.836	0.046	18.208***
F10	1.000			VAR00022	0.978	0.041	23.835***
VAR00049	1.061	0.046	23.185***	VAR00021	1.000		
VAR00048	1.079	0.043	24.930***	VAR00054	1.132	0.074	15.206***
VAR00047	1.000			VAR00053	1.113	0.080	13.901***
VAR00063	0.858	0.064	13.331***	VAR00051	1.000		
VAR00062	0.886	0.064	13.891***	VAR00079	1.000		
VAR00061	0.913	0.056	16.360***	VAR00078	1.064	0.061	17.563***
VAR00060	0.964	0.056	17.167***	VAR00077	1.075	0.061	17.567***
VAR00059	1.000			VAR00076	0.906	0.060	15.006***
VAR00009	1.215	0.091	13.312***	VAR00075	0.915	0.071	12.971***
VAR00008	1.273	0.099	12.912***	VAR00030	1.009	0.069	14.594***
VAR00007	1.249	0.100	12.468***	VAR00029	1.000		
VAR00006	1.171	0.093	12.596***	VAR00068	1.261	0.104	12.105***
VAR00004	1.193	0.101	11.794***	VAR00011	1.163	0.094	12.429***
VAR00003	1.132	0.088	12.802***	VAR00001	1.000		
VAR00002	1.134	0.092	12.332***				

*** p < 0.001

Tabla No. 29. Estimación de las varianzas no estandarizadas

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Valor Z	Parámetro	Estimación	Error Estándar	Valor Z
F11	0.427	0.070	6.066***	e16	0.363	0.033	10.979***
e69	0.298	0.039	7.657***	e17	0.440	0.039	11.218***
e70	0.350	0.044	7.925***	e18	0.470	0.041	11.526***
e71	0.227	0.033	6.819***	e19	0.571	0.051	11.123***
e72	0.145	0.024	6.007***	e20	0.357	0.036	9.961***
e73	0.155	0.028	5.451***	e21	0.249	0.029	8.495***
e74	0.782	0.144	5.428***	e22	0.630	0.056	11.328***
e75	0.432	0.070	6.131***	e25	0.920	0.097	9.502***
e76	0.319	0.041	7.834***	e26	0.145	0.129	1.127
e77	0.356	0.053	6.730***	e27	0.433	0.072	5.995***
e78	0.307	0.046	6.687***	e28	0.544	0.075	7.219***
e1	0.271	0.031	8.753***	e29	0.392	0.037	10.676***
e2	0.174	0.026	6.715***	e30	0.176	0.025	6.902***
e3	0.291	0.031	9.443***	e31	0.206	0.028	7.423***
e4	0.478	0.043	11.155***	e32	0.344	0.050	6.931***
e5	0.444	0.040	10.978***	e33	0.631	0.067	9.460***
e6	0.245	0.025	9.675***	e34	0.491	0.053	9.342***
e7	0.210	0.024	8.875***	e35	0.305	0.030	10.233***
e8	0.363	0.036	10.191***	e36	0.210	0.024	8.829***
e9	0.446	0.040	11.174***	e37	0.214	0.024	8.824***
e10	0.333	0.031	10.626***	e38	0.315	0.030	10.678***
e11	0.437	0.040	10.912***	e39	0.525	0.046	11.334***
e12	0.507	0.045	11.155***	e41	0.259	0.044	5.892***
e13	0.422	0.038	11.091***	e40	0.306	0.045	6.760***
e15	0.597	0.052	11.426***	e68	0.532	0.051	10.403***

*** p < 0.001

Como se puede observar de las tablas No. 28 y No. 29 todos los parámetros son significativos a un nivel de 0.001 a excepción de la varianza del error asociado al ítem 15 que se explica porque para lograr la convergencia del modelo, el peso de la regresión para este ítem se fijó en 1.0 y el error es poco significativo. Así, estos resultados implican que no es necesario eliminar alguna relación establecida en el modelo. En la siguiente sección se analiza la evaluación del ajuste del modelo.

4.11. Evaluación del ajuste del modelo estructural

Para evaluar el ajuste del modelo estructural se utilizaron los índices de ajuste mencionados en la sección 3.3.11. En la tabla No. 30 se muestran los valores obtenidos y los valores recomendados para aceptar el ajuste del modelo propuesto. Como puede apreciarse, los estadísticos de bondad de ajuste del modelo estructural muestran un buen ajuste global.

Tabla No. 30. Índices de bondad de ajuste del modelo propuesto

SB- χ^2	χ^2 Normado	B-B NNFI <i>TLI</i> ^a	CFI	IFI	RMSEA Intervalo de Confianza del 90 %
1237.48 (652 gl) p=.000	1.788	0.931	0.936	0.936	0.051 (0.046 – 0.055)
Valores recomendados ^b	< 3	> 0.90	> 0.90	> 0.90	< 0.06 LS del IC < 0.08

χ^2 Normado: χ^2 /gl; B-B NNFI: índice de ajuste no-normado de Bentler y Bonett; CFI: índice de ajuste comparativo de Bentler; IFI: índice de ajuste incremental de Bollen; RMSEA: índice de la raíz cuadrada de la media de los errores de aproximación de Steiger y Lind.

a. Nombre equivalente al NNFI

b. *Hair et al. (2010)*

Finalmente una inspección a la matriz de los residuales estandarizados de las covarianzas, mostró que el 98.5% de los residuales estandarizados son menores a 2.0, por lo que se concluye que el ajuste entre la matriz reproducida por el modelo y la matriz observada es bastante adecuado y que no es necesario reespecificar el modelo, (Kline, 2011).

En la tabla No. 31 se presenta un resumen de la contrastación de las hipótesis planteadas en esta investigación, se puede observar que el modelo propone que el MPT efectivo lo explican tres factores críticos de tipo administrativo, cuatro factores críticos relacionados con aspectos técnicos y dos factores de integración que generalmente están asociados con un despliegue concurrente o previo de otras iniciativas de mejora tales como la administración total de la calidad o la manufactura esbelta.

Tabla No. 31. Contrastación de las hipótesis de investigación

Hipótesis	Relación estructural propuesta	Tipo de FCE	λ (estandarizada)	Valor p
H ₁	Alineación estratégica del MPT explica al MPT Efectivo	Administrativo	0.819	< 0.001
	Alineación del equipo de trabajo MPT explica al MPT Efectivo	Administrativo	0.815	< 0.001
	Comunicación del proceso de implantación explica al MPT efectivo	Administrativo	0.739	< 0.001
	Distribución de planta para el MPT explica al MPT efectivo	Técnico	0.763	< 0.001
H ₂	Desarrollo de equipo propio explica al MPT efectivo	Técnico	0.742	< 0.001
	Aplicación de tecnología de vanguardia explica al MPT efectivo	Técnico	0.816	< 0.001
	Mantenimiento autónomo explica al MPT efectivo	Técnico	0.622	< 0.001
	Integración con prácticas de mejora continua explica al MPT efectivo	Integración	0.838	< 0.001
H ₃	Integración con clientes y proveedores explica al MPT efectivo	Integración	0.811	< 0.001
	El MPT efectivo predice la mejora del desempeño operacional		0.693	< 0.001
General			0.48^a	

a. Valor de R²

En la Figura No. 15 se presenta el modelo final, en el cual se incluyen los ítems de cada FCE y sus respectivas cargas estandarizadas cuyos valores exceden el mínimo

recomendado de 0.50. También, se muestran los valores de los *paths* estructurales estandarizados de las relaciones planteadas.

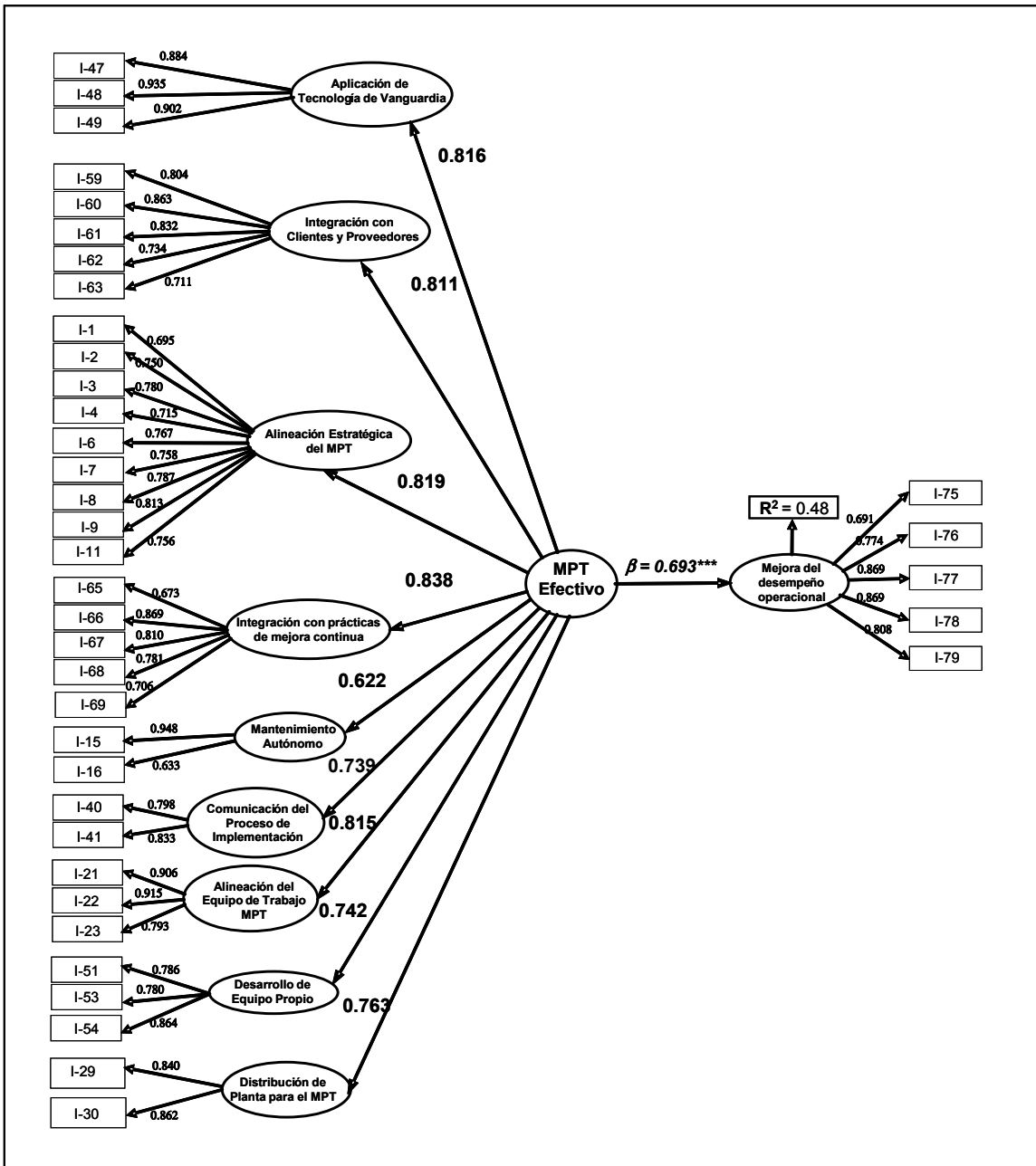


Figura No. 14. Modelo Estructural de los FCE del MPT

Finalmente, la variable latente exógena “MPT efectivo” explica un 48% de la varianza de la variable latente endógena “Mejora en el desempeño operacional”.

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 la revisión de literatura se identificaron 31 factores relacionados con la implantación del MPT, los cuales sirvieron de base para diseñar un cuestionario para discriminarlos por su impacto en empresas manufactureras de la industria maquiladora en Ciudad Juárez. Con la aplicación del análisis factorial se identificaron diez constructos, nueve de ellos representan FCE y uno de ellos mide la mejora en el desempeño operacional posterior a la implantación del MPT. La validez factorial se evaluó con un análisis factorial conformatorio (AFE) basado en estructuras de covarianzas, finalmente se especificó un modelo de ecuaciones estructurales para contrastar las hipótesis de la investigación. Los FCE identificados incluyen 39 actividades clave que fueron agrupadas en las siguientes variables latentes:

1. Alineación estratégica del MPT. Esta orientación implica incorporar en la planeación estratégica de la compañía, políticas explícitas para desarrollar a largo plazo el MPT, lo cual implica contar con un plan de implantación propio que contenga una declaración de misión y propósitos, indicadores de desempeño, metas, tiempos de implantación, responsabilidades y un plan de reconocimientos del desempeño para reducir la resistencia al cambio.

2. Integración con prácticas de mejora continua. Este factor implica la integración de herramientas contenidas en la Administración Total de la Calidad y el Justo al Tiempo como un marco de referencia que potencia la implantación del MPT. En este factor se incluyen las actividades requeridas para la capacitación y sensibilización del MPT, lo que explica porqué estos aspectos son comunes para el despliegue del JAT y la ATC.
3. Distribución del planta para el MPT. En esta categoría se resaltan, por un lado, la importancia que tiene el diseño de las instalaciones para la adecuada capacidad de operación del equipo de producción y por otro, que la distribución de la maquinaria tome en cuenta accesos para que el mantenimiento sea fácil de realizar.
4. Mantenimiento Autónomo. Es uno de los principales pilares del MPT y se distingue como un FCE; implica asignarle al operario la responsabilidad del mantenimiento preventivo a la maquinaria asignada, previa capacitación.
5. Alineación del equipo de trabajo MPT. Este FCE está compuesto por acciones encaminadas a conformar un equipo de trabajo multidisciplinario enfocado al despliegue del MPT, cuyos integrantes reúnen atributos de liderazgo y sus metas estén alineadas con el plan estratégico de implantación.
6. Integración con Clientes y Proveedores. Esta integración permite para su despliegue estrechar relaciones con los clientes para identificar sus necesidades, las que deben ser consideradas durante el diseño del equipo, de esta forma las rutinas del mantenimiento consideran los requisitos de cliente en cuanto a calidad y tiempo de entrega. Además, se debe considerar mantener

estrechas relaciones con los proveedores del equipo de producción y con aquellos que suministran las refacciones, prefiriendo los certificados.

7. Aplicación de Tecnología de Vanguardia. En el contexto estudiado, las empresas que se enfocan a lograr el liderazgo en la incorporación de tecnología de vanguardia implantan efectivamente el MPT puesto que la renovación del equipo de producción ofrece la oportunidad de adquirirlo con mejor nivel de mantenibilidad.
8. Comunicación del Proceso de Implantación. La resistencia al cambio es una de las principales barreras al momento de desplegar la estrategia. Para el caso del MPT, se recomienda comunicar con objetividad los beneficios obtenidos durante el proceso de implantación, pues es un factor clave, ya que los departamentos responsables de su ejecución adoptarán los cambios requeridos por el MPT.
9. Desarrollo de Equipo Propio. Es necesario que la invención y el mejoramiento del equipo de producción tomen en cuenta los requisitos de mantenibilidad, de tal forma que se desarrollen paquetes tecnológicos difíciles de imitar por los competidores, lo que representa un factor clave para la implantación exitosa del MPT.

Los FCE determinados constituyen la principal contribución de esta investigación a la teoría del campo de los sistemas administrativos, se observan coincidencias con algunos de los factores críticos que se mencionan en la literatura, aunque también se descartan como FCE otros factores mencionados en la literatura que no parecen ser críticos.

Además, los resultados de esta investigación constituyen evidencia de que el despliegue efectivo del MPT forma parte de una estrategia de manufactura enfocada a la creación y al desarrollo de competencias de manufactura para obtener una ventaja competitiva sostenible. También se considera que los factores expuestos constituyen un marco de referencia que le puede permitir a los directivos de las empresas administrar las actividades clave predictoras en la implantación exitosa del MPT.

5.2 Recomendaciones

Dado que las implicaciones y conclusiones de este estudio están delimitados por el contexto de la investigación, es recomendable replicar este tipo de proyectos en diversos contextos para enriquecer e incrementar la evidencia y probar la generalidad de los FCE propuestos. Además, es conveniente incorporar otros constructos no incluidos en esta investigación lo que permitirá mejorar la comprensión del fenómeno organizacional que representa la efectiva implantación del Mantenimiento Productivo Total.

ANEXOS

- 1. Técnicas de Análisis Multivariable**
- 2. Instrumento de Medición**
- 3. Matriz de Varianza Explicada**
- 4. Matriz de Componentes**
- 5. Matriz de Comunalidades**
- 6. Matriz de Componentes Rotados**

ANEXO N° 1

TÉCNICAS DE ANÁLISIS MULTIVARIABLE

En esta sección se describen detalladamente las técnicas estadísticas de análisis multivariable aplicadas en esta investigación. En principio se presenta una breve introducción a la teoría del análisis multivariable que incluye una descripción tipológica de las distintas técnicas que lo componen, se continúa con una exposición del análisis factorial, finalizando con la teoría referente al modelado con ecuaciones estructurales.

Definición del Análisis Multivariable

El análisis multivariable es definido por Levy y Varela (2003) como “un conjunto de técnicas estadísticas que de forma simultánea miden, explican y predicen todas las relaciones existentes entre los elementos que conforman una tabla de datos, proporcionando un resultado que debe ser interpretado minuciosamente por el investigador”, adicionalmente, Hair et al. (2010) afirman que cualquier análisis simultáneo que involucre más de dos variables se considera análisis multivariable.

Naturaleza de los datos en el Análisis Multivariable

Los datos constituyen la materia prima del análisis multivariable, estos datos son los valores que toman las variables, las cuales a su vez son magnitudes que representan distintos conceptos o atributos de individuos u objetos y cuya precisión esta relacionada directamente a la escala de medida seleccionada, entendiendo por escala los valores numéricos asignados a cada variable. Levy y Varela (2003) presentan la tipología de escala utilizada en la estadística multivariable:

- **Nominal.** Permite identificar categorías mutuamente excluyentes y exhaustivas, se considera una escala no métrica o cualitativa.
- **Ordinal.** Es una escala que permite representar categorías pero a diferencia de la escala nominal, el número asignado a cada categoría sí guarda una relación de orden, se considera también, una escala no métrica.
- **Intervalo.** Presenta características similares que la ordinal, pero la diferencia entre dos niveles consecutivos es constante a lo largo de toda la escala y carece de cero absoluto, esta escala se considera métrica o cuantitativa.
- **Razón.** Esta escala presenta un cero absoluto conocido, por lo que se pueden realizar con estas medidas todas las operaciones matemáticas, también es una escala de naturaleza métrica o cuantitativa.

La naturaleza de los datos está directamente relacionada con la técnica de análisis multivariable seleccionada para analizar la información recolectada y con ello cumplir con los objetivos establecidos en la investigación. En este sentido, Hair et al. (2010) ofrecen una tipología de las técnicas estadísticas multivariadas y las agrupan en dos categorías:

- **De análisis de Dependencia.** Técnicas aplicables cuando una o varias variables dependientes van a ser explicadas por un conjunto de variables independientes que actúan como predictoras. Son propias de este grupo: análisis de la varianza y la covarianza, análisis discriminante, regresión lineal múltiple, análisis conjunto, segmentación jerárquica, análisis con clases latentes y análisis de ecuaciones estructurales; esta última se detalla en secciones posteriores, por ser la técnica estadística aplicada al conjunto de datos recabados en esta investigación.
- **De análisis de interdependencia.** Técnicas que otorgan la misma consideración a todas las variables objeto de estudio, sin distinguir entre dependientes e

independientes, tienen como propósito identificar las interrelaciones y la estructura subyacente en ellas. Las técnicas estadísticas clasificadas en esta categoría son: análisis de correspondencias, análisis de conglomerados, análisis de clases latentes, escalamiento multidimensional y el análisis factorial y por componentes principales, esta última técnica se utilizó para la identificación de factores significativos, por ello se explica con mayor detalle más adelante.

Análisis Factorial

En esta sección se exponen diversos tópicos relacionados con el análisis factorial, se inicia con una breve historia, se define en términos conceptuales y matemáticos, se expone el método de componentes principales como una técnica de extracción de factores, se explica el método de rotación varimax y finalmente se presentan diversas contribuciones de autores encaminadas a la interpretación de los factores identificados.

Landeros y Ramírez (2006) comentan que los antecedentes del análisis factorial se remontan a los estudios sobre inteligencia humana de Galton, y se derivan los conceptos de covarianza, correlación y factor. En 1901 Pearson presentó el primer procedimiento de cálculo para el análisis factorial, sin embargo el origen del análisis factorial suele atribuirse a Spearman quien en 1904 aplica el análisis factorial para proponer su teoría sobre el factor general de la inteligencia. En 1933 Hotelling, desarrolló un método de extracción de factores denominado "método de componentes principales" que a la fecha se ha convertido en el método de extracción más utilizado, y se presenta por defecto en los paquetes de análisis estadístico, Hair et al. (2010).

Thurstone en 1947, expresó la relación entre las correlaciones y las saturaciones de las variables en los factores e introdujo el concepto de estructura simple, también desarrolló

la teoría y método de las rotaciones factoriales para obtener la estructura factorial más sencilla, que en un principio eran gráfica. En 1958 Kaiser desarrolló el método Varimax para realizar rotaciones ortogonales mediante procedimientos matemáticos. En 1966, Bock y Bargmann sentaron las bases del análisis factorial confirmatorio a partir de su análisis de estructuras covariantes, y es Joreskog en 1969 quién consolida el análisis factorial confirmatorio, aplicando el método de máxima verosimilitud desde la matriz de varianza-covarianza o desde la matriz de correlaciones. Por su parte Bentler y Bonett en 1980 realizaron importantes avances en las pruebas de significación para la bondad de ajuste. El desarrollo de programas estadísticos como el AMOS, LISREL, EQS, CALIS y SEPATH, ha convertido al análisis factorial en una herramienta muy utilizada en la investigación, en especial en el campo de las ciencias sociales.

De acuerdo a Levy y Varela (2003) y a Pérez (2004) , el análisis factorial se define como un procedimiento matemático que reduce la dimensión de un conjunto de p variables observadas X_1, X_2, \dots, X_p obteniendo un conjunto de $k < p$ factores no directamente observables F_1, F_2, \dots, F_k que expliquen suficientemente a las variables observadas perdiendo el mínimo de información, de modo que sean fácilmente interpretables y que sean las menos posibles, es decir que se cumplan los principios de interpretabilidad y de parsimonia, (Hair et al., 2010). En general el modelo factorial se puede formular matemáticamente con la siguiente expresión:

$$X_{ij} = F_{i1} a_{j1} + F_{i2} a_{j2} + \dots + F_{ik} a_{jk} + V_{ij} d_j$$

Siendo:

X_{ij} la puntuación del individuo i en la variable j .

F_k el k -ésimo factor común.

a_{jk} puntuaciones factoriales, es decir, el peso de la regresión del factor k en la variable j , también se las llama cargas factoriales o saturación de la variable j en el factor k .

V_j es el factor único de cada variable.

d_j es la discrepancia existente entre la puntuación observada y el valor que daría la relación funcional exacta.

Una consideración fundamental es la asunción de que los factores únicos no están correlacionados entre sí, ni con los factores comunes.

Hair et al. (2010) proponen el siguiente procedimiento del análisis factorial para identificar los factores que subyacen a un conjunto de variables observadas, como se efectuó en esta investigación:

- Obtener un tamaño de muestra adecuado.
- Seleccionar el método de extracción de factores.
- Seleccionar el criterio para determinar número de factores a extraer.
- Seleccionar el método de rotación de factores.
- Interpretar la solución factorial.

En los siguientes párrafos se describe con mayor detalle cada uno de estos aspectos, en relación al tamaño de muestra, Hair et al. (2010) mencionan que no es factible realizar análisis factorial a muestras menores a 50 observaciones y que el tamaño de la muestra debe ser mayor a 100 casos, aunque reporta que el tamaño muestral, está en función a una proporción 5:1 entre el número de casos y el número de variables observadas, sin embargo, Costello y Osborne (2005), reportan que el tamaño muestral está parcialmente determinado por la naturaleza de los datos, es decir, la existencia de comunalidades altas (mayores a 0.80) y que los ítems presenten bajas cargas factoriales cruzadas (menores a 0.30), por lo que la presencia de éstas condiciones, compensa el incumplimiento de la regla basada en el criterio de proporción para el tamaño muestral.

Se han propuesto múltiples métodos para la extracción de factores, con esto se plantea el dilema de qué método elegir, Levy y Varela (2003) presentan una breve descripción de cada uno de los métodos de extracción, por su parte, Costello y Osborne (2005), exponen una discusión de las ventajas y desventajas al aplicar uno u otro método, por otra parte, Landero y Gonzalez (2006) refieren que el método de componentes principales suele ser el más utilizado; explican que este método transforma un conjunto de p variables medidas en una escala numérica a un conjunto de p combinaciones lineales ortogonales y de varianza máxima, dispuestas en orden decreciente, es decir, el método de componentes principales trata de encontrar componentes (factores) que sucesivamente expliquen la mayor parte de la varianza total, (Hair et al., 2010).

Puesto que en esta investigación, la razón para aplicar el análisis factorial se enfoca a identificar un número mínimo de componentes o factores que expliquen la mayor proporción de la varianza total representada en el conjunto inicial de variables observadas, se considera apropiado utilizar el método de componentes principales. Una vez seleccionado el método de extracción, es pertinente exponer los supuestos paramétricos requeridos por el método de componentes principales. Éstos son tres:

- Variables métricas (de intervalo o de razón).
- Fuerte correlación lineal entre las variables (interdependencia), de modo que se puedan expresar unas como combinación lineal de las demás (multicolinealidad).
- Ajuste de cada una de las variables o de la combinación lineal por pares de las mismas a una distribución normal.

Hair et al. (2010) afirman que las variables medidas con una escala de Likert se pueden considerar de naturaleza métrica si se satisfacen las siguientes condiciones: que la escala contemple al menos 5 puntos de recorrido para suponer continuidad y que todas

las puntuaciones factoriales de los componentes cumplan con el supuesto de normalidad. Las variables analizadas en esta investigación satisfacen estos criterios.

Para comprobar el supuesto de interdependencia y multicolinealidad, diversos autores (Levy y Varela, 2003; Landeros y Gonzalez, 2006; Hair et al., 2010), coinciden en que se deben considerar cinco criterios: la inspección de la matriz de correlaciones, la inspección de los elementos fuera de la diagonal principal de la matriz de correlaciones antiimagen, el determinante de la matriz de correlaciones, la prueba de esfericidad de Barlett y el índice de adecuación de la muestra KMO. A continuación se explican brevemente los tres últimos contrastes, que fueron los que se utilizaron para comprobar la adecuación de la muestra al análisis factorial.

Según, Levy y Varela (2003) el determinante de la matriz es un indicador del grado de intercorrelaciones, si el determinante es muy bajo, próximo a cero, entonces las correlaciones son muy altas. La prueba de esfericidad de Barlett supone como hipótesis nula la equivalencia de la matriz de correlaciones a una matriz identidad, por lo que su rechazo ($p < 0.05$) implica dependencia entre diversas variables, (Landeros y Gonzalez, 2006). Para comprobar la proporción de multicolinealidad o varianza compartida entre relaciones bivariadas se utiliza el estadístico Kaizer-Meyer-Olkin (KMO), que mide la correlación existente entre dos variables una vez que se han descontado los efectos lineales de otras variables y se puede calcular tanto para el conjunto de variables como para cada variable en particular, (Levy y Varela, 2003). Se obtiene al dividir la suma de los coeficientes de correlación de Pearson al cuadrado, entre la suma de estos mismos coeficientes y la suma de correlaciones parciales al cuadrado, (Landeros y Gonzalez, 2006). Matemáticamente se expresa con la siguiente ecuación:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} r^2_{ij}}{\sum_{i \neq j} r^2_{ij} + \sum_{i \neq j} a^2_{ij}} \quad \text{donde:}$$

r_{ij} = coeficientes de correlación simple observados entre variables originales.

a_{ij} = coeficientes de correlación parcial entre variables originales.

En el caso de que exista adecuación de los datos a un modelo de análisis factorial, el término del denominador que recoge los coeficientes a_{ij} , será pequeño y, por lo tanto el valor del índice KMO se aproximará a cero. Hair et al. (2010) ofrecen la siguiente interpretación para los valores calculados del índice KMO:

$0.9 < KMO \leq 1.0$ dependencia lineal muy alta

$0.8 < KMO \leq 0.9$ dependencia lineal alta

$0.7 < KMO \leq 0.8$ dependencia lineal mediana

$0.6 < KMO \leq 0.7$ dependencia lineal mediocre

$0.5 < KMO \leq 0.6$ dependencia lineal baja

$KMO < 0.5$ dependencia lineal muy baja, no es factible el análisis factorial

El supuesto de normalidad multivariada, generalmente es violado cuando se emplean como variables los reactivos de una escala Likert, debido a la naturaleza discreta de los datos obtenidos, no obstante, para superar este obstáculo, Landeros y Gonzalez (2006) recomiendan analizar la normalidad de las distribuciones de las puntuaciones factoriales de los componentes, aplicando la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov's. Si se confirma la normalidad de todos los componentes, entonces se comprueba el supuesto de normalidad multivariada de las variables originales.

Uno de los pasos más importantes en el análisis factorial, consiste en determinar el número de factores a conservar, de manera que se cumpla el principio de parsimonia. Generalmente hay un conjunto reducido de factores, los primeros, que son los que explican la mayor parte de la variabilidad total, los factores restantes suelen contribuir relativamente poco. Al respecto, Hair et al. (2010) recomiendan retener factores con eigenvalores mayores a la unidad (conocido como el criterio de Kaiser) y que sean lo suficientes para explicar al menos el 60 % de la varianza observada, lo cual es común en el área de las ciencias sociales.

La matriz factorial generada por la solución factorial inicial, resulta difícil de interpretar pues no queda claro en que factor satura cada variable, para facilitar la interpretación se realiza lo que se denomina rotación factorial que pretende seleccionar la solución más sencilla e interpretable. Una forma de conseguirlo, es intentando aproximarla al principio de estructura simple. Según, Levy y Varela (2003) la matriz factorial debe reunir las siguientes características: cada factor debe tener unos pocos pesos altos y los otros próximos a 0, cada variable no debe estar saturada más que en un factor y no deben existir factores con la misma distribución, es decir, los factores distintos deben presentar distribuciones de cargas altas y bajas distintas. Con la rotación factorial aunque cambie la matriz factorial las comunalidades no se alteran, sin embargo, cambia la varianza explicada por cada factor.

Existen varios métodos de rotación que se clasifican en ortogonales y oblicuos, Hair et al. (2010) presentan una breve descripción de los métodos de rotación y de sus criterios de aplicación, por otro parte, coinciden con Costello y Osborne (2005) en que el método Varimax, es el más utilizado debido a que cumple con los criterios enunciados por Levy y Varela (2003), por ello fué el método de rotación seleccionado. Para mejorar la

interpretación de la solución rotada, Hair et al., (2010) sugieren que el criterio para asignar variables a los factores rotados, sean aquellos que tengan al menos cargas factoriales de 0.50 y preferentemente mayores a 0.70, aunque estos autores también relacionan la significancia de las cargas factoriales al tamaño muestral, así, afirman que para muestras mayores a 250 casos una carga factorial de 0.35 resulta significativa.

Modelado con Ecuaciones Estructurales

El modelo de ecuaciones estructurales (MEC) es una técnica estadística multivariable que permite examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia, y es particularmente útil cuando una variable dependiente se convierte en variable independiente en posteriores relaciones de dependencia. Además, muchas de las variables afectan a cada una de las variables dependientes, pero con efectos distintos (Hair et al., 2010). Posee algunas características particulares que lo diferencian de las otras técnicas multivariadas; una de las más importantes es la capacidad de estimar y evaluar la relación entre constructos no observables, denominados variables latentes (Kline, 2011).

En comparación con otras técnicas de análisis donde los constructos pueden ser representados con una única medición y el error de medición no es modelado, el MEC permite emplear múltiples medidas que representan el constructo y controlar el error de medición específico de cada variable (Levy y Varela, 2003). Esta diferencia es importante ya que el investigador puede evaluar la validez de cada constructo medido. Otra característica particular es que para interpretar los resultados del MEC se deben evaluar cuidadosamente varias pruebas estadísticas y un conjunto de índices que determinan que la estructura teórica propuesta suministra un buen ajuste a los datos empíricos. Este ajuste se verifica si los valores de los parámetros

estimados reproducen tan estrechamente como sea posible la matriz observada de covarianza (Bryne, 2006).

El principal aporte del MEC es que se pueden evaluar o probar modelos teóricos. Por ello, en una de las herramientas más potentes para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal (Landeros y Gonzalez, 2006). No obstante, estos modelos nunca prueban la causalidad, solo permiten seleccionar hipótesis causales relevantes, eliminando aquellas no sustentadas por la evidencia empírica. Así, los modelos causales son susceptibles de ser estadísticamente rechazados si se contradicen con los datos.

De acuerdo a Hair et al. (2010), hay tres estrategias que se adoptan en el sistema de ecuaciones estructurales: la estrategia de modelización confirmatoria, la estrategia de modelos rivales y la estrategia de desarrollo del modelo. En el presente trabajo de investigación se aplica la estrategia de modelización confirmatoria, donde se especifica un modelo aislado y el modelo de ecuaciones estructurales se utiliza para evaluar su significación estadística. Por otra parte, en los modelos de ecuaciones estructurales se pueden identificar dos componentes principales:

- Un modelo de medida que representa las relaciones de las variables latentes (o constructos) con sus indicadores (o variables empíricas). El objetivo fundamental del modelo de medida es evaluar la idoneidad de los indicadores seleccionados en la medición de los constructos.
- El modelo estructural para establecer las interrelaciones entre los constructos, basándose en teoría sustantiva, antes que la experiencia. Su propósito es distinguir qué variables independientes predicen cada variable dependiente.

Diversos autores, (Hair et al., 2010; Kline, 2011; Byrne, 2006) sugieren que el procedimiento para aplicar el MEC incluye la especificación, la identificación, la estimación de parámetros, la evaluación del ajuste y la reespecificación del modelo, para finalmente interpretar los resultados obtenidos. A continuación en las siguientes viñetas se ofrece una breve descripción de cada uno de estos pasos. Kline (2011) ofrece una amplia exposición del MEC basado en covarianzas.

- **Especificación del Modelo.** En esta fase el investigador aplica sus conocimientos teóricos del fenómeno para plantear las ecuaciones matemáticas relativas a los efectos causales de las variables latentes y a las expresiones que las relacionan con los indicadores o variables observables. Es importante señalar que cualquier relación omitida en el modelo se asume que es igual a cero.

- **Identificación del Modelo.** En este paso se corrobora que el modelo esté identificado, es decir que se tiene un número de observaciones (variables manifiestas) suficientes para estimar los parámetros exigidos por el modelo. Como regla general se calculan los grados de libertad del modelo a través de la siguiente expresión:

$$[(\text{Número de variables observadas}) \times (\text{número de variables} + 1)/2] - (\# \text{ parámetros a estimar})$$

Se espera que los grados de libertad del modelo deban ser mayores a cero, lo que se conoce como modelo sobreidentificado, que tiene la característica que posee más información en la matriz de datos que el número de parámetros a estimar. Esto asegura que el modelo sea tan generalizable como sea posible.

- **Estimación de los parámetros del modelo.** Implica determinar los valores de los parámetros desconocidos y su respectivo error de medición. El método mas utilizado es el de Máxima Verosimilitud porque es eficiente y no sesgado cuando se cumplen los supuestos de normalidad multivariada, pero este supuesto difícilmente

se cumple con datos ordinales, (Landeros y Gonzalez, 2006). Cuando no se cumple el supuesto de normalidad multivariante se recomienda usar el método de estadísticos robustos de Satorra- Bentler, (Bryne, 2006).

- **Evaluación del ajuste del modelo.** En esta etapa se prueba la significancia estadística del modelo propuesto utilizando una prueba χ^2 , cuyo valor p debe ser mayor a 0.05. Sin embargo, con modelos complejos y con tamaños de muestra grandes, el valor p generalmente es significativo, sin que esto implique necesariamente que el modelo es incorrecto. La literatura recomienda utilizar diversos índices de ajuste que se clasifican en absolutos, incrementales y de parsimonia. Hu y Blenter (1999) recomiendan el uso de varios índices, entre los más utilizados están el estadístico chi-cuadrado (χ^2), la razón de chi-cuadrado sobre los grados de libertad (CMIN/DF), el índice de ajuste comparativo (CFI), el índice de bondad de ajuste (GFI), y el error cuadrático medio de aproximación (RMSEA). Valores superiores a 0.90 para el CFI y el GFI sugieren un ajuste satisfactorio, para el RMSEA se recomienda un valor menor a 0.06 y para el CMIN/DF su valor debe ser inferior a 3. Al cumplir con estos criterios se infiere un ajuste razonable entre las estructuras teóricas del modelo con los datos empíricos.

- **Reespecificación del modelo.** Es frecuente que el modelo propuesto no exhiba un ajuste satisfactorio. En consecuencia, se buscan métodos para mejorar el ajuste del modelo y/o su correspondencia con la teoría subyacente. En tal caso, se añaden nuevos parámetros o se eliminan otros previamente estimados en el modelo original; tales modificaciones deben estar sustentadas en una justificación teórica, (Bryne, 2006). Para realizar una reespecificación se deben examinar los índices de modificación. El valor del índice de modificación corresponde aproximadamente a la reducción en el chi-cuadrado que se produciría si el parámetro fuera libremente

estimado. Un valor de 4.84 o superior sugiere que se obtiene una reducción estadísticamente significativa en el chi-cuadrado cuando se estima el coeficiente (Hair et al., 2010). También se puede examinar la matriz residual de la matriz de las covarianzas, donde los valores residuales mayores que 2.58 se consideran estadísticamente significativos al nivel de 0.05. Los residuos significativos representan un error de predicción sustancial para un par de indicadores, en este caso conviene revisar la validez de contenido de cada uno de ellos para evaluar un posible traslape, (Bryne, 2006).

ANEXO 2: CUESTIONARIO



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración
Coordinación del Doctorado en Ciencias de la Administración



Cuestionario para identificar los factores críticos de éxito en la implantación del TPM

Instrucciones: este cuestionario tiene por objetivo recolectar información verídica y confiable sobre la creación de un modelo conceptual que me permita identificar los factores críticos y las interrelaciones entre las variables que inciden en el despliegue exitoso del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta investigación, permitirá generar estrategias y recomendaciones que le permita a los practicantes y administradores a cargo del TPM disponer de una herramienta teórica, válida para asegurar una exitosa implantación en sus organizaciones.

1. El cuestionario está dividido en 9 secciones, mismas que le tomará 20 minutos en responder.
2. Por favor evalúe los términos según su respuesta más apropiada y encierre en un círculo la respuesta de su elección.

Todas las respuestas son confidenciales.

Nombre de la empresa (opcional) _____ *email:* _____

Puesto de trabajo _____ *Años en el puesto* _____ *Sexo* ____

Sector industrial:

Automotriz _____ *Electrónica* _____ *Plásticos* _____ *Metales* _____ *Empaque* _____

Médico _____ *Otro, especifique* _____

Número de empleados de la empresa donde usted labora:

0-50 _____ *51-100* _____ *101-200* _____ *201-500* _____ *501- o más* ____

Solamente serán reportados los resúmenes.

Por favor escriba los siguientes datos, mismos que serán usados para la distribución del reporte.

Estimado Gerente General, Gerente de Staff, Superintendente, Gerente de Departamento, Ingeniero de Mantenimiento y Otros. Le reitero mi disposición de retroalimentar a Usted, los resultados más relevantes al culminar la investigación. Para ello, contácteme al correo: jhernand@uacj.mx .

Agradezco infinitamente su apoyo y comprensión, quedo a sus órdenes.

Mtro. Jesús Andrés Hernández Gómez

Instrucciones: De acuerdo a la siguiente escala de medición, asocie la frecuencia de observación de las actividades que se listan a continuación.				
1	2	3	4	5
Nunca	Esporádicamente	Frecuentemente	Casi siempre	Siempre

Por favor marque con una X la respuesta de su elección.

Nunca Siempre

Respecto al PROCESO DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Las responsabilidades de nuestro programa de mantenimiento estén bien establecidas para todas las áreas de la planta. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2. La formulación de la misión, estrategias y políticas de la empresa reflejen el compromiso de la alta gerencia con el mantenimiento del equipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3. Nuestras metas corporativas fomenten y apoyen el desarrollo de un programa de mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 4. La declaración de la misión sea comunicada efectivamente en toda la empresa. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5. La declaración de la misión sea completamente apoyada por nuestros empleados. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6. El plan de implantación contemple una política para el mantenimiento planeado. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7. El plan de implantación contempla una política para incorporar prácticas de mantenimiento predictivo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8. El plan de implantación contemple indicadores para evaluar el desempeño del programa de mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9. El plan de implantación prevea la introducción gradual del programa. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10. La asignación de recursos financieros para apoyar la implantación sea suficiente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 11. El plan prevea un horizonte de largo plazo para implantar completamente el programa. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 12. El plan establezca un sistema de incentivos para premiar los logros obtenidos. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Nunca Siempre

Respecto al DESARROLLO DEL RECURSO HUMANO, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| 13. Se formen equipos para resolver problemas de producción y fomentar la participación de los empleados. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14. Los empleados dispongan de los recursos suficientes para tratar con problemas de paros de equipo inesperado. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 15. A los operadores se les haya dado entrenamiento en principios de mantenimiento autónomo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 16. Los operadores sean responsables del mantenimiento de sus máquinas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17. Los operadores sean responsables de inspeccionar su propio trabajo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18. Exista un programa que garantice que las sugerencias de los empleados sean regularmente evaluadas e implantadas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19. Exista un programa que garantice que la administración comunique porque las sugerencias fueron o no implantadas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20. La habilidad para resolver problemas sea un criterio de promoción del empleado. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 21. Los equipos de TPM están enfocados de acuerdo a metas preestablecidas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 22. Las metas de los equipos de TPM esten alineadas con las metas de la empresa. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 23. Los responsables de los equipos de TPM cuenten con experiencia en el sistema y tengan cualidades de liderazgo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24. Los empleados de los diferentes departamentos de la planta cooperen entre sí para resolver sus conflictos. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 25. Los empleados de los departamentos administrativos conozcan los problemas de producción. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 26. Los empleados reciban entrenamiento para desempeñar múltiples tareas. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 27. Los empleados reciban entrenamiento cruzado para que puedan sustituir a otros sí es necesario. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28. Los empleados reciban entrenamiento para trabajar en equipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Instrucciones: De acuerdo a la siguiente escala de medición, asocie la frecuencia de observación de las actividades que se listan a continuación.				
1	2	3	4	5
Nunca	Esporádicamente	Frecuentemente	Casi siempre	Siempre

Por favor marque con una X la respuesta de su elección.

Nunca Siempre

Respecto a la DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA EL TPM, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 29. Las instalaciones de suministro de energía (electricidad, fluidos, gas, etc.) se diseñen con las capacidades de operación requeridas por los equipos de producción. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 30. La distribución del equipo manufactura tome en cuenta accesos para el fácil mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Nunca Siempre

Respecto a las CONTRIBUCIONES GERENCIALES, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| 31. Se perciba un liderazgo de la dirección en la ejecución de los programas de TPM. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 32. La dirección cree y comunique una visión centrada en calidad y mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 33. Los jefes de departamento acepten su responsabilidad hacia el TPM. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 34. Existan reuniones de trabajo entre el departamento de mantenimiento y producción. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 35. La gerencia promueva la participación de trabajadores en el mantenimiento y conservación del equipo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 36. La dirección se involucre en proyectos para mejorar los resultados del programa de mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 37. La dirección defina e identifique indicadores para el desempeño del programa de mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 38. La dirección promueva activamente una cultura de TPM. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 39. La dirección pondera correctamente el TPM y el programa de producción. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Nunca Siempre

Respecto a las COMUNICACIÓN DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 40. La frecuencia y duración del tiempo muerto debido a paros, set-up, microparos, reducción de velocidad, defectos, retrabajo y pérdidas del rendimiento sean graficados y mostrados en el piso de producción. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 41. Empleados tengan fácil acceso a la información de la productividad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 42. La dirección promueva sesiones de sensibilización previas a cualquier cambio radical en los sistemas de manufactura. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Instrucciones: De acuerdo a la siguiente escala de medición, asocie la frecuencia de observación de las actividades que se listan a continuación.

1	2	3	4	5
Nunca	Esporádicamente	Frecuentemente	Casi siempre	Siempre

Por favor marque con una X la respuesta de su elección.

Nunca Siempre

Respecto a las TÉCNICAS BÁSICAS DEL TPM, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 43. Los operarios del equipo dediquen una porción de cada día solamente al mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 44. Se considere al mantenimiento como una estrategia para cumplir con los requerimientos de entrega y calidad del cliente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 45. Nosotros tengamos un turno o parte del mismo dedicado a actividades de mantenimiento. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 46. Nuestro departamento de mantenimiento se enfoque en asistir a los operarios para desempeñar su propio mantenimiento preventivo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 47. Nuestra planta se mantenga a la vanguardia en las nuevas tecnologías en nuestra industria. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 48. En nuestra planta estemos constantemente pensando en la siguiente generación de tecnología. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 49. Nuestra planta sea líder en el uso efectivo de nuevas tecnologías para procesos de manufactura. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 50. Los ingenieros de la planta busquen permanentemente aprender y mejorar el equipo después de su instalación. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 51. Nosotros desarrollemos equipo propio y específico para nuestros procesos. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 52. Contemos con proveedores para la mayoría de nuestros equipos. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 53. Contemos con equipo propio que esté protegido por patentes de la firma. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 54. El desarrollo de equipo propio nos ayude a obtener una ventaja competitiva. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 55. El programa garantice que los operarios mantengan sus áreas de trabajos limpios y ordenados. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 56. La planta se distinga por estar limpia en todo momento y en todos los departamentos. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 57. Los operarios tengan la disciplina de poner todas las herramientas y accesorios en su lugar. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 58. La alta gerencia sea ejemplo del orden y limpieza en su área de trabajo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Nunca Siempre

Respecto a las PRÁCTICAS DE MEJORA CONTINUA, qué tan frecuente es que:

- | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| 59. Nosotros estemos en estrecho contacto con nuestros clientes. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 60. Nos esforcemos por ser sensibles a las necesidades de nuestros clientes. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 61. Nos esforcemos por establecer relaciones de largo plazo con nuestros proveedores. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 62. Contemos con un número pequeño de proveedores pero de alta calidad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 63. Nuestros proveedores cuenten con certificaciones que acreditan su calidad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 64. Nosotros monitoreemos nuestros procesos aplicando técnicas de control estadístico. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 65. Un gran porcentaje de nuestros equipos o procesos esten bajo control estadístico de calidad. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 66. En la empresa se reducen continuamente los tiempos de set-up. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 67. Los tiempos de ciclo se reduzcan continuamente. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 68. El sistema de control de producción se base en un sistema de jalón (pull system). | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 69. En la planta se utilice el control visual para el piso de producción. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Instrucciones: De acuerdo a la siguiente escala de medición, asocie la frecuencia de observación de las actividades que se listan a continuación.

1	2	3	4	5
Nunca	Esporádicamente	Frecuentemente	Casi siempre	Siempre

Por favor marque con una X la respuesta de su elección.

Nunca Siempre

Respecto a la ESTRUCTURA PROPIA, qué tan frecuente es que:

70. En nuestra planta se desarrolle un plan maestro de capacitación para cada nivel jerárquico de los trabajadores.	1	2	3	4	5
71. El programa de capacitación se actualice continuamente.	1	2	3	4	5
72. En la planta se dé un seguimiento permanente a las lecciones aprendidas del TPM.	1	2	3	4	5
73. En la planta se promueva continuamente la filosofía del TMP.	1	2	3	4	5
74. En la planta se difundan las buenas o malas experiencias obtenidas durante la implantación del TPM.	1	2	3	4	5

Para las afirmaciones enunciadas en los reactivos 75-79, marque su respuesta conforme a la siguiente valoración:

- 1 Si está en completo desacuerdo.
- 2 Si está en desacuerdo
- 3 Si no está en desacuerdo ni en acuerdo
- 4 Si está en acuerdo
- 5 Si está en completo acuerdo

Completo Desacuerdo Completo acuerdo

Sección de DESEMPEÑO DE LA EMPRESA después de implementar TPM.

75. La implantación del TPM en las diferentes líneas de producción ha generado una reducción en el tiempo muerto por paros en el equipo.	1	2	3	4	5
76. Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en costo unitario de manufactura.	1	2	3	4	5
77. Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en calidad del producto.	1	2	3	4	5
78. Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en tiempo y confiabilidad de entrega del producto.	1	2	3	4	5
79. Comparado con nuestros competidores, nuestro desempeño es mejor en flexibilidad para cambiar la mezcla y volumen del producto.	1	2	3	4	5

¡ Agradezco su atención para contestar este cuestionario !

ANEXO 3: MATRIZ DE VARIANZA EXPLICADA

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	37.863	47.928	47.928	37.863	47.928	47.928	8.255	10.449	10.449
2	3.016	3.818	51.747	3.016	3.818	51.747	6.268	7.934	18.384
3	2.594	3.284	55.030	2.594	3.284	55.030	6.217	7.869	26.253
4	2.005	2.538	57.569	2.005	2.538	57.569	5.550	7.025	33.278
5	1.670	2.113	59.682	1.670	2.113	59.682	5.351	6.774	40.052
6	1.598	2.023	61.705	1.598	2.023	61.705	4.433	5.611	45.664
7	1.505	1.906	63.610	1.505	1.906	63.610	4.215	5.336	50.999
8	1.333	1.688	65.298	1.333	1.688	65.298	4.190	5.303	56.303
9	1.244	1.574	66.872	1.244	1.574	66.872	3.585	4.538	60.841
10	1.173	1.484	68.357	1.173	1.484	68.357	3.568	4.517	65.358
11	1.097	1.388	69.745	1.097	1.388	69.745	3.019	3.821	69.179
12	1.046	1.324	71.069	1.046	1.324	71.069	1.494	1.891	71.069
13	.935	1.183	72.253						
14	.902	1.142	73.395						
15	.852	1.078	74.473						
16	.825	1.044	75.518						
17	.759	.960	76.478						
18	.748	.947	77.425						
19	.704	.891	78.316						
20	.679	.859	79.175						
21	.654	.827	80.002						

Anexo 3a Matriz de varianza explicada

22	.625	.792	80.794						
23	.605	.766	81.560						
24	.577	.731	82.291						
25	.558	.706	82.997						
26	.530	.671	83.668						
27	.519	.657	84.325						
28	.500	.633	84.958						
29	.488	.618	85.577						
30	.476	.602	86.179						
31	.442	.560	86.739						
32	.437	.553	87.292						
33	.401	.507	87.799						
34	.391	.495	88.294						
35	.379	.480	88.774						
36	.371	.470	89.244						
37	.363	.460	89.704						
38	.360	.456	90.160						
39	.352	.446	90.606						
40	.336	.426	91.031						
41	.327	.414	91.445						
42	.321	.406	91.852						
43	.313	.396	92.248						
44	.303	.384	92.632						
45	.289	.366	92.997						
46	.279	.353	93.351						
47	.264	.334	93.685						

Anexo 3b Matriz de varianza explicada

48	.261	.330	94.015						
49	.243	.307	94.322						
50	.238	.301	94.623						
51	.235	.297	94.920						
52	.229	.289	95.209						
53	.223	.282	95.492						
54	.218	.276	95.767						
55	.210	.265	96.033						
56	.205	.259	96.292						
57	.197	.249	96.541						
58	.188	.238	96.779						
59	.180	.227	97.006						
60	.177	.225	97.231						
61	.167	.212	97.443						
62	.163	.206	97.649						
63	.155	.196	97.845						
64	.149	.189	98.034						
65	.149	.188	98.222						
66	.139	.176	98.398						
67	.132	.167	98.564						
68	.129	.163	98.728						
69	.119	.150	98.878						
70	.115	.146	99.024						
71	.111	.141	99.164						
72	.105	.133	99.298						
73	.102	.129	99.427						
74	.088	.111	99.538						

Anexo 3c Matriz de varianza explicada

75	.083	.106	99.644						
76	.081	.103	99.747						
77	.073	.093	99.839						
78	.065	.082	99.921						
79	.062	.079	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Anexo 3d Matriz de varianza explicada

ANEXO 4: MATRIZ DE COMPONENTES

	Componente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ÍTEM1	.203	.025	-.045	-.001	.016	-.111	.025	-.032	-.059	-.052
ÍTEM2	.187	.011	.025	.030	-.005	-.092	-.096	-.052	-.038	-.028
ÍTEM3	.185	-.017	.045	-.017	.006	-.034	-.074	-.010	-.044	-.095
ÍTEM4	.207	.029	-.026	.043	.019	-.206	-.146	-.135	.049	-.023
ÍTEM5	.192	-.032	-.058	.082	.008	-.226	-.036	-.091	.068	-.010
ÍTEM6	.177	-.051	-.059	-.061	-.035	.060	.008	.042	.023	-.017
ÍTEM7	.185	-.039	.020	-.161	.002	-.015	-.041	.013	.031	.036
ÍTEM8	.186	-.026	-.042	-.140	.007	-.018	.107	.018	-.062	.006
ÍTEM9	.147	-.012	-.018	-.113	-.015	.151	-.054	.038	-.019	-.007
ÍTEM10	.067	-.081	.078	.006	-.076	.049	.034	.108	-.097	.057
ÍTEM11	.097	-.014	.005	-.054	-.023	.084	-.026	.083	-.027	.000
ÍTEM12	.055	-.085	.047	-.084	-.046	-.152	.027	.051	.051	.122
ÍTEM13	-.011	-.019	-.070	.089	-.044	.058	.002	-.013	-.028	-.067
ÍTEM14	-.037	-.099	.036	.094	-.031	.081	-.056	.114	-.079	.041
ÍTEM15	-.047	-.010	-.050	.039	.003	.024	-.074	.052	-.112	.301
ÍTEM16	-.034	-.025	-.095	-.033	-.003	-.049	-.059	.037	-.002	.474
ÍTEM17	-.045	.058	-.172	.158	-.055	.002	-.063	-.029	.033	.141
ÍTEM18	-.019	.022	-.011	-.033	-.046	-.011	.030	-.010	-.093	-.028
ÍTEM19	.006	-.009	-.004	-.120	-.014	-.009	.033	-.008	-.074	-.006
ÍTEM20	-.054	-.009	-.042	-.077	.012	.014	.009	-.053	.045	.027
ÍTEM21	-.012	-.001	-.044	-.075	-.004	.275	-.036	-.049	.011	-.050
ÍTEM22	.006	.010	-.040	-.111	-.005	.283	-.033	.008	-.038	-.045

Anexo 4a Matriz de componentes

ÍTEM23	-.031	-.036	-.031	-.074	-.007	.321	-.076	.019	-.023	-.046
ÍTEM24	-.039	-.055	-.020	.096	.007	.129	-.050	.023	-.020	-.047
ÍTEM25	-.006	-.083	-.035	.114	.057	-.079	.056	.060	-.016	.066
ÍTEM26	-.018	-.049	-.058	.129	.063	-.006	-.138	-.015	.066	.001
ÍTEM27	-.037	-.030	-.018	.127	.026	.093	-.111	-.057	.024	-.087
ÍTEM28	-.039	-.021	-.072	.094	.042	.048	-.058	.000	.000	-.012
ÍTEM29	.005	-.040	.095	.318	-.029	-.085	-.026	.008	-.113	-.084
ÍTEM30	-.003	-.059	.053	.312	-.038	-.145	-.057	.009	.018	-.018
ÍTEM31	-.024	-.053	.013	.146	-.003	.069	.077	-.029	.011	-.013
ÍTEM32	.003	.050	.014	.088	-.021	.072	.014	-.071	.029	-.035
ÍTEM33	-.031	.003	-.050	.080	-.044	.163	.042	-.037	.071	-.022
ÍTEM34	-.004	-.010	-.043	.078	-.013	.103	.172	-.086	.013	-.028
ÍTEM35	.004	-.009	-.032	-.015	.003	.001	.173	-.038	.010	.089
ÍTEM36	-.009	-.021	.009	.022	-.033	.004	.194	-.011	.024	.030
ÍTEM37	-.007	-.054	.048	-.038	-.022	.038	.229	.004	-.045	.040
ÍTEM38	-.001	.000	.032	-.031	.010	.015	.082	-.075	.048	.077
ÍTEM39	-.014	-.002	.026	-.017	.001	.067	.111	-.080	.021	.046
ÍTEM40	-.029	-.023	-.037	-.066	-.007	-.047	.346	-.004	-.035	-.130
ÍTEM41	-.027	-.017	-.102	-.072	-.004	-.081	.325	.066	-.014	-.091
ÍTEM42	-.035	-.052	.031	-.031	-.011	-.076	.211	.034	.020	-.001
ÍTEM43	.022	.029	-.004	-.077	.039	-.150	.006	-.097	.051	.267
ÍTEM44	.000	-.048	.155	.053	-.006	-.087	.054	-.005	-.086	.018
ÍTEM45	.039	-.003	.174	-.068	-.016	-.045	-.012	-.090	-.064	.070
ÍTEM46	.005	-.018	.098	-.085	.002	.048	-.012	-.034	-.022	.146
ÍTEM47	-.004	-.090	.249	.001	-.010	-.022	-.039	.022	-.001	-.105
ÍTEM48	-.039	-.086	.276	.044	-.025	-.038	-.068	.066	.003	-.098
ÍTEM49	-.017	-.072	.282	-.019	-.029	-.025	-.091	.055	-.014	-.107

Anexo 4b Matriz de componentes

ÍTEM50	-.041	-.008	.082	.064	.003	.009	-.101	-.038	.148	-.109
ÍTEM51	-.047	.016	-.038	-.001	-.027	.055	-.059	.002	.298	-.047
ÍTEM52	-.031	-.102	.045	-.026	-.030	.057	-.019	.083	.017	-.025
ÍTEM53	-.012	-.050	-.030	-.078	-.011	-.098	.007	.031	.387	.016
ÍTEM54	-.002	.004	-.125	-.030	.008	.024	-.035	-.039	.415	-.036
ÍTEM55	-.045	.026	-.125	.070	.017	-.002	.076	-.041	.108	.019
ÍTEM56	-.043	.083	-.061	.134	-.014	-.023	.070	-.025	-.072	-.005
ÍTEM57	-.029	.022	-.078	.119	-.037	-.032	.084	.005	-.027	.085
ÍTEM58	-.025	.017	-.027	.130	-.007	.019	.012	.012	-.053	.042
ÍTEM59	-.003	-.039	-.051	-.058	-.008	-.026	-.009	.336	-.022	.048
ÍTEM60	-.015	-.056	-.022	-.006	-.003	.046	.012	.267	-.040	-.017
ÍTEM61	-.034	-.070	-.007	-.013	-.011	.044	.057	.250	-.068	.063
ÍTEM62	-.015	-.012	.028	-.057	-.048	-.067	-.051	.251	.082	.007
ÍTEM63	-.035	.071	-.020	-.008	-.030	-.028	-.057	.196	.026	-.060
ÍTEM64	.009	.238	-.151	-.035	-.049	-.042	.013	.028	.070	-.047
ÍTEM65	.008	.280	-.167	-.007	-.034	-.034	-.032	-.021	.125	-.002
ÍTEM66	.022	.239	-.052	-.091	.006	-.044	-.014	-.046	.018	.006
ÍTEM67	-.013	.207	-.002	-.035	.018	-.070	-.089	-.038	.035	.030
ÍTEM68	-.041	.233	.027	-.023	-.069	-.005	-.040	-.007	-.081	-.003
ÍTEM69	-.024	.240	-.036	-.094	-.048	.074	-.008	-.003	-.088	-.017
ÍTEM70	-.011	.116	.134	.008	.017	-.075	-.022	-.033	-.109	-.097
ÍTEM71	-.029	.112	.158	.067	-.008	-.059	-.047	-.037	-.130	-.080
ÍTEM72	-.027	.111	.089	-.029	.030	.034	-.061	-.062	.002	.011
ÍTEM73	-.029	.106	.098	-.063	.015	.037	-.048	-.059	-.012	.028
ÍTEM74	-.036	.094	.113	-.024	.001	.038	-.051	-.032	-.036	.036

Anexo 4c Matriz de componentes

ANEXO 5: MATRIZ DE COMUNALIDADES

	Inicial	Extracción		Inicial	Extracción
ÍTEM1	1.000	.640	ÍTEM38	1.000	.784
ÍTEM2	1.000	.655	ÍTEM39	1.000	.797
ÍTEM3	1.000	.658	ÍTEM40	1.000	.737
ÍTEM4	1.000	.747	ÍTEM41	1.000	.743
ÍTEM5	1.000	.733	ÍTEM42	1.000	.761
ÍTEM6	1.000	.687	ÍTEM43	1.000	.701
ÍTEM7	1.000	.703	ÍTEM44	1.000	.687
ÍTEM8	1.000	.706	ÍTEM45	1.000	.626
ÍTEM9	1.000	.738	ÍTEM46	1.000	.680
ÍTEM10	1.000	.606	ÍTEM47	1.000	.759
ÍTEM11	1.000	.652	ÍTEM48	1.000	.832
ÍTEM12	1.000	.638	ÍTEM49	1.000	.809
ÍTEM13	1.000	.632	ÍTEM50	1.000	.742
ÍTEM14	1.000	.675	ÍTEM51	1.000	.675
ÍTEM15	1.000	.717	ÍTEM52	1.000	.569
ÍTEM16	1.000	.765	ÍTEM53	1.000	.752
ÍTEM17	1.000	.627	ÍTEM54	1.000	.768
ÍTEM18	1.000	.670	ÍTEM55	1.000	.699
ÍTEM19	1.000	.721	ÍTEM56	1.000	.726
ÍTEM20	1.000	.685	ÍTEM57	1.000	.719
ÍTEM21	1.000	.772	ÍTEM58	1.000	.682
ÍTEM22	1.000	.778	ÍTEM59	1.000	.772
ÍTEM23	1.000	.745	ÍTEM60	1.000	.760
ÍTEM24	1.000	.710	ÍTEM61	1.000	.735
ÍTEM25	1.000	.567	ÍTEM62	1.000	.673
ÍTEM26	1.000	.670	ÍTEM63	1.000	.633
ÍTEM27	1.000	.677	ÍTEM64	1.000	.717
ÍTEM28	1.000	.697	ÍTEM65	1.000	.672
ÍTEM29	1.000	.684	ÍTEM66	1.000	.700
ÍTEM30	1.000	.714	ÍTEM67	1.000	.629
ÍTEM31	1.000	.728	ÍTEM68	1.000	.679
ÍTEM32	1.000	.758	ÍTEM69	1.000	.657
ÍTEM33	1.000	.739	ÍTEM70	1.000	.715
ÍTEM34	1.000	.680	ÍTEM71	1.000	.752
ÍTEM35	1.000	.695	ÍTEM72	1.000	.779
ÍTEM36	1.000	.763	ÍTEM73	1.000	.801
ÍTEM37	1.000	.725	ÍTEM74	1.000	.784

ANEXO 6: MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS

	Componente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ÍTEM 6	.698									
ÍTEM 8	.682									
ÍTEM 4	.677									
ÍTEM 3	.674									
ÍTEM 7	.667									
ÍTEM 5	.666									
ÍTEM 2	.662									
ÍTEM 1	.661									
ÍTEM 9	.646									
ÍTEM 11	.535									
ÍTEM 65		.645								
ÍTEM 68		.639								
ÍTEM 66		.635								
ÍTEM 69		.627								
ÍTEM 64		.612								
ÍTEM 67		.575								
ÍTEM 49			.682							
ÍTEM 48			.674							
ÍTEM 47			.632							
ÍTEM 30				.651						
ÍTEM 29				.640						
ÍTEM 77					.801					
ÍTEM 78					.775					
ÍTEM 76					.744					
ÍTEM 79					.741					
ÍTEM 75					.710					
ÍTEM23						.635				
ÍTEM 21						.602				
ÍTEM 22						.599				
ÍTEM 40							.660			
ÍTEM 41							.624			
ÍTEM 54								.732		
ÍTEM 53								.724		
ÍTEM 51								.599		

Anexo 6a Matriz Rotada

ANEXO 6: MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS

	Componente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ÍTEM 59									.773	
ÍTEM 60									.668	
ÍTEM 61									.621	
ÍTEM 62									.614	
ÍTEM 63									.557	
ÍTEM 16										.823
ÍTEM 15										.615

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Anexo 6b Matriz Rotada

REFERENCIAS

- Alsyouf, I. (2006). "Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 2, pp. 133-49.
- Ahmed Shamsuddin, Hassan Masjuki Hj. and Taha Zahari (2004), "State of implementation of TPM in SMIs: a survey study in Malaysia". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10 No 2, pp. 93-106.
- Ahmed Shamsuddin, Hassan Masjuki Hj. and Taha Zahari (2005), "TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 11 No. 1, pp. 19-42.
- Ahuja, I.P.S., Singh, T.P., Sushil, M. and Wadood, A. (2004), "Total productive maintenance implementation at Tata Steel for achieving core competitiveness", *Productivity*, Vol. 45, No. 3, pp. 422-6.
- Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2007), "An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 4, pp. 338-352.
- Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2008a), "Assessment of contributions of successful TPM initiatives towards competitive manufacturing", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14 No. 4, pp. 356-374.
- Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2008b), "Total productive maintenance: literature review and directions", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25 No. 7, pp. 709-756.
- Ahuja I.P.S. and Khamba J.S. (2008c), "Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14 No. 2, pp. 123-147.
- Al-Hassan Khalid, Joseph Fat-Lam Chan & Andrew Viggo Metcalfe (2000), "The role of total productive maintenance in business excellence", *Total Quality Management*, Vol. 11, Nos. 4/5&6, S596- S601.
- Al-Najjar Basim (1996), "Total quality maintenance An approach for continuous reduction in costs of quality products", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 2 No. 3, pp. 4-20.
- Anderson, James C., Gerbing David W. (1988), "Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach", *Psychological Bulletin*, Vol. 103, No. 3, pp. 411-423.
- Avella Lucia, Fernandez Esteban, Vazquez Camilo J., (2001), "Analysis of manufacturing strategy as an explanatory factor of competitiveness in the large Spanish industrial firm", *Int. J. Production Economics*, n72, pp. 139-157.
- Bagozzi, Richard P., Phillips Lynn W. (1982). "Representing and Test-ing Organizational Theories: A Holistic Construal", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 27, No. 3, pp. 459-489.
- Bagozzi, Richard P., Yi Youjae, (1988). "On the Evaluation of Structural Equation Models", *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 16, No. 1, pp. 74-94.
- Banerjee, S.K. (2000), "Developing Manufacturing Strategies: influence of technology and other issues", *Journal of production economics*, v64, pp79-90.
- Bamber, C.J., Sharp, J.M. and Hides, M. (1999), "Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing case study perspective", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5 No. 3, pp. 162-81.

- Barnes, Justin, Bessant John, Dunne Nikki, Morris Mike. (2001). "Developing manufacturing competitiveness within South African industry: the role of middle management", *Technovation* 21, pp. 293–309.
- Basu Ron (2001), "SIX SIGMA to FIT SIGMA: The New Wave Of Operational Excellence", disponible en la dirección electrónica: [http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q...om/+Six+sigma+to+fit+sigma",&hl=es&as_sdt=0,5](http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q...om/+Six+sigma+to+fit+sigma) (2 of 7) [29/10/2011 02:43:45 p.m.].
- Becker, S.W. (1993), "TQM does work: ten reasons why misguided efforts fail", *Management Review*, Vol. 82 No. 5, pp. 30-4.
- Ben-Daya, Mohamed. (2000). " You may need RCM to enhance TPM implementation", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 6 No. 2, pp. 82-85.
- Bentler, Peter M. (2005). "EQS Structural Equations Program Manual", BMDP Statistical Software.
- Blanchard, Benjamin S. (1997). "An enhanced approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 2, pp. 69-80.
- Bohoris, G.A., Vamvalis, C., Tracey, W. and Ignatiadou, K. (1995), "TPM implementation in Land-Rover with the assistance of a CMMS", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1 No. 4, pp. 3-16.
- Brah, S. A., Chong W.-K. (2004). "Relationship between total productive maintenance and performance", *International Journal of Production Research*, vol. 42, no. 12, 2383–2401.
- Brown, T. (2010), "United Front", Works Management, Findlay Publications Ltd., pp. 14-16.
- Bruun Peter, Mefford Robert N. (2004), "Lean Production and Internet", *International Journal of Production economics*, Volume 89, pp 247-260.
- Bunge Mario (2004), La investigación científica, Primera Edición, Siglo XXI editores, Mexico D.F.
- Byrne, Barbara M. (2001). "Structural Equation Modeling With AMOS, EQS, and LISREL: Comparative Approaches to Testing for the Factorial Validity of a Measuring Instrument", *International Journal of Testing*, Vol. 1(1), pp. 55–86.
- Byrne, Barbara M. (2006). "Structural Equation Modeling With EQS Basic concepts, applications, and programming", Second Edition, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., New Jersey.
- Caralli Richard A. (2004), "The Critical Success Factor Method: Establishing a Foundation for Enterprise Security Management", TECHNICAL REPORT CMU/SEI-2004-TR-010 ESC-TR 2004-010, pp. 1-135.
- Carannante, T., Haigh R. H., Morris D. S. (1996). "Implementing total productive maintenance: A comparative study of the UK and Japanese foundry industries", *Total Quality Management*, Vol. 7, No. 6, pp. 605- 611.
- Chan, F.T.S., Lau H.C.W., Ip R.W.L., Chan H.K., Kong S. (2005). "Implementation of total productive maintenance:A case study", *International Journal of Production Economics* 95, pp. 71–94.
- Chand, G., Shirvani B. (2000). "Implementation of TPM in cellular manufacture", *Journal of Materials Processing Technology* 103, pp. 149-154.
- Chinese, D., Ghirardo G. (2010). "Maintenance management in Italian manufacturing firms:Matters of size and matters of strategy", *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Vol. 16 No. 2, pp. 156-180.
- Chen Lixia, Meng Bo (2011), "The Three-stage method for chinese enterprises to deploy TPM", *Management Science and Engineering*, Vol. 5 No.1, pp 51-58.

- Chin, K., Poon, G.K. and Pun, K. (2000), "The critical maintenance issues of the ISO 9000 system: Hong Kong manufacturing industries perspective", *Work Study*, Vol. 49 No. 3, pp. 89-96.
- Cigolini, R., Turco F. (1997). "Total productive maintenance practices: a survey in Italy", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 4, pp. 259-272.
- Cil Ibrahim, E. Ramazan, Linking of Manufacturing Strategy (1998), Market requirements and Manufacturing attributes in technology choice: An expert system approach. *The Engineering Economist*, pp183-201.
- Clausewitz Carl von, Howard Michael Eliot and Paret Peter (1989), *On War*, Princenton University Press, New Jersey.
- Cooke, Fang Lee. (2000). "Implementing TPM in plant maintenance: some organisational barriers", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17 No. 9, pp. 1003-1016.
- Costello, Anna B. and Osborne, Jason W. (2005). "Best Practices in Exploratory Factor Analysis: Four Recommendations for Getting the Most From Your Analysis", *Practical assessment, research & evaluation*, Vol. 10 No. 7, pp. 1-9.
- Cua, Kisty O., McKone Kathleen E., Schroeder Roger G. (2001). "Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 19, pp. 675-694.
- Crawford, K.M., Blackstone, J.H. Jr and Cox, J.F. (1988), "A study of JIT implementation and operating problems", *International Journal of Production Research*, Vol. 26 No. 9, pp. 1561-8.
- Dangayach, G.S., SG. Deshmuckh (2004), "An exploratory study of manufacturing strategy practices of machinery manufacturing companies in India", *Omega Journal of Management Science*, Elsevier Science, pp 158-170.
- Dangayach G. S. and Deshmukh S. G. (2006), "Implementation of manufacturing strategy: a select study of Indian process companies", *Production Planning & Control*, Vol. 12, No. 1, pp. 89-105.
- David Fred R. (2003), *Conceptos de Administración Estratégica*, Novena Edición, Ed. Person, México D.F.
- Davis, R. (1997), "Making TPM a part of factory life", TPM Experience (Project EU 1190, DTI, Findlay, sponsored by the DTI.
- Dess Gregory G., Miller Alex (1993), *Strategic Management*, McGraw-Hill, USA.
- Devaraj, Sarv., Hollingworth David G., Schroeder Roger G. (2004). "Generic manufacturing strategies and plant performance", *Journal of Operations Management* 22, pp. 313-333.
- Dossenbach, T. (2006), "Implementing total productive maintenance", *Wood and Wood Products*, Vol. 111 No. 2, pp. 29-32.
- Escobar-Toledo Carlos E., Martinez-Berumen, Hector A. (2011), "Strategic Development of a Decision Making Support System in a Public R & D Center", *International Journal of Decision Support System Technology*, 3(2), pp. 32-43.
- Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. and Probert, S.D. (2004). "Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries", *Applied Energy* 79, pp. 385-401.
- Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. and Probert, S.D. (2006). "Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture", *Applied Energy*, Vol. 83, pp. 1235-48.
- Ferdows Kasra, De Meyer Arnoud. (1990). "Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In Search of a New Theory", *Journal of operations management*, Vol. 9, No. 2, pp. 168-184.

- Ferrari, E., Pareschi, A., Persona, A. and Regattieri, A. (2002), "TPM: situation and procedure for a soft introduction in Italian factories", *The TQM Magazine*, Vol. 14 No. 6, pp. 350-8.
- Fine Charles H., Hax Arnoldo C. (1985), "Manufacturing Strategy: A Methodology and an Illustration", *INTERFACES 15: 6* November-December 1985, pp. 28-46.
- Finlow-Bates, T., Visser B., Finlow-Bates, C. (2000). "An integrated approach to problem solving: linking K-T, TQM and RCA to TPM", *The TQM Magazine* Vol. 12, No. 4, pp. 284-289.
- Flinchbaug J. (1998), "Using integrated management system to design a lean factory", *Center Qual Manage J*, 7(2), pp. 23-30.
- Flynn, B.B., Sakakibara S., Schroeder R.G., (1995). "Relationship between JIT and TQM: practices and performance". *Academy of Management Journal* 38 (5), pp. 1325–1360.
- Fredendall, L.D., Patterson, J.W., Kennedy, W.J. and Griffin, T. (1997), "Maintenance modeling, its strategic impact", *Journal of Managerial Issues*, Vol. 9 No. 4, pp. 440-53.
- Friedli, T., Goetzfried M., Basu P. (2010). "Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing", *Journal of Pharmaceutical Innovation* Vol. 5, pp.181–192.
- Forster Nancy S., Rockart John F. (1989), "CRITICAL SUCCESS FACTORS: AN ANNOTATED BIBLIOGRAPHY", CISR WP No. 191 Sloan WP No. 3041-89, (Center for Information Systems Research Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology).
- Gagnon, Stephane. (1999). "Resource-based competition and the new operations strategy", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 No. 2, pp. 125-138.
- Garg Amik and Deshmukh S.G. (2006), "Maintenance management: literature review and directions", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 3, pp. 205-238.
- Gnanaguru, R., Puvaneswari K. and Mallick J. (2011). "Toyota's A3 reports for improving 6-S activities: an aeronautical industry case study", *International Journal of Services and Operations Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 239-254.
- Graisa, Mustafa and Al-Habaibeh Amin. (2011), "An investigation into current production challenges facing the Libyan cement industry and the need for innovative total productive maintenance (TPM) strategy", *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 22 No. 4, pp. 541-558.
- Gunther Mc Grath R. (1998), "Discovering Strategy competitive advantage from idiosyncratic experimentation", *Strategic Flexibility Management in a Turbulate Enviroment*, Cap. 18, pp. 351-389, John Wiley & Sons Ltd.
- Gyampah Kwasi Amoako, Moses Acquaaah. (2008). "Manufacturing strategy, competitive strategy and firm performance: An empirical study in a developing economy environment", *Int. J. Production Economics* 111, pp. 575–592.
- Hair Jr., Joseph F., Black Williams C., Babin Barry J., Anderson Rolph E. (2010), *Multivariate Data Analysis*, Pearson Prentice Hall, Seventh Edition. Cornell University.
- Hallgren, Mattias., Olhager Jan. (2006). "Quantification in manufacturing strategy: A methodology and illustration", *Int. J. Production Economics* 104, pp. 113–124.
- Hansen, R.C. (2002), *Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits*, Industrial Press Inc., New York, NY.
- Hansson, J., Backlund F. (2003). "Managing commitment: increasing the odds for successful implementation of TQM, TPM or RCM", *International Journal of Quality & Reliability Management* Vol. 20 No. 9, pp. 993-1008.

- Hartmann, E. (1992), *Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant*, TPM Press Inc., Pittsburgh, PA.
- Hayes, Robert H., Wheelwright Steven C. (1984). *Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing*. John Wiley & Sons Ltd.
- Hernández Sampieri R., Fernandez Collado C., Baptista Lucio P., *Metodología de la investigación*, Segunda Ed, México DF, 1998.
- Horan, M. (2007), “All-round improvements”, *Works Management*, Findlay Publications Ltd., pp. 18-21.
- Houshmand Mahmoud, Jamsshidnezhad Bizhan (2006), “An extended model of desing process of lean production system by mean of process variables”, *Robotics and computer-integrated manufacturing vol 22*, pp 1-16.
- Hu, Li Tze., Bentler Peter M. (1999), “ Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives”, *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, Vol 6 (1), pp.1-55.
- Infomaquila (2012), El sitio de la Industria Maquiladora. Recuperado el 21 de septiembre del 2012 de <http://www.infomaquila.com/directorio2009/Ciudad%20Juarez.html>.
- Jackson, Dennis L., Gillaspay, J. Arthur Jr., Purc-Stephenson Rebecca. (2009), “Reporting Practices in Confirmatory Factor Analysis: An Overview and Some Recommendations”, *Psychological Methods*, Vol. 14, No. 1, pp. 6–23.
- Jeong, K-Y. and Phillips, D.T. (2001), “Operational efficiency and effectiveness measurement”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 11, pp. 1404-16.
- Jonsson, P. (1997), “The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3 No. 4, pp. 233-58.
- Kotha S., Orne D. (1989). “Generic manufacturing strategies: A conceptual synthesis”, *Strategic Management Journal*, Vol 10, pp. 211-231.
- Kathuria Ravi (2000), “Competitive priorities and managerial performance: a taxonomy”, of small manufacturers”, *Journal of Operations Management*, pp.627–641.
- Ketokivi M, R. Schroeder (2004), “Strategic structural contingency end institutional explanations in the adoption of innovative manufacturing practices”, *Journal of Operations Management*, Elsevier Science, V22, pp 63-89.
- Kline, Rex B. (2011), “Principles and Practice of Structural Equation Modeling”, The Guilford Press. Third Edition, New York.
- Kim Yearnmin and Lee Jinjoo. (1993), “Manufacturing strategy and production systems: An integrated framework”, *Journal of Operations Management*, Vol. 11, pp. 3- 15.
- Konecny, Philipp A., Thun Jorn-Henrik. (2011). “Do it separately or simultaneously-An empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance”, *International Journal of Production Economics 133*, pp. 496-504.
- Kumar, S. R., Kumar D., Kumar P. (2006). “Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis”, *Industrial Management & Data Systems Vol. 106* No. 2, pp. 256-280.
- Kutucuoglu, K.Y., Hamali, J., Irani, Z. and Sharp, J.M. (2001), “A framework for managing maintenance using performance measurement systems”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 Nos 1/2, pp. 173-94.
- Labib, A.W. (1999), “A framework for benchmarking appropriate productive maintenance”, *Management Decision*, Vol. 37 No. 10, pp. 792-9.
- Landeros Hernández R., González Ramírez MT. (2006), “Estadística con SPSS y metodología de la Investigación”, Ed. Trillas, 1ª Edición, México, D.F.

- Lawrence, J.L. (1999), "Use mathematical modeling to give your TPM implementation effort an extra boost", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5 No. 1, pp. 62-9.
- Lazim, H.M., Ramayah T. (2010). "Maintenance strategy in Malaysian manufacturing companies: a total productive maintenance (TPM) approach", *Business Strategy Series* Vol. 11 No. 6, pp. 387-396.
- Leachman, C., Pegels, C.C. y Shin, S.K. (2005), "Manufacturing performance: evaluation and determinants", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25 No. 9, pp. 851-74.
- Leidecker, J.K. and A.V. Bruno, "Identifying and Using Critical Success Factors," *Long Range Planning (UK)*, Vol. 17, No. 1, February 1984, pp. 23-32.
- Leong, G.K., Snyder D.L., Ward P.T. (1990). "Research in the process and content of manufacturing strategy", *Omega Volume 18*, Issue 2, pp. 109–122.
- Lévy Mangin Jean-Pierre y Varela Mallou Jesús, (2003). *Análisis Multivariable para las Ciencias Sociales*, Pearson Educación, Primera Edición, Madrid.
- Lycke, L. (2003). "Team development when implementing TPM", *Total Quality Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 205–213.
- Machuca Jose A.D., Ortega Jimenez Cesar H., Garrido-Vega Pedro, Diez de los Rios Jose Luis Perez (2011), "Do technology and manufacturing strategy links enhance operational performance? Empirical research in the auto supplier sector", *International Journal of Production Economics* 133, pp. 541-550.
- Martinez-Berumen, Hector A., Escobar-Toledo Carlos E. (2011), "Decision-Making in new technologies for public research centers: a methodological proposal with systems approach", *Systems Research Forum*, Vol. 5, pp. 53-72.
- Máynez-Guaderrama, Aurora I., Cavazos-Arroyo Judith, Torres-Arguelles Vianey, Escobedo-Portillo María T. (2013), "Las capacidades de la empresa para personalizar su producción y reconfigurarse de forma interna: ¿influyen su desempeño operativo y su ventaja competitiva percibidos?", *Revista Internacional de Administración & Finanzas*, Vol. 6, No. 7, pp. 47-65.
- McAdam, R., McGeough F. (2000). "Implementing total productive maintenance in multi-union manufacturing organization: overcoming job demarcation", *Total Quality Management*, Vol. 11, No. 2, pp. 187–197.
- McKellen, C. (2005), "Total productive maintenance", *MWP*, Vol. 149 No. 4, p. 18.
- McKone, Kathleen E., Schroeder Roger G., Cua Kristy O. (2001). "The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance", *Journal of Operations Management* 19, pp. 39–58
- McNeilly Marck (2001), *Sun Tzu and the Art of Modern Warfare*, Oxford University Press, Inc., New York.
- Miltenburg John (2005), *Manufacturing Strategy*, Second Edition, Productivity Press, New York.
- Moayed Farman A. & Shell Richard L. (2009), "Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 No. 3, pp. 285-296.
- Mora, E. (2002), "The Right Ingredients for a Successful TPM or Lean Implementation", available at: www.tpmonline.com
- Muchiri Peter, Pintelon Liliane, Gelders Ludo, Martin Harry (2010), "Development of maintenance function performance measurement framework and indicators", *International Journal of Production economics*, Volume 131, pp 295-302.

- Musashi Miyamoto, Scott Wilson William (2002), *The Book of Five Rings*, Kodansha International LTD., Tokio.
- Muthu, S., Devadasan, S.R., Mendonca, P.S. and Sundararaj, G. (2001), "Pre-auditing through a knowledge base system for successful implementation of a QS 9000 based maintenance quality system", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 7 No. 2, pp. 90-104.
- Naguib, H. (1993), "A roadmap for the implementation of total productivity maintenance (TPM) in a semiconductor manufacturing operation", Semiconductor Manufacturing Science Symposium, ISMSS-1993, IEEE/SEMI International, 19-20 July, pp. 89-97.
- Nakajima, S. (1988), *Introduction to TPM: Total Productive Management* (Portland, OR, Productivity Press).
- Olhager J., Martin Rudberg. (2001), "Long term capacity management: linking the perspectives from ME and Sales and operations planning", *International Journal of Production Economics*. V69, pp 215-225.
- Paiva, Ely Laureano, Roth Aleda V., Fensterseifer Jaime Evaldo. (2008). "Organizational knowledge and the manufacturing strategy process: A resource-based view analysis", *Journal of Operations Management* 26, pp. 115-132.
- Park K.S. and Han S.W., (2001), "TPM – Total Productive Maintenance: Impact on Competitiveness and a Framework for Successful Implementation", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 11 (4), pp. 321-338, John Wiley & Sons, Inc.
- Parida, A., Kumar U. (2006). "Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges", *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Vol. 12 No. 3, pp. 239-251.
- Perez-Lafont J.L. (1997). "INSTALLATION OF A T.P.M. PROGRAM IN A CARIBBEAN PLANT", *Computers industrial Engineering* Vol. 33, Nos 1-2, pp. 315-318.
- Pérez López, César. (2004), "Técnicas de Análisis Multivariantes de Datos", Ed. Pearson, 1ª edición, Madrid.
- Pintelon Liliane, Pinjala Srinivas Kumar, Vereecke Ann (2006), "Evaluating the effectiveness of maintenance strategies", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 1, pp. 7-20.
- Pirsig, R.M. (1996), "Total productive maintenance", in Levitt, J. (Ed.), *Managing Factory Maintenance*, Industrial Press Inc., New York, NY.
- Plant R., Willcocks L. (2007), "CRITICAL SUCCESS FACTORS IN INTERNATIONAL ERP IMPLEMENTATIONS: A CASE RESEARCH APPROACH", *Journal of Computer Information Systems*, Spring 2007, pp. 60-70.
- Porter Michael E. (1996), "What Is Strategy?", *Harvard Business Review*, November-December 1996, Harvard Business School Publishing Corporation.
- Porter Michael E. (1998), *Estrategia competitiva : técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*, Ed. CECSA, México D.F.
- Porter Michael E. (2004), *Ventaja Competitiva*, Ed. CECSA, México D.F.
- Pun, K.-F., Chin K.-S., White A. S., Gill R. (2004), "Determinants of manufacturing strategy formulation: a longitudinal study in Hong Kong", *Technovation* 24, pp. 121-137.
- Rockart, J.F. (1979), "Chief Executives Define Their Own Data Needs," *Harvard Business Review*, Vol. 57, No. 2, March/April 1979, pp. 81-93.
- Rockart, J.F. y Bullen C.V. (1981), "A Primer on Critical Success Factors," (Center for information center research. Sloan School of Management. M.I.T. Working Paper No. 69, June).
- Rockart, J.F. (1982), "The Changing Role of the Information Executive: A Critical Success Factors Perspective," *Sloan Management Review*, Vol. 24, No. 1, Fall 1982, pp. 3-13.

- Rockart, J.F. y Cescenzi A.D. (1984), "Engaging top management in information technology", *Sloan Management Review*, Vol. 25, No. 4, pp. 3-16.
- Rodrigues, M. and Hatakeyama, K. (2006), "Analysis of the fall of TPM in companies", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 179 Nos 1-3, pp. 276-9.
- Rho Boo-Ho, Park Kwangtae, Yu Yung-Mok (2001), "An international comparison of the effect of manufacturing strategy-implementation gap on business performance", *International Journal of Production Economics* 70, pp. 89-97.
- Robb David J., Xie Bin (2001), "A survey of manufacturing strategies in China- based enterprises", *International journal of production economics*, Volume 72, pp 181-199.
- Rolfesen Monica, Langeland Camilla. (2012), "Successful maintenance practice through team autonomy", *Employee Relations*, Vol. 34 No. 3, pp. 306-321.
- Rositas Martínez, Juan (2009), "Factores críticos de éxito en la gestión de calidad total en la industria manufacturera mexicana", *Ciencia UANL*, Vol. XII, Núm. 2, abril-junio, pp. 181-193.
- Salaheldin Ismail Salaheldin (2009), "Problems, success factors and benefits of QCs implementation: a case of QASCO", *The TQM Journal*, Vol. 21 No. 1, 2009, pp. 87-100.
- Schermelleh-Engel , K., Moosbrugger Helfried, Müller Hans. (2003), "Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures", *Methods of Psychological Research Online*, Vol. 8, No. 2, pp. 23-74.
- Schreiber, James B., Stage Frances K., King Jamie, Nora Amaury, Barlow Elizabeth A. (2006), "Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review", *The Journal of Educational Research*, Vol. 99, No. 6, pp. 323-337.
- Shah Rachna, Ward Peter T. (2003), "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 129–149.
- Shirose, K. (1996), Total Productive Maintenance: New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries, Japan Institute of Plant Maintenance, Tokyo.
- Skinner, Wickham. (2007), "Manufacturing strategy: The story of its evolution", *Journal of Operations Management* 25, pp. 328–335.
- Sohal, Amrik S., Gordon John, Fuller Greg , Simon Alan. (1999). "Manufacturing practices and competitive capability: an Australian Study", *Technovation* 19. pp. 295–304.
- Steinbacher, H.R. and Steinbacher, N.L. (1993), TPM for America, Productivity Press, Portland, OR.
- Suh NP (1990), "The principles of design", New York: Oxford Press.
- Sun Hongyi, C. Hong. (2002), The alignment between manufacturing and business strategies: its influence on business performance. *Technovation. Elsevier Science*. V22, pp 699-705.
- Sun, H., Yam, R. and Wai-Keung, N. (2003), "The implementation and evaluation of total productive maintenance (TPM) – an action case study in a Hong Kong manufacturing company", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 22 No. 3, pp. 224-8.
- Swanson, L. (1997), "An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 53 No. 2, pp. 191-207.
- Swanson, L. (2001). "Linking maintenance strategies to performance", *Int. J. Production Economics* 70, pp. 237-244.
- Teeravaraprug Jiratat, Kitiwanwong Ketlada, and Sae Tong Nuttapon (2011), "Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TMP", *Songklanakaring Journal of Science and Technology*, Volume 33 (1), 2011, pp 101-106.

- Theodorou Petros, Florou Giannoula (2008), “Manufacturing strategies and financial performance—The effect of advanced information technology:CAD/CAM systems”, *International Journal of Management Science*, Vol 36, pp. 107 – 121.
- Thomas Andrew and Gareth Lewis, (2007), “Developing an SME-based integrated TPM-Six Sigma strategy”, *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3 No. 3, pp. 228-247. Inderscience Enterprises Ltd.
- Thomas Friedli, Matthias Goetzfried and Prabir Basu, (2010), “Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing”, *Journal of Pharmaceutical Innovation*, Vol. 5 No. 4, pp. 181-192.
- Thun, Jörn-Henrik. (2008). “Empirical analysis of manufacturing strategy implementation”. *Int. J. Production Economics* 2008, vol. 113, issue 1, pp. 370-382.
- Voss C.A. (1995). “Alternative paradigms for manufacturing strategy”, *International Journal of Operations Management*, v15, pp. 5-16.
- Ullman, Jodie B., Bentler Peter M. (2013), *Handbook of Psychology*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Wahid Roslina Ab and Corner James (2009), “Critical success factors and problems in ISO 9000 maintenance”, *International Journal of Quality & Reliability Management* Vol. 26 No. 9, pp. 881-893.
- Wang Jian, Cao De-bi. (2008), “Relationships between two approaches for planning manufacturing strategy: A strategic approach and a paradigmatic approach”, *Int. J. Production Economics* 115, pp. 349– 361.
- Wang, F.-K., Lee W. (2001). “Learning curve analysis in total productive maintenance”, *Omega* Vol. 29, pp. 491–499.
- Yamashina, H. (1995), “Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1 No. 1, pp. 27-38.

Este documento fue editado e
impreso en los talleres de



26 82 37 95
mitesis.mx@gmail.com