

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



TESIS

“HERRAMIENTAS Y FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS
MANUFACTURERAS”

Que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

Presenta:

Marina Dolores De la Vega Rodríguez

Director de tesis:

Dra. Yolanda Angélica Baez López

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
UNIDAD ENSENADA

**“HERRAMIENTAS Y FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS
MANUFACTURERAS”**

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Ingeniería presenta:

Marina Dolores De la Vega Rodríguez

Aprobada por el siguiente comité:


Dra. Yolanda Angélica Báez López
Directora de Tesis


Dr. Diego Alfredo Tiapa Mendoza
Codirector de tesis


Dr. Jorge Limón Romero
Miembro del Comité


M. I. Julián Israel Aguilar Duque
Miembro del Comité


Dr. Manuel Iván Rodríguez Borbón
Miembro del Comité

Ensenada Baja California, México. Agosto 2016

RESUMEN

“HERRAMIENTAS Y FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS MANUFACTURERAS”

La presente tesis realiza el análisis y estudio de los factores críticos de éxito y de las herramientas más importantes en la implementación de la metodología de Lean Manufacturing a nivel mundial enfocado en empresas de manufactura. El análisis se efectuó mediante una revisión sistemática de literatura dividido en dos períodos de cinco años cada uno, primer período de 82 artículos y el segundo período de 83 artículos. De la revisión de literatura surge el meta-análisis el cual se refiere a la síntesis estadística de los resultados de una serie de estudios. Teniendo como resultado los siguientes factores críticos de éxito como los más importantes ya que son los que aumentan su uso en el segundo período con respecto al primero: Comunicación efectiva, enfoque en los procesos y producción, gestión de recurso humano y enfoque en el producto. Dentro de las herramientas más utilizadas en la implementación de Lean durante estos dos períodos fueron: Value stream map, Just in time, 5's, Kanban, Kaizen, Trabajo estandarizado, mantenimiento total productivo, SMED y mejora continua.

Palabras Clave: Lean manufacturing, Empresas de manufactura, Factores críticos de éxito, meta análisis.

Aprobado por:



Dra. Yolanda Angélica Báez López
Directora de Tesis

ABSTRACT

"TOOLS AND CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR THE IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING INDUSTRIES OF MANUFACTURE"

This thesis makes the analysis and study of the critical success factors and tools the most important in the implementation of Lean Manufacturing methodology worldwide manufacturing companies focused. The analysis was carried out by a systematic review of literature divided into two periods of five years each, first period of 82 articles and the second period of 83 articles. From the literature review meta-analysis which refers to the statistical summary of the results of a series of studies arises. Resulting in the following critical success factors as the most important since they are increasing their use in the second period with respect to the first, effective communication, focus on processes and production, human resource management and focus on the product. Among the tools used in implementing Lean during these two periods were: Value stream map, Just in time, 5's, Kanban, Kaizen, standardized work, Total Productive Maintenance, SMED and continuous improvement.

Key words: Lean Manufacturing, Manufacturing companies, critical success factors, meta analysis.

Approved by:



Dra. Yolanda Angélica Báez López
Directora de Tesis

DEDICATORIA

Con cariño para Dolores, Socorro, José, Joel, Karen y Carolina.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero agradecer a mi madre por brindarme su amor y su apoyo incondicional, por sus sabios consejos y por enseñarme los verdaderos valores de la vida, a mis hermanas Karen y Carolina por todo el apoyo y comprensión que me dieron durante esta etapa.

A todos mis tíos por siempre desearme siempre lo mejor y su gran cariño. En especial a Eduardo, Leticia y Everardo por alentarme a emprender este camino, gracias por todos sus consejos y la ayuda que me dieron durante esta etapa.

A mis abuelos y a mi padre, porque a pesar de la distancia siempre me han dado su apoyo, amor y comprensión en todo momento.

A mi directora de tesis Dra. Yolanda Báez por su gran apoyo, conocimiento, orientación, paciencia y motivación para mi formación en el ámbito de la investigación.

A mis sinodales de tesis Dr. Diego Tlapa y Dr. Jorge Limón por sus enseñanzas, consejos y paciencia durante este tiempo.

A mis compañeros de maestría y unos de doctorado, muchas gracias por toda su paciencia, apoyo, amistad y por los lindos recuerdos que tengo de cada uno de ustedes.

A mis amistades por su gran apoyo y cariño, en especial a mi amiga Cecilia por ayudarme y apoyarme durante el proceso y término de esta etapa, gracias por tu paciencia, comprensión y palabras de aliento.

Y por último agradecimiento especial a CONACYT, Universidad Autónoma de Baja California y Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, por haberme permitido continuar mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Contexto de la investigación.....	31
1.3 Planteamiento del problema.....	31
1.4 Preguntas de investigación.....	32
1.5 Hipótesis.....	32
1.6 Objetivos.....	33
1.7 Justificación.....	33
1.8 Delimitación y Limitación.....	35
2. MARCO TEÓRICO.....	36
2.1 Lean Manufacturing.....	36
2.1.1 Antecedentes Lean Manufacturing.....	36
2.1.2 Sistema de Producción Toyota.....	38
2.1.3 Principios de Lean Manufacturing.....	41
2.2 Factores Críticos de Éxito.....	47
2.3 Técnicas de Revisión de literatura.....	55
2.3.1 Meta-Análisis.....	57
3. METODOLOGÍA.....	59
3.1 Revisión sistemática de literatura.....	59
3.2 Meta-Análisis.....	60
4. RESULTADOS Y DICUSIÓN.....	63
4.1 Revisión sistemática de literatura.....	63
4.2 Meta-Análisis de los FCEs.....	65
4.3 Herramientas Lean Manufacturing.....	70
4.4 Discusión.....	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1 Conclusiones.....	75
5.2 Recomendaciones.....	75
5.2.1 Trabajo futuro.....	76
6. REFERENCIAS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Importancia de las industrias manufactureras en la economía 2008	7
Figura 2. Producción Bruta Total por estratos (porcentajes) Censo 2014.	15
Figura 3. Número de establecimiento y personal ocupado Censo 2014.	16
Figura 4. Personas ocupadas por estrato(Porcentajes) Censo 2014.	16
Figura 5. Distribución de Empresas de Manufactura por Entidad Federativa.	17
Figura 6. Distribución de Empresas de Manufactura por Subsector.	20
Figura 7. Distribución de Empresas PyMEs de Manufactura por Entidad Federativa. . .	22
Figura 8. Distribución de Empresas PyMEs de Manufactura por Subsector.	22
Figura 9. Distribución de Empresas Grandes de Manufactura por Entidad Federativa. .	25
Figura 10. Distribución de Empresas Grandes de Manufactura por Subsectores.	26
Figura 11. Casa del Sistema de Producción Toyota.	39
Figura 12. Marco referencial para la aplicación de Lean Manufacturing.	45
Figura 13. Esquema de las fases de la metodología propuesta.	46
Figura 14. Grupo de Factores críticos de Éxito que aumentaron su uso.	68
Figura 15. Grupo de Factores críticos de Éxito que disminuyeron su uso.	69
Figura 16. Grupo de Factores críticos de Éxito que mantuvieron su uso.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios recomendados por la Unión Europea y la OCDE para fines legales y administrativos.	4
Tabla 2. Diversas clasificaciones del tamaño de las empresas en función del personal ocupado. . . .	5
Tabla 3. Estratificación de empresas publicada por (de la Federación, 2009).	5
Tabla 4. Clasificación de empresas grandes en México.	5
Tabla 5. Total Empresas de Manufactura en México.	17
Tabla 6. Cantidad de Manufactura por Entidad Federativa.	18

Tabla 7. Cantidad de Empresas de Manufactura por Subsector.	19
Tabla 8. Cantidad de Empresas PyMEs de Manufactura por Entidad Federativa.	21
Tabla 9. Cantidad de Empresas PyMEs de Manufactura por Subsector.	23
Tabla 10. Cantidad de Empresas Grandes de Manufactura por Entidad Federativa.	24
Tabla 11. Cantidad de Empresas Grandes de Manufactura por Subsector.	27
Tabla 12. Evolución de los sistemas productivos.	29
Tabla 13. Breve historia del diseño de los sistemas de fabricación.	30
Tabla 14. Comparación de sistemas producción.	31
Tabla 15. Estructura porcentual de personal ocupado y valor agregado por Actividad económica. .	34
Tabla 16. Estructura porcentual de personal ocupado y valor agregado por Subsector Manufacturero 2014.	35
Tabla 17. Origen y evolución de los principios Lean.	38
Tabla 18. Principios del Proceso de Lean para el desarrollo del producto.	45
Tabla 19. Nomenclatura para tabla 2 x 2 de resultados por el tratamiento.	60
Tabla 20. Lista De FCE primer período 2003-2008.	63
Tabla 21. Lista De FCE primer período 2009-2015.	64
Tabla 22. Factores críticos de éxito primer período (2003-2008).	65
Tabla 23. Factores críticos de éxito segundo período (2009-2015).	66
Tabla 24. Comparación de los FCEs entre los dos períodos.	67
Tabla 25. Lista de Herramientas de éxito en la implementación de Lean Manufacturing primer período (2003-2008)	71
Tabla 26. Lista de Herramientas de éxito en la implementación de Lean Manufacturing segundo período (2009-2015).	72

1. INTRODUCCIÓN

En este mundo globalizado de inesperados cambios las empresas requieren ser cada vez más ágiles y adaptarse con más rapidez a estos cambios. Esto quiere decir, que quienes saben manejar bien la información, poseen el poder para tomar decisiones que las benefician y es aquí donde las nuevas estrategias de producción como Lean Manufacturing o manufactura esbelta juegan un papel determinante porque las empresas pueden tener una ventaja competitiva que les permita ir delante de sus competidores (Ballesteros, 2008).

Metodologías como Lean Manufacturing y Seis Sigma han otorgado importantes beneficios a grandes empresas, la primera a través de una reducción gradual de actividades y elementos que no aportan valor a la organización y la segunda como una forma de hacer proyectos que mejoren la calidad y reduzcan costos (Barbosa et al., 2013).

Lean Manufacturing es a menudo considerado como la estrategia más importante para las empresas manufactureras que deseen lograr un desempeño de clase mundial (Rinehart et al., 1997).

Lean es una revolución que no es sólo sobre el uso de herramientas, o cambiar algunos pasos en nuestros procesos de fabricación – es sobre el cambio completo de nuestros negocios de cómo opera la cadena de suministro, cómo los administradores gestionan, cómo los empleados ven su trabajo diario. Entonces, ¿qué es esta revolución, y cómo se afectando las industrias de procesos? los fondo del pensamiento lean se basa en la historia de las técnicas de fabricación japonesa que ahora se han aplicado en todo el mundo dentro de muchos tipos de industria (Melton, 2005).

Hoy en día en mayor o menor grado, dependiendo del sector industrial, las empresas de manufactura están siendo presionadas por sus clientes, con requerimientos de rapidez en tiempos de entrega, desarrollo e innovación de nuevos productos, entregas en lotes pequeños más frecuentes y con mayor variedad de productos, precios con tendencia decreciente, cero defectos en calidad y confiabilidad y en ocasiones fabricación a la medida. En algunos casos los requerimientos de los clientes están establecidos por contrato, incluyendo cláusulas de penalización con cargos monetarios por incumplimiento en tiempo de entrega, cantidades, variedad de productos, calidad y confiabilidad (Reyes, 2002).

En México el sector manufacturero es el más importante en la producción bruta total, al generar 43% del total nacional, correspondiendo 11.7% de las unidades económicas y 23.2% del personal ocupado (INEGI, 2011).

A su vez, el sector Manufacturero de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México 2007 (SCIAN) se encuentra dividido en 21 subsectores, 86 ramas, 182 subramas y 292 clases de actividad (INEGI, 2013). También se consideran como parte de las manufacturas las actividades de maquila; el ensamble de partes y componentes o productos fabricados; la reconstrucción de maquinaria y equipo industrial, comercial, de

oficina y otros; y el acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Igualmente se incluye aquí la mezcla de materiales, como los aceites lubricantes, las resinas plásticas, las pinturas y los licores, entre otras.

El propósito de esta investigación es identificar los Factores Críticos de Éxito (FCEs) y herramientas sobre la implementación de la metodología Lean Manufacturing, que permitan a las empresas manufacturas alcanzar un mayor grado de competitividad y productividad a nivel mundial.

Para definir los factores críticos de éxito más importantes y poder llevar a cabo proyectos exitosos bajo la metodología Lean Manufacturing, se utiliza la herramienta estadística Meta-análisis, la cual se refiere a la síntesis estadística de los resultados de una serie de estudios. Mientras que los procedimientos estadísticos utilizados en un meta-análisis se pueden aplicar a cualquier conjunto de datos, la síntesis será significativo sólo si los estudios se han recogido de forma sistemática. Esto podría ser en el contexto de una revisión sistemática, el proceso de localizar sistemáticamente, evaluar, y luego sintetizar los datos de un gran número de fuentes. O bien, podría ser en el contexto de la síntesis de los datos de un grupo selecto de estudios, como los realizados por una compañía farmacéutica para evaluar la eficacia de un nuevo medicamento. Si un efecto del tratamiento (o tamaño del efecto) es consistente a través de la serie de estudios, estos los procedimientos nos permiten informar de que el efecto es robusto a través de las clases de las poblaciones muestreadas, y también para estimar la magnitud del efecto de forma más precisa de lo que pudo con ninguno de los estudios por sí solos. Si el efecto del tratamiento varía a través de la serie de los estudios, estos procedimientos nos permiten informar sobre la gama de efectos, y puede nos permitirá identificar los factores asociados a la magnitud del tamaño del efecto (Borenstein et al., 2009)

En este trabajo se determinará mediante la revisión sistemática de literatura y la realización de un meta-análisis, sobre proyectos de implementación de Lean Manufacturing los FCEs que llevan a una implementación exitosa de proyectos Lean dentro de cualquier tipo de organización.

1.1 ANTECEDENTES

La empresa es el ente donde se crea riqueza. Permite que se pongan en operación recursos organizacionales (humanos, materiales, financieros, técnicos) para transformar insumos en bienes o servicios terminados, con base en los objetivos fijados por la dirección general, interviene en diferentes grados y los motivos económicos, sociales y de servicio. Se considera a las empresas de todo tipo (industrial, comercial, de servicios) y tamaño (micro, pequeña, mediana) como factores fundamentales para el desarrollo económico y social de una nación (Valencia, 2010).

Se entiende por empresa una entidad institucional en su calidad de productora de bienes y servicios. Una empresa es un agente económico con autonomía para adoptar decisiones financieras y de inversión y con autoridad y responsabilidad para asignar recursos a la producción de bienes y servicios y que puede realizar una o varias actividades productivas. La empresa es el nivel estadístico al que se reúne toda la información relativa a sus transacciones, incluidas cuentas financieras y balances, y al que pueden analizarse las transacciones internacionales, la posición internacional de inversiones (cuando procede), la posición financiera consolidada y el valor neto (Departamentos de Asuntos Económicos y Sociales, 2009)

Según Pallares, et al. (2005), la empresa se puede considerar como "un sistema dentro del cual una persona o grupo de personas desarrollan un conjunto de actividades encaminadas a la producción y/o distribución de bienes y/o servicios, enmarcados en un objeto social determinado".

Existen una diversidad de criterios para definir y de este modo clasificar a las empresas como micro, pequeñas, medianas y grandes, estos criterios son diferentes, dependiendo del país o entidad que las define y clasifica. Por lo anterior resulta interesante precisar si las empresas, insertas en el actual contexto económico, presentan características que puedan ser tomadas como elementos que permitan establecer una diferenciación entre grande, pequeña, micro o mediana empresa (Saavedra & Hernández, 2008).

Dentro del informe que se realizó en el censo económico del año 2009 (INEGI, 2011), las micro, pequeñas y medianas empresas con las siglas que las definen MiPyMEs, y cuando nos referimos a las pequeñas y medianas empresas corresponden a las sigla PyMEs. Estos tres tipos de empresa tienen una gran importancia en la economía, en el empleo a nivel nacional y regional, tanto en los países industrializados como en los de menor grado de desarrollo. Las empresas micro, pequeñas y medianas representan a nivel mundial el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado; de ahí la relevancia que reviste este tipo de empresas y la necesidad de fortalecer su desempeño, al incidir éstas de manera fundamental en el comportamiento global de las economías nacionales; de hecho, en el contexto internacional se puede afirmar que el 90%, o un porcentaje superior de las unidades económicas totales, está conformado por las micro, pequeñas y medianas empresas.

Existe en el mundo diferentes maneras para definir y clasificar las MiPyMEs y grandes empresas, dependiendo del país se toma en cuenta su experiencia, características propias, necesidades particulares, políticas e intereses. Cada país define a las MIPYMES utilizando pautas esencialmente cuantitativas que si bien tiene ciertas características similares, también tiene diferencias significativas. Incluso en algunos casos, no hay consenso dentro del mismo país. En la mayoría de los casos, las variables consideradas son cantidad de personal, cifra de ventas y niveles de inversión en activos. Los organismos internacionales con el fin de canalizar los apoyos financieros y logísticos, también se han dado a la tarea de establecer clasificaciones para este sector, así pues de acuerdo con la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) (Saavedra & Hernández, 2008).

En la tabla 1 se muestran los criterios recomendados para la clasificación de las empresas por la Unión Europea y la OCDE.

Tabla 1: Criterios recomendados por la Unión Europea y la OCDE para fines legales y administrativos, (Zorrilla Salgado, 2002)

Criterios recomendados por la Unión Europea y la OCDE para fines legales y administrativos			
Tamaño de la empresa	Personal ocupado total	Ventas anuales (Euros)	Balance anual (Euros)
Micro	1 a 9	Menor a 2 millones	Menor a 2 millones
Pequeña	10 a 49	Menor a 10 millones	Menor a 10 millones
Mediana	50 a 249	Menor a 50 millones	Menor a 43 millones
Grande	Más de 250	Mayor a 50 millones	Mayor a 43 millones

En la tabla 2 se muestran las diversas clasificaciones del tamaño de las empresas en función del personal ocupado.

En la tabla 3 se muestra la estratificación de las empresas en México por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, y por la Secretaría de Economía.

Tabla 2: Diversas clasificaciones del tamaño de las empresas en función del personal ocupado, (Zorrilla Salgado, 2002)

Diversas clasificaciones del tamaño de las empresas en función del personal ocupado		
Institución	Tamaño de la empresa	Personal ocupado total
Instituto Nacional de Estadística y Estudios Económicos de Francia.	Pequeña	De 50 a 250
	Mediana	De 251 a 1000
Small Business Administration (Estados Unidos)	Pequeña	Hasta 250
	Mediana	De 251 a 500
Comisión Económica para América Latina (CEPAL)	Pequeña	Entre 5 y 49
	Mediana	De 50 a 250

Tabla 3: Estratificación de empresas publicada por (de la Federación, 2009))

ESTRATIFICACION DE LAS EMPRESAS EN MÉXICO						
	MICRO		PEQUEÑA		MEDIANA	
SECTOR		Rango de monto de ventas (MDP)	PERSONAL	Rango de monto de ventas (MDP)	PERSONAL	Rango de monto de ventas (MDP)
Industria	De 0 a 10	Hasta \$4	De 11 a 50	De \$4.01 hasta \$100	De 51 a 250	De \$100.1 a \$250
Comercio	De 0 a 10	Hasta \$4	De 11 a 30	De \$4.01 hasta \$100	De 31 a 100	De \$100.1 a \$250
Servicios	De 0 a 10	Hasta \$4	De 11 a 50	De \$4.01 hasta \$100	De 51 a 100	De \$100.1 a \$250

Se ha denominado empresas grandes al resto de las empresas que la Secretaría de Economía no considera dentro de los criterios para medir a las empresas PYMES (este término comprende micro, pequeñas y medianas empresas). Por lo tanto las empresas grandes son aquellas como se indica en la tabla 4:

Tabla 4: Clasificación de empresas grandes en México

SECTOR	PERSONAL	RANGO DE MONTO DE VENTAS (MDP)
Industria	De 251 en adelante	Más de \$251
Comercio	De 101 en adelante	Más de \$251
Servicios	De 101 en adelante	Más de \$251

1.1.1 Tipos de Industria

Con origen en el vocablo latino *industria*, el concepto de industria hace referencia al grupo de operaciones que se desarrollan para obtener, transformar o transportar productos naturales. El término también se aprovecha para nombrar la instalación que se reserva a esta clase de operaciones y al conjunto de las fábricas de un mismo género o de una misma región (como ocurre, por citar algunos ejemplos, con “*la industria textil*” o al hablar de “*industria estadounidense*”) (Definición, 2016).

Se realizan actividades económicas para obtener, transformar o intercambiar los recursos naturales y utilizarlos a nuestro propio beneficio, esas actividades pertenecen a los sectores primario, secundario o terciario. El sector primario se refiere a todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtienen de la naturaleza, ya sea para alimento o para obtener materias primas: Agricultura, explotación forestal, ganadería, minería y pesca. El sector secundario se caracteriza por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas que se obtienen del sector primario. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo a lo que producen, sus grandes divisiones son construcción, industria manufacturera y electricidad, gas y agua. El sector terciario no se produce bienes materiales; se reciben los productos elaborados en el sector secundario para su venta; también nos ofrece la oportunidad de aprovechar algún recurso sin llegar a ser dueños de él, como es el caso de los servicios. Asimismo, el sector terciario incluye las comunicaciones y los transportes (INEGI, 2016).

En el censo económico del 2009 (INEGI, 2011) muestra que el sector Manufacturero en México es el más importante en la generación de producción bruta total, al registrar 44.3% del total nacional, concentrando 11.7% de las unidades económicas y 23.2% del personal ocupado. Las empresas micro (de hasta 10 personas) representaron 92.5% de las unidades económicas del total del sector, 23.2% del personal ocupado total y generaron 2.4% de la producción bruta total; es decir, muchos establecimientos generan poca producción. Por su parte, las empresas grandes representaron sólo 0.7% del total de unidades económicas, ocuparon a una de cada dos personas (49.7%), y produjeron 77 de cada 100 pesos (77.1%); pocas empresas grandes generan mucha producción. En la Figura 1 se muestra la Importancia de las industrias manufactureras en la economía 2008.



Figura 1: Importancia de las industrias manufactureras en la economía 2008 (INEGI, 2011).

1.1.2 Industria Manufacturera

El Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México (SCIAN, 2013) define al sector manufacturero a aquellas unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos; al ensamble en serie de partes y componentes fabricados; a la reconstrucción en serie de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y al acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Asimismo, se incluye aquí la mezcla de productos para obtener otros diferentes, como aceites, lubricantes, resinas plásticas y fertilizantes. Incluye también: unidades económicas contratadas para realizar las actividades manufactureras de productos que no son propios (actividades de maquila), y unidades económicas que no tienen factores productivos, es decir, aquellas que no tienen personal ocupado ni maquinaria y equipo para la transformación de bienes, pero que los producen a través de la subcontratación de otras unidades económicas.

Este sector se caracteriza por ser diversificado; en éste coexisten actividades altamente concentradas, como la industria siderúrgica, la automotriz, la de cemento, la elaboración de cerveza, la refinación de petróleo, por citar algunas; junto con industrias atomizadas, como son la fabricación de productos de herrería, elaboración de pan, de tortillas de maíz, purificación de agua, entre otras (INEGI, 2011).

A continuación se presentan y definen los 21 subsectores y ramas que comprende la industria manufacturera según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México (SCIAN, 2013):

1. Industria Alimentaria. Unidades económicas dedicadas principalmente a la elaboración, conservación, y envasado de productos alimentarios para consumo humano y para animales. Comprende las siguientes ramas:

- Elaboración de alimentos para animales.
- Molienda de granos y de semillas y obtención de aceites y grasas.
- Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares.
- Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados.
- Elaboración de productos lácteos.
- Matanza, empaçado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles.
- Preparación y envasado de pescados y mariscos.
- Elaboración de productos de panadería y tortilla.
- Otra industrias alimentarias.

2. Industria de las bebidas y del tabaco. Unidades económicas dedicadas principalmente a la elaboración de bebidas alcohólicas, y no alcohólicas, al beneficio del tabaco y a la elaboración de productos de tabaco. Comprende las siguientes ramas:

- Industria de las bebidas.
- Industria del tabaco.

3. Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles. Unidades económicas dedicadas principalmente a la preparación e hilado de fibras textiles naturales; a la fabricación de hilos y telas, y al acabado y recubrimiento de textiles. Comprende las siguientes ramas:

- Preparación e hilado de fibras textiles, y fabricación de hilos.
- Fabricación de telas.
- Acabado de productos textiles y fabricación de telas recubiertas.

4. Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de alfombras, tapetes y esteras a partir de hilo comprado; a la confección (corte y cosido) de cortinas, blancos y similares a partir

de tela comprada, y de otros productos textiles, excepto prendas de vestir. Comprende las siguientes ramas:

- Confección de alfombras, blancos y similares.
- Fabricación de otros productos textiles, excepto prendas de vestir.

5. Fabricación de prendas de vestir. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de prendas de vestir de tejido de punto, y a la confección de prendas de vestir y accesorios de vestir. Incluye también fabricación de tela de tejido de punto integrada con la confección de ropa interior o exterior de tela de tejido de punto, y al diseño y confección de modelos de prendas de vestir para su reproducción masiva. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de prendas de vestir de tejido de punto.
- Confección de prendas de vestir.
- Confección de accesorios de vestir y otras prendas de vestir no clasificados en otra parte.

6. Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos. Unidades económicas dedicadas principalmente al curtido y acabado de cuero y piel; a la fabricación de calzado y de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, como bolsos de mano, maletas y similares, y otros productos de cuero y piel. Comprende las siguientes ramas:

- Curtido y acabado de cuero y piel.
- Fabricación de calzado.
- Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.

7. Industria de la madera. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de diversos productos de madera en aserraderos integrados; al aserrado (corte) de tablas y tablones a partir de la madera en rollo; a la impregnación y tratamiento de maderas; a la fabricación de postes y durmientes a partir de madera aserrada; a la fabricación de laminados y aglutinados de madera; a la fabricación, a partir de madera aserrada, de productos de madera para la construcción; de productos para embalaje y envases de madera, y de otros productos de madera y de materiales trenzables, excepto palma. Comprende las siguientes ramas:

- Aserrado y conservación de la madera.
- Fabricación de laminados y aglutinados de madera.

- Fabricación de otros productos de madera.
- 8. Industria del papel.** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de pulpa (de madera y de materiales reciclados), papel, cartón, y productos de papel y cartón. Comprende las siguientes ramas:
- Fabricación de pulpa, papel y cartón.
 - Fabricación de productos de cartón y papel.
- 9. Impresión e industrias conexas.** Unidades económicas dedicadas principalmente a la impresión hecha sobre pedido de libros, periódicos, revistas y otros impresos; a la impresión de formas continuas, y a realizar actividades para la industria de la impresión, como la encuadernación y la elaboración de placas, clichés, grabados y otros productos similares. Comprende las siguientes ramas:
- Impresión e industrias conexas.
- 10. Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.** Unidades económicas dedicadas principalmente a la refinación de petróleo crudo, a la fabricación de productos de asfalto, aceites y grasas lubricantes, y de otros productos derivados del petróleo refinado y del carbón mineral. Incluye también la refinación de petróleo integrada con la fabricación de productos petroquímicos, y a la regeneración de aceite usado. Comprende las siguientes ramas:
- Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.
- 11. Industria química.** Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos químicos básicos; de resinas y hules sintéticos; fibras químicas; fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos; productos farmacéuticos; pinturas, recubrimientos y adhesivos; jabones, limpiadores y preparaciones de tocador; tintas para impresión, explosivos y otros productos químicos. Incluye también al enriquecimiento de minerales radiactivos; a la fabricación de materiales sintéticos para perfumes y cosméticos; de edulcorantes sintéticos; de materiales plastificantes; de papel celofán; de thinner y removedores de pintura y barniz, y a la remanufactura de cartuchos de tóner. Comprende las siguientes ramas:
- Fabricación de productos químicos básicos.
 - Fabricación de resinas y hules sintéticos, y fibras químicas.
 - Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos.
 - Fabricación de productos farmacéuticos.

- Fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos.
- Fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador.
- Fabricación de otros productos químicos.

12. Industria del plástico y hule. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos de plástico y de hule. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de productos de plástico.
- Fabricación de productos de hule.

13. Fabricación de productos a base de minerales no metálicos. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios; de vidrio y productos de vidrio; de cemento y productos de concreto; de cal, yeso y productos de yeso, y de otros productos a base de minerales no metálicos. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios.
- Fabricación de vidrio y productos de vidrio.
- Fabricación de cemento y productos de concreto.
- Fabricación de cal, yeso y productos de yeso.
- Fabricación de otros productos a base de minerales no metálicos.

14. Industrias metálicas básicas. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fundición primaria de hierro bruto; a la fabricación de acero y productos de hierro y acero; a la fundición, afinación, refinación y laminación de metales no ferrosos, y al moldeo por fundición de piezas metálicas. Comprende las siguientes ramas:

- Industria básica del hierro y del acero.
- Fabricación de productos de hierro y acero.
- Industria básica del aluminio.
- Industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio.
- Moldeo por fundición de piezas metálicas.

15. Fabricación de productos metálicos. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos forjados y troquelados a partir de metal comprado; herramientas de mano metálicas sin motor y utensilios de cocina metálicos; partes y estructuras metálicas de hierro y acero para la construcción y productos de herrería; calderas industriales, tanques y envases metálicos; herrajes y cerraduras; alambre, productos de alambre y resortes; al maquinado hecho sobre pedido de piezas

metálicas nuevas y usadas para maquinaria y equipo en general; a la fabricación de tornillos, tuercas, remaches y similares; al recubrimiento de piezas metálicas y otros terminados metálicos, y a la fabricación de otros productos metálicos. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados.
- Fabricación de herramientas de mano sin motor y utensilios de cocina metálicos.
- Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería.
- Fabricación de calderas, tanques y envases metálicos.
- Fabricación de herrajes y cerraduras.
- Fabricación de alambre, productos de alambre y resortes.
- Maquinado de piezas metálicas y fabricación de tornillos.
- Recubrimientos y terminados metálicos.
- Fabricación de otros productos metálicos.

16. Fabricación de maquinaria y equipo. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de maquinaria y equipo para las actividades agropecuarias, la construcción, la industria extractiva, para las industrias manufactureras, el comercio y los servicios; de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial; de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones, y de otra maquinaria y equipo para la industria en general. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción y para la industria extractiva.
- Fabricación de maquinaria y equipo para las industrias manufactureras, excepto la metalmecánica.
- Fabricación de maquinaria y equipo para el comercio y los servicios.
- Fabricación de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial.
- Fabricación de maquinaria y equipo para la industria metalmecánica.
- Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones.
- Fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general.

17. Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de computadoras y equipo periférico; equipo de comunicación; equipo de audio y de video; componentes electrónicos; instrumentos de

medición, control, navegación, equipo médico electrónico, y a la fabricación y reproducción masiva de medios magnéticos y ópticos. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de computadoras y equipo periférico.
- Fabricación de equipo de comunicación.
- Fabricación de equipo de audio y de video.
- Fabricación de componentes electrónicos.
- Fabricación de instrumentos de medición, control, navegación, y equipo médico electrónico.
- Fabricación y reproducción de medios magnéticos y ópticos.

18. Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de accesorios de iluminación, aparatos eléctricos de uso doméstico, equipo de generación y distribución de energía eléctrica, y otros equipos y accesorios eléctricos. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de accesorios de iluminación.
- Fabricación de aparatos eléctricos de uso doméstico.
- Fabricación de equipo de generación y distribución de energía eléctrica.
- Fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos.

19. Fabricación de equipo de transporte. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de equipo de transporte, como automóviles, camionetas y camiones; carrocerías y remolques; partes para vehículos automotores; equipo aeroespacial, equipo ferroviario, embarcaciones y otro equipo de transporte. Incluye también la fabricación de automóviles y camionetas eléctricos y blindados y a la fabricación de vehículos de reparto y de uso industrial accionados por motores eléctricos o híbridos; de equipo para el transporte ferroviario combinada con la reparación de vías y rieles, y de plataformas que no están diseñadas para la navegación pero que son de uso marítimo, como dragas, buques faro y plataformas flotantes para la perforación de pozos petroleros. Comprende las siguiente ramas:

- Fabricación de automóviles y camiones.
- Fabricación de carrocerías y remolques.
- Fabricación de partes para vehículos automotores.
- Fabricación de equipo aeroespacial.
- Fabricación de equipo ferroviario.

- Fabricación de embarcaciones.
- Fabricación de otro equipo de transporte.

20. Fabricación de muebles, colchones y persianas. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de muebles, colchones, persianas y cortineros. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería.
- Fabricación de muebles de oficina y estantería.
- Fabricación de colchones, persianas y cortineros.

21. Otras industrias manufactureras. Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de equipo y aparatos no electrónicos para uso médico, dental y para laboratorio, material desechable de uso médico y de artículos ópticos de uso oftálmico y otras manufacturas no clasificadas en otra parte. Incluye también la fabricación de ropa y equipo de seguridad; dispositivos intrauterinos; ropa desechable, como batas, cubrebocas, gorros, sábanas, filipinas y zapatos; cuchillería de mesa de metales preciosos; cajas musicales, ganchos para tejer, alfileres, broches de presión, ojillos, pasadores, hebillas y cepillos dentales. Comprende las siguientes ramas:

- Fabricación de equipo no electrónico y material desechable de uso médico, dental y para laboratorio, y artículos oftálmicos.
- Otras industrias manufactureras.

El sector de la industria manufacturera en nuestro país es muy importante ya que contribuye al desarrollo de la economía nacional, mayor contribución al PIB, además de emplear a un número mayor de personas en comparación de otros sectores y también en generación de nuevas tecnologías e innovación en procesos y productos.

Conforme al Producto Interno Bruto (PIB), en 2015, México creció a una tasa anual de 2.5%. El crecimiento económico se vio impulsado por el desempeño de las actividades terciarias, las cuales crecieron a una tasa de 3.3%. Las actividades secundarias crecieron a una tasa anual de 1%. La industria manufacturera mantuvo una tasa de crecimiento del 2.9% anual. (Banco BASE, 2016).

Los establecimientos micro aportan aproximadamente una décima parte de la producción, mientras que las unidades económicas grandes (aquellas que cuentan con más de 250 personas ocupadas) generan el 64.1% aun cuando sólo representan el 0.2% del total de establecimientos. De la misma manera, es de destacar que a pesar de estas diferencias en la contribución a la producción, comparando los eventos censales de 2009 y 2014, se reporta un incremento en la aportación a esta variable de los establecimientos micro y pequeños al

pasar de 8.3 a 9.8% y de 9.0 a 9.5%, respectivamente, como se muestra en la figura 2 (INEGI, 2015).



Figura 2: Producción Bruta Total por estratos (porcentajes) Censo 2014 (INEGI, 2015)

De acuerdo al criterio general para clasificar a las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas se utiliza el número de empleados que laboran en dicho establecimiento o dicho otro término personal ocupado, el concepto "Personal ocupado dependiente de la razón social" comprende al personal contratado directamente por la razón social, el cual puede ser de planta o eventual, independientemente de si es remunerado y de si está sindicalizado, que trabajó para la unidad económica, sujeto a su dirección y control, cubriendo como mínimo una tercera parte de la jornada laboral de la misma. Incluye: al personal que trabajó fuera de la unidad económica bajo su control laboral y legal; trabajadores en huelga; personas con licencia por enfermedad, pensionados y jubilados; personal con licencia ilimitada y personal que trabajó exclusivamente por vacaciones o permiso temporal; propietarios, socios, familiares y trabajadores a destajo. Excluye: pensionados y jubilados; personal con licencia limitada y personal que trabajó exclusivamente por honorarios o comisiones sin recibir un sueldo base, así como el personal de la empresa contratada para proporcionar un servicio, como: limpieza, jardinería o vigilancia, entre otros (INEGI, 2011).

Adicionalmente y debido a que la subcontratación de personal es una práctica cada vez más común en los últimos años, ya que son personas que participan en la producción, comercialización, prestación de servicios, administración, contabilidad, etc.; los cuestionarios de los Censos Económicos 2009 también captan información del "Personal ocupado no dependiente de la razón social", que son las personas que trabajaron para la unidad económica pero que son ajenas a la razón social y realizan labores sustantivas, cubriendo como mínimo una tercera parte de la jornada laboral de la unidad económica. Excluye: al personal que trabajó por la contratación de servicios de vigilancia, limpieza y jardinería (INEGI, 2011). Estos dos conceptos se utilizan para hacer referencia al término Personal Ocupado Total.

En la figura 3 se muestra el crecimiento de los establecimientos y personal ocupado, aunque a menor ritmo.

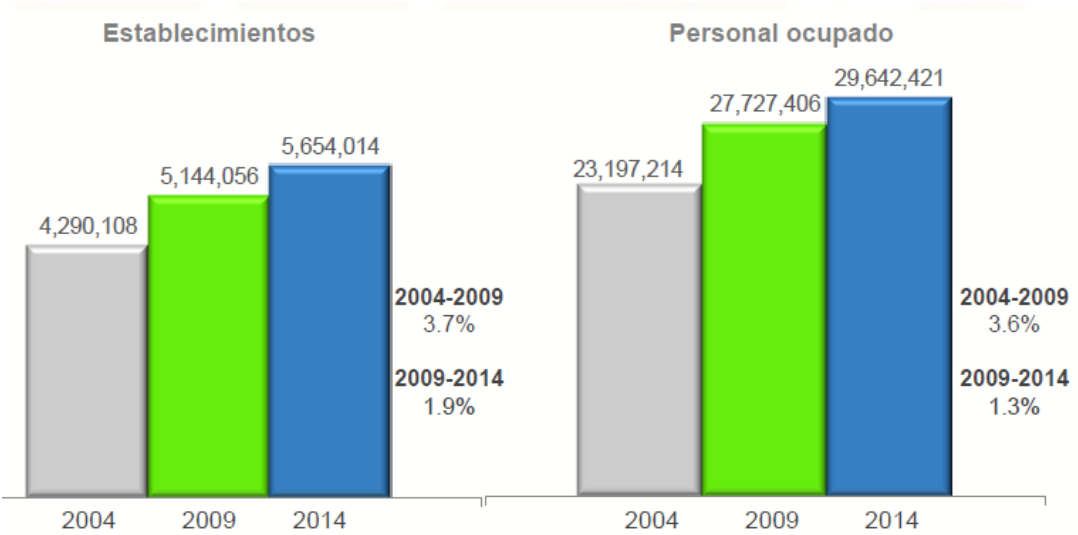


Figura 3: Número de establecimiento y personal ocupado Censo 2014 (INEGI, 2015)

En la figura 4 se muestra la importancia de los establecimientos micro en cuanto al empleo: generan 4 de cada 10 puestos de trabajo (INEGI, 2015). La parte azul representa el porcentaje del personal ocupado dentro de las micro empresas concentrando la mayor parte de la población para el año 2014 con 38.9%, seguido de las empresas grandes con el 26%, empresas pequeñas con 18.5% y medianas 16.6%.

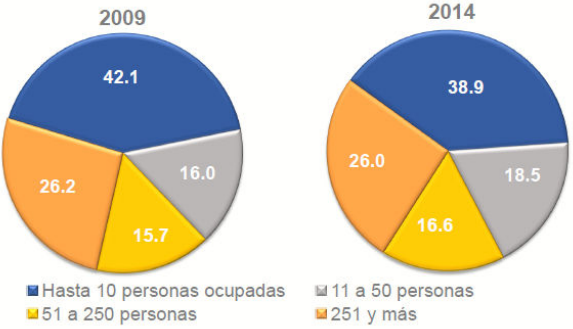


Figura 4: Personas ocupadas por estrato(Porcentajes) Censo 2014 (INEGI, 2015)

En la tabla 5 se muestra de manera general la distribución de las empresas de manufactura en México, habiendo un total de 524,717 empresas de manufactura, representando el 94 % las micro empresas, 6 % PyMEs y sólo el 1% empresas grandes.

Tabla 5: Total Empresas de Manufactura en México. (INEGI, 2016)

EMPRESAS DE MANUFACTURA EN MÉXICO			
Micro	PyMEs	Grandes	Total
491484	29539	3694	524717

En la tabla 6 se muestra la distribución de empresas de manufactura por Entidad Federativa, teniendo en primer lugar al estado de México con el 10.62%, segundo lugar Puebla con el 8.59% y tercer lugar respectivamente con el 7.24%. En la figura 5 se muestra gráficamente la distribución de las empresas por estado tomando en cuenta hasta el porcentaje acumulado del 80% (80/20 principio de Pareto), que abarca hasta el estado San Luis Potosí.

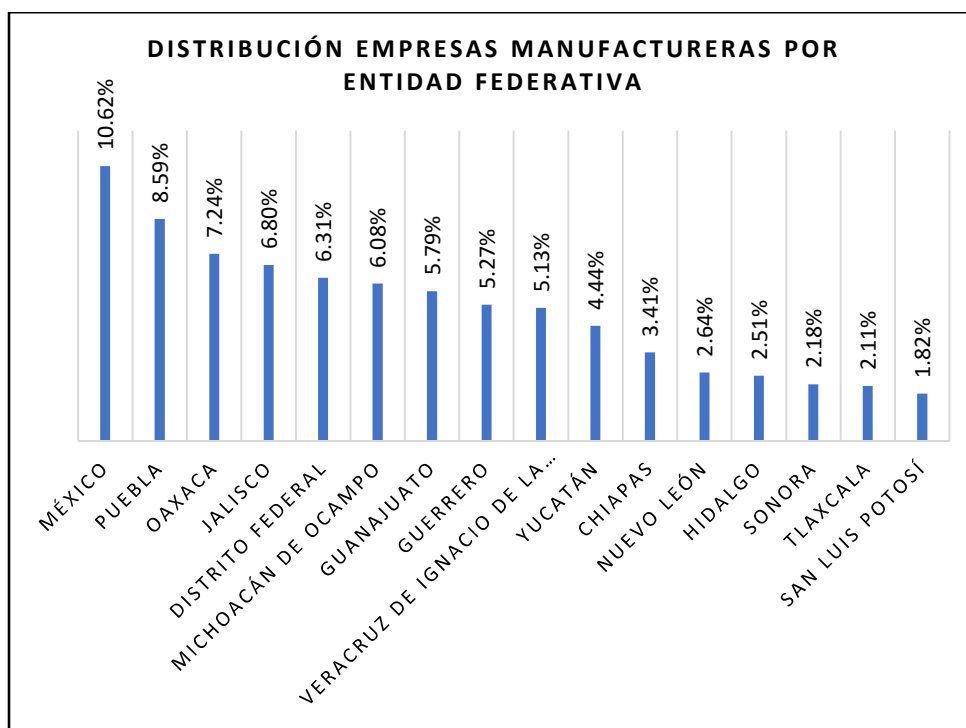


Figura 5: Distribución de Empresas de Manufactura por Entidad Federativa (Elaboración propia). (INEGI, DENUE, 2016)

Tabla 6: Cantidad de Manufactura por Entidad Federativa (Elaboración propia).
(INEGI, 2016)

ENTIDAD FEDERATIVA	CANTIDAD DE EMPRESAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
MÉXICO	55713	10.62%	10.62%
PUEBLA	45047	8.59%	19.20%
OAXACA	37971	7.24%	26.44%
JALISCO	35684	6.80%	33.24%
DISTRITO FEDERAL	33093	6.31%	39.55%
MICHOACÁN DE OCAMPO	31878	6.08%	45.62%
GUANAJUATO	30365	5.79%	51.41%
GUERRERO	27627	5.27%	56.67%
VERACRUZ DE IGNACIO DE			
LA LLAVE	26940	5.13%	61.81%
YUCATÁN	23299	4.44%	66.25%
CHIAPAS	17896	3.41%	69.66%
NUEVO LEÓN	13846	2.64%	72.30%
HIDALGO	13152	2.51%	74.80%
SONORA	11436	2.18%	76.98%
TLAXCALA	11085	2.11%	79.10%
SAN LUIS POTOSÍ	9534	1.82%	80.91%
SINALOA	9520	1.81%	82.73%
MORELOS	9331	1.78%	84.51%
TAMAULIPAS	9086	1.73%	86.24%
CHIHUAHUA	9073	1.73%	87.97%
COAHUILA DE ZARAGOZA	8919	1.70%	89.67%
BAJA CALIFORNIA	8158	1.55%	91.22%
QUERÉTARO	7265	1.38%	92.61%
ZACATECAS	5744	1.09%	93.70%
TABASCO	5413	1.03%	94.73%
DURANGO	5348	1.02%	95.75%
AGUASCALIENTES	5133	0.98%	96.73%
NAYARIT	4495	0.86%	97.59%
CAMPECHE	3615	0.69%	98.28%
QUINTANA ROO	3529	0.67%	98.95%
COLIMA	2768	0.53%	99.48%
BAJA CALIFORNIA SUR	2754	0.52%	100.00%
TOTAL	524717		

De los 21 subsectores del sector manufacturero, el subsector que se encuentra en primer lugar en cuanto a cantidad de establecimientos es la industria alimentaria con el 35.53%, seguido el subsector Fabricación de productos metálicos con el 14.10% y en tercer lugar Fabricación de muebles, colchones y persianas con el 6.53%, en la tabla 7 se muestra la

distribución de todos los subsectores que comprenden a la empresa de manufactura en todo México.

Tabla 7: Cantidad de Empresas de Manufactura por Subsector (Elaboración propia). (INEGI, 2016)

SUBSECTORES	CANTIDAD DE EMPRESAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Industria alimentaria	186439	35.53%	35.53%
Fabricación de productos metálicos	73965	14.10%	49.63%
Fabricación de muebles, colchones y persianas	34285	6.53%	56.16%
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	33184	6.32%	62.49%
Fabricación de prendas de vestir	30731	5.86%	68.34%
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	29046	5.54%	73.88%
Industria de la madera	23697	4.52%	78.39%
Industria de las bebidas y del tabaco	21940	4.18%	82.58%
Impresión e industrias conexas	21400	4.08%	86.65%
Otras industrias manufactureras	18615	3.55%	90.20%
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	15226	2.90%	93.10%
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	11806	2.25%	95.35%
Industria del plástico y del hule	6015	1.15%	96.50%
Industria química	4875	0.93%	97.43%
Industria del papel	4697	0.90%	98.32%
Fabricación de equipo de transporte	2812	0.54%	98.86%
Fabricación de maquinaria y equipo	2591	0.49%	99.35%
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	1324	0.25%	99.61%
Industrias metálicas básicas	992	0.19%	99.79%
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	836	0.16%	99.95%
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	241	0.05%	100.00%
TOTAL	524717		

En la figura 6 se muestra gráficamente la distribución de las empresas por Subsector tomando en cuenta hasta el porcentaje acumulado del 80% (80/20 principio de Pareto), que abarca desde la industria alimentaria hasta la industria de las bebidas y del tabaco.

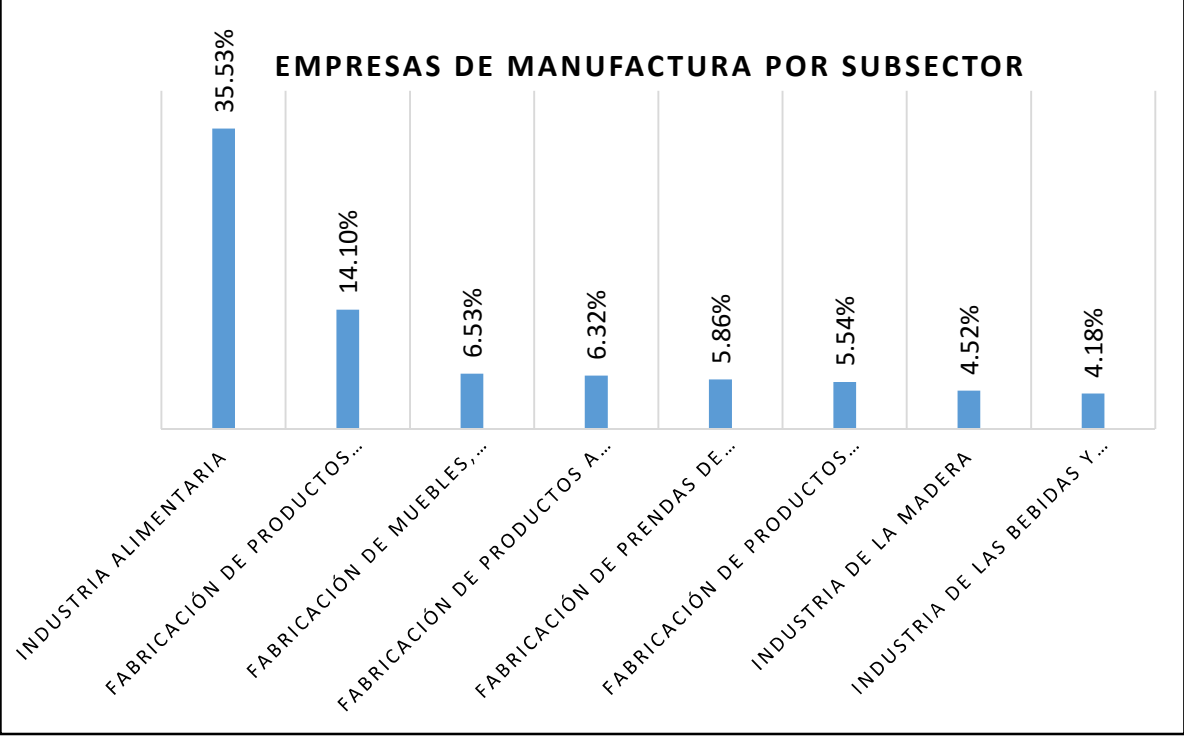


Figura 6: Distribución de Empresas de Manufactura por Subsector (Elaboración propia). (INEGI, 2016)

Considerando sólo a las PyMEs de manufactura en la tabla 8 se muestra la cantidad por Entidad Federativa, teniendo un total 29,539 en todo México, el Distrito Federal concentra la mayor parte de las PyMEs de manufactura con el 12.24%, seguido de Jalisco con el 12.03% y en tercer lugar Guanajuato con el 10.69%, cabe mencionar que Baja California representa el séptimo lugar con 1244 empresas PyMEs de manufactura.

Tabla 8: Cantidad de Empresas PyMEs de Manufactura por Entidad Federativa
(Elaboración propia). (INEGI, 2016)

ENTIDAD FEDERATIVA	CANTIDAD DE EMPRESAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
DISTRITO FEDERAL	3616	12.24%	12.24%
JALISCO	3555	12.03%	24.28%
GUANAJUATO	3159	10.69%	34.97%
MÉXICO	2881	9.75%	44.72%
NUEVO LEÓN	2571	8.70%	53.43%
PUEBLA	1638	5.55%	58.97%
BAJA CALIFORNIA	1244	4.21%	63.18%
CHIHUAHUA	950	3.22%	66.40%
QUERÉTARO	870	2.95%	69.35%
COAHUILA DE ZARAGOZA	868	2.94%	72.28%
SONORA	760	2.57%	74.86%
MICHOACÁN	739	2.50%	77.36%
VERACRUZ DE IGNACIO	733	2.48%	79.84%
SAN LUIS POTOSÍ	639	2.16%	82.00%
TAMAULIPAS	588	1.99%	83.99%
YUCATÁN	565	1.91%	85.91%
HIDALGO	514	1.74%	87.65%
SINALOA	493	1.67%	89.32%
AGUASCALIENTES	481	1.63%	90.94%
DURANGO	463	1.57%	92.51%
TLAXCALA	322	1.09%	93.60%
MORELOS	297	1.01%	94.61%
CHIAPAS	266	0.90%	95.51%
OAXACA	253	0.86%	96.36%
TABASCO	170	0.58%	96.94%
GUERRERO	152	0.51%	97.45%
QUINTANA ROO	152	0.51%	97.97%
ZACATECAS	143	0.48%	98.45%
NAYARIT	138	0.47%	98.92%
BAJA CALIFORNIA SUR	134	0.45%	99.37%
COLIMA	99	0.34%	99.71%
CAMPECHE	86	0.29%	100.00%
TOTAL	29539		

En la figura 7 se muestra gráficamente la distribución de las empresas PyMEs por Entidad Federativa tomando en cuenta hasta el porcentaje acumulado del 80% (80/20 principio de Pareto), que abarca desde el Distrito Federal hasta San Luis Potosí.

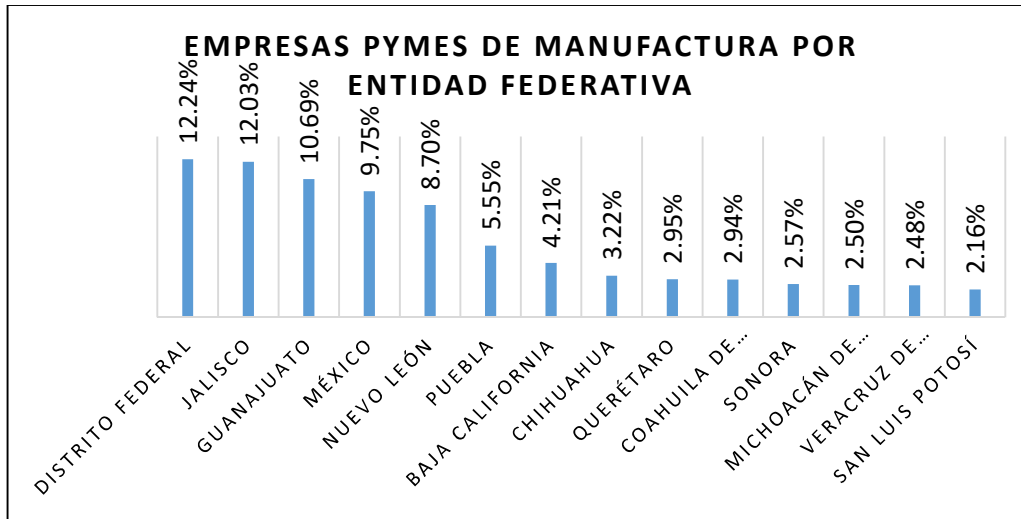


Figura 7: Distribución de Empresas PyMEs de Manufactura por Entidad Federativa (Elaboración propia). (INEGI, 2016)

En la figura 8 se muestra gráficamente la distribución de las empresas PyMEs por Subsector tomando en cuenta hasta el porcentaje acumulado del 80% (80/20 principio de Pareto), que abarca desde la Industria Alimentaria hasta Industria de las bebidas y del tabaco.

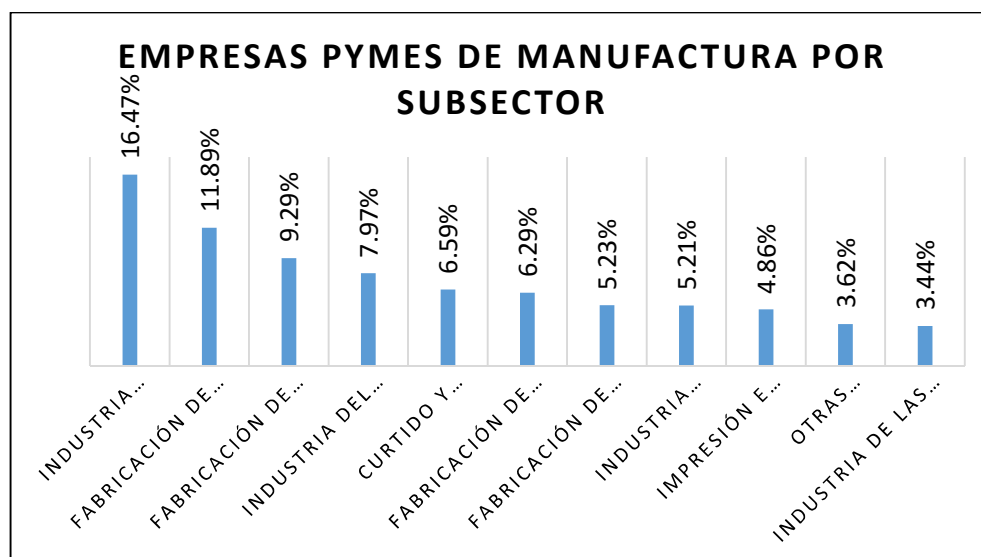


Figura 8: Distribución de Empresas PyMEs de Manufactura por Subsector (Elaboración propia). (INEGI, DENUE, 2016)

En la tabla 9 se muestran las empresas PyMEs de manufactura por Subsector teniendo para este caso en primer a la Industria alimentaria con 4864 representando el 16.47%, seguido la Industria de Fabricación de productos metálicos con el 11.89%, en tercer lugar tenemos a la industria de Fabricación de prendas de vestir representando el 9.29%, teniendo en este apartado en último lugar a la industria de Fabricación de productos derivados del petróleo.

Tabla 9: Cantidad de Empresas PyMEs de Manufactura por Subsector (Elaboración propia). (INEGI, DENUE, 2016)

SUBSECTORES	CANTIDAD DE EMPRESAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Industria alimentaria	4864	16.47%	16.47%
Fabricación de productos metálicos	3511	11.89%	28.35%
Fabricación de prendas de vestir	2744	9.29%	37.64%
Industria del plástico y del hule	2355	7.97%	45.61%
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	1947	6.59%	52.21%
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1859	6.29%	58.50%
Fabricación de muebles, colchones y persianas	1546	5.23%	63.73%
Industria química	1539	5.21%	68.94%
Impresión e industrias conexas	1437	4.86%	73.81%
Otras industrias manufactureras	1069	3.62%	77.43%
Industria de las bebidas y del tabaco	1016	3.44%	80.87%
Fabricación de maquinaria y equipo	925	3.13%	84.00%
Fabricación de equipo de transporte	905	3.06%	87.06%
Industria de la madera	769	2.60%	89.66%
Industria del papel	765	2.59%	92.25%
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	471	1.59%	93.85%
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	466	1.58%	95.43%
Industrias metálicas básicas	454	1.54%	96.96%
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	424	1.44%	98.40%
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	360	1.22%	99.62%
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	113	0.38%	100.00%
TOTAL	29539		

En la tabla 10 se muestran las empresas Grandes de manufactura por Entidad Federativa para este caso en primer lugar se encuentra el estado de México con 452 empresas representando el 12.24%, segundo lugar a Nuevo León con el 10.58% y tercer lugar tenemos a Baja California con el 8.91%.

Tabla 10: Cantidad de Empresas Grandes de Manufactura por Entidad Federativa
(Elaboración propia). (INEGI, DENU, 2016)

ENTIDAD FEDERATIVA	CANTIDAD DE EMPRESAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
MÉXICO	452	12.24%	12.24%
NUEVO LEÓN	391	10.58%	22.82%
BAJA CALIFORNIA	329	8.91%	31.73%
CHIHUAHUA	309	8.36%	40.09%
COAHUILA DE ZARAGOZA	253	6.85%	46.94%
DISTRITO FEDERAL	240	6.50%	53.44%
GUANAJUATO	240	6.50%	59.94%
JALISCO	233	6.31%	66.24%
TAMAULIPAS	216	5.85%	72.09%
QUERÉTARO	160	4.33%	76.42%
SONORA	125	3.38%	79.81%
PUEBLA	115	3.11%	82.92%
SAN LUIS POTOSÍ	105	2.84%	85.76%
VERACRUZ	79	2.14%	87.90%
AGUASCALIENTES	64	1.73%	89.63%
HIDALGO	56	1.52%	91.15%
DURANGO	54	1.46%	92.61%
TLAXCALA	41	1.11%	93.72%
YUCATÁN	41	1.11%	94.83%
SINALOA	34	0.92%	95.75%
MORELOS	33	0.89%	96.64%
MICHOACÁN	26	0.70%	97.35%
ZACATECAS	22	0.60%	97.94%
CHIAPAS	18	0.49%	98.43%
TABASCO	16	0.43%	98.86%
OAXACA	14	0.38%	99.24%
CAMPECHE	10	0.27%	99.51%
COLIMA	4	0.11%	99.62%
GUERRERO	4	0.11%	99.73%
NAYARIT	4	0.11%	99.84%
QUINTANA ROO	4	0.11%	99.95%
BAJA CALIFORNIA SUR	2	0.05%	100.00%
TOTAL	3694	100.00%	

En la figura 9 se muestra gráficamente la distribución de las empresas PyMEs por Entidad Federativa tomando en cuenta el porcentaje acumulado del 80% (80/20 principio de Pareto), que abarca desde el estado de México hasta Puebla.

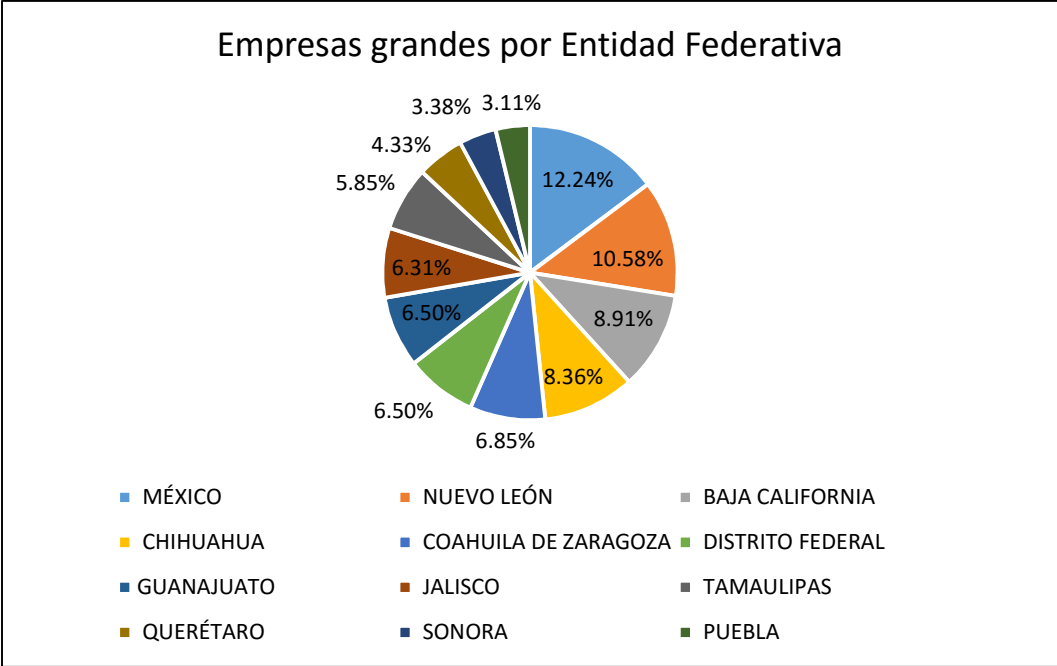


Figura 9: Distribución de Empresas Grandes de Manufactura por Entidad Federativa (Elaboración propia). (INEGI, 2016)

En la figura 10 se muestra gráficamente la distribución de las empresas Grandes por Subsectores tomando en cuenta el porcentaje acumulado del 80% (80/20 principio de Pareto), que abarca desde la industria Fabricación de equipo de transporte hasta fabricación de maquinaria y equipo.

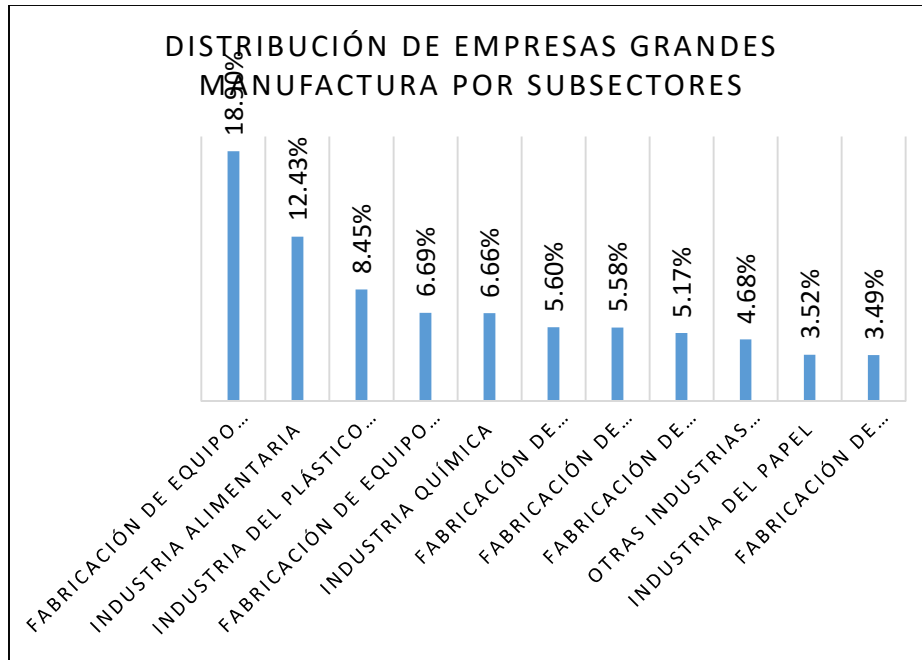


Figura 10: Distribución de Empresas Grandes de Manufactura por Subsectores (Elaboración propia). (INEGI, DENU, 2016)

En la tabla 11 se muestra la cantidad de empresas Grandes de manufactura por Subsectores para este caso a diferencia de las PyMEs tenemos en primer lugar a la industria de Fabricación de equipo de Transporte con la cantidad de 698 representando el 18.90%, seguido la Industria alimentaria con 12.43% y en tercer lugar la industria del plástico y del hule con 8.45% respectivamente.

Tabla 11: Cantidad de Empresas Grandes de Manufactura por Subsector
(Elaboración propia). (INEGI, 2016)

SUBSECTORES	CANTIDAD DE EMPRESAS	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Fabricación de equipo de transporte	698	18.90%	18.90%
Industria alimentaria	459	12.43%	31.32%
Industria del plástico y del hule	312	8.45%	39.77%
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	247	6.69%	46.45%
Industria química	246	6.66%	53.11%
Fabricación de productos metálicos	207	5.60%	58.72%
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	206	5.58%	64.29%
Fabricación de prendas de vestir	191	5.17%	69.46%
Otras industrias manufactureras	173	4.68%	74.15%
Industria del papel	130	3.52%	77.67%
Fabricación de maquinaria y equipo	129	3.49%	81.16%
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	121	3.28%	84.43%
Industria de las bebidas y del tabaco	115	3.11%	87.55%
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	104	2.82%	90.36%
Industrias metálicas básicas	94	2.54%	92.91%
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	79	2.14%	95.05%
Fabricación de muebles, colchones y persianas	75	2.03%	97.08%
Impresión e industrias conexas	52	1.41%	98.48%
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	27	0.73%	99.21%
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	17	0.46%	99.68%
Industria de la madera	12	0.32%	100.00%
TOTAL	3694		

Nuestro país necesita más empresas competitivas que salgan al mundo a competir con las empresas más importantes y transnacionales que hay en el mundo y para eso las empresas mexicanas en especial en el sector de manufactura necesitan adecuarse a nuevas metodologías y técnicas de mejora continua como Seis sigma o en este caso el tema que se aborda en esta investigación Lean Manufacturing.

La implementación de Lean es una revolución, pero en las industrias de proceso debe ser bienvenida con los brazos abiertos. Los líderes de esta revolución tendrán que seguir demostrando con el ejemplo de los beneficios financieros, culturales y de organización de empezar a bajar una vía de mejora continua real, esto no es una iniciativa, no es una moda, es una filosofía que tiene el potencial de transformar su negocio. Lean manufacturing se ha aplicado dentro de las industrias de proceso, sobre todo los sectores químico y farmacéutico, con gran efecto. El pensamiento Lean es aplicable a todos los procesos empresariales dentro de las industrias de proceso (Melton, 2005)

1.1.3 Evolución Lean Manufacturing

El término esbelto (lean) que da inicio a la manufactura esbelta fue introducido por el Dr. James P. Womack en 1990 en occidente con la publicación del libro *la Máquina que cambió al mundo* (Womack, et al., 1990) basado en el estudio de cinco años del Sistema de Producción Toyota realizado por el MIT dentro de su Programa Internacional de Vehículos de Motor (IMVP) por sus siglas en inglés.

Los sistemas de producción han ido evolucionando partiendo en la época de la producción artesanal o doméstica, seguido de la revolución industrial que duró casi un siglo 1760 y 1850, pasando a la producción en masa con la línea de montaje de Henry Ford, llegando así a la década de los sesenta, la compañía de vehículos Toyota Motors Corporation mejoró el sistema de Henry Ford reduciendo los desperdicios, aumentando la eficacia y buscando los aportes de los empleados para mejorar la producción.

Luego de la Segunda Guerra mundial, la compañía automovilística más importante de Japón, Toyota, vio que el método de trabajo de la producción en masa no les convenía por diversas situaciones del país. Como resultado, sus ingenieros Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, iniciaron lo que Toyota llamaría el Sistema de Producción Toyota, y que más tarde sería Lean Manufacturing.

Esta filosofía de trabajo ha sido divulgada en todo el mundo y puesta en práctica por diferentes sectores productivos tanto de servicios como de manufactura (Tejeda, 2011).

En la tabla 12 se presenta la evolución de los sistemas productivos partiendo desde la producción artesanal hasta lo que se conoce hoy en día como producción Lean.

Tabla 12: Evolución de los sistemas productivos (Tejeda, 2011)

	Pre-industrial 1890 Producción Artesana	Producción en masa 1910	Producción Lean 1980
Mano de obra	• Personal altamente capacitado	• Personal altamente especializado	• Empleados capacitados
	• Trabajador realiza todos los pasos del proceso	• Trabajador solo realiza una tarea	• Grupo de empleados trabajando en equipo
	• Personal con conocimientos en diseño, mantenimiento y materiales	• Mano de obra poco calificada	• Asignación de responsabilidades
	• Auto-aprendizaje	• Profesiones especializadas	• Derecho de proponer mejoras
Producto	• Productos personalizados	• Productos estandarizados	• Enfocado en el cliente
	• Variación en calidad	• Enfocados en volumen no en calidad	• Buena calidad
	• Bajo volumen de producción	• Fáciles de usar y reparar	• Variedad de productos
Ambiente de trabajo	• Gran variedad de trabajos	• Gerencia toma las decisiones	• Respeto por los empleados
	• Organizaciones descentralizadas	• Trabajo repetitivo y monótono	• Cortos tiempos de fabricación del producto
	• Maquinarias multipropósito	• Maquinarias dedicada	• Mejora continua

En la siguiente tabla 13 se muestra un resumen breve de la historia de los diseños de sistemas de fabricación, El diseño del sistema de fabricación células vinculadas, tienda Lean, es una consecuencia de los dos sistemas de fabricación anteriores, el taller de trabajo y flujo. El taller de trabajo como el diseño del sistema de fabricación desarrollado durante la década de 1840. Las primeras fábricas de artesanía han sido reemplazadas cuando se hizo necesario contar con máquinas accionadas. A través de los años un sistema de un híbrido mezcla de taller de trabajo y una tienda de flujo surgieron y métodos de gestión científica de Taylor evolucionaron para administrar la fábrica. Este diseño físico permitió a las compañías para la fabricación de grandes volúmenes de productos idénticos a los costos unitarios bajos. Este diseño se hizo conocida como la producción en masa. Después de la Segunda Guerra Mundial, la Toyota Motor Company, dirigida por el genio de un ingeniero de fabricación llamado Taiichi Ohno (Ohno 1988), desarrolló un nuevo diseño del sistema de fabricación conocido inicialmente como el Sistema de Producción Toyota (TPS) (Black, 2007).

Tabla 13: Breve historia del diseño de los sistemas de fabricación

1700-1850

Arte/Producción en casa (sin diseño del sistema)

- Artesanos: Herreros, plateros, carreteros, sastres, etc.

1840-1910

Primera revolución industrial (Sistema arsenal estadounidense)

- Creación de fábricas con máquinas accionadas

- Mecanización/ Piezas intercambiables

-Taller de trabajo/ Distribución funcional

1910-1970

Segunda revolución industrial (Sistema de producción de Ford)

-Mover la línea de montaje: Flujo del diseño del producto

-Economía de escala/Producción en masa era (Ford)

-Automatización (Manejo de materiales automático)

1960-2007 y contando

Tercera revolución industrial (Sistema de Producción Toyota)

- Producción Lean: JIT/TQC-WCM

- Diseño del sistema de fabricación de células vinculadas

- Más simple, más barato y de mayor calidad, Flexibilidad

- Funciones de control integradas: Kanban, Pull systems

A continuación en la tabla 14 se presenta un comparativo entre el sistema de producción de Henry Ford y el sistema de Lean Manufacturing, los productores en masa eran capaces de mantener la producción al día usando diseños estándares que aseguraban que el cliente tiene un costo más bajo: También consiguieron menos variedad al igual que la mano de obra que encontraron este modo de operación como tediosa. En comparación con el método de producción Lean que requiere la mitad del esfuerzo humano, la mitad del espacio de la fabricación, la mitad de la inversión y la mitad de la horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad del tiempo (Melton, 2005).

Lean Manufacturing (LM) surgió para dar paso a una nueva etapa en los sistemas productivos. Es una filosofía de trabajo que propone obtener mayores beneficios utilizando menos recursos. Ha sido aplicado a una gran variedad de sectores diferentes al del automóvil, en el que se originó y donde ha tenido su mayor desarrollo (Tejeda, 2011).

Tabla 14: Comparación de sistemas producción (Melton, 2005)

	Producción en masa	Producción Lean
Bases	Henry-Ford	Toyota
Personal-- Diseño	<ul style="list-style-type: none"> Profesionales estrechamente calificados 	<ul style="list-style-type: none"> Equipos de trabajadores con habilidades múltiples en todos los niveles de la organización
Personal-- Producción	<ul style="list-style-type: none"> Trabajadores no calificados o semicalificados 	<ul style="list-style-type: none"> Equipos de trabajadores con habilidades múltiples en todos los niveles de la organización
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> Costoso, máquinas de un solo uso 	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas manuales y automatizados que pueden producir grandes volúmenes con gran variedad de productos
Método de producción	<ul style="list-style-type: none"> Sacar grandes volúmenes de productos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación de productos que el cliente ha ordenado
Filosofía de la organización	<ul style="list-style-type: none"> Nivel jerárquico- La dirección asume la responsabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Flujos de valor utilizando los niveles adecuados de Empoderamiento empujando la responsabilidad más abajo en la organización.
Filosofía	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo "lo bueno es suficiente" 	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo "hacia la perfección"

1.2 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación aborda la situación actual a nivel mundial sobre los estudios, proyectos e investigaciones que se han realizado en los últimos años sobre la implementación de Lean manufacturing, los beneficios obtenidos, los factores críticos de éxito y las herramientas más importantes de esta metodología. También se aborda la situación en la que se encuentran las empresas mexicanas en especial en el sector manufacturero, características como cantidad de establecimientos en micro, PyMEs y Grandes empresas, por entidad federativa y subsectores, y de esa manera conocer la población a la cual está encaminada esta investigación.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Conforme al Producto Interno Bruto (PIB), en 2015, México creció a una tasa anual de 2.5%. El crecimiento económico se vio impulsado por el desempeño de las actividades terciarias, las cuales crecieron a una tasa de 3.3%. Las actividades secundarias crecieron a una tasa

anual de 1%. La industria manufacturera mantuvo una tasa de crecimiento del 2.9% anual (Banco BASE, 2016).

Las PyMEs en México han desarrollado pocos esquemas para incrementar sus niveles de calidad y productividad. Modelos como el ISO9000 son comúnmente su referencia para adoptar sistemas que apoyen en esta materia. Sin embargo en la actualidad se estima que solo un 50 % de las PyMEs en México utilizan técnicas de calidad y productividad (Promexico, 2014).

Reyes (2002) menciona que en base a su experiencia en la implantación de los métodos de Lean Manufacturing, en algunas empresas el principal problema que enfrentan es el cambio cultural de la alta dirección y sus gerencias, ya que los métodos dependen en gran parte del trabajo en equipo, del desarrollo del personal y de la facultad para tomar las decisiones más adecuadas para el proceso correspondiente, tema muy difícil ya que en la mayoría de los casos el director y los gerentes están acostumbrados a no delegar las decisiones y mantener un sistema autocrático.

Entendido la importancia de la empresas manufactureras para el crecimiento económico de nuestro país, se busca crear en ellas la necesidad de ser altamente competitivas y de calidad, a través de la utilización de la metodología Lean manufacturing, se desconocen las herramientas y factores críticos de éxito para la implementación de Lean en las empresas de manufactura en México.

1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los factores críticos de éxito que influyen a nivel mundial sobre la implementación exitosa de Lean Manufacturing?

¿Cuáles son los factores críticos de éxito que han aumentado su uso en la implementación de Lean Manufacturing a nivel mundial?

¿Cuáles son los factores críticos de éxito que han mantenido su uso en la implementación de Lean Manufacturing a nivel mundial?

¿Cuáles son los factores críticos de éxito que han disminuido su uso en la implementación de Lean Manufacturing a nivel mundial?

¿Cuáles son las herramientas más utilizadas en proyectos exitosos de Lean Manufacturing a nivel mundial?

1.5 HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea en esta investigación y que surge del análisis de la información obtenida es la siguiente:

El involucramiento y compromiso de la alta dirección, cultura organizacional, involucramiento de los empleados, enfoque en los procesos de producción, mejora continua, equipo y entrenamiento y capacitación, son factores críticos de éxito a considerar en proyectos de implementación de Lean manufacturing dentro de la empresas de manufactura en México.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Determinar las herramientas y los factores críticos de éxito, para la implementación de Lean Manufacturing en las industrias de manufactura.

1.6.2 Objetivos específicos

- Identificar los factores críticos de éxito que influyen a nivel mundial sobre la implementación exitosa de Lean Manufacturing.
- Identificar los factores críticos de éxito que han aumentado uso en la implementación de Lean Manufacturing a nivel mundial.
- Identificar los factores críticos de éxito que han mantenido uso en la implementación de Lean Manufacturing a nivel mundial.
- Identificar los factores críticos de éxito que han disminuido uso en la implementación de Lean Manufacturing a nivel mundial.
- Identificar las herramientas más utilizadas en proyectos exitosos de Lean Manufacturing a nivel mundial.

1.7 JUSTIFICACIÓN

El tema a investigar en este trabajo en particular, será de las empresas de manufactura, ya que en la actualidad hay poca literatura que sustenta el conocimiento sobre el grado de implementación de esta metodología, es decir no se conocen cuáles son las herramientas y los factores críticos de éxito, al momento de la implantación de Lean Manufacturing.

En México, las pymes son una parte fundamental de su estructura económica, contribuyendo a la generación de la riqueza del país y a la generación de empleos. En base a la fuente de información que se genera en INEGI (INEGI, 2014) se realizó un análisis de los datos estadísticos de las cantidades de empresas Pymes, su aportación al PIB (Producto

interno bruto), generación de empleo y empresas IMMEX (Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación). Resultando así de las actividades secundarias una representación del 34.6% del PIB nacional, el cual el 18.1% pertenece a las industrias manufactureras en el segundo trimestre de este año, de éstas sobresale la participación de la industria alimentaria y equipo de transporte con el 40.7%.

En el censo del 2014 las manufacturas mantienen su posición como el principal generador de valor agregado. Servicios no financieros y comercio mantienen su posición como principales generadores de empleo (INEGI, 2015) (Tabla 15).

Tabla 15: Estructura porcentual de personal ocupado y valor agregado por Actividad económica 2014 (INEGI, 2015)

Actividad económica	Estructura porcentual			
	Personal ocupado		Valor agregado	
	2008	2013	2008	2013
Manufacturas	23.2	23.5	29.3	29
Servicios privados no financieros	34.1	35.8	17.4	19.6
Minería	0.7	0.8	20.9	16.8
Comercio	30.5	29.6	12.4	15.5
Servicios financieros y de seguros	2.4	2.2	8.3	9.5
Electricidad y suministro de agua y de gas	1.2	1	5.2	4.3
Transportes, correos y almacenamiento	3.6	3.6	3.7	3.2
Construcción	3.5	2.6	2.4	1.8
Pesca y acuicultura	0.9	0.9	0.2	0.2

Dentro del sector manufacturero, la fabricación de equipo de transporte es ahora la actividad que genera más valor agregado con el 29%, seguida de la industria alimentaria y la química, al contribuir en su conjunto estas tres industrias con el 53.7% del valor agregado manufacturero (INEGI, 2015) Tabla 16.

Tabla 16: Estructura porcentual de personal ocupado y valor agregado por Subsector Manufacturero 2014 (INEGI, 2015)

Subsector	Estructura porcentual			
	Personal ocupado		Valor agregado	
	2008	2013	2008	2013
Fabricación de equipo de transporte	23.2	23.5	29.3	29
Industria alimentaria	34.1	35.8	17.4	19.6
Industria química	0.7	0.8	20.9	16.8
Industrias metálicas básicas	30.5	29.6	12.4	15.5
Industria de las bebidas y del tabaco	2.4	2.2	8.3	9.5
Fabricación de productos metálicos	1.2	1	5.2	4.3
Productos derivados del petróleo y del carbón	3.6	3.6	3.7	3.2
Industria del plástico y del hule	3.5	2.6	2.4	1.8
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.9	0.9	0.2	0.2
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos	0.9	0.9	0.2	0.2

Esta investigación servirá para lograr la identificación de las herramientas más importantes y su grado de implementación, así como también los factores de éxito al momento de implantar Lean manufacturing. En qué grado de aplicación se encuentran estas herramientas y cuál ha sido el resultado obtenido.

En este avance de investigación queda constancia del hecho de que las micro, pequeñas y medianas empresas, pese a todos los beneficios que aportan a la economía de los países, particularmente en el nuestro, confrontan grandes problemas que deben ser resueltos para hacerlas más competitivas tanto en el concierto regional y nacional, como en el internacional (Kauffman, 2001).

1.8 DELIMITACIÓN Y LIMITACIÓN

La investigación se delimita en conocer la situación actual sobre la implementación de Lean Manufacturing en empresas del sector manufacturero, no se toma en cuenta algún otro sector. Otra delimitante sería que solo se considera a nivel mundial.

Para determinar los factores críticos de éxito y herramientas de Lean Manufacturing se realizó una revisión de literatura, publicaciones desde el año 2003 a la actualidad, la limitación en esta revisión es que no se encontró mucha literatura que sustenta la implementación de Lean Manufacturing en México, sólo a nivel mundial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Lean Manufacturing

2.1.1 Antecedentes Lean Manufacturing

Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y metodifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX y que encuentran sus ejemplos más relevantes en la fabricación de fusiles (EEUU) o turbinas de barco (Europa). Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos se trata conjuntos de acciones y técnicas que buscan una nueva forma de organización y que surgen y evolucionan en una época en donde era posible la producción rígida en masa de grandes cantidades de producto (Hernández & Vizán, 2013).

El problema con el sistema de Ford no fue el flujo: Él fue capaz de reducir los inventarios de toda la empresa día con día. Al contrario, fue su incapacidad para proporcionar variedad. El Modelo T no se limita sólo a un color. También se limitó a una especificación para que todos los chasis modelo T eran esencialmente idénticos a través de la final de la producción en 1926 (Lean Enterprise Institute, 2016).

El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX se contagió a todos los sectores la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector automóvil. Es conocida la crisis del modelo de producción en masa, que encontró en el fordismo y el taylorismo su máxima expresión, pero dejó de ser viable, porque no solo significa la producción de objetos en grandes cantidades, sino todo un sistema de tecnologías, de mercados, economías de escala y reglas rígidas que colisionan con la idea de flexibilidad que se impone en la actualidad (Sánchez & Rajadell, 2010).

Luego de la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, de la fábrica de automóviles Toyota, empezaron a utilizar el concepto de lean manufacturing. En 1950 Eiji Toyoda visitó por tres meses la planta de Rouge de Ford en Detroit, la había visitado en 1929. La empresa Toyota Motor Company fue fundada en 1937. En 1950, después de 13 años de trabajo y esfuerzo producían 2,685 automóviles, comparados con los 7,000 que producían diariamente en Rouge. Después de estudiar cuidadosamente cada centímetro de la planta Rouge, que era la más grande y eficiente del mundo, Eiji indicó a la sede que había encontrado algunas posibilidades para mejorar el sistema de producción. Se encontró que copiar y mejorar lo que había visto en Rouge sería muy difícil, por lo que Eiji Toyoda y Taiichi

Ohno concluyeron que la producción en masa no iba a funcionar en Japón. De esta conclusión, nació lo que llamaron “Sistema de Producción Toyota”, a lo que actualmente se le conoce como Manufactura Ágil (Lean Manufacturing). El surgimiento de Japón a su preeminencia económica actual, rápidamente fue seguido por otras empresas, copiando este notable sistema (Padilla, 2010).

Eiji Toyoda se planteó la reestructuración de la planta de automóviles. Los problemas a los que Toyota se enfrentaba eran (Womack et al., 1990):

- Un mercado interior pequeño y con demanda amplia de diferentes modelos –coches de lujo, camiones grandes, camiones pequeños, coches pequeños, etc.
- Una mano de obra que no estaba dispuesta a que se le tratara como coste variable o piezas intercambiables y sin la posibilidad de tener inmigrantes que quisiesen trabajar en condiciones laborales por debajo de lo normal.
- Carencia de capital y divisas, lo que le impedía comprar maquinaria de última tecnología.
- Un mundo exterior lleno de grandes productores de vehículos ansiosos por entablar operaciones en Japón y dispuestos a defender los mercados conseguidos contra las exportaciones japonesas.

A partir de estas reflexiones, Ohno estableció las bases del nuevo sistema de gestión JIT/Just in Time (Justo a tiempo), también conocido como TPS (Toyota Manufacturing System). El sistema formulaba un principio muy simple: “producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita”. Al amparo de la filosofía JIT fueron desarrollándose diferentes técnicas como el sistema Kanban, Jidoka, Poka–Joke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota. El sistema JIT/TPS ganó notoriedad con la crisis del petróleo de 1973 y la entrada en pérdidas de muchas empresas japonesas. Toyota destacaba por encima de las demás compañías y el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo a otras empresas. Sin embargo, pese a todos estos antecedentes, no es hasta principios de la década de los 90, cuando repentinamente el modelo japonés tiene “un gran eco” en occidente y lo hace a través de la publicación de “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos. En este libro se sintetiza el “Programa de Vehículos a Motor” que se realizó en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) con el fin de contrastar, de una forma sistemática, los sistemas de producción de Japón, Europa y Estados Unidos. En esta publicación se exponían las características de un nuevo sistema de producción “capaz de combinar eficiencia, flexibilidad y calidad” utilizable en cualquier lugar del mundo (Hernández & Vizán, 2013). En esta publicación fue donde se acuñó por primera vez el término Lean Manufacturing.

2.1.2 Sistema de Producción Toyota

El Sistema de Producción Toyota se desarrolló y refinó entre 1945 y 1970 y está todavía creciendo por todo el mundo. La idea básica subyacente en este sistema es minimizar el consumo de recursos que no añaden valor al producto, lo que Ohno denominó despilfarro (*muda*, en japonés) (de Arbulo, 2007).

Lean Manufacturing es una mejora de la producción en masa. Hacer llegar el producto desde el primer momento, los esfuerzos de mejora continua, calidad en los procesos y productos, la producción flexible, y la minimización de cualquier tipo de desperdicios son las mejoras que producen Lean Manufacturing (Motwani, 2003)

Hernández y Vizán (2013) proponen la evolución de los principios de Lean, las técnicas JIT, junto al sistema de organización del trabajo japonés JWO (Japanese Work Organization) y el Jidoka, son los fundamentos que configuran el Lean Manufacturing. La tabla 17 muestra un resumen de los principios esenciales que se han ido sumando al modelo Lean. En un primer grupo se encuadran los principios JIT originales, que afectan a productividad, costes, plazo de entrega y diversidad de productos. En un segundo grupo se recogen los principios JWO que usan el potencial de los trabajadores. El último grupo estaría formado por aquellos principios que se han ido incorporando finalmente para configurar lo que se entiende por Lean.

Tabla 17: Origen y evolución de los principios Lean (Hernández & Vizán, 2013)

JIT (Just in Time)	JWO (Japanese Work Organization)	Lean
Reducción producto en curso	Trabajadores multidisciplinares	Jidoka
Flujo continuo	Calidad en el puesto	Calidad Total
Reducción tiempos de entrega	Mantenimiento en el puesto	Mejora continua
Reducción tiempos de fabricación	Mejoras del puesto de trabajo	Compromiso dirección y empleados

En la figura 11 se representa una adaptación actualizada de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” para visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas disponibles para su aplicación. La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua. A estos cimientos tradicionales se les ha añadido el factor humano como clave en las implantación del Lean, factor éste que se manifiesta en múltiples facetas como son el compromiso de la dirección, la formación de equipos dirigidos por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa (Hernández & Vizán, 2013).

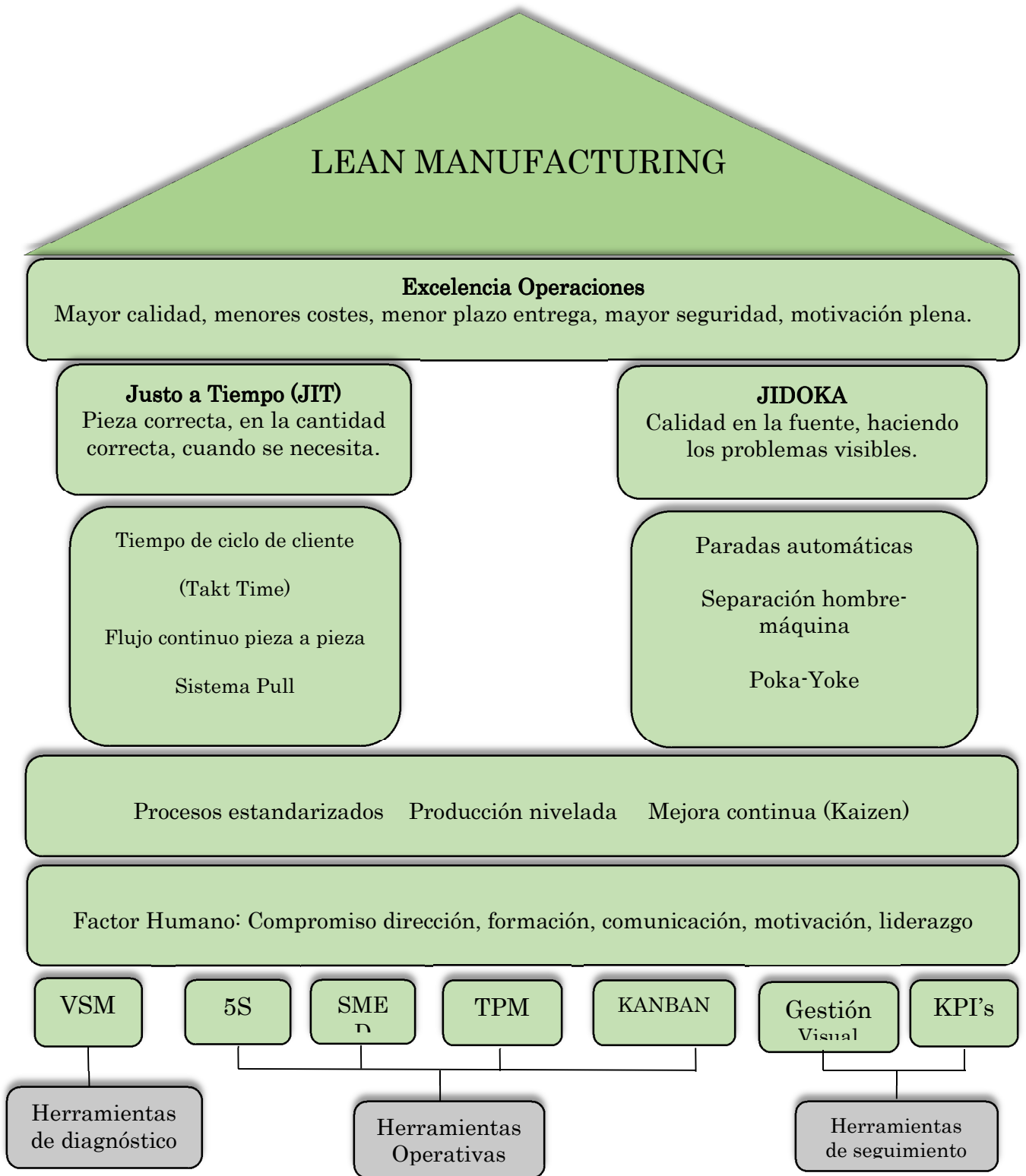


Figura 11: Casa del Sistema de Producción Toyota (Hernández & Vizán, 2013)

Con una base débil o un pilar débil, la casa no es estable, incluso si otras partes son muy fuertes. Las partes trabajan juntas para crear el conjunto (Liker & Morgan, 2006). Los principales pilares se describen a continuación:

Just in Time (JIT)

El sistema de producción Just in Time fue desarrollado por Taiichi Ohno primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, con el objetivo de conseguir reducir costes a través de la eliminación del despilfarro. Con el JIT se pretende fabricar los artículos necesarios en las cantidades requeridas en el instante preciso, así por ejemplo, un proceso productivo se dice que funciona en JIT cuando dispone de la habilidad para poner a disposición de sus clientes “los artículos exactos, en el plazo de tiempo y en la cantidades solicitadas”. El período de tiempo que preocupa al cliente es el plazo de entrega (lead time), es decir el tiempo transcurrido desde que el cliente pasa un pedido hasta que recibe el material. Este es el tiempo de que dispone el cliente para planificar sus compras y lógicamente éste estará más satisfecho cuanto menor y más fiable se el plazo de entrega (Sánchez & Rajadell, 2010) Este aspecto de la casa es el más conocido. Tiene que ver con lo que el flujo de material rápido a través de procesos, conseguir la pieza correcta en el lugar correcto en el momento correcto (Liker & Morgan, 2006). Para fabricar los productos necesarios en las cantidades requeridas y en el momento adecuado, los sistemas de producción pull utilizan de una tarjetas denominadas Kanban como sistema de información y control, basado en que cada proceso retira las piezas del proceso anterior en el instante y en la cantidad en que las va necesitando, con el fin de conseguir un flujo continuo de producción (Sánchez & Rajadell, 2010).

Jidoka

Jidoka es un concepto menos conocido y más complejo. Representa una máquina con inteligencia humana. La inteligencia es hacer una tarea sencilla detectar una desviación de un estándar y detiene la operación en espera de ayuda. Este concepto se ha ampliado a los procesos manuales en los que los operadores de tirar de un cordón y detienen la producción cuando hay algún problema. Cuando una máquina o persona se detiene por un problema, también es señal de que tienen que pedir ayuda. Un Andon es el uso de luces y sonidos para pedir ayuda. Tirar de la cuerda, y un Andon se enciende, suena la música, y un jefe de equipo o líder de grupo es llamado para ayudar, no en las siguientes horas sino en los próximos segundos (Liker & Morgan, 2006).

Heijunka, Procesos estandarizados y estables

El fundamento de la casa necesita para proporcionar la estabilidad general en la que los sistemas justo a tiempo se pueden construir y ajustar el sistema constantemente deteniendo para solucionar los problemas. Heijunka significa nivelación. El objetivo es crear una corriente de nivelación de los pedidos y una carga de trabajo nivelada. Cuando se nivela la carga de trabajo, existe la posibilidad de estandarizar procesos. Y nivelar la carga de trabajo

también es necesario conocer la cantidad de inventario para mantener en los supermercados. Se puede haber una corrida en la línea por un producto en particular, el sistema no será capaz de mantener el ritmo. Procesos estables y estandarizados son necesarios, o just in time de producción significará ninguna producción. Sin inventario para compensar la inestabilidad, el sistema no funcionaría. Y esto sería aún peor si alguien detiene la línea cada vez que se presenta algún problema (Liker & Morgan, 2006).

Kaizen

Kaizen prácticamente se ha convertido en una palabra universal. Sin embargo, rara vez se practica en la mayoría de las organizaciones como verdadera mejora continua que se extiende a través de la organización. Kaizen no es opcional en un sistema Lean (Liker & Morgan, 2006).

Kaizen según su creador Masaki Imai, se plantea como la conjunción de dos palabras, kai, cambio y, zen, para mejorar, luego se puede decir que kaizen significa “cambio para mejorar”, que no es solamente un programa de reducción de costes, si no que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores práctica, es lo que se conoce como “mejora continua”. El concepto de kaizen debe intepretarse como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico, Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar sus efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a la práctica (para alcanzar un determinado efecto) (Sánchez & Rajadell, 2010).

2.1.3 Principios de Lean Manufacturing

En 1996, el concepto inicial de Lean fue más ampliamente definido y descrito por cinco principios fundamentales (Womack & Jones, 2003):

- *Identificar valor.* El punto de partida fundamental para el pensamiento lean es el valor. Valor sólo puede ser definido por el cliente final. Está y sólo tiene sentido cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o un servicio, o bien una combinación de los dos), que reúnen las necesidades del cliente, con precio específico en el momento específico. El valor es creado por el productor, desde el punto de vista del cliente.
- *Identificar la cadena de valor.* La cadena de valor es el conjunto de todas las acciones específicas que se requieren para llevar un producto específico (si un bien , un servicio, o, cada vez más, una combinación de los dos) a través de las tres tareas críticas de gestión de cualquier negocio: la tarea solución de problemas que va desde el concepto hasta el diseño detallado y la ingeniería de lanzamiento de la producción, la tarea de gestión de información que va desde la toma de pedidos a través de programación detallada de la entrega, y el procedimiento tarea transformación física de materias

primas a un producto acabado en las manos del cliente . La identificación de toda la cadena de valor para cada producto (o en algunos casos para cada familia de productos) es el siguiente paso en el pensamiento Lean.

- *Crear Flujo.* Una vez que el valor ha sido determinado con precisión, la cadena de valor de un producto específico asignado totalmente por la empresa Lean, y los pasos, obviamente eliminando todo desperdicio. Es hora del siguiente paso del pensamiento lean, el más importante: Hacer que fluya la creación de valor restante. Este paso requiere una reorganización completa de todo el proceso.
- *Halar.* El primer efecto visible de la conversión de los departamentos y lotes de equipos de producto y el flujo es que el tiempo requerido para pasar del concepto al lanzamiento, la venta de la entrega, y la materia prima hasta el cliente cae dramáticamente. Cuando se introduce el flujo, productos que requieren años para diseñar, se realizan en meses, los pedidos que toman días a proceso se completan en horas y las semanas o meses de tiempo de procesamiento para la producción física convencional se reducen a minutos o días. Además, lean puede hacer que cualquier producto actualmente en producción en cualquier combinación, el cambio de demanda se puede acomodar inmediatamente. En otras palabras diseña y proporciona sólo lo que el cliente quiere y en el tiempo que lo requiere.
- *Perfección mejora continua.* A medida que las organizaciones comienzan a especificar con precisión el valor, identificar toda la cadena de valor, hacer los pasos de creación de valor para productos específicos fluyen de forma continua, y dejar que los clientes halen de valor de la empresa, algo muy extraño comienza a suceder. Se cae en la cuenta de que las personas implicadas no hay fin al proceso de reducción de esfuerzo, tiempo , espacio, coste , y los errores al tiempo que ofrece un producto que es cada vez más cerca de lo que el cliente realmente quiere. De repente, la perfección, el quinto y último principio de pensamiento lean, no parece una loca idea. ¿Por qué debe ser esto? Debido a que los cuatro principios iniciales interactúan entre sí en un círculo virtuoso.

El valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente esté dispuesto a comprar. Entender esta definición es muy importante a la hora de juzgar y catalogar nuestros procesos. El valor añadido es lo que realmente mantiene vivo el negocio y su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal de la cadena productiva (Hernández & Vizán, 2013).

Así pues, “El valor de la manufactura esbelta es eliminar todos los desperdicios o muda, incluyendo las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio o procesos” (Belohlavek, 2006). En este sentido, la muda es una palabra Japonesa, muy sencilla y útil que significa cualquier actividad, proceso u operación que no agrega valor al producto o servicio para el consumidor o cliente (Bohan, 2003).

Manufactura esbelta o lean manufacturing es un término genérico que se da a las aplicaciones del sistema de producción Toyota. Este sistema se refiere tanto a fabricación flexible, manejable, sincrónica, como a la fabricación según el flujo de demanda. El objetivo último de un sistema de este tipo consiste en reducir los siete despilfarros principales tal y como los presenta Taiichi Ohno. Sobreproducción, demoras o tiempo de espera, inventario, transporte, defectos, desperdicios y movimiento. Un octavo desperdicio fue añadido por Womack y Jones (Womack & Jones, 2003) subutilización del personal.

- Sobreproducción. Hacer el producto antes, más rápido o en cantidades mayores a las requeridas por el cliente, ya sea interno o externo.
- Demoras o tiempo de espera. Operarios o clientes esperando por material o información.
- Inventario. Almacenamiento excesivo de materia prima, en proceso o terminado. Ocupan espacio y requieren de instalaciones adicionales de administración.
- Transporte. Mover material en proceso o producto terminado de un lado a otro.
- Defectos. Reparación de un material en proceso o repetición de un proceso.
- Desperdicios de procesos. Esfuerzo que no agrega valor al producto o servicio desde el punto de vista del cliente.
- Movimiento. Cualquier movimiento de personas o máquinas que no agreguen valor al producto o servicio.
- Subutilización del personal. Cuando no se utilizan las habilidades y destrezas del personal (habilidad creativa, física y mental).

Ohno (1991) considera el desperdicio como cualquier cosa que exceda la cantidad mínima de equipos, materiales, partes, espacio, mano de obra, absolutamente esencial para añadir valor al producto.

Todo el sistema del área de trabajo de una empresa está diseñado para reducir progresivamente los despilfarros. La clave está en reducir el despilfarro a través de esfuerzos realizados por grupos reducidos de trabajadores (Lareau & Kaufman, 2003).

El concepto esbelto y la manufactura esbelta persiguen mejoras sustanciales del desempeño operacional para (Murugesan et al., 2012) refiere ventajas competitivas como: Calidad, costo, precio, velocidad en la entrega, consistencia en la entrega, innovación y flexibilidad (mejor, más barato, más rápido y más ágil), esto es posible a través de la identificación y eliminación continua y sistemática de los desperdicios (actividades que no agregan valor) o “mudas” (término japonés de desperdicios), con el activo involucramiento de todos los empleados de una organización en proyectos de mejora continua (Imai, 1986).

La eliminación de las “mudas” se realiza a través de 5 principios rectores del pensamiento esbelto que son: a) definición de valor desde la perspectiva del Cliente, b) mapeo de los procesos de producción y de servicios, c) crear flujo en los diferentes procesos, d) jalar la producción y e) búsqueda de la perfección a través de la mejora continua (Cottyn et al., 2011).

Entre los desperdicios que sí consumen recursos, pero que no agregan valor para el cliente y por los que no se está dispuesto a pagar se tienen (Reyes, 2002):

- Componentes, ensambles y productos defectuosos.
- Inspecciones al producto y conteos en el proceso.
- Papeleos y transacciones computacionales en proceso.
- Producción en exceso e inventarios en proceso en fila de espera.
- Expeditar o dar seguimiento a acciones.
- Almacenamientos de materias primas, inventarios en proceso y productos terminados.
- Transportes y movimiento interno de materiales y documentos.
- Tiempos de espera durante mantenimiento o cambios de modelos.
- Proceso de firmas.

En Toyota hay una filosofía de tener un buen proceso. Es tanto una cuestión filosófica como una cuestión técnica. Hay un conjunto de creencias acerca de lo que constituye un buen proceso. Un buen proceso no se define por la tecnología, sino por los buenos principios de proceso, y entonces la gente crea y mejora el proceso de acuerdo con estos principios (Liker & Morgan, 2006). Un resumen de los Principios del Proceso de Lean para el desarrollo del producto se proporciona en la Tabla 18.

Manotas y Rivera (2007) presentan en un estudio el marco general para la aplicación de Lean Manufacturing como se muestra en la figura 12, estas actividades de aplicación deben conducir a una mejora en cinco dimensiones, que son los conceptos que la compañía está tratando de poner en acción.

1. Eliminación de los residuos.
2. La mejora continua.
3. El flujo continuo y sistemas de extracción accionado.
4. Los equipos multifuncionales.
5. Sistemas de Información.

El grado en que se "llegaron a" estos objetivos dará lugar a la propuesta de indicadores que reflejan el avance de un equipo o una línea en la aplicación de Lean Manufacturing.

Tabla 18: Principios del Proceso de Lean para el desarrollo del producto. (Liker & Morgan, 2006)

Principio	Descripción
1. Establecer el valor definido por el cliente con el valor agregado separado a partir de residuos.	Lean es un viaje interminable de eliminación de residuos. Residuo es no valor agregado y ese valor es definido primeramente por el cliente.
2. Al frente el proceso de desarrollo de los productos para explorar soluciones alternativas a fondo mientras que hay Máximo espacio del diseño.	Definición del problema equivocado o convergencia prematura en la solución equivocada tendrá costes a lo largo del ciclo de vida del producto. Tomando tiempo para explorar a fondo las alternativas y resolver los problemas previstos en la causa raíz tiene beneficios exponenciales.
3. Crear un flujo nivelado del proceso del desarrollo del producto.	Nivelar el flujo comienza con la estabilización del proceso, de modo que se puede predecir y planificar adecuadamente. Esto permite la planificación de productos para reducir cambios bruscos en la carga de trabajo. balanceo de la carga de trabajo predecibles pueden ser atendidos a través de las bolsas de trabajo flexibles. Estandarización.
4. Utiliza una rigurosa Estandarización para reducir la variación, crear flexibilidad y previsibles resultados.	La estandarización es la base para la mejora continua. Estandarización del producto y el proceso es la base para todos los demás principios del proceso.

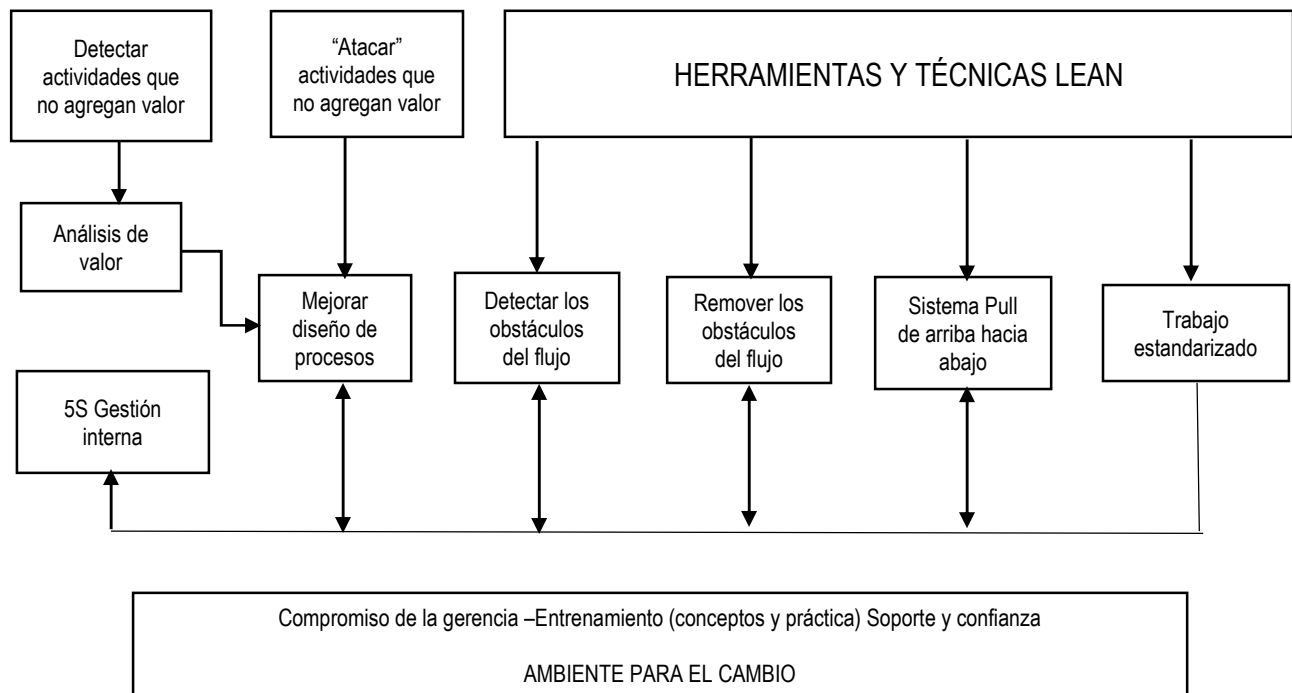


Figura 12: Marco referencial para la aplicación de Lean Manufacturing (Manotas & Rivera, 2007)

Black (2007) propone 4 reglas para implementación del Sistema de Producción Toyota, la regla 1°. Se aplica a la línea de montaje final, que tiene un tiempo de procesamiento (Tak time) que se basa en la demanda diaria de los bienes que se producen en la fábrica. La demanda diaria se basa en la demanda mensual que a su vez se basa en la demanda anual (ventas y previsiones). El tener una demanda diaria nivelada permite a todos los elementos que producen piezas producir la misma cantidad todos los días y en cualquier mezcla que el cliente lo requiera. La regla del diseño 2° es que todos los productores de bienes operan el sistema sobre una base MO-CO-MOO por sus siglas en inglés ('make one, check one and move one on')(Hacer uno, marcar uno, y moverlo), llamado también flujo de una sola pieza. El subconjunto de las fábricas de fabricación debe ser rediseñada en líneas paralelas o células de montaje en forma de U para lograr flujo de una pieza.

Muchas de las líneas de subconjuntos están operando de forma sincronizada con la línea de montaje final. Debido a que las células de manufactura contienen herramientas de mecanizado (máquinas) se necesita entonces una regla adicional. La regla 3° se basa en el tiempo de mecanizado o procesamiento para cualquier máquina dentro de la celda el cual debe ser menor que el tiempo de ciclo necesario. La regla 4ª para el diseño cubre el sistema de producción y control de inventario, sistema de tracción conocido como Kanban. Los componentes de fabricación están conectados al montaje final con enlaces Kanban que hayan retirado el material de las células de subconjuntos y componentes de los proveedores según sea necesario por el ensamblaje final y dan órdenes de producción para todos los proveedores de forma automática. Fortuny, et al., (2008) aporta en su trabajo una metodología para la implantación de un sistema lean para plantas industriales de tamaño medio y con una gestión autónoma a la hora de tomar decisiones en lo referente a la adopción de la filosofía lean. En la figura 13 se muestra su metodología para la implementación de Lean.



Figura 13: Esquema de las fases de la metodología propuesta. (Fortuny et al., 2008)

2.2 Factores Críticos de Éxito (FCE)

Desde la década de 1950 la mayor parte del trabajo en la gestión de proyectos se ha centrado en los problemas de programación de proyectos, en el supuesto de que el desarrollo de mejores técnicas de programación daría lugar a una mejor gestión y por lo tanto la finalización con éxito de los proyectos. Sin embargo, hay muchos factores fuera del control de la gestión, que podría determinar el éxito o el fracaso de un proyecto. En la literatura, estos factores se conocen como factores críticos de éxito / fracaso y sólo unos pocos estudios se han realizado para evaluar, aclarar o analizar estos factores (Belassi & Tukel, 1996).

La idea de identificar y definir los factores críticos de éxito como elemento esencial en la implementación de cualquier proyecto de mejora en cualquier organización fue introducido por Rockart (1979). Los Factores críticos de éxito son aquellos factores de rendimiento que debe recibir la atención en curso de la gestión de la empresa, para seguir siendo competitivos (Rockart, 1979). En términos de gestión de conocimientos Wong (2005) los define como aquellas actividades y prácticas que deben ser abordados con el fin de garantizar el éxito de su aplicación. Estas prácticas, ya sea que tenga que ser alimentado si ya existían o desarrollados si es que todavía no estaban en su lugar. Los FCE representan los ingredientes esenciales sin los cuales un proyecto tiene pocas posibilidades de éxito (Banuelas & Antony, 2002). Si bien no destinados a fines de planificación estratégica, la identificación de los factores críticos de éxito puede ayudar a la alta dirección a través de: (1) determinar donde la gestión debe dirigir su atención; (2) el desarrollo de medidas de factores críticos de éxito; y (3) determinar la cantidad de información requerida y limitando así la recolección de datos innecesarios (Rockart, 1979).

Hoy en día más y más gerentes de proyectos consideran la calidad siendo el objetivo más importante. La calidad puede ser asegurada mediante la identificación y eliminación de los factores que causan mal desempeño del proyecto. Por lo tanto, los gerentes de proyectos necesitan una mejor comprensión de los factores críticos de éxito / fracaso y cómo medirlos (Belassi & Tukel, 1996).

A continuación se definen los FCE más importantes y sobresalientes encontrados en la revisión de literatura.

1. Involucramiento y participación del equipo. El compromiso y la participación es fundamental, toda la empresa debe estar comprometido con el cambio desde los líderes activos hasta diseñadores de sistemas (Black, 2007). Cuando al personal y a los trabajadores se les da responsabilidad y autoridad necesaria para tomar decisiones en su área de trabajo, ayuda a reducir el tiempo de flujo de información y flujo de trabajo (Sui Pheng & Hui Fang, 2005). Proporcionar a los empleados el permiso y las herramientas que les permitan realizar cambios en el proceso, además proporcionar un adecuado reconocimiento a los empleados cuando toman la iniciativa, es un componente clave de cualquier iniciativa de cambio. Se necesitan equipo multidisciplinarios en todos

los cambios para la toma de decisiones (Comm & Mathaisel, 2005). Las capacidades para la resolución de problemas surgen del resultado de los equipos de trabajo empoderados a su vez ayudan a aumentar el rendimiento mediante la identificación de las causas principales de los problemas de calidad, ayudando a mejorar el flujo de trabajo, y mejorando la eficiencia del equipo (Shah & Ward, 2003).

2. Involucramiento y compromiso de la alta dirección. La integración de las funciones de un sistema de producción requiere el compromiso de la alta dirección y comunicación en toda la organización (Black, 2007). La gerencia de la empresa recibe formación y entrenamiento sobre el trabajo en equipo y resolución de problemas, además proporciona recursos para mejorar los programas (económicos, espacio físico y tiempo) (García et al., 2013). Involucramiento y compromiso de la gestión es la clave para la puesta en práctica de Lean en cualquier organización. La alta dirección incluye desde directores hasta altos ejecutivos de la organización. Su compromiso hacia la comprensión, aplicación y los objetivos dentro de la organización tiene mayor influencia en el rendimiento y el éxito del programa de Lean (Zhang et al., 2012). Si lo empleados no ven, sienten y creen en el compromiso real de la alta gerencia, nada más va a suceder. Este apoyo y participación no sólo debe ser verbal, sino demostrarlo con hechos, al estar involucrados en las actividades de las áreas de trabajo y programas de mejora continua (Manotas & Rivera, 2007).
3. Equipo correcto. Trabajo en equipo y trabajadores multifuncionales, implica empleados que trabajan en equipos flexibles los cuales tienen la responsabilidad de sus propias tareas (Höök & Stehn, 2008). Los miembros y trabajadores del equipo deben iniciar esfuerzos para la mejora continua y mejorar constantemente la calidad del trabajo (Sui Pheng & Hui Fang, 2005). Producción Lean permite a las empresas funcionar con un número menor de gerentes mediante el aplanamiento de las jerarquías, la asignación de trabajadores a los equipos de las unidades de negocio, y tener estos equipos asumen algunas de las tareas previamente realizadas por los administradores. La creación de equipos dentro de las empresas permite a los trabajadores a centrarse en un único proceso de producción, esencialmente este tipo de equipos asumen la responsabilidad ya sea para la construcción de un componente completo o montaje de un productor completo. El trabajo de equipos multifuncionales se vio como el factor crítico de éxito (Friel, 2005).
4. Enfoque al cliente. Las opiniones de los clientes se consideran para la aplicación de los procesos, modificaciones y sus diseños. Se deben aplicar metodologías para entender la voz del cliente (García et al., 2013). Proporcionar un flujo continuo de información y retroalimentación con todas las partes interesadas dentro del proceso. Crear y mantener

relaciones con los clientes en base a sus requerimientos generados, soporte y servicio al producto y basado en la solución de problemas (Comm & Mathaisel, 2005). En los sistemas el objetivo principal es el servicio al cliente externo; ejemplo soporte de producto y solución de problemas, gestión de quejas, reparación/recondicionamiento, selección en la eliminación del desperdicio y cambio de diseño en la ingeniería (Maleyeff, 2006).

5. Educación y entrenamiento. El entrenamiento continuo de los empleados debe ser aplicado a través de seminarios, cursos de entrenamiento y conferencias. El papel de la educación no debe ser olvidado en los programas de formación (Jafari et al., 2007). Las empresas necesitan promover activamente el desarrollo de una mano de obra multifuncional y flexible por medio de programas de capacitación y desarrollo para los empleados. Los trabajadores también necesitan entrenamiento para participar en actividades de mejora continua y técnicas de resolución de problemas. La formación es también esencial para las tareas relacionadas con el mantenimiento de herramienta y maquinaria. La educación y entrenamiento ayuda a los empleados a adquirir capacidades para aceptar nuevo conocimiento y hacer uso de nuevas habilidades (Bonavia & Marin-Garcia, 2011). Los empleados están capacitados para hacer el trabajo en diferentes posiciones. Los grupos se organizan para hacer sugerencias sobre la mejora de productos/procesos o resolver problemas: círculos de calidad. El gerente de la empresa recibe entrenamiento sobre trabajo en equipo y resolución de problemas (García et al., 2013). El entrenamiento cruzado: Como células de trabajo tienen que ser más autónoma y también el ritmo de producción se pueden modificar cambiando la rotación de personal de una célula, es esencial que los trabajadores se conviertan en empleados multifuncionales, esto también enriquece el contenido de su trabajo y mejora su perspectiva para la mejora de procesos (Manotas & Rivera, 2007).
6. Liderazgo del proyecto. Liderazgo Lean es un sistema metódico para la implementación sostenible y la mejora continua del sistema de producción Lean. En él se describe la cooperación de los empleados y líderes en su esfuerzo mutuo para alcanzar la perfección. Esto incluye el enfoque al cliente en todos los procesos, así como el desarrollo a largo plazo de los empleados y líderes (Dombrowski & Mielke, 2013). El gerente del proyecto es el líder del equipo y, por lo tanto, juega un papel importante en la coordinación de las obras de todos los miembros del equipo. (Sui Pheng & Hui Fang, 2005). El liderazgo es responsable de impulsar las iniciativas de cambio. El cambio debe venir desde arriba; un enfoque de “abajo hacia arriba” rara vez tiene éxito (Comm & Mathaisel, 2005). Liderazgo del proyecto es el factor más crítico, ya que se manifiesta en un líder que tiene una visión del futuro estado del negocio, comunica la visión, impulsa la participación y cambio cultural en toda la organización, y está a diario en la planta de producción

esperando ver mejoras en los procesos (Bradley & Willett, 2004). Desarrollar líderes sobresalientes que entienden y apoyan la filosofía y sabiduría de la empresa. Esto significa identificar y crear líderes dentro de la organización que realmente entienden y comparten la sabiduría, y que sean vistos como modelos a seguir por otros (Ranky, 2007).

7. Mediciones. Las métricas son las características de rendimientos que se utilizan para evaluar si una entidad es Lean. Los buenos indicadores deben ser fáciles de responder a las preguntas y producir los resultados deseados (Comm & Mathaisel, 2003). En cualquier iniciativa de cambio, la medición es la manera clave para indicar con eficiencia si los procesos y sistemas están funcionando. Las mediciones deben realizarse internamente (mejoras en los procesos, tiempo de ciclo, eliminación de desperdicios, estadísticas financieras) como externamente (a través de la evaluación comparativa, análisis de la competencia, estadística de la industria) para obtener un verdadero resultado. Uno de los beneficios clave del pensamiento Lean es la creación de una cultura enfocada en el rendimiento, las mediciones son la única manera de determinar el progreso (Comm & Mathaisel, 2005). Una evaluación del actual desempeño de las mediciones están relacionadas con la satisfacción del cliente (Maleyeff, 2006). Las medidas de desempeño se definen como una herramienta para evaluar qué tan bien las actividades y los resultados dentro de un proceso logran un objetivo en específico. Las mediciones de desempeño se han definido como una herramienta para comparar los resultados reales con un objetivo predeterminado y medir el alcance de cualquier desviación. La selección de una serie de medidas de rendimiento adecuadas para una empresa en particular debe hacerse a la luz de las intenciones estratégicas de la compañía para adaptarse al entorno competitivo en el que opera la empresa (Chen & Cheng, 2006).
8. Cambio cultural. Durante el transcurso de la implementación del cambio de procesos, la dinámica del cambio en sí pueden ser alterados en el transcurso del tiempo. Nuevas fuentes de resistencia no previstas en la fase de inicio pueden surgir más tarde, durante la implementación del cambio. Para gestionar eficazmente la implementación del cambio, es necesario evaluar periódicamente y analizar las fuerzas que son favorables, así como las desfavorables para los esfuerzos de cambio (Teng et al., 1996). La administración del cambio implica contrarrestar la resistencia al cambio, A menudo se realiza de forma escalonada, pero las técnicas utilizadas podrían variar en función del alcance de los cambios necesarios. Los constructos claves del cambio son: Patrón de cambio, disposición de la alta dirección al cambio (compromiso, participación, resistencia), alcance del cambio (cambio radical de la mejora), cambio administrado (alivio de la insatisfacción: una visión para el cambio y un procesos de cambio bien administrado) (Guha et al., 1997). Cuando se cambia de manera repentina y de manera

significativa, impuesto desde afuera involucra a múltiples empleados de diferentes culturas y subculturas; y cuando hay mal manejo de la administración, la probabilidad de resistencia aumenta considerablemente. La resistencia al cambio está relacionado con la cultura nacional. (Acosta et al., 2004). Los pensadores Lean apuntan hacia la “perfección” y, al hacerlo, el ciclo de mejora nunca termina. Para muchos en la industria de procesos este cambio cultural es el cambio más difícil de todos. Sin embargo, para asegurar la sustentabilidad las organizaciones que son realmente Lean van a invertir en tiempo y esfuerzo para apoyar un cambio en la cultura y la forma de hacer las cosas (Melton, 2005).

9. Comunicación efectiva. Es importante establecer un programa de comunicación que pueda describir lo que debe ser comunicado por quién y con qué frecuencia. Sería de gran ayuda a las organizaciones a propagar su estrategia de negocio, los requisitos del cliente y trabajo en equipo (Banuelas & Antony, 2002). Los responsables del cambio deben comunicar constantemente las razones detrás de los cambios, los objetivos finales, y las medidas que van a determinar el éxito. También es responsabilidad de los líderes el desarrollar un entorno donde la comunicación abierta con respecto a los cambios es compartida constantemente (Comm & Mathaisel, 2005). La comunicación frecuente y la evaluación de resultados de proyectos Lean Six Sigma. Es necesario mantener los proyectos centrados en los objetivos de reducción de costes, la eliminación de residuos y la reducción de la variabilidad en los procesos (Zhang et al., 2012).

10. Vinculación de Lean a proveedores. La red de abastecimiento en una empresa juega un papel clave en el diseño de productos, procesos y sistemas, por lo tanto ayudan a mejorar continuamente. Los proveedores son cruciales, en particular, cuando las empresas se vuelven cada vez más globales (Ranky, 2007). En la investigación de Motwani (2003) la compañía trabajó muy de cerca con los proveedores relacionados durante el proceso de implementación de Lean Manufacturing incluso permitiendo a los vendedores proporcionar entradas sobre cómo mejorar su sistema. Cuando se presentaban los problemas, los gerentes se reunían para discutirlos y ponerse en contacto con los proveedores para arreglarlos. La compañía también proporcionó oportunidades para los proveedores de poder ser entrenados en las prácticas de Lean Manufacturing. En la creación de un sistema de producción ajustada, y una verdadera cultura, la relación entre cliente, proveedores y el sistema actual de producción son cruciales (Höök & Stehn, 2008). En muchos casos una estrecha colaboración con los proveedores y clientes podrían ayudar a reducir los plazos de entrega, para reducir el desperdicio por manejo de material y hacerlos participar en la planificación de necesidades de materiales (Matt & Rauch, 2013).

11. Cultura organizacional. La cultura de la organización facilita (o inhibe) la integración de aprendizaje individual con aprendizaje de la organización, influyendo en la capacidad de una organización para aprender, compartir información y tomar decisiones (Kilman et al., 1986). El potencial de promover una cultura común y el comportamiento innovador puede ser activado por una comunicación abierta y el intercambio de información. La preparación cultural puede ser activado por el liderazgo o los agentes de cambio (Guha et al., 1997). La cultura de una organización debe ser abierta y honesta, donde los empleados se sienten capaces de dar sugerencias y participar activamente en la planificación del proceso, sin temor a las repercusiones (Comm & Mathaisel, 2005). La creación de una cultura organizacional de apoyo es una plataforma esencial para la implementación de Lean Manufacturing. Empresas de alto de desempeño son las que tienen una cultura de mejora sostenible y proactiva. El criterio de la cultura organizacional incluye; capacidad de gestión para operar en ambiente diverso, fácil aceptación del cambio y el enfoque a largo plazo sobre sus funciones. Económicamente, el criterio incluye la disponibilidad de fondos para permitir la inversión de capital y una sólida gestión financiera. Habilidades y conocimientos sobre reclutamiento de personal, mejora de la fuerza de trabajo, suministro de entrenamiento e innovación (Achanga et al., 2006).
12. Sistema financiero. Las unidades de medición financiera son las más apropiadas para su uso en la planta de producción en los sistemas de producción Lean. Los fabricantes japoneses reconocen que las medidas estándares financieras siguen siendo vitales en el funcionamiento de un sistema de producción Lean (Modarress et al., 2005). Desde una perspectiva de medición del desempeño, indicadores financieros son los más importante a nivel de negocios, el éxito de la aplicación de Lean Manufacturing a menudo depende de las decisiones tomadas a nivel de la alta dirección en que el retorno de la inversión financiera es un factor clave en la toma de decisiones. Por lo tanto, los beneficios de Lean Manufacturing y el mismo tipo de iniciativa de mejora continua deben traducirse en términos financieros para lograr el nivel superior de la aceptación y guiar en la toma de las decisiones a nivel de la organización (Cumbo et al., 2006). La capacidad financiera es un factor crucial en la determinación de cualquier proyecto exitoso. Esto se debe al hecho que la financiación cubre las vías a través de los cuales pueden hacerse otras disposiciones útiles, como consultoría y entrenamiento. La insuficiencia financiera es un obstáculo importante para la adopción y aplicación exitosa de Lean Manufacturing dentro de las PyMEs. Educación y entrenamiento de las personas para utilizar las técnicas también requiere recursos financieros (Achanga et al., 2006).
13. Tecnología: En general la “tecnología” (en sentido amplio es definido como cualquier artefacto humano) (Acosta et al., 2004). La tecnología utilizada debe ser la adecuada,

probar el nivel de tecnología en comparación con la anterior, por el bien de la utilización de la tecnología más reciente la última tecnología no siempre representa la mejor, sin embargo nunca debe dejarse de explorar. La tecnología debe apoyar a los asociados de la líneas pero no reemplazarlos (Ranky, 2007).

14. Entendimiento de los métodos, técnicas y herramientas: El nivel de conocimientos alcanzados por el equipos y los trabajadores del proyecto determina la fiabilidad del flujo de trabajo (Sui Pheng & Hui Fang, 2005). La mayoría de las PyMEs emplean a personas con niveles de cualificación bajos, y que no fomentan la ideología de la mejora de la capacitación. Esto a fin de cuentas descarrila el núcleo básico de las estrategias de mejora tales como Lean Manufacturing, ya que algunos aspectos técnicos del proceso de aplicación requieren habilidades y conocimientos de los empleados (Achanga et al., 2006). Todos los niveles de la organización, trabajadores de la producción (el cliente interno) hasta la alta dirección, deben ser educados sobre los conceptos y filosofía de producción Lean y entender cómo Lean es diferente de producción en masa (Black, 2007).
15. Facilitador de tiempo completo. El tiempo destinado a la implementación del proyecto debe ser constante y metódico, Si por alguna razón no se pudiera cumplir con lo programado se debe de volver a planificar sobre la marcha para no disminuir el entusiasmo de los trabajadores y hacerles caer en cuenta que lo que se planifica es importante (Barcia & Hidalgo, 2006).
16. Infraestructura organizacional. Contexto de la organización, es decir, tamaño de la empresa, sindicación y edad de la planta, son asuntos con respecto a la aplicación de las prácticas de Lean, aunque no todos los aspectos son importantes en la misma medida. (Shah & Ward, 2003). La estructura organizacional horizontal facilita la cooperación entre los empleados en diferentes departamentos mediante la reducción del tamaño de jerarquías y acelerar el flujo de información (Friel, 2005). Con el fin de implementar Six Sigma dentro de cualquier organización, algunas características de la organización tienen que estar ya en su lugar. Por ejemplo, es altamente deseable tener un cierto grado de habilidades de comunicación, enfoque/estrategia a largo plazo y trabajo en equipo (Banuelas & Antony, 2002). Estructura organizacional, la transparencia, la descentralización y los centros de conocimiento son algunas cuestiones importantes que están vinculados a la dimensión organizacional (Jafari et al., 2007).
17. Enfoque en el proceso/producción: La administración de procesos puede complementar perspectivas socio-técnica tradicionales mediante la inclusión de metas cuantitativas del procesos, tales como la producción, la productividad, el costo y medidas de beneficio

(Guha et al., 1997). La clave aquí es el buen diseño de productos y procesos, que se centra en objetos reutilizables y bien probados. Otros elementos clave son el flujo producción en el que el tiempo de espera no se tolera, y flujo de trabajo integrado con controles visuales de fábrica, por lo que cada empleado en la línea, así como los administradores pueden ver inmediatamente los residuos y actuar (Ranky, 2007).

18. Selección, seguimiento y revisión de proyectos: Los proyectos deben estar bien definidos. En la investigación de Bradley (2004) cuando se definieron claramente los proyectos, los equipos podían atacar los problemas con eficacia. Un estatus claro que todos los miembros del equipo comprendan y apoyen era esencial. Los equipos fueron más eficaces cuando tenían los siguientes datos: 1) un mapa de procesos de la situación actual con el tiempo de ciclo, tiempo de preparación, y otros datos, 2) la documentación paso a paso del proceso del molde de cambio con el tiempo requerido para cada elemento, 3) otras medidas de desempeño relevantes. Cada proyecto debe seleccionarse de forma que ayudará a la compañía a mejorar la ventaja competitiva, la rentabilidad del negocio, proceso del tiempo de ciclo, el rendimiento de procesamiento, etc. Cuando se seleccionan los proyectos, es importante definir su alcance, limitaciones, etc. Mostrando en lo que el equipo estará trabajando. Por otra parte, las metas u objetivos del proyecto deben reflejar los requisitos críticos de la calidad del cliente (Banuelas & Antony, 2002).
19. Gestión de recursos humanos. El tema de los recursos humanos incluye algunos conceptos tales como los comités de conocimientos, la red de expertos, conferencias, intercambio de conocimientos y por último los puntos del tema de la cultura, tales como la confianza, la transparencia, armonización de las estrategias de conocimiento por la estrategia organizacional y el intercambio de conocimiento (Jafari et al., 2007). La gestión de recursos humanos también incluye la orientación a los empleados, administración del talento, inducción y reclutamiento de nuevos empleados (Maleyeff, 2006).
20. Innovación. Las empresas que son más competitivas en innovación son más propensas a hacer uso de equipos flexibles, desarrollo y simplificación de metodologías de productos. Darle prioridad a una orientación competitiva con la innovación como un arma estratégica es más probable que la organización se distinga por los programas alcanzados en la economía que en cualquier otro aspecto (Lagacé & Bourgault, 2003).
21. Enfoque en el producto. Para una empresa que quiere lograr el liderazgo en el producto, es fundamental mantener y reforzar su capacidad de fabricación. Esto está relacionado con una tercera piedra angular de Lean: ser ágil en esta habilidad ayuda a desarrollar desde la fuerza del diseño y el conocimiento de fabricación lo que facilita la oferta de

productos innovadores al mercado rápidamente. El diseño de productos de alta calidad y bajo coste de fabricación es una parte fundamental (Chen et al., 2010). El fabricante toma más responsabilidad en el desarrollo de productos, así como en la distribución y los inventarios, y por lo tanto crea más valor para los clientes (Lehtinen & Torkko, 2005).

2.3 Técnicas de revisión de literatura.

Debido al gran avance que se ha producido en los últimos años en el ámbito de la investigación científica y en el uso del Internet, no sólo disponemos cada vez de más información, si no que esta es a su vez más compleja y se representa en diferentes formatos, convencionales (fuentes de información clásicas y bases de datos) y no convencionales (Blogs, Wikis, Redes Sociales) en donde el lector participa agregando valor a los contenidos (Web 2.0). Tradicionalmente, la evidencia se ha sintetizando de forma objetiva y científica mediante revisiones sistemáticas con el fin de contestar a una hipótesis concreta (Manchado et al., 2009).

Hasta hace relativamente poco tiempo, la revisión de la literatura científica sobre un tópico en el ámbito de las ciencias sociales y de la salud era un proceso que descansaba en la subjetividad del revisor y en el que no existían unas normas que garantizaran su objetividad. Esta práctica llevó a la conclusión de que en las ciencias sociales y de la salud el conocimiento científico se acumulaba muy pobremente, resultando difícil alcanzar conclusiones sólidas sobre las evidencias científicas obtenidas en las investigaciones (Rosenthal, 1991).

Dentro de la investigación por revisión de publicaciones se conocen dos tipos diferentes: la revisión sistemática y la revisión no sistemática o revisión narrativa (update). El método tradicional de integración en la literatura ha sido la revisión narrativa, pero tiene dos debilidades básicas. En primer lugar, no hay norma sobre cómo conseguir los datos primarios, cómo integrar los resultados; lo que prima es el criterio subjetivo del revisor. En segundo lugar, el revisor narrativo no sintetiza cuantitativamente los datos hallados en las distintas publicaciones, por tanto, estas revisiones son muy susceptibles a imprecisiones y sesgos. La revisión sistemática por el contrario, exige un método riguroso y explícito para la identificación, evaluación crítica y síntesis de la evidencia obtenida (Beltrán, 2005).

Comparativamente, una revisión tradicional de literatura considera un tópico amplio y fuentes de literatura no necesariamente específicas. La investigación puede ser después resumida en una narrativa dentro de un estilo cualitativo. Esto condiciona sesgos, como una predisposición o prejuicio del revisor por incluir artículos que apoyen su visión y descartar artículos que no lo hagan. Esto que puede ser inconsciente, impide al lector obtener una visión objetiva de la investigación sobre un tema, distorsionando así la verdad. En síntesis, la revisión tradicional ha sido criticada fundamentalmente por carecer de métodos explícitos, definiciones rigurosas y/o técnicas estandarizadas (Urrea & Barría, 2010).

Las dificultades de las revisiones subjetivas se acrecentaron conforme se produjo un incremento exponencial del volumen de estudios empíricos que se publican sobre cualquier ámbito. Esta explosión de la literatura científica que se produjo a partir de la década de 1970 hizo prácticamente imposible la tarea de revisar la literatura científica sobre un tópico si no es con la ayuda de estrategias objetivas y sistemáticas (Sánchez-Meca, 2010). Como una alternativa a las revisiones subjetivas, también denominadas narrativas, surgió el meta-análisis, y las revisiones sistemáticas, como una metodología objetiva y rigurosa para llevar a cabo el proceso de revisión de la investigación en un campo concreto de conocimiento y lograr de esta forma una eficiente acumulación de las evidencias (Hunt, 1997).

Una revisión sistemática es un tipo de investigación científica mediante la cual se revisa la literatura científica sobre un tópico partiendo de una pregunta formulada de forma clara y objetiva, utilizando métodos sistemáticos y explícitos para localizar, seleccionar y valorar críticamente las investigaciones relevantes a dicha pregunta y aplicando protocolos sistemáticos para la recogida de datos e información de dichas investigaciones, con el objetivo de alcanzar conclusiones válidas y objetivas sobre qué es lo que dicen las evidencias sobre dicho tópico (Sánchez-Meca, 2010).

Beltrán (2005) define revisión sistemática como un estudio integrativo, observacional, retrospectivo, secundario, en el cual se combinan estudios que examinan la misma pregunta. A su vez, dentro de la revisión sistemática existen dos formas: “cuantitativa o metanálisis” y “cualitativa u overview”. Las diferencias están dadas fundamentalmente por el uso de métodos estadísticos, que permite la combinación y análisis cuantitativo de los resultados obtenidos en cada estudio. Específicamente, es una investigación en sí misma, con métodos planeados con anticipación y con un ensamblaje de los estudios originales considerados como sus sujetos. Las revisiones sistemáticas sintetizan los resultados de múltiples investigaciones primarias usando estrategias para reducir sesgos y errores de azar. Estas estrategias incluyen la búsqueda exhaustiva de todos los artículos potencialmente relevantes y criterios explícitos y reproducibles en la selección de artículos para revisión (Urrea & Barría, 2010).

Los pasos básicos para una revisión sistemática son los siguientes (Beltrán, 2005):

1. Definir una pregunta claramente: Para iniciar una revisión sistemática es necesario identificar y convertir el problema, la incertidumbre o “laguna del conocimiento” en una pregunta que pueda ser respondida. Formular una pregunta significa reducirla a términos claros y precisos, identificando sus componentes principales.
2. Especificación de los criterios de inclusión y exclusión de los estudios: se deben señalar las características de los estudios para ser incluidos o excluidos. Como base para los criterios de inclusión pueden exponerse los siguientes aspectos relevantes: el tipo de diseño metodológico del estudio (por ejemplo, sólo incluir estudios controlados y aleatorizados), el tamaño de las muestras de cada estudio, el tipo de tratamiento

tanto experimental como de control, el año de publicación del estudio y sobre todo, que describa con suficiencia las características de los pacientes o las unidades de observación , así como los resultados obtenidos con las escalas y las unidades de medición que fueron utilizadas.

3. Formulación del plan de búsqueda de la literatura: La recopilación de la información debe ser exhaustiva, tanto con estudios publicados como no publicados para evitar incurrir en el sesgo de selección (no incluir estudios relevantes provocando un error sistemático en la estimación del efecto) o en el sesgo de publicación.
4. Registro de los datos y evaluación de la calidad de los estudios seleccionados: Es importante registrar con todo rigor y detalle las características relevantes mediante un formato predeterminado. El registro debe incluir escalas o criterios preestablecidos para definir la validez de los estudios. La evaluación de la calidad de los estudios individuales que se incluyen en las revisiones sistemáticas es necesaria para limitar los sesgos, formarse una idea más precisa de las potenciales comparaciones y guiar la interpretación de los resultados.
5. Interpretación y presentación de los resultados: Los hallazgos de los estudios individuales deben ser agregados para producir una gráfica sobre la efectividad clínica de la intervención. Algunas veces esta agregación es cualitativa pero usualmente es cuantitativa, usando la técnica conocida como metanálisis. La forma usual de presentar los datos es a través de una gráfica conocida como “forest plot” o gráfico de efectos.

2.3.1 Meta-Análisis.

Se define el Meta-Análisis como un conjunto de técnicas que permiten la revisión y combinación de resultados de distintos estudios previos para contestar una misma pregunta científica. Tradicionalmente, estas técnicas empezaron a utilizarse en ciencias sociales y en agricultura durante los años treinta y cincuenta. Cochran, en 1937, combina resultados de experimentos en agricultura y en 1954 publica un artículo referencia en variables cuantitativas. Posteriormente se introdujeron en la combinación de ensayos clínicos, fundamentalmente para evaluar la eficacia de tratamientos (Molina & Marino, 2001). Se refiere a la síntesis estadística de los resultados de una serie de estudios. Mientras que los procedimientos estadísticos utilizados en un meta-análisis se pueden aplicar a cualquier conjunto de datos, la síntesis será significativo sólo si los estudios se han recogido de forma sistemática. Esto podría ser en el contexto de una revisión sistemática, el proceso de localizar sistemáticamente, evaluar, y luego sintetizar los datos de un gran número de fuentes (Borenstein et al., 2009).

Para Hunt (1997) meta-análisis, es un medio de la combinación de los resultados numéricos de los estudios con dispares, incluso, métodos y resultados de la investigación en conflicto; que permite a los investigadores a descubrir las consistencias en un conjunto de como manifestación aparentemente inconsistentes y llegar a conclusiones más precisas y creíbles que las presentadas en cualquiera de los estudios primarios. Más que eso, el meta-análisis hace posible para identificar cómo y por qué los estudios vienen con diferentes resultados, y así determinar qué tratamientos - circunstancias o intervenciones - son más eficaces y por qué tienen éxito. El meta-análisis proporciona un marco para la evaluación de la serie de los estudios en su conjunto, en lugar de mirar a cada uno de manera aislada. Estos análisis juegan un papel en la investigación interna, en las presentaciones a las agencias gubernamentales, y en la comercialización (Borenstein et al., 2009).

En general, con el término meta-análisis se denomina a la metodología utilizada en la recopilación de estudios sobre un determinado tema de investigación y al conjunto de técnicas estadísticas que permiten resumir los resultados. Para llevar a cabo un meta-análisis se deben identificar de manera sistemática todos los trabajos realizados hasta la fecha sobre el asunto de interés, de acuerdo con un protocolo predeterminado (Molinero, 2002).

3. METODOLOGÍA

Este capítulo se divide en 2 etapas, en la etapa 1 se describe la metodología utilizada para la revisión sistemática de literatura la cual se basa en la metodología propuesta por Beltrán (2005) y en la etapa 2 es acerca de la realización del Meta-análisis propuesta a su vez por Borenstein (2009).

3.1 Revisión sistemática de literatura.

El primer paso para una revisión sistemática de literatura es definir bien el problema y convertir ese problema en una pregunta que pueda ser respondida, como ya se ha dicho a lo largo de este trabajo el objetivo es determinar los FCE de la metodología de Lean Manufacturing.

Para la búsqueda exhaustiva de literatura se definieron los criterios que se incluyen para el estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Investigaciones de casos de estudios sobre Lean Manufacturing y Factores críticos de éxito en otras metodologías de mejora continua.
- Artículos de revistas, libros, tesis, trabajos de investigación reportados en conferencias y artículos de divulgación.
- Artículos de investigación donde se aplicaron encuestas y entrevistas sobre metodologías de Lean Manufacturing.

Los criterios de selección que se excluyen para este estudio son:

- Artículos que no abordaran sobre casos de estudio de la metodología Lean.
- Artículos sobre la metodología de seis sigma.

Una vez definidos los criterios para la búsqueda de la información, se buscaron los artículos en la base de datos de la Universidad Autónoma de Baja California las cuales se encontraron las siguientes editoriales Ebsco Host, Elsevier, Emerald, Gale, IEEE, Springer, Wiley y Google Scholar. Las palabras claves que se utilizaron en la búsqueda de los artículos fueron “Lean Manufacturing”, “Factores Críticos de éxito”, “Lean Seis sigma”, de tal manera que se incluyan todo tipo de investigación que se ha realizado en el tema. Los idiomas que se incluyeron fueron en español y en inglés. Se encontraron alrededor de 600,000 publicaciones en todas las bases de datos, para hacer el primer filtro de selección de artículos se tomaron alrededor de 500 publicaciones, luego de revisar los títulos y los resumen, de los cuales para el estudio se consideraron un total de 165, estos artículos fueron divididos en 2 períodos, para el primer período se consideró desde el año 2003 al 2008 y para el segundo período desde el año 2009 al 2015.

Después de seleccionar cada publicación y revisión de literatura de cada uno se tomó la información general a una base de datos como: título de la publicación, nombre del autor, año de publicación, nombre de la revista, país, tipo de investigación (caso de estudio, encuesta, revisión de literatura o divulgación), así como los FCEs que se aplicaron en tal estudio.

3.2 Meta-Análisis.

Para el meta-análisis consideramos 22 FCEs ya que algunos factores no coincidían en los dos períodos. Para la comparación de los dos períodos y saber cuáles factores se han mantenido, aumentado y disminuido su uso, se realizó una prueba de hipótesis considerando las diferencias de las proporciones sobre los dos períodos de la siguiente manera:

H 0: $p_1 - p_2 = 0$ no hay diferencia entre los dos períodos.

H 1: $p_1 - p_2 \neq 0$ hay diferencia entre los dos períodos.

Siguiendo la metodología de Borenstein (2009) se representan los datos obtenidos como el número de eventos y no eventos en dos grupos (en la tabla clásica 2x2), estos datos se pueden representar como células A, B, C, y D, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19: Nomenclatura para tabla 2 x 2 de resultados por el tratamiento

	Evento	No evento	N
Con tratamiento	A	B	n1
Control	C	D	n2

El primer cálculo que se realiza es el Odds Ratio (OR) de cada FCE, OR es una medida de efecto de difícil conceptualización, ya que es una razón de Odds, un Odds proviene de una proporción y se define como el cociente entre una proporción y su complementario. Su expresión para su cálculo y su aplicación se presenta en la ecuación (1):

$$OR = A * D / B * C \tag{1}$$

Valores inferiores a uno indican un efecto protector del factor (siempre que se defina el riesgo como la probabilidad de enfermedad). Valores superiores a uno indican una mayor probabilidad de enfermedad en los individuos expuestos, con lo que el factor es realmente de riesgo (Molina & Marino, 2001).

El siguiente cálculo es estimar Log odds ratio con la siguiente fórmula (2):

$$LogOR = \ln(OR) \tag{2}$$

Con varianza aproximada fórmula (3):

$$VLogOR = 1/A + 1/B + 1/C + 1/D \quad (3)$$

Y el error estándar aproximado fórmula (4):

$$SELogOR = \sqrt{VLogOR} \quad (4)$$

Borenstein (2009) dice que no se calcula una variación de odds ratio. Más bien, el log de odds ratio y su varianza se utilizan en el análisis para producir un efecto resumen, los límites de confianza, y así sucesivamente, en unidades logarítmicas. Entonces nos convertimos cada uno de estos valores de nuevo a razón de odds ratio utilizando las siguientes formulas (5-7):

$$OR = \exp(LogOR) \quad (5)$$

$$LIOR = \exp(LLogOR) \quad (6)$$

$$LSOR = \exp(LSLogOR) \quad (7)$$

El parámetro T^2 (T al cuadrado) es la varianza entre los estudios (la varianza de los parámetros a través de la población de los estudios de tamaño del efecto). En otras palabras, si de alguna manera sabía que el verdadero tamaño del efecto para cada estudio, y calculado la varianza de estos tamaños del efecto (a través de un número infinito de estudios), esta variación T^2 . Un método para estimar T^2 es el método de momentos (o de DerSimonian y Método Laird) como se muestra en las siguientes fórmulas (8-11):

$$T^2 = Q - df / C \quad (8)$$

$$Q = \sum_{i=1}^k W_i Y_i^2 - \left(\left(\sum_{i=1}^k W_i Y_i \right)^2 / \sum_{i=1}^k W_i \right) \quad (9)$$

$$df = k - 1 \quad (10)$$

Donde k es el número de estudios, y

$$C = \sum W_i - \sum W_i^2 / \sum W_i \quad (11)$$

Estimación del tamaño del efecto de la media. En el análisis de efectos fijos cada estudio fue ponderado por la inversa de su varianza. En el análisis de efectos aleatorios, también, cada estudio se pondera por la inversa de su diferencia. La diferencia es que la varianza ahora incluye la varianza original (dentro de los estudios) más la estimación de la varianza, T^2 entre los estudios.

A destacar el paralelismo entre las fórmulas aquí (efectos aleatorios) y los de (efectos fijos) usamos las mismas notaciones pero añadimos un asterisco (*) para representar la versión de efectos aleatorios. Bajo los efectos aleatorios modelar el peso asignado a cada estudio se consigue mediante las siguientes fórmula (12):

$$W_i^* = 1/V^* y_i \quad (12)$$

Donde $V^* y_i$ es la varianza dentro del estudio para i estudio más la varianza entre estudios, T^2 . Como se muestra en la fórmula (13):

$$V^* y_i = V y_i + T^2 \quad (13)$$

La media ponderada M^* , se calcula entonces con la siguiente fórmula (14):

$$M^* = \sum_{i=1}^k W_i^* Y_i / \sum_{i=1}^k W_i^* \quad (14)$$

Es decir, la suma de los productos (tamaño del efecto se multiplica por el peso) dividido por la suma de los pesos. La varianza del efecto resumen se estima como el recíproco de la suma de los pesos, con la siguiente fórmula (15):

$$Vm^* = 1 / \sum_{i=1}^k W_i^* \quad (15)$$

Y el error estándar estimado del efecto resumen es entonces la raíz cuadrada de la varianza, con la siguiente fórmula (16):

$$SEm^* = \sqrt{Vm^*} \quad (16)$$

Los límites del 95 % inferior y superior para el efecto resumen se calculan con la fórmula (17-18)

$$L.I.m^* = M^* - 1.96 \times SEm^* \quad (17)$$

$$L.S.m^* = M^* + 1.96 \times SEm^* \quad (18)$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se abordan los resultados obtenidos de la revisión sistemática de literatura y el estudio del meta-análisis de los FCEs encontrados.

4.1 Revisión sistemática de literatura.

En la Tabla 20 se muestran los FCEs del primer período 2003-2008 considerando el 85% del principio de la regla de Pareto, teniendo por ejemplo en primer lugar al factor de involucramiento y participación del equipo con 53 menciones dentro de la revisión de 82 artículos y considerando que en 29 artículos no se mencionó. En la tabla 21 se encuentran los FCEs del segundo período 2009-2015.

Tabla 20: Lista De FCE primer período 2003-2008

Factores críticos de éxito	Presencia	Ausencia	n	% acumulado
Involucramiento y participación del equipo	53	29	82	0.097785978
Involucramiento y compromiso de la alta dirección	52	30	82	0.193726937
equipo correcto	47	35	82	0.280442804
Enfoque al cliente	47	35	82	0.367158672
Educación y entrenamiento	44	38	82	0.448339483
Liderazgo del proyecto	31	51	82	0.505535055
Mediciones	30	52	82	0.560885609
Cambio cultural	27	55	82	0.610701107
Comunicación efectiva	22	60	82	0.651291513
Vinculación de Lean a proveedores	21	61	82	0.6900369
Cultura organizacional	18	64	82	0.723247232
Sistema financiero	18	64	82	0.756457565
Tecnología	18	64	82	0.789667897
Entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas	14	68	82	0.815498155
Facilitador de tiempo completo	11	71	82	0.835793358
Infraestructura organizacional	10	72	82	0.854243542

Tabla 21: Lista De FCE primer período 2009-2015

Factores Críticos de éxito	Presencia	Ausencia	N	% acumulado
Educación y entrenamiento	41	42	83	0.074410163
Participación, compromiso y empoderamiento del empleado	39	44	83	0.145190563
Involucramiento y compromiso de la alta dirección	39	44	83	0.215970962
Enfoque al cliente	37	46	83	0.283121597
Involucramiento y participación del equipo	33	50	83	0.343012704
Comunicación efectiva	30	53	83	0.397459165
Liderazgo del proyecto	26	57	83	0.444646098
Equipo correcto	24	59	83	0.488203267
Sistema financiero	21	62	83	0.526315789
Mediciones	20	63	83	0.56261343
Tecnología	19	64	83	0.597096189
Cambio cultural	18	65	83	0.629764065
Vinculación de Lean a proveedores	18	65	83	0.662431942
Enfoque en el producto	16	67	83	0.691470054
Enfoque en el proceso/producción	16	67	83	0.720508167
Infraestructura organizacional	12	71	83	0.742286751
Conocimiento/aprendizaje	11	72	83	0.762250454
Selección de proyectos , asignación de prioridades , seguimiento y revisión	9	74	83	0.778584392
Gestión de recursos humanos	9	74	83	0.79491833
Las regulaciones gubernamentales (legislaciones / requisitos reglamentarios / inocuidad de los alimentos)	9	74	83	0.811252269
Facilitador de tiempo completo	8	75	83	0.825771325
Innovación	8	75	83	0.840290381
Relación colaboración cliente / proveedor	8	75	83	0.854809437

Después de analizar la comparación de los FCEs entre los 2 períodos se obtuvieron los FCE más importantes y los cuales se enfoca este estudio, y se muestran a continuación:

1. Involucramiento y participación del equipo.
2. Involucramiento y compromiso de la alta dirección.
3. Equipo correcto.
4. Enfoque al cliente
5. Educación y entrenamiento.
6. Liderazgo del proyecto.
7. Mediciones.
8. Cambio cultural.
9. Comunicación efectiva.
10. Vinculación de Lean a proveedores.
11. Cultura organizacional.
12. Sistema financiero.
13. Tecnología
14. Entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas.

15. Facilitador de tiempo completo.
16. Infraestructura organizacional.
17. Enfoque en el proceso/producción.
18. Selección de proyectos, asignación de prioridades, seguimiento y revisión.
19. Regulaciones gubernamentales.
20. Gestión d recursos humanos.
21. Innovación.
22. Enfoque en el producto.

4.2 Meta-análisis de los FCEs.

A partir de esta sección se encuentra la información relacionada con el meta-análisis que se explicó anteriormente. Los datos para el análisis fueron calculados por medio del software StatsDirect. En la Tabla 22 se presentan los FCEs encontrados para el análisis, la presencia, ausencia del primer período (2003-2008), odds, y las proporciones. Odds es la relación entre la probabilidad de que ocurra un evento en comparación con la probabilidad de que no ocurra, es decir, es la división entre la presencia y ausencia.

Tabla 22: Factores críticos de éxito primer período (2003-2008)

Factores Críticos Éxito	Presencia	Ausencia	n	Odd	Proporción
Involucramiento y participación del equipo	53	29	82	1.82758621	0.65
Involucramiento y compromiso de la alta dirección	52	30	82	1.73333333	0.63
Equipo correcto	47	35	82	1.34285714	0.57
Enfoque al cliente	47	35	82	1.34285714	0.57
Educación y entrenamiento	44	38	82	1.15789474	0.54
Liderazgo del proyecto	31	51	82	0.60784314	0.38
Mediciones	30	52	82	0.57692308	0.37
Cambio cultural	27	55	82	0.49090909	0.33
Comunicación efectiva	22	60	82	0.36666667	0.27
Vinculación de Lean a proveedores	21	61	82	0.3442623	0.26
Cultura organizacional	18	64	82	0.28125	0.22
Sistema financiero	18	64	82	0.28125	0.22
Tecnología	18	64	82	0.28125	0.22
Entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas	14	68	82	0.20588235	0.17
Facilitador de tiempo completo	11	71	82	0.15492958	0.13
Infraestructura organizacional	10	72	82	0.13888889	0.12
Enfoque en el proceso/producción	9	73	82	0.12328767	0.11
Selección de proyectos , asignación de prioridades , seguimiento y revisión	8	74	82	0.10810811	0.10
Las regulaciones gubernamentales (legislaciones / requisitos reglamentarios / inocuidad de los alimentos)	4	78	82	0.05128205	0.05
Gestión de recursos humanos	3	79	82	0.03797468	0.04
Innovación	3	79	82	0.03797468	0.04
Enfoque en el producto	3	79	82	0.03797468	0.04

En la Tabla 23 se presentan los FCEs para el segundo período (2009-2015).

Tabla 23: Factores críticos de éxito segundo período (2009-2015)

Factores Críticos de Éxito	Presencia	Ausencia	n	Odd	Proporción
Involucramiento y participación del equipo	33	50	83	0.66	0.40
Involucramiento y compromiso de la alta dirección	39	44	83	0.886363636	0.47
Equipo correcto	24	59	83	0.406779661	0.29
Enfoque al cliente	37	46	83	0.804347826	0.45
Educación y entrenamiento	41	42	83	0.976190476	0.49
Liderazgo del proyecto	26	57	83	0.456140351	0.31
Mediciones	20	63	83	0.317460317	0.24
Cambio cultural	18	65	83	0.276923077	0.22
Comunicación efectiva	30	53	83	0.566037736	0.36
Vinculación de Lean a proveedores	18	65	83	0.276923077	0.22
Cultura organizacional	7	76	83	0.092105263	0.08
Sistema financiero	21	62	83	0.338709677	0.25
Tecnología	19	64	83	0.296875	0.23
Entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas	5	78	83	0.064102564	0.06
Facilitador de tiempo completo	8	75	83	0.106666667	0.10
Infraestructura organizacional	12	71	83	0.169014085	0.14
Enfoque en el proceso/producción	16	67	83	0.23880597	0.19
Selección de proyectos , asignación de prioridades , seguimiento y revisión	9	74	83	0.121621622	0.11
Las regulaciones gubernamentales (legislaciones / requisitos reglamentarios / inocuidad de los alimentos)	9	74	83	0.121621622	0.11
Gestión de recursos humanos	9	74	83	0.121621622	0.11
Innovación	8	75	83	0.106666667	0.10
Enfoque en el producto	16	67	83	0.23880597	0.19

En la Tabla 24 se presentan las comparaciones de los 2 períodos los intervalos de confianza y Odd Ratio.

Tabla 24: Comparación de los FCEs entre los dos períodos

Factores Críticos Éxito	Intervalos de confianza	Odd Ratio
Involucramiento y participación del equipo	(1.406, 5.469)	2.769
Involucramiento y compromiso de la alta dirección	(1.002, 3.824)	1.956
Equipo correcto	(1.651, 6.637)	3.301
Enfoque al cliente	(0.862, 3.236)	1.669
Educación y entrenamiento	(0.615, 2.287)	1.186
Liderazgo del proyecto	(0.666, 2.671)	1.333
Mediciones	(0.879, 3.790)	1.817
Cambio cultural	(0.837, 3.798)	1.773
Comunicación efectiva	(0.315, 1.322)	0.648
Vinculación de Lean a proveedores	(0.568, 2.732)	1.243
Cultura organizacional	(1.121, 9.158)	3.054
Sistema financiero	(0.377, 1.814)	0.830
Tecnología	(0.425, 2.103)	0.947
Entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas	(1.019, 11.916)	3.212
Facilitador de tiempo completo	(0.497, 4.409)	1.452
Infraestructura organizacional	(0.297, 2.228)	0.822
Enfoque en el proceso/producción	(0.188, 1.344)	0.516
Selección de proyectos , asignación de prioridades , seguimiento y revisión	(0.281, 2.756)	0.889
Las regulaciones gubernamentales (legislaciones / requisitos reglamentarios / inocuidad de los alimentos)	(0.091, 1.598)	0.422
Gestión de recursos humanos	(0.052, 1.322)	0.312
Invación	(0.058, 1.563)	0.356
Enfoque en el producto	(0.028, 0.595)	0.159

En base a los resultados de la tabla anterior se dividieron los FCEs en 3 categorías, los que aumenta su uso, los que disminuyen y lo que se mantienen, en la figura 14 se muestra el grupo de factores que aumentan su uso en la aplicación de Lean Manufacturing, Para interpretar la gráfica mostrada se debe conocer su estructura básica. Los nombres de la izquierda son los factores estudiados, los cuadros negros representan los valores de OR de cada factor, el tamaño del cuadro negro significa el peso de cada ensayo en meta-análisis, las líneas horizontales son los intervalos de confianza de 95%. El rombo visto en el meta-análisis varía su posición, el rombo con inclinación a la izquierda de la línea vertical del centro significa menos presencias del resultado de interés en el grupo de tratamiento, el rombo con inclinación a la derecha de la línea significa más presencias de los resultados en el grupo del tratamiento, rombo que toca la línea central quiere decir que no hay ningún efecto significativo estadísticamente. También si el valor OR es mayor que 1 significa que aumenta la probabilidad de los resultados en el grupo de tratamiento, si OR es menor a 1 disminuye la probabilidad y si OR es igual a 1 no hay diferencia de los resultados en la comparación de los 2 grupos de estudio.

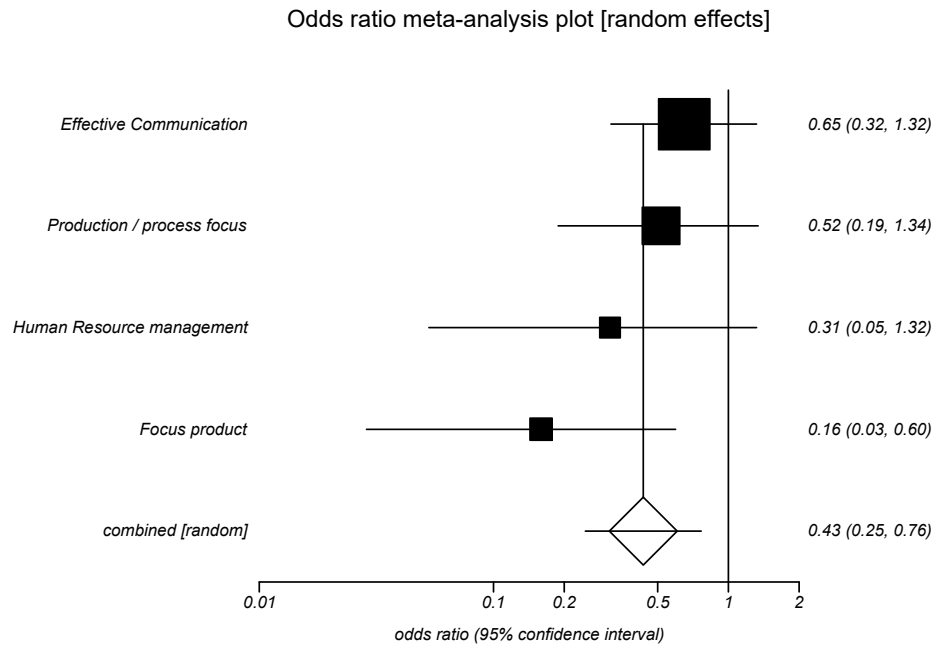


Figura 14: Grupo de Factores críticos de Éxito que aumentaron su uso.

En la figura 14, se encuentran los factores que aumentaron su uso ya que el valor resumen que se representa con la figura del rombo está antes de la línea central, estos factores que entran en este grupo son: Comunicación efectiva, enfoque en el proceso/producción, gestión de recurso humano, y enfoque en el producto.

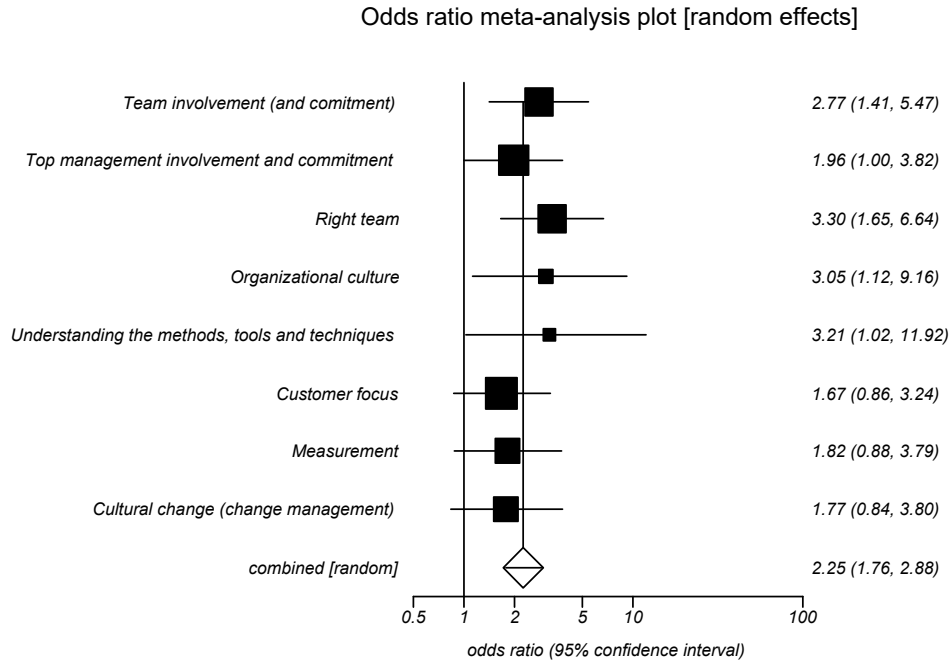


Figura 15: Grupo de Factores críticos de Éxito que disminuyeron su uso.

En la figura 15, se encuentran los factores que disminuyeron su uso, en este caso el valor resumen está después de la línea central, estos factores que entran en este grupo son: Involucramiento y participación del equipo, involucramiento y compromiso de la alta dirección, equipo correcto, cultura organizacional, entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas, enfoque en el cliente, mediciones y cambio cultural.

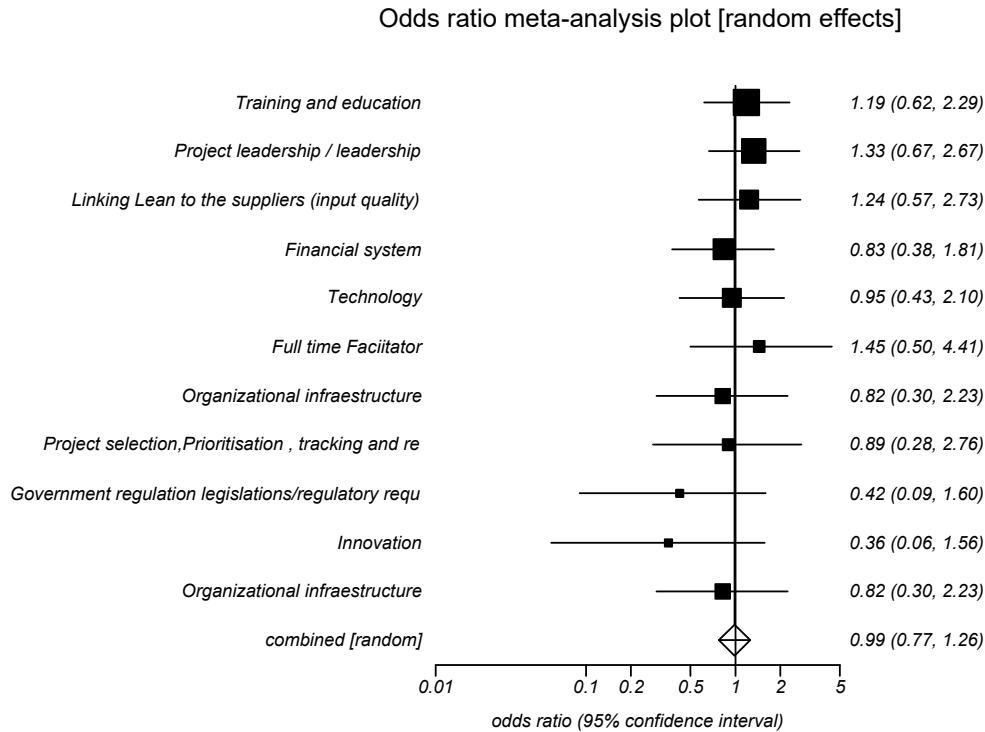


Figura 16: Grupo de Factores críticos de Éxito que mantuvieron su uso.

En la figura 16, se encuentran los factores que mantiene su uso, en esta gráfica el valor resumen toca la línea central, estos factores que entran en este grupo son: Educación y entrenamiento, liderazgo del proyecto, vinculación de Lean a proveedores, sistema financiero, Tecnología, facilitador de tiempo completo, infraestructura organizacional, selección de proyectos , asignación de prioridades , seguimiento y revisión, Las regulaciones gubernamentales (legislaciones / requisitos reglamentarios / inocuidad de los alimentos), e innovación.

4.3 Herramientas Lean Manufacturing

En la primera etapa se recopiló y seleccionó la literatura sobre la implementación de la metodología de Lean manufacturing en empresas exitosas a nivel mundial, para determinar qué herramientas de la metodología contribuyen a incrementar la probabilidad de éxito en los proyectos bajo este esquema. Para lo cual se dividió la literatura en dos períodos de tiempo con temporalidad de cinco años cada uno (2003–2008 y 2009–2014).

En la segunda etapa se revisaron 86 artículos del primer período y 140 artículos del segundo período en los que reportaban la utilización de la Metodología, identificándose cuáles eran los que mejores resultados presentaban al implementarlos. En las Tablas 25 y 26 se observan las principales herramientas Lean señalando la cantidad de veces que fueron mencionados en la muestra revisada para cada período.

Tabla 25: Lista de Herramientas de éxito en la implementación de Lean Manufacturing (2003-2008)

Herramientas de Éxito	Cantidad	%	% Acumulado
Just in time	28	7.57	7.57
Value Stream Map	25	6.76	14.32
standarization (standard work)	22	5.95	20.27
Kanban	22	5.95	26.22
Kaizen	22	5.95	32.16
Continuos improvement	19	5.14	37.30
5's	18	4.86	42.16
Single-Minute Exchange of Die (SMED)	15	4.05	46.22
Benchmarking	14	3.78	50.00
Total productive Maintenance (TPM)	11	2.97	52.97
Material Requirements Planning (MRP)	11	2.97	55.95
Visual controls	10	2.70	58.65
Total Quality Management (TQM)	10	2.70	61.35
Pull system	10	2.70	64.05
Jidoka	9	2.43	66.49
ERP	9	2.43	68.92
Celulas de manufactura	9	2.43	71.35
Heijunka	7	1.89	73.24
Total quality Control	7	1.89	75.14
Statistical Process Control (SPC)	6	1.62	76.76
One piece flow	6	1.62	78.38
5 whys	5	1.35	79.73
Modelling and Simulation	5	1.35	81.08

Para el primer período (2003-2008) las primeras cinco herramientas más utilizadas fueron Just in Time, Value Stream Map, Standard work, Kanban y Kaizen.

Tabla 26: Lista de Herramientas de éxito en la implementación de Lean Manufacturing (2009-2015)

Herramientas de Éxito	Cantidad	%	% Acumulado
Value Stream Map	24	5.80	5.80
Just in time	23	5.56	11.35
Kaizen	22	5.31	16.67
Continuos improvement	21	5.07	21.74
5's	20	4.83	26.57
Kanban	18	4.35	30.92
Standarrized work	17	4.11	35.02
Total Quality Management (TQM)	16	3.86	38.89
Cadena de Suministro	12	2.90	41.79
Total Productive Maintenance (TPM)	12	2.90	44.69
Pull system	11	2.66	47.34
Poka yoke	8	1.93	49.28
Statistical Process Control (SPC)	8	1.93	51.21
Value Adding	8	1.93	53.14
Visual controls factory	8	1.93	55.07
Working Inventory Process (WIP)	8	1.93	57.00
Flujo continuo	7	1.69	58.70
Process mapping	7	1.69	60.39
Voz del cliente (VOC)	7	1.69	62.08
Celulas de Manufactura	6	1.45	63.53
Process flow	6	1.45	64.98
Visual Management in production	6	1.45	66.43
Benchmarking	5	1.21	67.63
Diagrama Espagueti	5	1.21	68.84
AMEF Failure Mode And Effects Analysis	5	1.21	70.05
One piece flow	5	1.21	71.26
System and cellular layout	5	1.21	72.46
Setup time reduction	5	1.21	73.67
Key performance indicators (KPI'S)	5	1.21	74.88
Brainstorming	4	0.97	75.85
Ciclo de Deming PDCA	4	0.97	76.81
Quality controls	4	0.97	77.78
Value Stream Costing (VSC)	4	0.97	78.74
Gemba	4	0.97	79.71
5 whys	3	0.72	80.43

Y en el segundo período (2009-2015) las primeras cinco herramientas más utilizadas fueron Value Stream Map, Just in time, Kaizen, Continuos improvement y 5's.

4.4 Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que a través de los años las organizaciones se han enfocado más en aplicar a sus proyectos de Lean Manufacturing como FCEs más importantes: Comunicación efectiva, enfoque en el proceso/producción, gestión de recurso humano y enfoque en el producto.

En la investigación de García (2013) se encontró que los FCEs para aplicación Kaizen en las empresas mexicanas son educación y entrenamiento para los empleados, el procesos de comunicación entre grupos y gerentes, documentación y evaluación de proyectos, integración y el premio para los trabajadores, cambio cultural, compromiso de la alta dirección y enfoque al cliente.

Es importante establecer un programa de comunicación que puede describir lo que debe ser comunicado por quién y con qué frecuencia, deben comunicarse constantemente las razones detrás de los cambios, los objetivos finales, y las medidas que van a determinar el éxito (Banuelas & Antony, 2002; Comm & Mathaisel, 2005). Una buena y efectiva comunicación entre todos los miembros de una organización es factor clave e importante para llevar a cabo proyectos de implementación Lean Manufacturing.

Los factores enfoque en el proceso/producción y enfoque en el producto se empezaron a utilizar más en el segundo período notoriamente, la clave aquí es el buen diseño de productos y procesos, que se centra en objetos reutilizables, bien probadas. Otros elementos clave son la producción de flujo en el que no se tolera el tiempo de espera, y el flujo de trabajo integrado con controles visuales de fábrica, por lo que cada asociado en la línea, así como los administradores pueden ver inmediatamente los residuos, y actuar (Ranky, 2007).

Dentro del grupo de los FCEs que han mantenido su uso estos últimos 15 años se encuentra el factor de educación y entrenamiento el cual en el segundo período (2009-2015) se encuentra como el más mencionado. Empresas necesitan promover activamente el desarrollo de una fuerza de trabajo polivalente y flexible a través de programas de desarrollo y formación de los empleados efectivos. Los trabajadores también necesitan capacitación para participar en las actividades de mejora y técnicas de resolución de problemas. El cliente interno debe ser entrenado para encontrar residuos y pensar en maneras de deshacerse de los residuos y hacer esto sin descanso. Para ello, la educación y la formación de los operadores es vital. Los operadores deben entender por qué es necesario y cómo hacer el cambio. La capacitación adecuada permitirá a todos en "la línea" para entender los pasos antes y después. No educar a los empleados sobre las razones detrás de estas iniciativas puede reproducirse errores resentimiento y la falta de entendimiento (Comm & Mathaisel, 2005; Bonavia & Marin-Garcia, 2011; Black, 2007).

Para el logro de una implementación de Lean es necesario un buen liderazgo del proyecto, alguien que guíe las operaciones, y motive a los demás miembros del proyecto en la realización de las mismas. Un líder que tiene una visión para el estado futuro de la empresa, se comunica, impulsa la participación y el cambio cultural en toda la organización, y está en

la planta de producción diaria esperando ver mejoras en los procesos. Liderazgo en el conocimiento de la empresa es responsable de la práctica de la planificación estratégica y enfoque en el pensamiento sistémico, haciendo uso de los recursos, el fomento de una cultura que promueve el diálogo abierto y el aprendizaje en equipo (Jafari et al., 2007; Bradley & Willett, 2004).

Dentro del grupo de los factores que disminuyeron su uso, se encuentra uno de los más importantes en la implementación de Lean Manufacturing, involucramiento y compromiso de la alta dirección, este factor es el punto de partida para el logro exitoso en proyectos Lean dentro de cualquier tipo de organización, ya que desde el mando de arriba se dirigen todas las acciones y se van involucrando a los demás empleados al logro de las mismas, cuando los directivos se involucran en todos los procesos de un proyecto va motivando a los empleados para alcanzar los objetivos propuestos. En la investigación de Emiliani (Emiliani, 2006) encontró que los altos directivos llevaron la transformación Lean a través de la participación directa y la aplicación coherente de los dos principios: "la mejora continua" y, ya sea explícita o implícitamente, "respeto a las personas". La única manera de que gerentes pueden aprender y entender la gestión de Lean es a través de la participación directa en el Kaizen y otras actividades de mejora de procesos. Cuando una nueva metodología llega a una empresa, generalmente los directivos, jefes y trabajadores dicen estar dispuestos a colaborar, sin embargo si no se involucran personalmente no se alcanzarán los objetivos deseados (Barcia & Hidalgo, 2006).

Otro factor también muy importante y que no debe dejar de tomarse en cuenta es el involucramiento y participación del equipo, es el personal quien hace el trabajo y quien lleva a cabo las actividades de todo proceso, sin la disposición de los miembros del equipo para hacer las cosas y buen ambiente laboral, no se logra con éxito los proyectos de Lean Manufacturing. Por eso es también muy importante la selección de un equipo correcto, los miembros del equipo y los trabajadores deben iniciar esfuerzos para la mejora continua para mejorar constantemente la calidad del trabajo. La creación de equipos dentro de las unidades de negocio permite a los trabajadores a centrarse en un único proceso de producción en lugar de tener que realizar la misma tarea para una variedad de productos. Esencialmente estos equipos asumen la responsabilidad, ya sea para la construcción de un componente completo o AS-sembling un producto completo. El trabajo en equipo funcional cruzada entre todas las divisiones se vio como el factor crítico de éxito (Sui Pheng & Hui Fang, 2005; Friel, 2005).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Se lograron identificar los factores críticos de éxito y las herramientas que se usan a nivel mundial sobre la implementación de Lean manufacturing.

Fue posible identificar los factores críticos de éxito que han mantenido, disminuido y aumentado su uso mediante el meta-análisis, este estudio estadístico sirvió para saber que los factores: Comunicación efectiva, enfoque en el proceso/producción, gestión de recurso humano, y enfoque en el producto, son los factores los cuales las empresas de manufactura se han enfocado más para obtener los mejores resultados dentro de la implementación de Lean. También cabe mencionar que aunque no aumentaron su uso pero se siguen manteniendo, son de igual importancia para el logro de buenos resultados en un proyecto de Lean, Educación y entrenamiento, liderazgo del proyecto, vinculación de Lean a proveedores, sistema financiero, Tecnología, facilitador de tiempo completo, infraestructura organizacional, selección de proyectos, asignación de prioridades, seguimiento y revisión, Las regulaciones gubernamentales (legislaciones/requisitos reglamentarios/inocuidad de los alimentos), e innovación. Dentro de los factores obtenidos que disminuyeron su uso como: Involucramiento y participación del equipo, involucramiento y compromiso de la alta dirección, equipo correcto, cultura organizacional, entendimiento de los métodos, herramientas y técnicas, enfoque en el cliente, mediciones y cambio cultural, no significa que no hay que darle importancia al contrario, esos factores hay que enfocarse más al momento de llevar a cabo un proyecto de mejora continua.

Las herramientas más utilizadas a nivel mundial durante los dos períodos de tiempo fueron: Value stream Map, Just in time, 5's, Kanban, Kaizen, Trabajo estandarizado, Mantenimiento total productivo, SMED y mejora continua.

5.2 Recomendaciones

Para que este trabajo pueda ser aplicado de forma más específica y práctica se proponen las siguientes recomendaciones:

- Aumentar la cantidad de publicaciones de Lean Manufacturing e incluirla al meta-análisis.
- Determinar si los FCE que se consideran a nivel mundial son los mismos que se utilizan en las empresas grandes de manufactura en México.
- Diseñar y aplicar un instrumento de medición en las empresas grandes de manufactura en México.
- Los resultados obtenidos servirán para proponer a las PyMEs los factores en los cuales se debe enfocar y así aumentar su probabilidad de supervivencia en el mercado.
- Comparación entre diferentes sectores de manufactura que más influyan al logro de la economía en México.

5.2.1 Trabajo Futuro

Este trabajo da continuación a otra investigación y seguir aportando nuevo conocimiento a la ciencia de la ingeniería. Como trabajo futuro se pretende encontrar los factores críticos de éxito y herramientas de Lean Manufacturing en empresas de manufactura en México mediante un modelo de ecuaciones estructurales, y llevar esa información a las empresas PyMEs de México, ya que son las más vulnerables a desaparecer los primeros años desde su creación.

6. REFERENCIAS

- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management* , 17 (4), 460-471.
- Acosta, C., Leon , V., Conrad, C., Gonzalez, R., & Malave, C. (2004). Case study on culture and the implementation of manufacturing strategy in Mexico. *Journal of Manufacturing Systems* , 23 (3), 204-214.
- Arrieta J.G., B. V. (2010). Benchmarking sobre Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* , 15 (28), 142-170.
- Black, J. (2007). Design rules for implementing the Toyota Production System. *International Journal of Production Research* , 45 (16), pp. 3639-3664.
- Ballesteros, P. (2008). Algunas reflexiones para aplicar la manufactura esbelta en empresas colombianas. *Scientia et Technica Universidad Tecnológica de Pereira* , 223-228.
- Banco BASE. (Marzo de 2016). *Reporte Económico de la Maquiladora*. Recuperado el 5 de Abril de 2016, de <http://www.index.org.mx/adm/files/reporte.pdf>
- Banuelas, R., & Antony, F. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM Magazine* , 14 (2), 92-99.
- Barcia, K., & Hidalgo, D. (2006). Implementación de una Metodología con la Técnica 5S para Mejorar el Área de Matricería de una Empresa Extrusora de Aluminio. *Revista Tecnológica ESPOL* , 18 (1), 69-75.
- Barbosa, E., Gracia, S., & Dzul, L. (2013). Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas PyMES: un enfoque participativo con la academia. *RIDTEC* , 10-20.
- Barbosa, E., Gracia, S., & Dzul, L. (2013). Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas Pymes: Un enfoque participativo con la academia. *Ridtec Vol. 9* , 10-20.
- Belassi , W., & Tukel, O. (1996). A new framework for determining critical success/failure factors in projects. *International Journal of Project Management* , 14 (3), 141-151.
- Beltrán, O. (2005). Revisiones sistemáticas de la literatura. *Rev. Colombiana de Gastroenterología* , 20 (1), 60-69.
- Bonavia, T., & Marin-Garcia, J. (2011). Integrating human resource management into lean production and their impact on organizational performance. *International Journal of Manpower* , 32 (8), 923-938.
- Borenstein, M., Hedges, L., & Higgins, J. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. United Kingdom, Wiley.
- Bradley, J., & Willett, J. (2004). Cornell Students Participate in Lord Corporation's Kaizen Projects. *Interfaces* , 34 (6), 451-459.

- Cardozo, E., Velásquez, Y., & Rodríguez, C. (2012). El concepto y la clasificación de Pyme en América Latina. *Global Conference on Business and Finance Proceedings* , 1630-1641.
- Chen, C.-C., & Cheng, W.-Y. (2006). Customer-focused and product-line-based manufacturing performance measurement. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* , 34 (11-12), 1236-1245.
- Chen, H., Lindeke, R., & Wyrick, D. (2010). Lean automated manufacturing: avoiding the pitfalls to embrace the opportunities. *Assembly Automation* , 30 (2), 117-123.
- Comm, C., & Mathaisel, D. (2003). Less is more: a framework for a sustainable university. *International Journal of Sustainability in Higher Education* , 4 (4), 314-323.
- Comm, C., & Mathaisel, D. (2005). A case study in applying lean sustainability concepts to universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education* , 6 (2), 134-146.
- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., & Derammelaere, S. (2011). A method to alin a manufacturing execution system with lean objectives. *International Journal of Production Research* , 49 (14), 4397-4413.
- Cumbo, D., Kline, D., & Bumgardner, M. (2006). Benchmarking performance measurement and lean manufacturing in the rough mill. *Forest Products Journal* , 56 (6), 25-30.
- De la Federación, D. O. (2009). *Acuerdo para la estratificación de las micro, pequeñas y medias empresas*. México.
- De Arbulo, P. (2007). *La gestión de costes en lean manufacturing: cómo evaluar las mejoras en costes en un sistema lean*. España: Netbiblo.
- Definición. (2016). *Definicion.de*. Recuperado el 12 de abril de 2016, de <http://definicion.de/industria/>
- Departamentos de Asuntos Económicos y Sociales. (2009). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU)*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Dombrowski, U., & Mielke, T. (2013). Lean Leadership – Fundamental Principles and their Application. *Procedia CIRP* , 7, 569-574.
- Emiliani, M. (2006). Origins of lean management in America: The role of Connecticut businesses. *Journal of Management History* , 12 (2), pp. 167-184.
- Felizzola, H., & Luna , C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* , 263-277.
- Fortuny, J., Cuatrecasas, L., Cuatrecasas, O., & Olivella, J. (2008). Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales. *Business Review* , 29-41.

Fosado, R. (2007). Información financiera en Pymes. *Revista del centro de investigación Univesidad la Salle* , 67-75.

Friel, D. (2005). Transferring a lean production concept from Germany to the United States: The impact of labor laws and training systems. *Academy of Management Executive* , 19 (2), 50-58.

García, J., Rivera, D., & Iniesta, A. (2013). Critical success factors for Kaizen implementation in manufacturing industries in Mexico. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* , 68 (1-4), 537-545.

Guha, S., Grover, V., Kettinger, W., & Teng, J. (1997). Business Process Change and Organizational Performance: Exploring an Antecedent Model. *Journal of Management Information Systems* , 14 (1), 119-154.

Gutierrez, E. (2011). Lean manufacturing como estrategia de competitividad para las Pymes industriales del estado de Tlaxcala. *XVI Congreso Internacional de Contaduría Administración e Informática* .

Höök, M., & Stehn, L. (2008). Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production. *Construction Management and Economics* , 26 (10), 1091-1100.

Hernández, J., & Vizán , A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.

Hunt, M. (1997). *How science takes stock: The story of Meta-Analysis*. New York: The Russell Sage Foundation.

Imai, M. (1986). *Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa* (1era Ed ed.). DF México: CECSA.

INEGI. (2015). *Censos Económicos 2014*. Aguascalientes: Boletín de Prensa.

INEGI. (2013). *Aspectos Normativos y metodológicos*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/SCIAN/presentacion.aspx>

INEGI. (2013). *DENUE*. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>

INEGI. (23 de MAYO de 2016). *DENUE*. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/Cuantificar.aspx>

INEGI. (2016). *Economía de México*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/default.aspx?tema=E>

INEGI. (2011). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa*. México: Inegi.

INEGI. (2014). *PRODUCTO INTERNO BRUTO A PRECIOS CORRIENTES*.

- Jafari, M., Akhavan, P., Fesharaki, M., & Fathian, M. (2007). Iran aerospace industries' KM approach based on a comparative study: a benchmarking on successful practices. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* , 79 (1), 69-78.
- Kauffman, S. H. (2001). El desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas: un reto para la económica mexicana. *IIESCA* .
- Kilman, R., Saxton, M., & Serpa, R. (1986). Issues in understanding and changing culture. *California Management Review* , 28 (2), 87-94.
- Lagacé, D., & Bourgault, M. (2003). Linking manufacturing improvement programs to the competitive priorities of Canadian SMEs. *Technovation* , 23 (8), 705-715.
- Lareau, W., & Kaufman, R. (2003). Office Kaizen: Como controlar y reducir los costes de Gestión de la empresa. *Editorial FC* .
- Lareau, W., & Kaufman, R. (2003). *Office Kaizen: Cómo controlar y reducir los costos de gestión en la empresa*. Fund. Confemetal Editorial.
- Lean Enterprise Institute. (2016). *Lean Enterprise Institute*. Recuperado el 31 de Mayo de 2016, de <http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>
- Lehtinen, U., & Torkko, M. (2005). The Lean concept in the food industry: a case study of a contract manufacturer. *Journal of Food Distribution Research* , 36 (3), 57-67.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives* , 20 (2), 5-20.
- Maleyeff, J. (2006). Exploration of internal service systems using lean principles. *Management Decision* , 44 (5), 674-689.
- Manchado, R., Tamames, S., López, M., Mohedano, L., D'Agostino, M., & Veiga de Cabo, J. (2009). Revisiones Sistemáticas Exploratorias. *Medicina y Seguridad del trabajo* , 55 (216), 12-19.
- Manotas, D., & Rivera, L. (2007). Lean Manufacturing Measurement: The relationship between Lean activities and Lean metrics. *Estudios Gerenciales* , 23 (105), pp 69-83.
- Matt, D., & Rauch, E. (2013). Implementation of Lean Production in Small Sized Enterprises. *Procedia CIRP* , 12, 420-425.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design* , 662-673.
- Molina, E., & Marino, A. (2001). *Introducción al análisis en meta-análisis* . Diaz de Santos.
- Molinero, L. (2002). Hablemos de Interpretación, utilidad y limitaciones de metaanálisis. *GH Continuada* , 1 (6), 311-317.
- Modarress, B., Ansari, A., & Lockwood, D. (2005). Kaizen costing for lean manufacturing: a case study. *International Journal of Production Research* , 43 (9), 1751-1760.

- Motwani, J. (2003). A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study. *Industrial Management & Data Systems* , Vol. 103-5 pp. 339-346.
- Murugesan, T., Kumar, B., & Kumar, M. (2012). Competitive advantage of world class manufacturing system (WCMS)- A study of manufacturing companies in south India. *European Journal of Social Sciences* , 29 (2), 285-311.
- Niño, L., & Bednarek, M. (2010). Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES industriales mexicanas. *CONCYTEG* , 1285-1307.
- Ohno, T. (1991). *El Sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. España: Gestión 2000.
- Pallares, Z., Romero, D., & Herrera, M. (2005). *Hacer Empresa: Un reto*. Fondo Editorial Nueva Empresa.
- Padilla, L. (2010). Lean Manufacturing Manufactura Esbelta Ágil. *Revista Ingeniería Primero* , No. 15 (01), 64-69.
- Promexico. (11 de noviembre de 2014). *Promexico. Los retos de las Pymes dentro del comercio internacional*. Obtenido de <http://www.promexico.gob.mx/comercio/retos-de-las-pymes-dentro-del-comercio-internacional.html>.
- Ranky, P. (2007). Eighteen “monozukuri□focused” assembly line design and visual factory management principles with DENSO industrial examples. *Assembly Automation* , 27 (1), 12-16.
- Reyes, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y administración* , 205, 51-69.
- Rinehart, J., Huxley, C., & Robertson, D. (1997). *Just another car factory?: Lean production and its discontents*. Nueva York: Cornell University Press.
- Rockart, J. (1979). Chief executives define their own data needs. *Harvard Business Review*, 57 (2), 81-93.
- Roberto Romero López, S. A. (2009). Factores críticos de éxito: una estrategia de competitividad. *CULCyT* , 6 (31).
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-Analytic Procedures for social research* (Revised Edition ed.). Nembury Park: SAGE publications.
- SCIAN. (2013). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México*. Aguascaliente : Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- Sánchez, J., & Rajadell, M. (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Sánchez-Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula Abierta* , 38 (2), 53-64.
- Saavedra , M., & Hernández, Y. (2008). Caracterización e importancia de las MIPYMES en Latinoamérica: Un estudio comparativo. *Actualidad Contable FACES* , 122-134.
- Shah, R., & Ward, P. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management* , 21 (2), 129-149.
- Sui Pheng, L., & Hui Fang, T. (2005). Modern□day lean construction principles. *Management Decision* , 43 (4), 523-541.
- Tejeda, A. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los Sistemas Productivos. *Ciencia y Sociedad* , 34 (2), 276-310.
- Teng, J., Grover, V., & Fiedler, K. (1996). Developing Strategic Perspectives on Business Process Reengineering: From Process Reconfiguration to Organizational Change . *Omega, Int. J. Mgmt Sci.* , 24 (3), 271-294.
- Teresa Sánchez, A. P. (2008). Conocimiento, aplicación y resultados de las técnicas de Lean manufacturing en las empresas españolas. *Lean Manufacturing and Continuous Improvement* , 1027-1036.
- Urra, E., & Barría, R. (2010). La revisión sistemática y su relación con la práctica basada en la evidencia en salud. *Rev. Latino-Am. Enfermagem* , 18 (4), 1-8.
- Valencia, J. (2010). *Administración de pequeñas y medianas empresas*. CENGAGE Learning.
- Vicencio, A. (2007). La industria automotriz en México. *Contaduría y administración* (221), 212-248.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation* (Segunda Edición ed.). Nueva York: Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: The story of lean production systems*. (1 era Ed. ed.). New York, USA: Rawson Associates.
- Wong, K. (2005). Critical success factors for implementing knowledge management in small and medium enterprises. *Industrial Management & Data Systems* , 105 (3), 261-279.
- Zhang, Q., Muhammad, I., & Muhammad, A. (2012). Critical Success Factors for Successful Lean Six Sigma Implementation in Pakistan. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business* , 4 (1), 117-124.
- Zorrilla Salgador, J. P. (2002). *La importancia de las pymes en México y para el mundo*.

