



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

**Evaluación sobre los factores críticos de la implantación de Seis Sigma en empresas productoras de autopartes de la industria automotriz en Cd. Juárez, Chihuahua**

**T e s i s**

Que para optar por el grado de:  
**Doctora en Ciencias de la Administración**

Presenta:  
**Lara Abril Chiu Vegamontes**

Comité Tutor

Tutora principal: **Doctora María de Lourdes Álvarez Medina**  
**Facultad de Contaduría y Administración**

**Doctor Raul Mejía Estañol**  
**Facultad de Contaduría y Administración**

**Doctora Rebeca Martínez Sánchez**  
**Facultad de Contaduría y Administración**

**Ciudad de México, noviembre de 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A mi madre Julieta Vegamontes Nuñez,  
a mi padre Rubén Jaime Chiu Meléndez, a  
mis hermanas Franziola y Lintsui  
a Javier Curiel y a Carlos Loeza.

## AGRADECIMIENTOS

En este arduo camino, he sido afortunada de contar con el apoyo invaluable de muchas personas, sin las cuales esta tesis doctoral no hubiera sido posible. Agradezco el apoyo de mi tutora principal la Doctora María de Lourdes Álvarez Medina por su amplio conocimiento en la industria automotriz.

Mi sincero reconocimiento al Doctor Raúl Mejía Estañol y la Doctora Rebeca Martínez Sánchez quienes ha guiado este trabajo con su extenso dominio técnico.

A la Doctora Carmen Patricia Jiménez Terrazas y al Doctor Ricardo Melgoza Ramos quienes, a través de su dedicación han contribuído a mejorar esta tesis doctoral.

Agradezco al CONACYT, el cual me ha ayudado a financiar los costos de esta tesis doctoral. Este trabajo se elaboró dentro del proyecto PAPIIT IN 3025515 titulados “Modelos productivos y regiones automotrices” financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM y por el Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración de la Facultad de Contaduría y Administración de la UNAM.

Al Secretario Académico M.A. Jesús Fabela; A los Directores M.C. Ricardo Pérez y M.E. José Luis Peinado, a mis compañeros maestros y estudiantes de la UTCJ, por haberme apoyado y motivado a terminar mis estudios del Doctorado.

Al personal de apoyo de la División de Investigación del Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración y por último al Doctor Jorge Armando Juárez González, Coordinador del Doctorado en Ciencias de la Administración, muchas gracias a todos.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDO .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABLAS.....	viii
Capítulo 1. Metodología de la investigación .....	1
1.1 <i>Introducción</i> .....	1
<b>1.1.1 Globalización.</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.2. Llamados a revisión de la industria automotriz.</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1.3. Calidad.</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1.4. Seis Sigma.</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1.5. El sector de autopartes de la industria automotriz.</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.6. Los Factores Críticos de Éxito (FCE).</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.7. Distintos FCE para implantar Seis Sigma.</b> .....	<b>9</b>
1.2. <i>Problema de investigación</i> .....	11
1.3. <i>Preguntas generales de partida y pregunta principal</i> .....	12
1.4. <i>Hipótesis central</i> .....	13
<b>1.4.1. Hipótesis específicas.</b> .....	<b>14</b>
1.5. <i>Objetivo general</i> .....	16
<b>1.5.1. Objetivos cualitativos y cuantitativos específicos.</b> .....	<b>16</b>
1.6. <i>Diseño de la investigación</i> .....	19
1.7. <i>Población</i> .....	20
<b>1.7.1. Lista maestra de población.</b> .....	<b>20</b>
<b>1.7.2. Componentes de la población</b> .....	<b>24</b>
1.8. <i>Muestreo y diseño muestral</i> .....	26
<b>1.9. Proceso para construir el instrumento de medición.</b> .....	<b>28</b>
<b>1.9.1. Redefiniciones fundamentales.</b> .....	<b>28</b>
<b>1.9.2. Información que se obtiene de revisar la literatura.</b> .....	<b>28</b>
<b>1.9.3. Identificación del dominio de las variables a medir y sus indicadores.</b> .....	<b>28</b>
<b>1.9.4. Operacionalización de las variables.</b> .....	<b>29</b>
<b>1.9.5. Niveles de medición.</b> .....	<b>31</b>
<b>1.9.6. Construcción del instrumento.</b> .....	<b>31</b>
<b>1.9.7. Prueba piloto</b> .....	<b>32</b>
<b>1.9.8. Elaboración de la versión final del instrumento y su aplicación</b> .....	<b>33</b>
<b>1.9.9. Entrenamiento del personal que va a administrar el instrumento</b> .....	<b>33</b>
<b>1.9.10. Obtener autorizaciones para aplicar el instrumento.</b> .....	<b>33</b>
<b>1.9.11. Administración del instrumento.</b> .....	<b>33</b>
<b>1.9.13. Análisis.</b> .....	<b>34</b>
1.10. <i>Recursos y limitaciones</i> .....	34
<b>1.10.1. Recursos</b> .....	<b>34</b>
<b>1.10.2 Limitaciones</b> .....	<b>35</b>
Capítulo 2. Administración de la calidad .....	36
2.1. <i>Administración de la calidad</i> .....	40
2.2. <i>Antecedentes de las normas de calidad</i> .....	44

2.3. Historia de las series ISO.....	44
<b>2.3.1. 1987.....</b>	<b>45</b>
<b>2.3.2. junio 1994.....</b>	<b>45</b>
2.4. Calidad para proveedores de la industria automotriz americana.....	47
2.5. La contribución alemana.....	51
2.6. La contribución italiana.....	51
2.7. La contribución francesa.....	51
Capítulo 3. Seis Sigma.....	53
3.1. Filosofía Seis Sigma.....	53
3.2. Desarrollo histórico de Seis Sigma.....	53
<b>3.2.1. Años 1970`s.....</b>	<b>53</b>
<b>3.2.2. Años 1980`s.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2.3. Años 1990`s.....</b>	<b>59</b>
<b>3.2.4. Última década.....</b>	<b>62</b>
3.3. Metodología Seis Sigma.....	64
3.4. Índices de capacidad de procesos.....	65
3.5. Metodología DMAIC.....	68
<b>3.5.1. Definir.....</b>	<b>68</b>
<b>3.5.2. Medir.....</b>	<b>69</b>
<b>3.5.3. Analizar.....</b>	<b>70</b>
<b>3.5.4. Mejorar.....</b>	<b>71</b>
<b>3.5.5. Controlar.....</b>	<b>71</b>
3.6. La infraestructura de Seis Sigma.....	72
<b>3.6.1. Proyectos de Seis Sigma.....</b>	<b>74</b>
<b>3.6.2 Resultados.....</b>	<b>75</b>
<b>3.6.3. Personal.....</b>	<b>75</b>
3.7. Diseño para Seis Sigma (DPSS).....	75
<b>3.7.1. Retos para una implantación exitosa del DPSS.....</b>	<b>78</b>
3.8. Seis Sigma en la industria automotriz.....	79
Capítulo 4. Factores Críticos de Éxito.....	81
4.1. Evolución.....	81
4.2. Beneficios.....	84
4.3. Los Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma.....	84
<b>4.3.1. Selección y seguimiento a proyectos de Seis Sigma.....</b>	<b>96</b>
<b>4.3.2. La Alta Dirección se involucra y compromete para implantar Seis Sigma.....</b>	<b>97</b>
<b>4.3.3. Entrenamiento.....</b>	<b>97</b>
<b>4.3.4. Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa.....</b>	<b>98</b>
<b>4.3.5. Relacionar Seis Sigma con el Recurso Humano.....</b>	<b>99</b>
<b>4.3.6. Infraestructura de la organización apta para Seis Sigma.....</b>	<b>99</b>
<b>4.3.7. Los empleados comprenden la metodología de Seis Sigma.....</b>	<b>100</b>
<b>4.3.8. Seguimiento de proyectos de Seis Sigma.....</b>	<b>100</b>
<b>4.3.9. Enlazar Seis Sigma con proveedores.....</b>	<b>100</b>
Capítulo 5. Manufactura Esbelta.....	102
5.1. Desarrollo histórico de manufactura esbelta.....	102
<b>5.1.2. Fase 1. (1947-1950).....</b>	<b>103</b>
<b>5.1.3. Fase 2. El impacto de los años 1949-1950.....</b>	<b>104</b>
<b>5.1.4. Fase 3. Los años cincuenta.....</b>	<b>104</b>

<b>5.1.5. Fase 4. Los años 1970's.....</b>	<b>105</b>
<b>5.1.6. Los años 1980s.....</b>	<b>105</b>
<i>5.2. Ocho tipos de desperdicios.....</i>	<i>107</i>
<i>5.3. Elementos del proceso de fabricación propuesto por el TPS.....</i>	<i>108</i>
<i>5.4. Métodos de manufactura esbelta.....</i>	<i>110</i>
<i>5.5. Las cuatro reglas.....</i>	<i>111</i>
<i>5.6. Iniciativas de implantación de manufactura esbelta.....</i>	<i>112</i>
<i>5.7 Relación entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.....</i>	<i>114</i>
Capítulo 6. La industria automotriz.....	116
<i>6.1. Evolución.....</i>	<i>117</i>
<i>6.2. Industria automotriz a nivel global.....</i>	<i>118</i>
<b>6.2.1. Europa.....</b>	<b>120</b>
<b>6.2.3. Asia, Oceanía y Medio oriente.....</b>	<b>120</b>
<b>6.2.4. NAFTA.....</b>	<b>121</b>
<b>6.2.5. América Central y América del Sur.....</b>	<b>122</b>
<b>6.2.6. África.....</b>	<b>123</b>
<i>6.3 Tendencias de la industria automotriz a nivel global.....</i>	<i>125</i>
<b>6.3.1. Alianzas estratégicas.....</b>	<b>125</b>
<b>6.3.2. Distribución geográfica.....</b>	<b>125</b>
<b>6.3.3. Clientes.....</b>	<b>126</b>
<b>6.3.4. Tecnología.....</b>	<b>126</b>
<b>6.3.6. Capital humano.....</b>	<b>126</b>
<b>6.3.7. Eficiencia energética.....</b>	<b>127</b>
<b>6.3.8. Sostenibilidad ambiental.....</b>	<b>127</b>
<i>6.4. La industria automotriz en México.....</i>	<i>129</i>
<b>6.4.1. Empresas en México.....</b>	<b>131</b>
<b>6.4.2. Producción y Exportación.....</b>	<b>134</b>
<b>6.4.3. Bienes producidos.....</b>	<b>135</b>
<b>6.4.4. Industria automotriz de vehículos ligeros.....</b>	<b>136</b>
<b>6.4.5. Producción de vehículos automotores en México.....</b>	<b>138</b>
<b>6.4.6. Producción total nacional.....</b>	<b>139</b>
<b>6.4.7. Exportaciones.....</b>	<b>141</b>
<b>6.4.8. Producción de automóviles para exportación de vehículos ligeros.....</b>	<b>143</b>
<b>6.4.9. Perspectiva regional de la industria automotriz.....</b>	<b>144</b>
<b>6.4.10. Cadena de suministros de la industria automotriz en México.....</b>	<b>146</b>
<i>6.5. El sector de autopartes en México.....</i>	<i>148</i>
<b>6.5.1. Producción de autopartes en México.....</b>	<b>149</b>
<b>6.5.2. Ventas de autopartes en México.....</b>	<b>150</b>
<b>6.5.3. Empresas de autopartes en México.....</b>	<b>152</b>
<b>6.5.4. Calidad en autopartes.....</b>	<b>153</b>
<b>6.5.5. Producción de autopartes por región.....</b>	<b>154</b>
<b>6.5.6. Autopartes mayores para vehículos ligeros.....</b>	<b>155</b>
<b>6.5.7. Autopartes menores para vehículos ligeros.....</b>	<b>156</b>
<b>6.5.8. Transformaciones tecnológicas de las autopartes.....</b>	<b>156</b>
Capítulo 7.0 Industria Maquiladora de Exportación en Chihuahua.....	158
<i>7.1. Industria Maquiladora de Exportación en Cd. Juárez, Chihuahua.....</i>	<i>159</i>
<i>7.2. Comportamiento histórico de variables.....</i>	<i>162</i>
<i>7.3. Sector de actividad.....</i>	<i>164</i>
<i>7.4. Industria manufacturera, maquiladora y de servicios de exportación.....</i>	<i>164</i>

7.5. <i>Industria de transformación</i> .....	167
Capítulo 8.0 Resultados .....	169
8.2. <i>Resultados del cuestionario</i> .....	172
<b>8.2.1. Sección A. Información general</b> .....	<b>172</b>
<b>8.2.2. Número de empleados.</b> .....	<b>174</b>
<b>8.2.3. Puesto que ocupan los encuestados dentro de la empresa.</b> .....	<b>175</b>
<b>8.2.4. Edad.</b> .....	<b>176</b>
<b>8.2.5. Educación.</b> .....	<b>176</b>
<b>8.2.6. Género.</b> .....	<b>176</b>
<b>8.2.7. Número de proyectos implantados de Seis Sigma al fin de un año.</b> .....	<b>176</b>
<b>8.2.8. Número de años aplicando Seis Sigma</b> .....	<b>177</b>
<b>8.2.9. Tipo de producto que fabrican las empresas.</b> .....	<b>178</b>
8.3. <i>Análisis cuantitativo</i> .....	178
<b>8.3.1. Sección B. Los FCE que intervienen en la implantación de Seis Sigma.</b> .....	<b>179</b>
8.3.2. <i>Estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma</i> .....	186
8.3.3. <i>Sección C. Estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma</i> .....	192
8.3.4. <i>Sección D. Problemas al implantar Seis Sigma.</i> .....	193
8.3.5. <i>Sección E. Herramientas de calidad que su empresa utiliza</i> .....	195
8.3.6. <i>Sección F. Espacio abierto</i> .....	199
8.4. <i>Análisis de los resultados de la investigación</i> .....	199
<b>8.4.1. Comprobación de las hipótesis.</b> .....	<b>199</b>
8.5. <i>Discusión de los resultados.</i> .....	205
<b>8.5.1. Sesgos de la investigación.</b> .....	<b>205</b>
<b>8.5.2. Ventajas.</b> .....	<b>205</b>
<b>8.5.3. Nuevos problemas de investigación.</b> .....	<b>206</b>
Capítulo 9. Conclusiones .....	207
9.1. <i>Presentación de las conclusiones</i> .....	207
9.2. <i>Contribuciones más importantes de la investigación.</i> .....	209
9.3. <i>Propuestas y recomendaciones</i> .....	211
10. Fuentes de información .....	215
Anexo A.- Bitácora de investigación .....	226
Anexo B.- Cuestionario .....	227
Anexo C. Codificación del cuestionario .....	233



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Muestra de empresas de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.....	26
Figura 2. La evolución de la Administración de la Calidad.....	43
Figura 3. Fase Analizar.....	70
Figura 4. Resultados globales 2005:2014.....	119
Figura 5. Europa 2005:2014: Total ventas y producción.....	120
Figura 6. Asia, Oceanía, Medio Oriente 2005:2014: Total de ventas y producción.....	121
Figura 7. América Central y Sur 2005-2014: Total de ventas y producción.....	123
Figura 8. África 2005:2014: Total de ventas y producción.....	123
Figura 9. Vehículos ligeros y sus motores.....	132
Figura 10. Producción vehículos ligeros.....	140
Figura 11. Producción.....	150
Figura 12 Empleo 2007-2012.....	152
Figura 13. Empresas de autopartes.....	160
Figura 14. Composición geoeconómica de la Región, 2013.....	162

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones y aplicaciones de FCE.....	8
Tabla 2. Pregunta Principal.....	12
Tabla 3. Matriz de congruencia 1.....	18
Tabla 4. Lista de población empresas medianas y grandes encontradas en el DENUE, INEGI, 2014	21
Tabla 5. Ficha técnica del trabajo de campo.....	25
Tabla 6. Definición operacional.....	29
Tabla 7. Preguntas cerradas del cuestionario.....	32
Tabla 8. Evolución de la calidad.....	39
Tabla 9. Evolución de la Sociedad Americana de Calidad.....	46
Tabla 10. Valor del índice Cp en porcentaje de artículos defectuosos.....	67
Tabla 11. Índice Cp en términos de cantidad de piezas malas.....	67
Tabla 12. Resumen resultados de los proyectos.....	80
Tabla 13. Beneficios de Seis Sigma.....	80
Tabla 14. Factores Críticos de Éxito para la implantación efectiva de Seis Sigma.....	94
Tabla 15. Lecciones aprendidas de Multinacionales en la implantación de Seis Sigma.....	95
Tabla 16. Revisión de literatura.....	96
Tabla 17. Desarrollo histórico.....	106
Tabla 18. Similitudes entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.....	115
Tabla 19. Diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.....	115
Tabla 20 Principales países productores (millones de unidades).....	128
Tabla 21. Inversiones en México.....	133
Tabla 22. Bienes producidos.....	136
Tabla 23. Vehículos ligeros.....	136
Tabla 24. Exportación vehículos ligeros.....	144
Tabla 25. Valor total de las ventas de autopartes.....	150
Tabla 26. Nombre empresas.....	173
Tabla 27. Número de empleados.....	174
Tabla 28. Frecuencia relativa de los puestos.....	175
Tabla 29. Número de proyectos implementados de Seis Sigma.....	177
Tabla 30. No. de años con Seis Sigma.....	177
Tabla 31. Matriz de correlaciones.....	182
Tabla 32. Kaiser-Meyer-Olkin y prueba de Bartlett.....	183
Tabla 33. Comunalidades.....	184
Tabla 34. Varianza total explicada.....	185
Tabla 35. Gráfico de sedimentación.....	188

<b>Tabla 36. Matriz de componentes. ....</b>	<b>190</b>
<b>Tabla 37. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componetes. ....</b>	<b>190</b>
<b>Tabla 38. Estadísticas descriptivas.....</b>	<b>192</b>
<b>Tabla 39. Estadísticas descriptivas.....</b>	<b>194</b>
<b>Tabla 40. Estadísticas total-elemento.....</b>	<b>195</b>
<b>Tabla 41. Estadísticas descriptivas.....</b>	<b>196</b>
<b>Tabla 42. Frecuencia del uso de herramientas de calidad. ....</b>	<b>197</b>
<b>Tabla 43. Tabla de contingencia.....</b>	<b>197</b>
<b>Tabla 44. Prueba de Chi-Cuadrado.....</b>	<b>198</b>
<b>Tabla 45. Medidas simétricas. ....</b>	<b>198</b>
<b>Tabla 46. Hallazgos encontrados.....</b>	<b>201</b>
<b>Tabla 47. Matriz de congruencia 2.....</b>	<b>204</b>



# Capítulo 1. Metodología de la investigación

## 1.1 Introducción

### 1.1.1 Globalización.

El constante aumento en la variedad de los automóviles y la reducción de ciclos de vida de los productos son una tendencia en las empresas: en nuestros días los clientes pueden escoger entre distintos tipos, colores, tamaños y tecnologías. Este aumento de variedad de productos y reducción del ciclo de vida pone stress sobre los sistemas de administración de la calidad (Iwaarden, Wiele, Williams y Dale, 2004). Por otro lado, la proveduría global tiene la ventaja de que las autopartes se compran en diferentes países y se pueden tener varias fuentes de proveedores de una misma autoparte. Los proveedores de autopartes pueden venderles a diferentes fabricantes de automóviles, lo cual permite aprovechar las ventajas de ubicación geográfica, precio, calidad y economías de escala. Sin embargo, esto implica un riesgo mayor, ya que si los defectos de las autopartes no se detectan en los procesos productivos estos pueden impactar diferentes marcas y modelos de automotores en diferentes partes del mundo, llevando a una amplia difusión de fallas y errores (Hallam, Muesel y Flannery, 2010).

La globalización de la producción y la velocidad con que cambian los modelos de automóviles, afectan los sistemas de calidad. A través de los años, la industria automotriz ha dejado ver fallas de diseño y manufactura que se hacen evidentes después de que se han vendido los automóviles. Como resultado se han tenido situaciones desastrosas para los clientes y los fabricantes de automóviles: ocupantes del vehículo que han fallecido, modelos y marcas reacondicionadas con altos costos económicos y mala reputación para

la empresa (DeMeter, 2012; General Motors, 2014). Tener procesos en los que ocasionalmente sucedan errores puede que no parezca un gran problema para algunas personas. Pero cuando se tiene en cuenta cuántos errores pueden estar acechando los procesos corporativos, el impacto económico en la productividad total, en la satisfacción al cliente y en la rentabilidad, estos adquiere una gran relevancia para la dirección (Arias, Castaño y Portilla, 2008).

#### 1.1.2. Llamados a revisión de la industria automotriz.

Las empresas fabricantes de automóviles convocan a los clientes para que lleven sus autos a reparar sin costo alguno, cuando encuentran fallas o defectos en los vehículos que les han vendido. Estos defectos en los automóviles han demostrado que no ha habido una adecuada implantación de los sistemas de calidad. Funcionamiento inadecuado de partes eléctricas o electrónicas, bolsas de aire y sistemas de frenado han resultado en daños a la salud y en algunas ocasiones en la muerte de los ocupantes de los vehículos costando millones de dólares a las empresas que tienen que responder a demandas legales perdiendo prestigio, credibilidad, mercado y utilidades (Bloomberg, 2015, Departamento de Transporte de E.U., 2014 y General Motors, 2014).

Uno de los retos para la industria automotriz es mejorar y asegurar la calidad de las partes de los vehículos ya que debido a la estandarización de autopartes para las plataformas de producción, se pueden difundir rápidamente los errores o defectos como sucedió en Agosto de 2013, cuando la Administración Nacional de la Seguridad del Tráfico y de las Carreteras de Estados Unidos, inició una investigación de varios incidentes causados por productos de la Corporación Takata. Específicamente las bolsas de aire no funcionaban de forma correcta al inflarse y se rompían. Esto afectó a los fabricantes de

automóviles en diferentes marcas y modelos entre 2002 y 2006 (Departamento de Transporte de E.U., 2014).

Las expectativas que se tienen sobre la calidad de los productos automotrices no se están cumpliendo en el mundo por lo que las empresas tienen un mayor número de llamados a revisión o recalls<sup>1</sup>. Por ejemplo, en la página oficial de la Corporación General Motors, se exhibe la siguiente leyenda en relación a seis de sus marcas: “Existe un riesgo que el switch se salga de la posición de encendido, resultando en una pérdida parcial de energía eléctrica y el motor se apague. El riesgo aumenta si su llavero lleva el peso de muchas llaves o si su vehículo corre bajo condiciones de movimiento extremo mientras recorre las calles. Si el switch de inicio no está encendido, las bolsas de aire no se activarán en caso de que el automóvil llega a tener un accidente y esto aumenta el riesgo de heridas o de muerte (General Motors, 2014)”.

Este llamado a revisión afectó a las diferentes marcas de vehículos de GM tales como: Buick, Cadillac, Chevrolet, Oldsmobile, Pontiac y Saturn de los años 2000 al 2011 (General Motors, 2014). En 2014, General Motors contabilizó 51 daños catastróficos y lesiones mientras que 2,000 personas tuvieron que ser hospitalizadas. Además, el programa de compensación de la empresa cuenta con un fondo inicial de \$400 millones de dólares para cubrir costos por el defecto de la falla del switch de encendido en sus automóviles (NBC News, 2014).

Por otro lado, el llamado a revisión de los pedales de vehículos de la Corporación de Motores Toyota afectó a nueve millones de vehículos. Los modelos afectados de 2004

---

<sup>1</sup> Llamadas a revisión que realizan los productores de automóviles para que los clientes lleven a reparar sin costo alguno, autos que han salido defectuosos y pueden tener algún accidente por ese defecto.

a 2010 fueron: Toyota Avalon; Camry; Corolla; Matrix; Highlander; Prius; RAV4; Tundra; Tacoma y varios modelos Lexus. En este caso, los tapetes de piso se atrapaban debajo del pedal acelerador y en otras ocasiones, el pedal de gasolina se pegaba. Después de más de sesenta casos donde se reportaron vehículos que no podían frenar, uno de treinta de estos casos resultó en muerte. Toyota entró en una crisis y realizó dos llamados a revisión durante el año 2009 y otro en el año 2010 para mejorar el ajuste al pedal del acelerador. Los oficiales de la compañía han estimado un costo de más de \$5 billones de dólares, siendo el más costoso que haya sido registrado (DeMeter, 2012).

También Honda ha tenido problemas de calidad ya que llamó a revisión 100,000 vehículos en Estados Unidos, por la bolsa de aire defectuosa suministrada por la Corporación Takata. Los llamados a revisión llegaron a ser de 104,871 unidades de la Honda Pilot SUV 2008, el Accord 2001 y el Civic Sedan 2004, de acuerdo a la Administración Nacional de la Seguridad del Tráfico y de las Carreteras de Estados Unidos. Las bolsas de aire pueden ser letales ya que se rompen al inflarse y han muerto cinco personas. Las bolsas de aire de Takata pueden fallar al inflarse con mucha fuerza y lanzar fragmentos metálicos a los pasajeros. Esta falla ha conducido a destituir estas bolsas de aire por al menos diez productores de vehículos. Al menos veinticinco millones de vehículos utilizan las bosas de aire de Takata y se han restituido desde el año 2008 (Bloomberg, 2015).

### 1.1.3. Calidad.

La calidad es una herramienta competitiva que puede resultar en una ventaja a las empresas que mejor la utilicen. Una empresa puede impresionar positivamente a sus clientes mediante la mejora continua de la calidad y tiene el potencial de superar a sus competidores. El desarrollar una estrategia efectiva de calidad, es un factor a largo plazo

de éxito para las empresas (Montgomery y Woodall, 2008). Los administradores de las empresas de forma constante buscan las innovaciones en administración o mejores prácticas que puedan mejorar de forma significativa sus procesos y mejorar el desempeño de sus operaciones. Aunque existe un sinnúmero de técnicas y métodos estadísticos para controlar la calidad, es claro que no están dando el resultado esperado. Durante la mitad del siglo pasado, más de sesenta y nueve modelos de calidad han surgido: Control estadístico del proceso; Círculos de calidad; Administración Total de la Calidad; Normas ISO 9000 e ISO/TS16949; Manufactura esbelta y Seis Sigma están entre los más difundidos (Kumar y Gupta, 1993; Liang, 2010 y Prabhushankar, et al. 2008).

#### 1.1.4. Seis Sigma.

Seis Sigma es un método organizado y sintetizado para la mejora de procesos estratégicos y desarrollo de nuevos productos y servicios que se apoyan en métodos estadísticos y científicos para realizar reducciones dramáticas en defectos de los productos (Linderman, et al 2003). Las industrias utilizan Seis Sigma para mejorar varias áreas y procesos como: mejora de tiempo de entrega, calidad y administración (Sasthriyar y Zailani, 2011). La demanda por productos de alta calidad y la necesidad de tener empresas que puedan surtir autopartes que se fabriquen dentro de procesos estables de producción, dirigen a las mismas a incluir Seis Sigma en sus estrategias de sus operaciones.

Es crítico reconocer que el éxito de Seis Sigma depende de un liderazgo efectivo. Seis Sigma, debe ser implantada mediante proyectos sucesivos. Cada proyecto requiere de una clara definición y alcance del problema a atacar, el cual necesita recursos y un seguimiento hasta que se finalice. Por lo que se debe tener cuidado a lo crítico para la calidad, para una adopción implantación efectiva de Seis Sigma en una empresa, sería muy



recomendable que la empresa contara con recurso de tecnologías de la información para analizar los datos. Seis Sigma madura hacia un pensamiento estadístico, donde la calidad es vista en términos de desempeño de los procesos productivos, con el reconocimiento que un proceso está sujeto a variación normal y que los conjuntos de herramientas de calidad son esenciales para la comprensión y análisis de tal variación. El secreto del éxito de Seis Sigma esta entrelazado no en las herramientas de calidad que requieren un riguroso conocimiento de la estadística, sino en el pensamiento estadístico arraigado de una organización (Goh, 1999).

En un mundo cambiante, de aumento de variedad de producto y reducción del ciclo de vida de los productos, pueden existir problemas para implantar Seis Sigma. Esta investigación estudia la implantación de Seis Sigma en las industrias productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.

Aunque Seis Sigma ha tenido una inmensa popularidad entre las empresas de diversos sectores, existe la percepción de que no se implanta correctamente por lo que los beneficios que aparecen en la teoría no son apreciados de forma óptima. Por más de dos décadas, las organizaciones productivas en México y principalmente las fabricantes de automóviles, se han enrolado en el proceso de certificar sus sistemas de calidad con base en las normas ISO 9000, un requerimiento primordial en la industria automotriz. Sin embargo y pese a que los procesos de certificación se han cumplido, son pocas las organizaciones que han logrado elevar sus niveles de calidad y no se han reflejado en los productos que salen de las líneas de producción de forma importante (Miranda, 2007).

A pesar de que Seis Sigma es una metodología que se utiliza en las empresas de clase mundial para mejorar la calidad en los procesos productivos, de las compañías que la

implantan, menos del 50% obtienen resultados satisfactorios o significativos y menos del 10% de las empresas han obtenido mejores resultados financieros (Johnson, 2009; Yudi y Osada, 2010).

Para poder implantar Seis Sigma, la Alta Dirección tiene que decidir cuándo y cómo deben adoptar esta filosofía. Tales decisiones pueden impactar la posición que tengan en el mercado porque afectan la habilidad de la empresa para mantenerse en el mismo o puedan mejorar su posición con respecto a su competencia.

#### 1.1.5. El sector de autopartes de la industria automotriz.

La industria automotriz y de autopartes son líderes en el mundo, México es el cuarto exportador y el séptimo productor de vehículos en el mundo, del año 2013 a la fecha, más de \$23.2 billones de dólares se han anunciado como nuevas inversiones. La industria automotriz ha sido una plataforma de desarrollo económico y fuente de ingresos. Provee empleo a más de 66,000 personas, representa un 3% del Producto Interno Bruto y genera un 32% del total de las exportaciones. Durante los próximos años, se prevé un horizonte próspero donde se estima que México escalará a ser el quinto productor de automóviles para el año 2020 con cinco millones de vehículos por año.

A pesar del gran éxito que la industria automotriz ha logrado en el país, quedan pendientes retos importantes para el futuro, tal como el desarrollo de más Investigación y Desarrollo, diseño de autopartes, así como atraer procesos industriales de alto valor agregado como estampado y fundición. Las nuevas plantas de la industria automotriz y de autopartes que se instalarán en México y su cadena de suministros nos permitirán enfocarnos para atender estas áreas de oportunidad. Se necesita tomar parte activa y lograr

una competencia sana entre las industrias para mantener una presencia global (AMIA, 2015).

#### 1.1.6. Los Factores Críticos de Éxito (FCE).

La identificación de FCE fue desarrollado por la Escuela de Administración Sloan. En el artículo por Rockart, 1979 de la Revista de Administración de Harvard, el autor menciona que el método de los FCE son aquellos factores de los cuales se debe contar con una atención continua por parte de gerencia, este método ayuda a la Alta Dirección definir sus propias necesidades de información y determinar la cantidad de información que es necesaria y elimina la necesidad de discernir entre varias fuentes de información innecesaria. Los FCE son aquellos factores que son críticos para el éxito de una empresa, en el sentido que, si no se logran, la empresa se derrumba, tal vez de forma desastrosa.

La siguiente Tabla resume las definiciones y aplicaciones de los FCE en un contexto de una compañía de una aerolínea.

Tabla 1. Definiciones y aplicaciones de FCE.

Término	Definición	Ejemplo
Estrategia	Definir el tipo de empresa	Transporte de una aerolínea regional
Objetivos	Políticas	Desarrollar una ruta estructurada Cambiar hacia una flotilla más eficiente de abastecimiento de combustible.
Metas	Objetivos específicos de períodos de tiempo	Eliminar todas las rutas con menos de “X” porcentaje promedio de uso. Al fin de un año, reemplazar todos los aviones “X” por aviones “Y”.
FCE	Áreas importantes que se deben realizar bien para lograr con éxito los objetivos y las metas	Obtener la certificación para rutas con alta densidad de población. Desarrollar financiamiento para nuevas aeronaves.
Métricos	Calibra el desempeño de la aerolínea regional	Promedio de porcentaje de asientos.  Porcentaje de requisito de flujo de capital bajo préstamo de un banco.
Problemas	Tareas que resultan de un desempeño desfavorable del medio ambiente	Aumento del precio del combustible. Competencia futura

Fuente: Rockart J. , 1979.

Los FCE son aquellas cuestiones importantes en los cuales la Alta Dirección debe enfocar su atención. El termino Éxito es utilizado para definir el nivel en el cual los resultados planificados fueron alcanzados. Esta definición es aplicable a diferente tipo de proyectos para organizaciones con diferentes niveles de desarrollo, por lo tanto, el término Factor Crítico de Éxito es apto y por eso se eligió. Existen en las actividades diarias de la Alta Dirección, un sin número de situaciones por las cuales la atención y tiempo de un Gerente se puede desviar.

#### 1.1.7. Distintos FCE para implantar Seis Sigma.

Antony, Kumar y Madu, 2005 presentan una revision de literatura basada en experiencias de académicos y expertos en Seis Sigma de las pequeñas y medianas empresas del Reino Unido. Los FCE derivados de la revisión de literatura fueron once: 1) Compromiso de la Alta Dirección; 2) Infraestructura de la empresa; 3) Cambio cultural; 4) Entrenamiento; 5) Relacionar Seis Sigma con clientes; 6) Relacionar Seis Sigma con la vision de la empresa; 7) Relacionar Seis Sigma con los empleados; 8) Relacionar Seis sigma con los proveedores; 9) Comprender la metodología de Seis Sigma; 10) Habilidades para administrar proyectos y 11) Selección y dar prioridad a los proyectos de Seis Sigma.

Brady y Allen, 2006, mencionan que en general no existe un consenso sobre cuáles FCE deben tomarse en cuenta para ser utilizados por los usuarios de Seis Sigma.

Por otro lado, en Singapur, Chakrabarty y Tan, 2008 realizaron casos de estudio en empresas de servicio (Hospital, servicio público y consultoría) encontraron que los FCE que sí coincidían en primer lugar, era “El compromiso de la alta dirección” pero no

coincidían en el segundo o tercer lugar para los FCE que eran “Apoyar a los miembros del equipo” y “Cambio cultural”.

Rajeshkumar y Rajendra, 2011 en un estudio evaluaron la implantación de Seis Sigma de pequeñas y medianas empresas de la industria automotriz en la India, se identificaron quince FCE: 1) Compromiso de la Alta Dirección; 2) Selección de los miembros de equipo para Seis Sigma; 3) Un sistema de planeación estratégica bien desarrollado; 4) Entrenamiento; 5) Comunicación efectiva en programa de Seis Sigma; 6) Seleccionar y dar prioridad a los proyectos; 7) Relacionar Seis Sigma con reconocimiento y retribución a sus empleados; 8) Infraestructura de la organización; 9) Un sistema bien administrado de servicio al cliente; 10) Cultura de cooperación y colaboración; 11) Habilidades de administración de proyectos; 12) Empoderamiento y autoridad en todos los niveles; 13) Relacionar Seis Sigma con los proveedores; 14) Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa y 15) Rol de la tecnología de la información.

El estudio empírico realizado por Alsmadi, Lehany y Khan, 2012, presenta evidencia del estatus de la adopción e implantación de Seis Sigma en Arabia Saudita en las cien empresas de la Revista Fortune. Los FCE para implantar Seis Sigma fueron cuatro: 1) Relacionar Seis Sigma con las estrategias de la empresa; 2) Relacionar Seis Sigma con los clientes; 3) Contar con habilidad de administración de proyectos y 4) Contar con compromiso de la Alta Dirección.

En Baja California, México; Tlapa, 2013 aborda la problemática de implantar Seis Sigma en empresas maquiladoras de diversos sectores industriales y desarrolla un modelo de ecuaciones estructurales por medio del cual explica la relación de los factores que incrementan las posibilidades de éxito al implantar Seis Sigma, su modelo propone ocho

FCE: 1) Involucramiento de la alta dirección; 2) Selección del proyecto; 4) Enfoque en objetivos; 5) Dar seguimiento a los proyectos; 6) Involucramiento del equipo; 7) Comunicación de miembros del equipo y 8) Educación y entrenamiento.

Estos estudios indican que no existe un consenso sobre la forma de implantar los FCE de Seis Sigma en diversos países y sectores. El orden y el número de FCE mencionados en la literatura también varían.

## **1.2. Problema de investigación**

El crecimiento de la producción automotriz en México pasará de 3.1 millones en 2015 a 5 millones para el 2020, el interés nacional de aumentar la producción local con autopartes de calidad y participar en las cadenas productivas de la industria ha sido manifestado por gobernantes, académicos y gerentes de la misma industria, especialmente después de la crisis de 2008 porque buscan disminuir los costos de comprar autopartes fuera de la región. Sabemos que una de las principales razones por las que la producción se relocalizó en México fue para aprovechar la mano de obra barata y no calificada, pero en estos años la mano de obra se ha capacitado y está mejor calificada.

El estado de Chihuahua y en especial Ciudad Juárez está posicionada como gran productor de autopartes en México y la mano de obra está bien capacitada, sin embargo, es necesario que la capacitación mejore y que cada día sean capaces de manejar mejores técnicas de calidad para la producción (CAR, 2016). En Ciudad Juárez se han realizado algunos esfuerzos para capacitar recursos humanos en el uso de estas herramientas sin embargo no se ha difundido entre las empresas productoras de autopartes. En la aplicación de Seis Sigma hay Factores Críticos de Éxito o cuestiones clave en los cuales la Alta Dirección debe enfocar su atención. La literatura indica que no existe una sola forma de

implantar Seis Sigma y se han identificado diferentes Factores Críticos dependiendo de los países, industrias, sectores y procesos por lo que se considera que el problema de investigación es el vacío en la literatura acerca de cuáles son los FCE a considerar para implantar Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en México y específicamente en Ciudad Juárez, ya que el único estudio sobre el sector automotriz relacionado al tema se realizó en India (Rajeshkumar y Rajendra, 2011) y los FCE considerados no coinciden con estudios realizados en otros sectores.

### 1.3. Preguntas generales de partida y pregunta principal

En la Tabla 2, se incluyen las preguntas generales de partida que ayudaron a construir la pregunta principal de esta investigación.

Tabla 2. Pregunta Principal

Preguntas generales de partida		Pregunta Principal
1.- ¿Cuáles son los FCE que intervienen en la implantación de Seis Sigma de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd? Juárez, Chihuahua?	4.- ¿Cuáles son los problemas que enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma en sus procesos productivos de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd? Juárez, Chihuahua?	¿Cómo determinar, evaluar y proponer FCE para implantar Seis Sigma, que permitan reducir la variación de los procesos productivos a través del uso de herramientas de calidad de Seis Sigma de las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd? Juárez, Chihuahua?
2.- ¿De qué forma se puede evaluar y proponer los Factores Críticos de Éxito más importantes en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua?	5. ¿Cuál es la relación entre el uso y nivel de estadística de las herramientas de calidad de Seis Sigma de las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd? Juárez, Chihuahua?	
3. ¿Cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd? Juárez, Chihuahua?		

Elaboración propia.

Las siguientes preguntas se plantean a continuación, las cuales buscan orientar esta investigación mixta.

**1.3.1.** ¿Cuáles son los Factores Críticos de Éxito que intervienen en la implantación de Seis Sigma de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua? (Cualitativa).

**1.3.2.** ¿De qué forma se puede evaluar y proponer los Factores Críticos de Éxito más importantes en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Ciudad Juárez, Chihuahua? (Cuantitativa).

**1.3.3.** ¿Cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua? (Cualitativa).

**1.3.4.** ¿Cuáles son los problemas que enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma en sus procesos productivos en las empresas multinacionales productoras de autopartes, ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua? (Cualitativa).

**1.3.5.** ¿Cuál es la relación entre el uso y nivel de estadística de las herramientas de calidad de Seis Sigma, de las empresas multinacionales productoras de autopartes en Ciudad Juárez, Chihuahua? (Cuantitativa).

#### **1.4. Hipótesis central**

Seis Sigma no se ha implantado por parte de la alta dirección como una estrategia de la empresa ya que requiere un alcance intenso a la mejora de la calidad de los procesos y de una comprensión profunda de las herramientas de calidad para realizar proyectos y



contar con una estructura organizacional para su lanzamiento y sustento a largo plazo en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua por lo que dificulta su difusión e implantación.

#### 1.4.1. Hipótesis específicas.

**Hipótesis nula 1:** Los FCE para implantar Seis Sigma son: Selección de proyectos de Seis Sigma; La Alta Dirección se involucra y se compromete; Entrenamiento; Seis Sigma con la estrategia de la empresa; Seis Sigma con el recurso humano; Infraestructura de Seis Sigma; Empleados comprenden Seis Sigma; Seguimiento a proyectos; Seis Sigma con proveedores.

**Hipótesis alternativa 1:** Los FCE para implantar Seis Sigma no son: Selección de proyectos de Seis Sigma; La Alta Dirección se involucra y se compromete; Entrenamiento; Seis Sigma con la estrategia de la empresa; Seis Sigma con el recurso humano; Infraestructura de Seis Sigma; Empleados comprenden Seis Sigma; Seguimiento a proyectos; Seis Sigma con proveedores.

**Hipótesis nula 2:** No existe una relación significativa entre el factor: “La alta dirección se involucra y se compromete”, el cual es el componente que aporta la mayor variabilidad y otros FCE indicados en la literatura que fueron: “Selección de proyectos de Seis Sigma”; “Entrenamiento”; “Seis Sigma se relaciona con los objetivos estratégicos de la empresa”; “Seis Sigma se relaciona con el recurso humano”; “Existe una infraestructura de Seis Sigma en la empresa”; “Los empleados comprenden Seis Sigma”; “Existe un seguimiento de proyectos de Seis Sigma” y “Enlazar Seis Sigma con los proveedores”; en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cuantitativa).

**Hipótesis alternativa 2:** Existe una relación significativa entre la alta dirección se involucra y se compromete, el cual es el componente que aporta la mayor variabilidad y otros FCE indicados en la literatura que fueron: Selección de proyectos de Seis Sigma; Entrenamiento; Seis Sigma se relaciona con los objetivos estratégicos de la empresa; Seis Sigma se relaciona con el recurso humano; Existe una infraestructura de Seis Sigma en la empresa; Los empleados comprenden Seis Sigma; Existe un seguimiento de proyectos de Seis Sigma y enlazar Seis Sigma con los proveedores; en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cuantitativa).

**Hipótesis nula 3:** Las estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma solo se concentran en algunas áreas de producción de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cualitativa).

**Hipótesis alternativa 3:** Las estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma se implantan en todos los departamentos (Finanzas, Materiales, Calidad, Recursos Humanos, Proveedores, etc.) de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cualitativa).

**Hipótesis nula 4:** Los problemas que tiene la alta dirección y los empleados involucrados en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua no se derivan de la falta de recursos y compromiso de la alta dirección (Cualitativa).

**Hipótesis alternativa 4:** Los problemas que tiene la alta dirección y los empleados involucrados en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua se derivan de la falta de recursos y compromiso de la alta dirección (Cualitativa).

**Hipótesis nula 5:** Existe una relación significativa entre las variables: “Uso” y nivel de estadística requerido por las herramientas de calidad de Seis Sigma” (Cuantitativa).

**Hipótesis alternativa 5:** No existe una relación significativa entre las variables nominales: “El uso” y “el nivel de estadística requerido por las herramientas de calidad de Seis Sigma” (Cuantitativa).

:

### **1.5. Objetivo general**

Identificar, evaluar y proponer los FCE más importantes para la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales, productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez Chihuahua; Determinar cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma; Identificar los problemas a los que se enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma y por ultimo evaluar si existe una relación significativa entre “el uso” y “el nivel de estadística requerido por las herramientas de Seis Sigma” en las empresas productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.

1.5.1. Objetivos cualitativos y cuantitativos específicos.

**1.5.1.1** Identificar los Factores Críticos de Éxito para la implantación de Seis Sigma (Cualitativo).

**1.5.1.2** Evaluar y proponer los Factores Críticos de Éxito más importantes en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua (Cuantitativo).

**1.5.1.3** Determinar cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cualitativo).

**1.5.1.4** Identificar los problemas a los que se enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma a sus procesos productivos en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua (Cualitativo).

**1.5.1.5** Evaluar si existe una relación significativa entre “el uso” que dan los empleados y “el nivel de estadística requerido en la aplicación de las herramientas de calidad de Seis Sigma” en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua (Cuantitativo).

Tabla 3. Matriz de congruencia 1.

Problema	Preguntas	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis central
<p>No existe un consenso, en la literatura, sobre cuáles son los FCE a considerar para implantar Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes de la industria automotriz en Cd. Juárez, Chihuahua, ya que el único estudio sobre el sector automotriz relacionado al tema se realizó en India (Rajeshkumar y Rajendra, 2011) y los FCE considerados no coinciden con estudios realizados en otros sectores.</p>	<p>¿Cuáles son los FCE que intervienen en la implantación de Seis Sigma?</p>	<p>Identificar, evaluar y proponer los FCE más importantes para la implantación de Seis Sigma;</p> <p>Determinar cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma;</p>	<p>Identificar los FCE para la implantación de Seis Sigma.</p> <p>Evaluar y proponer los FCE más importantes en la implantación de Seis Sigma.</p>	<p>Seis Sigma no se ha implantado por parte de la alta dirección como una estrategia de la empresa ya que requiere un alcance intenso a la mejora de la calidad de los procesos y de una comprensión profunda de las herramientas de calidad para realizar proyectos y contar con una estructura organizacional para su lanzamiento y sustento a largo plazo en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua por lo que dificulta su difusión e implantación.</p>
	<p>¿De qué forma se puede evaluar y proponer los FCE más importantes en la implantación de Seis Sigma?</p>	<p>Identificar los problemas a los que se enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma y por ultimo evaluar si existe una relación significativa entre “el uso” y “el nivel de estadística requerido por las herramientas de Seis Sigma” en las empresa productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.</p>	<p>Determinar cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma.</p> <p>Identificar los problemas a los que se enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma.</p>	
	<p>¿Cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma?</p>	<p>Identificar los problemas a los que se enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma?</p>	<p>Evaluar si existe una relación significativa entre “el uso” y “el nivel de estadística requerido por las herramientas de Seis Sigma” en las empresa productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.</p>	
	<p>¿Cuál es la relación entre “el uso” y “nivel de estadística requerido por las herramientas de Seis Sigma”</p>			

Fuente: Elaboración propia.

## 1.6. Diseño de la investigación

La investigación se guió por la pregunta ¿Cómo determinar, evaluar y proponer FCE para implantar Seis Sigma, que permitan reducir la variación de los procesos productivos a través del uso de herramientas de calidad de Seis Sigma de las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua?

Se planeó una investigación mixta: cualitativa y cuantitativa para lograr una perspectiva más amplia del fenómeno, permitir una mejor exploración y explotación de los datos. La investigación se llevó a cabo en dos etapas.

En la primera se realizó investigación cualitativa basada en entrevistas a profundidad a cinco expertos. Se preguntó sobre los FCE que intervinieron en la implantación de Seis Sigma; Las estrategias que la gerencia utilizó para lanzar la implantación de Seis Sigma y describir los problemas que enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma en sus procesos productivos. Esta primera etapa cualitativa tuvo el objetivo de lograr información y comprensión del fenómeno, durante el proceso de entrevistas a profundidad con expertos, la forma de estas entrevistas fue flexible y no estructurada.

Los resultados de esta etapa fueron útiles para construir una segunda fase cuantitativa basada en la aplicación de una encuesta mediante cuestionario que nos sirvió para comprobar la hipótesis central, examinar las relaciones y aceptar o rechazar las hipótesis estadísticas específicas. La investigación fue no experimental, descriptiva, cuantitativa, correlacional y transversal (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), donde se evaluaron y propusieron los FCE más importantes en la implantación de Seis Sigma y se demostró una relación significativa entre el uso y nivel de estadística de las herramientas

de calidad de Seis Sigma, en una muestra no probabilística de veintiséis empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.

## **1.7. Población**

### 1.7.1. Lista maestra de población.

En la primera etapa de la investigación, en su parte cualitativa, consistió en entrevistas a profundidad de cinco expertos a quienes se entrevistó para conocer de primera mano el estado del arte del Seis Sigma en Ciudad Juárez, Chihuahua. Esta información junto con la revisión de la literatura permitió estructurar el cuestionario aplicado en la encuesta que se llevó a cabo en la segunda parte de la investigación.

Para la segunda etapa de la investigación, la parte cuantitativa, se aplicó una encuesta y se consideró para el marco muestral a las empresas de autopartes listadas en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) que se encuentran dentro de la siguiente clasificación:

#### Fabricación de motores y sus partes para vehículos automotrices

- Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos automotores
- Fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices
- Fabricación de partes de sistemas frenos para vehículos automotrices
- Fabricación de partes de sistemas de transmisión para vehículos automotores
- Fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores
- Fabricación de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices
- Fabricación de otras partes para vehículos automotrices

En total se encuentran registradas ochenta y dos unidades económicas de empresas que fabrican otras partes para vehículos automotrices en Cd. Juárez, Chihuahua, estas empresas son pequeñas, medianas y grandes (INEGI, 2014). Delimitando esta búsqueda para esta investigación, se excluyeron las empresas de tamaño pequeño, dado que no cuentan con los recursos ni la infraestructura para implantar Seis Sigma. La lista de la población se redujo a cincuenta y un empresas de tamaño mediana y grande.

Tabla 4. Lista de población empresas medianas y grandes encontradas en el DENU, INEGI, 2014

Ítem	Empresa	Parque Industrial	Dirección / Contacto - Descripción
01	Adac-Strattec	Aztecas	C. Julio Hernández No. 7939. 630-31-53
02	ALCOA Fujikura de México S de RL de CV	Bermúdez	Calle Fresnel SN. Parque Ind. Bermúdez. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
03	Arneses de Juárez Planta II S de RL de CV	Bermúdez	Av. Fresnel No. 7650 Parque Ind. Bermúdez. 625-1740. <a href="http://www.pkcgroup.com">www.pkcgroup.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
04	Autopartes y Arneses de México S.A. de C.V. (AAMSA)	Juárez Gema Fernández	Calle Magneto 950 Yazaki. <a href="mailto:Luiscarlos.renteria@yuzaki.com">Luiscarlos.renteria@yuzaki.com</a> . <i>Autopartes y arneses</i>
06	Cadimex S.A. de C.V.	Fuera de parque	Av. Henequén 1269. 624-7881.
07	Capsonic SA de CV	Fuera de parque	Av. Hermanos Escobar 6551. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
08	Closures Interiors S de CV	Fuera de parque	Privada 5756. Colonia Fovissste Chamizal. Fabricación de otras partes.
09	Coclisa S.A. de C.V.	Omega	Av. del Charro 1751. 627-0045 <a href="http://www.visteon.com">www.visteon.com</a>
10	Compuspar México Borderland S de RL de CV	Salvarcar	Av. Búfalo 451. Parque industrial Salvarcar. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
11	Columbus Industries México S de R.L. de C.V.	Verde Independencia	Blvd. Independencia 2159. 649-0500
12	Conductores Tecnológicos de Juárez, S.A de C.V. (Contec)	Aztecas	Parque Industrial Aztecas 1550. <a href="http://www.sesus.com">www.sesus.com</a> . Sumitomo Electric Wiring Systems, Inc. 6298600.
13	Conductores Tecnológicos de Juárez SA de CV (Contec JMC)	Juárez	Blvd. Cañón de Urique Poniente 7550. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
10	Continental Automotive Guadalajara México, S.A. de C.V.	Juárez Gema Fernández	Calle Luis Bleriot 6720. 6298200. <a href="http://www.conti-online.com">www.conti-online.com</a>
11	CTDI	Aero Juárez	Edificio sin número. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.



12	Cummins Juárez S.A. de C.V.	Rio Bravo	Bldv. Juan Pablo II. 1951. 146 3200. <a href="http://www.cummins.com">www.cummins.com</a>
13	D&R Technology Operaciones de México S de R.L. de C.V.	Aero Juárez	Av. Aero Juárez 1 No. 7850. 2574250 Ext. 4011. <a href="http://www.D&amp;Rtechnology.com">www.D&amp;Rtechnology.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
13	Delmex de Juárez	Intermex	Calle Intermex 1681. 6294800. Fabricación de otras partes
14	Delphi Sistemas Eléctricos y Conmutadores	Bermúdez	Av. De las industrias 1230. Elia.judith.villegas. <a href="mailto:antelo@Delphi.com">antelo@Delphi.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
15	Delphi Automotive Systems S.A. de C.V. (MTC)	Fuera de parque	Av. Hermanos Escobar 5756. Col Fovisste Chamizal. 6297100.
16	Delphi Connection Systems México S de R.L. de C.V.	Fuera de parque	Valle del cedro 1230. 6295800. <a href="http://www.delphi.com">www.delphi.com</a>
17	Eagle Ottawa S.A. de C.V.	Bermúdez	Av. Cesáreo Santos 6551. 6290936. <a href="http://www.eagleottawa.com">www.eagleottawa.com</a> . Fabricación de asientos y accesorios interiores.
18	Ediasa Planta 1	Fuera de parque	Bldv. Oscar Flores Sánchez. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
19	Ediasa Planta 3	Fuera de parque	C. Libramiento aeropuerto 8351. Col. Puente Alto. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
20	Ediasa Planta 4	Fuera de parque	C. Puerto de Palos 1080. Col. Patria. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
21	EPI de México S de R.L. de C.V.	Fuera de parque	Bldv. Independencia 1450. 6820728. <a href="http://www.epitech.com">www.epitech.com</a> .
22	Empresa Tani Kasei México S.A. de C.V.	Rio Bravo	Carretera Juárez Porvenir 8126. 6483525. <a href="http://www.induspac.com">www.induspac.com</a> .
23	Filtertek de México S.A. de C.V.	Bermúdez	C. Faraday 8231. 6250535. <a href="http://www.itw.com">www.itw.com</a>
24	Furukawa Wiring Systems México	Fuera de parque	Av. Reforma 1104. 6800500
25	FXI de Juárez S.A. de C.V.	Bermúdez	Fulton 880. 6886100. <a href="http://www.fxi.com">www.fxi.com</a>
26	GENASCO SA de CV	Fuentes	Bldv. Tomas Fernández 7450. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
	Global Harness Systems de México S de RL de CV	Bermúdez	C. Ohm 8550. Parque Industrial Bermúdez. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
22	Hopkins Manufacturing de México S de R.L. de C.V.	Fernández	Calle Oliver Cromwell 2810. 6100906 y 60 <a href="http://www.hopkinsmfg.com">www.hopkinsmfg.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
23	Instrumentos Stewart Warner de México S.A. de C.V. (maximatecc)	Zaragoza	Calle Neptuno 1917, Col. Satélite. 6870905/06. <a href="http://www.maximatecc.com">www.maximatecc.com</a>
24	Intermex Manufactura	Aero Juárez	Edificio sin número. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
25	Key Safety Systems de México S de R.L. de C.V.	Juárez Gema Fernández	Chamizal 7825.6862659. <a href="http://www.keysafetyinc.com">www.keysafetyinc.com</a> . Fabricación de otras partes.

26	Lear Aztecas	Los Aztecas	Av. Ponciano Arriaga 7930. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
27	Lear Electrichal Systems de México S de RL de CV	Omega	C. Sigma 6325. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
28	Lear centro de ingeniería	Omega	C. Rafael Pérez Serna 6325. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
29	Lear Planta la Cuesta	Fuera de parque	Av. Tecnológico 5176. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
30	Lear Corporation San Lorenzo	Fuera de parque	Av. San Lorenzo 250. Tel. 6290921
31	Lear Planta las Fuentes	Fuera de parque	C. Valentín Fuentes 1190. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
32	Lear Planta Rio Bravo	Rio Bravo	Av. Enrico Fermi 1181. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
33	Lear Planta San Lorenzo	Fuera de parque	Av. Tecnológico 250. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
34	Lear Planta Victoria	Fuera de parque	C. Sabo 9750. Fabricación de asientos y accesorios interiores.
35	Leggett & Platt Automotive Group	Fuera de parque	Pimenteros 5435.23301 al 70.
36	Luvata Juárez S de R.L. de C.V.	Aero Juárez	Enrique Pinocelli 8775. 6490430 <a href="http://www.luvata.com">www.luvata.com</a>
37	Morse Automotive Corporation México S de R.L. de C.V.	Gema	C. Magneto 2035. Parque Industrial Gema. Fabricación de partes de sistemas de frenos
29	NAPS Juárez, S. de R.L. de C.V.	Aztecas	Av. Parque Industrial Aztecas 7940. 6236270. <a href="http://www.naps.com.mx">www.naps.com.mx</a>
30	Nexteer Automotive	Rio Bravo	Av. Principal S/N, Col. Zaragoza 32700. 6885600. <a href="http://www.nexteer.com">www.nexteer.com</a> .
31	Nichirin Coupler TEC México SA de CV	Panamericano	Av. Tecnológico 9835. Parque industrial panamericano. Fabricación de otras partes.
32	Nidec Motors & Actuators México S. de R.L. de C.V.	Bermúdez	Bermúdez 1335. Tel. 6293800. <a href="http://www.nidec-motor.com">www.nidec-motor.com</a>
33	PEDSA Planta 1	Juárez	C. Gradma 4250. Parque Industrial Juárez. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
34	Rio Bravo eléctrico IV	Omega	Av. Rafael Pérez Serna 525. Parque Industrial Omega. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
35	Rio Bravo Eléctrico V	Bermúdez	C. Fresnel 8525. Parque Industrial Bermúdez. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
36	Rio Bravo Eléctricos IX	Fuera de parque	Av. Tecnológico y Juan Kepler no. 6915. Fracc. El Marquis. 6884410. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
37	Rio Bravo eléctrico XX	Fuera de parque	C. Tapioca 9411. Col. Infonavit Ampliación aeropuerto. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
38	Robert Bosch	Fuera de parque	Pról. Hermanos Escobar 6965. Fracc. Vista del Sol Tel. 6882300. <a href="http://bzo.bosch.com">http://bzo.bosch.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.

39	Saturn Electronic de Juárez SA de CV	Fuera de parque	C. Omega 1825. <a href="mailto:Mortega@saturnee.com">Mortega@saturnee.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
40	Sistemas Eléctricos y Conmutadores S.A. de C.V. (Delphi)	Bermúdez	Av. Antonio J. Bermúdez 1230. Tel. 6492800. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
41	Strattec de México	Juárez Gema Fernández	Calle Auxiliar 1 No.512. Parque Ind. Gema 6303154. <a href="http://www.strattec.com">www.strattec.com</a> .
42	Subensambles Internacionales S.A. de C.V. (Federal Mogul)	Omega	Prolongación Hermanos Escobar 7151-C. 6270754.
43	Tecnología de Iluminación Automotriz S.A. de C.V. (Automotive Lighting)	Fuera de parque	Av. del Charro 1750. 6922300. <a href="http://www.automotivelighting.com">www.automotivelighting.com</a> . Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
44	TED de México S.A. de C.V. (Stoneridge)	Bermúdez	Calle Antonio J. Bermúdez 950. Tel. 6880650. <a href="http://www.stoneridge.com">www.stoneridge.com</a>
45	Útil de México S. de R.L. de C.V.	Fuera de parque	Santiago Troncoso 941. Tel. 2520926. <a href="http://www.utilgroup.com">www.utilgroup.com</a> . Fabricación de partes de sistemas de frenos
46	VALEO	Bermúdez	Antonio Bermúdez 1335. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.
47	VISTEON	Fuera de parque	Av. Del Charro 1751. Fracc. La Playa. Fabricación de otras partes.
48	VISTEON OMEGA	Fuera de parque	Av. Del Charro 1425. Fabricación de otras partes.
49	Wayne Wire Air Bag Componentes S de RL de CV	Las Américas	c. 2164. Parque Industrial las Américas. <a href="mailto:Mluna@waynewire.com">Mluna@waynewire.com</a> . Fabricación de otras partes.
50	Subensambles Internacionales SA de CV	Omega	Av. Hermanos Escobar 7151C. <a href="http://www.federalmogul.com">www.federalmogul.com</a> Fabricación de otras partes.
51	Tecnología de iluminación automotriz SA de CV	Fuera de parque	Av. del Charro 1750. Col. Partido Escobedo. Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes.

Fuente: DENUE, INEGI, 2014.

### 1.7.2. Componentes de la población

Los componentes de la población para la encuesta (segunda etapa, cuantitativa) fueron:

- **Elementos o unidad de análisis:** Hombres y mujeres que trabajan en empresas maquiladoras de exportación productoras de autopartes de la industria automotriz ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua. Las personas entrevistadas tienen experiencia en implantar el programa de Seis Sigma, o son responsables del proceso y

empleados en las áreas de: ingeniería, calidad, producción y administrativas, en puestos gerenciales o nivel administrativo. Se incluyen en los participantes a Master Black Belts, Black Belts y Green Belts, así como a personas con un nivel de escolaridad de preparatoria, licenciatura y/o posgrado.

- **Unidad de muestra:** Veintiséis empresas multinacionales, medianas y grandes, productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua
- **Extensión:** Zona fronteriza del norte de México, específicamente Ciudad Juárez, Chihuahua.
- **Tiempo:** Enero-diciembre 2014.
- La lista de la población, contó con 51 empresas de tamaño mediana y grande, de las cuales solo se logró contar con la respuesta de veintiséis empresas y cien cuestionarios representando un 50.98% de la población. La muestra se formó por conveniencia ya que este dependió del acceso a las mismas.

•  
Tabla 5. Ficha técnica del trabajo de campo

---

Población total	51 empresas, lista de la población del Directorio AMAC 2014 y DENUE del INEGI.
Muestra	26 empresas (Tamaño mediano y grande)
Procedimiento de muestreo	Muestreo por conveniencia
Método de recolección de datos	Encuesta realizada cara a cara por medio de un cuestionario

---

- Elaboración propia.

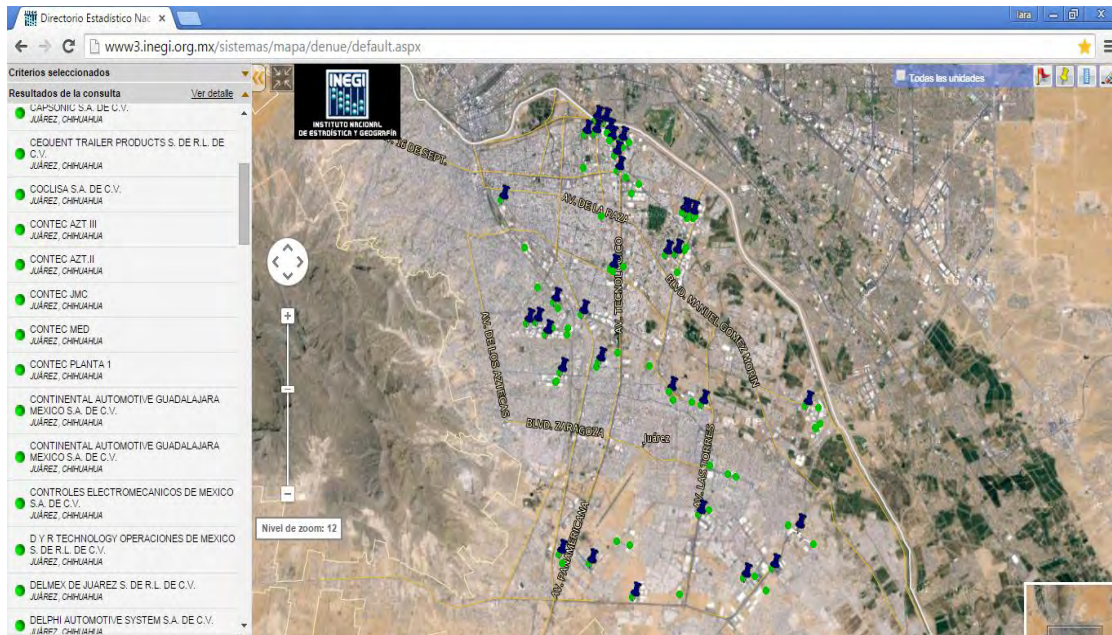
## 1.8. Muestreo y diseño muestral

Para ambas etapas de la investigación, el tipo de muestreo fue no probabilístico dado que el acceso a las empresas es complicado si no se cuenta con alguna instancia que respalde la entrada o algún contacto interno que la facilite.

En el caso de la primera etapa de la investigación, los cinco expertos participantes formaron parte de la red de contactos de las empresas de autopartes que tiene la autora de esta investigación, por su experiencia laboral previa en este tipo de empresas.

En la segunda etapa, del total de las cincuenta y un empresas de autopartes medianas y grandes identificadas en el directorio INEGI, se entrevistaron a veintiséis empresas. En la siguiente figura, se muestra con punto color azul las empresas que participaron en la investigación de campo y el punto color verde son el resto de las empresas de la población de empresas productoras de autopartes de Cd. Juárez, Chihuahua.

Figura 1. Muestra de empresas de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.



Fuente: INEGI, 2014.

El acceso a las empresas de autopartes se obtuvo mediante el Departamento de Vinculación de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (UTCJ) dado que la autora de esta investigación, labora en esta universidad y tiene funciones de asesora de tesis. Se pidió al Departamento de Vinculación de la UTCJ que utilizando información y contactos de la estada de alumnos, indicaron el nombre de la empresa multinacional productora de autopartes de la localidad, la dirección, el nombre del asesor de la empresa del alumno su correo y teléfono. Ya contando con los contactos de las empresas, se realizaron citas por medio de teléfono y correo electrónico.

La Estadía, es el período que el estudiante permanecerá en una empresa, mediante la celebración de un convenio celebrado con la UTCJ, acorde al programa educativo correspondiente en el último cuatrimestre de su carrera y que forma parte del plan de estudios, desarrollando un proyecto, con el fin de que adquieran la práctica suficiente en las áreas de especialidad y de esta forma, facilitarle la incorporación al sector productivo.

El diseño muestral para la segunda etapa de la investigación al igual que el tamaño de la muestra fue no probabilístico y por conveniencia. Esto se debe a que no se tenían estudiantes colocados en cada una de las cincuenta y un empresas<sup>2</sup> de la lista de la población y no logramos el acceso.

---

<sup>2</sup> Algunas empresas se encuentran alejadas de la UTCJ y los estudiantes no tienen automóvil propio por lo que escogen empresas que se encuentren cerca del lugar donde viven o donde estudian.

## 1.9. Proceso para construir el instrumento de medición.

### 1.9.1. Redefiniciones fundamentales.

Primera etapa. Debido que son escasos los estudios realizados en México sobre los FCE para la implantación Seis Sigma en la industria automotriz, especialmente en la industria de autopartes, se realizó un análisis exploratorio, entrevistas a profundidad con expertos. Las entrevistas contaron con preguntas abiertas y no estructuradas para que los participantes pudieran dar detalle de su experiencia. Se realizaron entrevistas aplicadas a cinco expertos, de esta forma, se resolvieron dudas acerca del significado de una pregunta o corregir una pregunta mal entendida. Se les pidió que evaluaran si todos los ítems en la escala eran relevantes y que midiera el concepto. Al realizar la entrevista cara a cara, se realizaron preguntas abiertas y se solicitó a los entrevistados que den su respuesta con sus propias palabras. Se realizaron las siguientes preguntas: En su opinión, ¿cuáles son los FCE en la implantación de Seis Sigma?, ¿cuáles son las estrategias que la empresa utilizó para implantar Seis Sigma? y ¿cuáles fueron los problemas que tuvieron al implantar Seis Sigma?

A partir de una lista de herramientas de calidad se les pidió a los entrevistados que marcaran: ¿Cuáles son las herramientas de calidad de Seis Sigma que su empresa utiliza?

### 1.9.2. Información que se obtiene de revisar la literatura.

Se realizó una tabla de frecuencia relativa en base a la revisión de literatura para determinar los FCE para la implantación de Seis Sigma. Este paso sirvió para detectar las variables que se encontraron en estudios anteriores.

### 1.9.3. Identificación del dominio de las variables a medir y sus indicadores.

Se identificaron los componentes y dimensiones que teóricamente integran cada una de las variables.

La construcción del instrumento de medición se realizó durante la segunda etapa, las variables de la investigación no se modificaron, fue en las empresas de autopartes donde se recabaron los datos, se realizaron las citas y el cuestionario se aplicó personalmente para contestar cualquier pregunta. Se utilizó una escala Likert de tipo intervalo (Ej. 1=No lo utilizó a 5= Muy utilizado), este tipo de escala tiene la ventaja que fue fácil de construir y los participantes la comprendieron, además permitió colocar los objetos en jerarquía para que la distancia numérica en la escala representa valores iguales en la característica que se mide. Por lo que todas las técnicas y medidas de tendencia central aplican (Malhotra, 2004).

#### 1.9.4. Operacionalización de las variables.

Para adecuar en el contexto de esta investigación, a continuación se muestran la operacionalización de las variables, los indicadores, el ítem o valor y las principales referencias bibliográficas que se utilizaron para diseñar el instrumento de medición, el cuestionario.

Tabla 6. Definición operacional.

Variable	Indicadores	Ítems	Referencias
Información general empresa	No. empleados	Sección A del cuestionario	(Malhotra, 2004)
	Puesto	Opción múltiple	(Hernández, Fernández, y Baptista, 2006)
	Edad	-50 a más de 500 empleados	
	Educación	-Distintos puestos	
	Género	-18 a más de 60 años	
	No. proyectos Seis Sigma	-Secundaria a maestría	
	No. años con Seis Sigma	Hombre o mujer	
	El tipo de productos de fabricación de las empresas de autopartes que implantan Seis Sigma	Opción múltiple:	
		-0 proyectos SS a más de 30 en un año	
		-0 años con SS a más de 20 años	
		Selección de productos:	
		-Motores de gasolina y sus partes	(Directorio Estadístico Nacional de Unidades Economicas, 2014)
		-Equipo eléctrico y electrónico y sus partes	
		-Partes de sistemas de dirección y de suspensión	
		-Asientos y accesorios interiores	
		-Piezas metálicas troqueladas	
		-Otras partes	
	Selección de proyectos de Seis Sigma	Estadística descriptiva	
	Compromiso de la alta dirección	Sección B del cuestionario	



FCE	<p>Entrenamiento</p> <p>Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa</p> <p>Relacionar Seis Sigma con el Recurso Humano</p> <p>Infraestructura de la organización</p> <p>Comprensión de Seis Sigma</p> <p>Seguimiento a los proyectos de Seis Sigma</p> <p>Enlazar Seis Sigma con los proveedores</p>	<p>Relación entre el compromiso de la alta dirección y el resto de los FCE.</p> <p>Escala Likert intervalo 1= No se toma en cuenta a 5=Indispensable.</p> <p>Análisis de Factores</p>	<p>(Nel, 2014)</p> <p>(Williams, Brown, y Onsmann, 2012)</p> <p>(Field, 2005) (Deshmukh y Lakhe, 09)</p>
Estrategias y procesos que se aplican al implantar Seis Sigma	<p>Lanzamiento oficial</p> <p>Historias de éxito</p> <p>Áreas piloto</p> <p>Implantar Seis Sigma en calidad, materiales y producción</p> <p>Implantar Seis Sigma en finanzas, recursos humanos, proveedores</p> <p>Mejoramiento continuo</p> <p>Empleados entienden Seis Sigma</p>	<p>Sección C del cuestionario.</p> <p>Las estrategias y procesos que aplican al implantar Seis Sigma. Escala de Likert tipo intervalo 1= Definitivamente no a 5= Definitivamente sí.</p> <p>Estadísticas descriptivas.</p>	<p>(Antony, Kumar, y Labib, 2008)</p> <p>(Alsmadi, Lehany, &amp; Khan, 2012)</p>
Problemas al implantar Seis Sigma	<p>Recursos financieros</p> <p>Black Belt en Seis Sigma</p> <p>Compromiso de la alta dirección</p> <p>Empleados comprometidos</p> <p>Alta dirección determina los proyectos de Seis Sigma</p> <p>Tiempo para que los empleados trabajen en Seis Sigma</p> <p>Monitoreo de proyectos de Seis Sigma</p> <p>Políticas de calidad y mejora continua</p> <p>Comité ejecutivo nivel corporativo</p> <p>Experto externo</p> <p>Involucramiento de alta dirección</p> <p>Conocimiento de las necesidades de los clientes</p> <p>Empleados valorados y retribuidos por ahorros</p>	<p>Sección D del cuestionario.</p> <p>Problemas que la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma a sus procesos productivos o de servicio.</p> <p>Escala de Likert tipo intervalo 1= Definitivamente no a 5=Definitivamente sí.</p> <p>Estadísticas descriptivas.</p>	<p>(Black y McGlashan, 2004)</p> <p>(Breyfogle, Cupello, y Meadows, 2001)</p>
Herramientas de control de calidad	<p>SIPOC</p> <p>Diagrama Flujo</p> <p>Crítico para la calidad</p> <p>Matriz Causa y efecto</p> <p>Análisis de fallas potenciales en el proceso</p> <p>Histograma</p> <p>Diagrama de Causa y efecto</p> <p>Diagrama de Pareto</p> <p>Capacidad proceso</p> <p>G R y R</p> <p>Prueba de Normalidad</p> <p>Diseño de Experimentos</p> <p>Control Estadístico del Proceso</p> <p>Regresión</p> <p>Correlación</p> <p>ANOVA</p> <p>Prueba de Hipótesis</p> <p>Solución de Problemas</p> <p>Dispositivos a prueba de error</p> <p>Simulación</p> <p>Estandarización</p> <p>Espacio abierto</p>	<p>Sección E del cuestionario.</p> <p>Herramientas de control de calidad la empresa utiliza.</p> <p>Escala de Likert tipo intervalo 1=No lo utilizo a 5= Muy utilizado.</p> <p>Chi al cuadrado</p>	<p>(Goh, 1999)</p> <p>(Asif Khan, 2011)</p> <p>(Raisinghani, Ette, Pierce, Cannon, y Daripaly, 2005)</p>
Opinión sobre implantación de Seis Sigma		Sección F del cuestionario	
Elaboración propia			

### 1.9.5. Niveles de medición.

El nivel de medición nominal. Es el nivel donde existen dos o más categorías del ítem o de la variable. Las categorías no tienen orden ni jerarquía (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

Los niveles de medición variaron de acuerdo a las categorías

Sección del cuestionario	Rango de nivel de medición
A. Información general de la empresa	
a. ¿Cuál es el número de empleados que tiene su empresa?	6
b. ¿Cuál es el puesto que tiene en su empresa?	8
c. ¿Qué edad tiene?	3
d. ¿Cuál es su educación formal?	5
e. ¿Cuál es su género?	1
f. ¿Cuál es el número de proyectos implantados de Seis Sigma en la empresa al finalizar un año?	4
g. ¿Cuántos años tiene su empresa aplicando programa de Seis Sigma?	5
h. ¿Qué tipo de productos produce su empresa?	6
B. Factores Críticos de Éxito	21
C. Estrategias y procesos para implantar Seis Sigma	5
D. Problemas que se enfrenta la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma a sus procesos productivos o de servicio.	13
E. Herramientas de calidad que su empresa utiliza	21

Elaboración propia.

### 1.9.6. Construcción del instrumento.

#### 1.9.6.1. Preguntas abiertas

Las preguntas abiertas no delimitan las alternativas de respuesta, proporcionan información más amplia y son útiles cuando no se cuenta con suficiente información sobre las posibles respuestas de las personas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En el cuestionario las preguntas abiertas fueron: ¿Cuál es el nombre de la empresa donde labora?; ¿Cuál el puesto que tiene en su empresa?; y ¿Cuál es su opinión que tiene acerca de la forma de implantar Seis Sigma en la industria de autopartes?

### 1.9.6.2. Preguntas cerradas

Las preguntas cerradas contienen opciones de respuesta que fueron previamente delimitadas, por ejemplo: ¿Cuál es el número de empleados que tiene su empresa?

- a. 50-100
- b. 100-150
- c. 150-200
- d. 250-300
- e. 350-400
- f. 450-500
- g. 500+

Tabla 7. Preguntas cerradas del cuestionario

Sección del cuestionario	No. de preguntas cerradas
E. Información general de la empresa	9
F. Factores Críticos de Éxito	22
G. Estrategias y procesos para implantar Seis Sigma	6
H. Problemas que se enfrenta la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma a sus procesos productivos o de servicio.	14
E. Herramientas de calidad que su empresa utiliza	22

Elaboración propia.

La validez del cuestionario propuesto se llevó a cabo de acuerdo con el coeficiente Alfa de Cronbach. Este es un modelo de consistencia interna, basado en el promedio de las correlaciones entre los ítems. Entre las ventajas de esta medida se encuentra la posibilidad de evaluar cuanto mejoraría o empeoraría la fiabilidad de la prueba si se excluyera un determinado ítem (Cronbach, 1951). Ninguno de los casos fue excluido. El valor alfa varía entre los valores 0 y 1. En esta investigación el resultado del alfa de Cronbach fue de 0.978 considerado un número alto cercano al 1. Se utilizaron sesenta y nueve elementos del cuestionario.

### 1.9.7. Prueba piloto

El proceso para planear, estructurar y redactar el instrumento de medición inició formulando el contenido y tipo de las preguntas basado en la opinión de expertos y de la

revisión de la literatura. Se diseñaron las preguntas de forma clara, organizada, evitando que se repitieran. Se formularon las preguntas del cuestionario de acuerdo a cada uno de los objetivos específicos.

Se administró el instrumento a una pequeña muestra para probar su pertinencia y eficacia, incluyendo las instrucciones y asegurando la confiabilidad de los datos a los participantes.

#### 1.9.8. Elaboración de la versión final del instrumento y su aplicación

La versión final del instrumento de medición se encuentra en el Anexo B. Se imprimieron el número de cuestionarios necesarios, de acuerdo a cada una de las participantes que se programaron durante el período enero a diciembre de 2014.

#### 1.9.9. Entrenamiento del personal que va a administrar el instrumento

No hubo necesidad de entrenar a ninguna persona, ya que el cuestionario se administró de forma personal, teniendo la oportunidad de contestar cualquier pregunta que tuvieran.

#### 1.9.10. Obtener autorizaciones para aplicar el instrumento.

Los cuestionarios se mandaron primero por correo electrónico a las personas que contacte de las empresas de autopartes, ya cuando contaban con el permiso de sus jefes directos me daban una cita y la autora de esta investigación acudía a sus empresas.

#### 1.9.11. Administración del instrumento.

La administración del instrumento de medición algunas veces se realizó en las salas de recepción de las empresas o en los cubículos de sus áreas de trabajo.

#### 1.9.12. Preparación de los datos del análisis.

Se procedió a codificar el cuestionario

Los datos del cuestionario se capturaron (en la medida que se iban respondiendo), en la base de datos del software SPSS versión 20.

#### 1.9.13. Análisis.

Por medio del SPSS se realizó el análisis estadístico. En este software, se analizaron los resultados del cuestionario, se establecieron correlaciones y se analizaron los datos.

### **1.10. Recursos y limitaciones**

#### 1.10.1. Recursos

- Cinco expertos con amplia experiencia en Seis Sigma que trabajan en la industria autopartes.
- Directorios: Directorio del Departamento de Vinculación de las empresas multinacionales productoras de autopartes de la UTCJ.
  - Directorio de Estadístico Nacional de Unidades Ecoómicas, 2014).
- Libros sobre Diseño de cuestionarios: (Brace, 2010 y Malhotra, 2004).
- Libros de Estadística para administración y economía, Estadística inferencial y Estadística para las ciencias sociales: (Stevenson, 1981; Field, 2005 y Ferris, 2008).
- Censos económicos (Censo Económico del 2009 del INEGI e
- Tesis Doctorales sobre Factores Críticos en diversos sectores de la industria en Baja California y en Cd. Juárez, Chihuahua (Tlapa, 2013 y Coronel, 2012 ).
- Bases de datos de bibliotecas digitales de la UNAM, UACJ y UTCJ algunos ejemplos: E-Book; Redalyc; ProQuest; EbscoHost; IEEE.

- Libros especializados sobre la industria automotriz: (Freysenet y Boyer, 2000; Womack y Jones, 1996)
- Revista de Negocios sobre la Industria Automotriz (ProMéxico, 2014).
- Monografías: (Economía, 2012)
- Software: SPSS version 20; Microsoft Office 2010.
- Computadora, impresora y teléfono.

#### 1.10.2 Limitaciones

El tiempo para realizar el estudio de campo estuvo limitado a los meses de enero a diciembre del año 2014.

El acceso a las empresas de autopartes estuvo restringido por lo que los resultados no son extensivos a toda la población de empresas de autopartes de Ciudad Juárez. Chihuahua.

“Un sistema debe crear algo de valor, en otras palabras, resultados. La administración del sistema requiere conocimiento de las interrelaciones de todos los componentes dentro del mismo y de la gente que trabajan en él.”  
W. Edward Deming

## Capítulo 2. Administración de la calidad

A continuación se presentan los antecedentes históricos que enmarcan este estudio y que sirven de base para el análisis de sus resultados. Aunque los sistemas de administración de calidad se han desarrollado por más de un siglo, es necesario revisar su crecimiento y difusión.

La administración de la calidad como ahora la conocemos, ha evolucionado desde hace más de un siglo a partir de un conjunto de ideas hacia una estructura que comprende todos los aspectos para administrar la calidad en una empresa (Bisgaard y Isenberg, 2007). La evolución que han experimentado los sistemas de la administración de la calidad, es desde una orientación basada en el producto, hacia sistemas de gestión más preventivos y alineados con la estrategia de la empresa, convirtiéndose, al menos desde planteamientos teóricos, en una nueva forma de administración empresarial, que permite mejorar la satisfacción de los clientes, de los empleados, de los proveedores y de la sociedad en general (Marín, 2009). Las primeras contribuciones empiezan antes de la Primera Guerra Mundial. Por ejemplo, la industria textil jugó un rol principal en las ideas relacionadas a la calidad durante la Revolución Industrial. Sin embargo, la publicación del libro por el Doctor Walter Shewhart titulado: *El Control Económico de la Calidad de un Producto Manufacturado*, es el que marcó el principio de la administración de la calidad basada en la estadística.

Durante los años 1920's, se reconoció que los principios estadísticos eran necesarios para guiar el desarrollo y la evaluación de los procedimientos de muestreo. También se

reconoció que la variación aleatoria era necesaria y debía tomarse en cuenta para el monitoreo y control de los procesos de producción. Mucho de los primeros trabajos estadísticos se realizaron en la Compañía de Teléfonos Bell. A Shewart se le acredita por haber inventado la Gráfica de Control en 1924 y H.F. Dodge y H.G. Roming desarrollaron la teoría de aceptación del muestreo. Después de haberse graduado como ingeniero eléctrico, Joseph M. Juran en 1924 asumió un puesto en el departamento de inspección de la Compañía Western Electric, la división de producción del sistema de la empresa Bell, responsable para producir las comunicaciones del hardware.

Aunque Shewart se enfocó principalmente en cuestiones estadísticas relevantes al control de la calidad, también discutió sobre cuestiones de administración. Sin embargo, su énfasis de administración era en la forma de organizar y administrar la función de inspección. El primer libro de Juran, *La Administración de la Inspección y el Control de la Calidad*, publicado en 1945, después que dejó la empresa Western Electric para irse a trabajar como consultor, tenía un enfoque similar.

En 1935, la oficina Británica de Normas (British Standards) edita su norma “Control Charts”, aplicación de los métodos estadísticos para la normalización industrial, con base en los métodos y técnicas desarrollados por el doctor Shewhart. Algunas de las pocas cosas buenas que dejó la Segunda Guerra Mundial fue la aplicación y desarrollo de las técnicas y métodos de control de calidad, como la edición en 1942 de la Norma Británica BS 1009 “War Emergency Quality Control”.

Según diferentes autores en 1946 y otros en 1947 se funda en Londres, Inglaterra, la International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Normalización), llamada por costumbre por sus siglas ISO. Se trata de una federación



universal fundada para promover el desarrollo de las normas internacionales y actividades relacionadas que incluye la valoración de conformidad para facilitar el intercambio de bienes y servicio a nivel mundial. La ISO está constituida por cuerpos miembro de más de noventa países. El cuerpo miembro de los Estados Unidos es la American National Standards Institute (ANSI); en México es la Dirección General de Normas (DGN).

En 1950 se edita en Estados Unidos la norma militar MIL-STD-105 Sampling Inspection Tables for Attributes, desarrollada por Harry G. Roaming y Harold F. Dodge, que no se publica comercialmente hasta 1959 (González, 1998). El Doctor W. Edward Deming y el Doctor Joseph M. Juran fueron invitados a consultar a la industria japonesa para la implantación del control de calidad. Ambos se habían frustrado ante la falta de efectividad del control de calidad cuando, la alta dirección solo exhibía un interés superficial en la administración de la calidad y los sistemas se basaban principalmente en la inspección. Ambos llegaron a la conclusión que para que fuera efectivo el control de calidad, los esfuerzos deberían contar con un liderazgo fuerte por parte de la alta dirección y debería incluir actividades hacia encontrar y eliminar las causas raíces por la mala calidad, no solamente la inspección pasiva. En los años 1950 ambos se convencieron que un sistema comprensivo para administrar la calidad era crítico. El enfoque de Deming fue principalmente filosófico y estratégico. Su principal contribución ha sido el educar a la alta gerencia en el rol estratégico crítico que juega la calidad en una economía competitiva. El trabajo de Deming coloca el escenario para iniciar los esfuerzos de calidad en una empresa como esencial. Sin embargo, su literatura no es muy específica en cómo ésta debe ser implantada y organizada en una empresa. Juran en contraste, también menciona las situaciones estratégicas, pero fue más específico y desarrolló guías prácticas comprensivas

y detalladas para el desarrollo e implantación de un sistema de administración de la calidad. Sus ideas evolucionaron a través del tiempo, pero sus conceptos fueron evidentes en su primera edición de su manual de calidad.

Las enseñanzas de Deming y de Juran a los ejecutivos japoneses, administradores e ingenieros fueron mutuas. Ambos trajeron muchas buenas ideas. Los japoneses, al haber aplicado lo que aprendieron y que vieron que funcionaba, lo mejoraron. Varios industriales, académicos e ingenieros japoneses tales como: K. Ishikawa, S. Toyoda, T. Ohno, S. Mizuno, H. Kume, N. Kano y G. Taguchi han realizado contribuciones valiosas al cuerpo del conocimiento (Bisgaard e Isenberg, 2007).

Tabla 8. Evolución de la calidad.

Año	Autor	Evento
1800	Sakichi Toyoda	Estudio de la operación y el mantenimiento de las máquinas de los telares utilizadas en la industria textil
1920	Schewart	Cambio de inspección final a control de calidad.
1930	Tahichi Ohno	Estudio de los procesos de producción y las técnicas de administración en la Planta Americana de Ford Rouge
1945	Edward Deming y Eiji Toyoda	En Japón empezaron el TPS , mejora de la calidad
1950	Eiji Toyoda	El Sistema de Producción Toyota
	Deming y Homer Sarahnson (MIT)	Mejorando la calidad reduce gastos mientras aumenta productividad y el mercado eliminando desperdicio.
1955	Henry Ford	Línea de montaje, estandarización, producción en masa
1960	Gobierno de E. U.	Demanda de nivel de calidad basado en técnicas estadísticas de los proveedores de autopartes MIL STD 105A
1980	Bill Smith	Motorola Seis Sigma centrada en la reducción de la variación de procesos para disminuir defectos
1982	Toyota	NBC presentó "Si Japón puede, ¿porque nosotros no?"
1992	Toyota	Toyota forma una empresa con General Motors
		Centro de apoyo a proveedores de Toyota

Fuente: Hoyle, 2005.

“La calidad es gratis. Para obtener calidad se deben pagar a los inspectores de calidad para detectar errores”.  
Philip Crosby

## **2.1. Administración de la calidad**

La verdadera razón por la cual queremos lograr una calidad superior es por la economía de las empresas. En términos de económicos, la calidad es importante porque da una ventaja competitiva y medible, tangible en beneficios económicos en términos de reducción de costos, aumento en la satisfacción de los clientes y mejora la rentabilidad. Mejorando la calidad del diseño de los productos disminuirá el costo de producir un producto o un servicio. También permitirá a la empresa cobrar un alto precio y puede aumentar el volumen de ventas. El mejorar la entrega y reducir el número de errores reduce de forma dramática los costos, y a largo plazo mejora la reputación de la empresa en el mercado (Bisgaard e Isenberg, 2007).

La Administración Total de la Calidad es un alcance de administración que originó en los 1950's y ha llegado ser más popular desde los principios de los 1980's. Hasta los años 1970's, las funciones de control y aseguramiento de la calidad actuaban como policías, inspeccionaban el producto al final de la producción (Kumar y Gupta, 1993). La Administración Total es una descripción de la cultura, las actitudes y la organización de una empresa que se esfuerza para proveer a sus clientes con productos y servicios que satisfagan sus necesidades y ayuda a las empresas lograr sus objetivos (Abbaszadeh, Ebrahimi, Jamali y 2010). La cultura requiere calidad en todos los aspectos de las operaciones de la empresa, con los procesos que se realicen bien a la primera vez y que los defectos y el desperdicio sean erradicados de sus operaciones. La Administración Total de la Calidad (ATC) es un método por el cual la administración y los empleados pueden ser involucrados en la mejora continua de la producción de bienes y servicios (Isac, 2010). Es

una estrategia para implementar y administrar las actividades de mejora en una empresa, empezó en la década de los 80's, impulsado por Deming, Juran y otros (Montgomery y Wodall, 2008).

El medio ambiente dinámico y las cambiantes preferencias de los clientes, han hecho a la ATC una filosofía esencial de administración para que las empresas se mantengan competitivas. Esta filosofía se caracteriza por la transformación cultural e integral de toda la empresa, por una incesante búsqueda para la perfección un enfoque en los clientes internos y externos y una ventaja competitiva sustentable (Asif Khan, 2011). La ATC se ha convertido en una principal estrategia de administración de las empresas y ha sido implantada en todo el mundo (Jamali, Ebrahimi y Abbaszadeh, 2010).

Este concepto fue propuesto por el Doctor Edward Deming en 1940 pero empezó a ser utilizado en 1985 con los principios Americanos que han funcionado en la industria Japonesa: Enfoque en mejorar los procesos continuamente, para que sean repetitivos y medibles. Enfoque en analizar y eliminar defectos no deseados de los procesos de producción y considerar como los usuarios de los productos utilizan los productos para poder mejorarlos (Milosan, 2011).

Los aspectos esenciales de la ATC se pueden dividir principalmente en dos vertientes: el que contiene métodos estadísticos, herramientas y evaluaciones de desempeño. Y que se centra en el enfoque al cliente, el liderazgo, entrenamiento, trabajo en equipo y en la cultura organizacional (Oui, 2012).

Si la alta dirección era responsables del mejoramiento del sistema, entonces los administradores y los trabajadores deberán hablar en el mismo lenguaje y el uso de la “Estadística” es el nuevo lenguaje a través del cual las conversaciones ocurrían. Estos

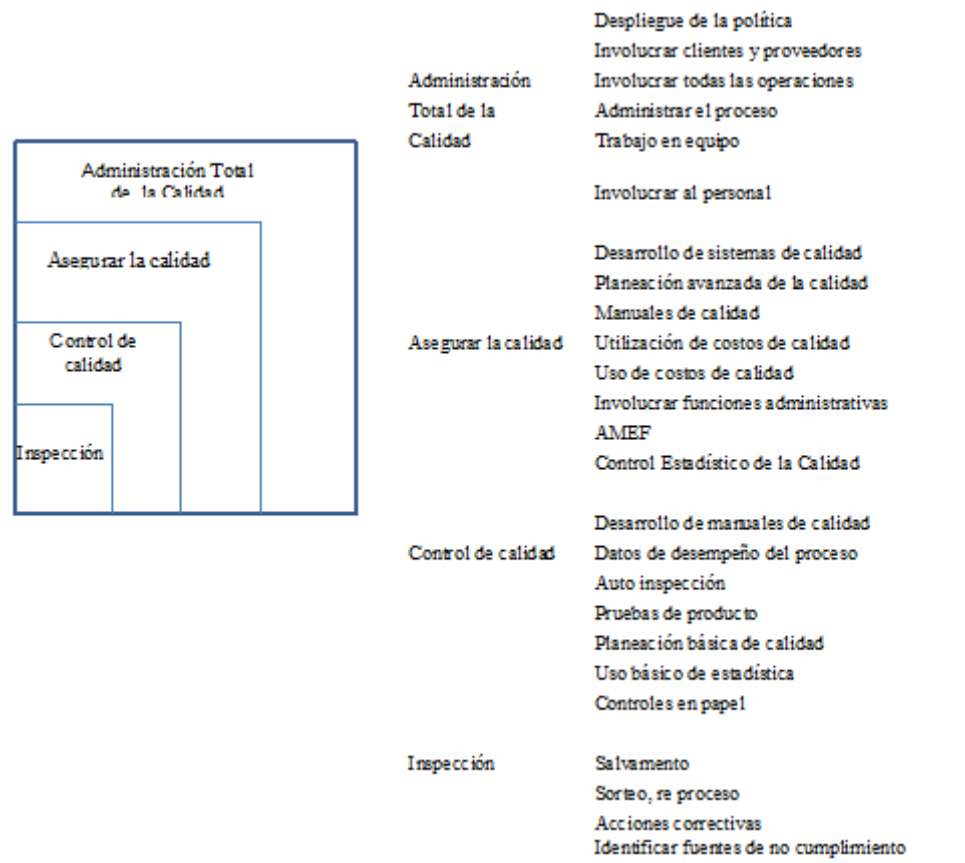
nuevos conceptos fueron ideales que rompieron con lo establecido y cuestionaban la sabiduría convencional de manufactura y especialmente la administración científica. Estaban en conflicto con las prácticas de administración establecidas. Se construyeron sobre mecanismos holísticos. Y estos conceptos requieren de optimizar el sistema en su totalidad no solamente mejorar los sub sistemas más pequeños (Narasimhan y Kannan, 2011).

La calidad se define como la satisfacción del cliente en cuanto a características físicas del producto, costo, entrega y seguridad, toma en cuenta al cliente, tanto al externo como al interno y al nivel de todos los procesos de la empresa. Ishikawa, Imai, Deming, Feigenbaum, Juran y Crosby afirman que el concepto de calidad, no solamente enfoca el aspecto tecnológico, sino que es un asunto de interés estratégico que involucra toda la organización, contempla al cliente y a la mejora continua (Martínez, 2009).

Las herramientas de calidad juegan un rol importante en la mejora de la calidad de los procesos y los productos (Liang, 2010). Estas herramientas se han agrupado en función de distintos criterios. Así la agrupación conocida como “Las siete herramientas de control de calidad” propuesta por Ishikawa en 1985 fue la primera y la más popular, aunque no la única. Greene en 1993 llega a describir hasta 98 herramientas que agrupa en función de los objetivos que las empresas se marcan (Heras, Marimon y Casadesús, 2009).

Dale en el año 2003, las define como aquellas herramientas que se utilizan para resumir, coleccionar datos, identificar relaciones, descubrir y entender un problema, implantar una acción y eliminar causas. En la Figura 3, se muestra la división de la evolución de la administración de calidad en cuatro etapas. Las etapas son: inspección, control de calidad, asegurar la calidad y ATC.

Figura 2. La evolución de la Administración de la Calidad.



Fuente: Dale, 2003.

En Europa las organizaciones implicadas en la llamada “cultura de la calidad” han optado por dos grandes paradigmas de referencia, concretamente el de la norma ISO 9001:2000 y el modelo de autoevaluación de la European Foundation for Quality Management, EFQM (por sus siglas en inglés) (Heras, Marimon y Casadesús, 2009).

## **2.2. Antecedentes de las normas de calidad**

El departamento de defensa de los Estados Unidos, estableció un programa de administración de calidad designado MIL-Q-9858. Cuatro años más tarde, se revisó y actualizó y se le llamó MIL-Q-9858<sup>a</sup>. Este programa literalmente obligaba a los proveedores del Departamento de Defensa, a establecer un sistema de calidad con sectores definidos de inspección de entrada, inspección de proceso e inspección final con la supervisión y auditoría del mismo.

En 1969, la Organización del Tratado del Atlántico Norte, adoptó el MIL-Q-9858A como norma y como una publicación de aseguramiento de la calidad de los aliados (Allied Quality Assurance Program, designada AQAP-1).

En 1979 el BSI (British Standard Institute) desarrolló su primera norma de sistemas de calidad para guiar a las compañías que deseaban establecer un sistema de calidad. Esta norma fue escrita en términos muy generales y no era mandataria como las normas militares y la norma BS5750, que adoptó el Ministerio de Defensa Británico (González, 1998).

## **2.3. Historia de las series ISO**

Fue en 1979, cuando la Organización de Estándares Internacionales estableció el comité técnico fue dirigido por el doctor D. Richard Freund, quien había sido presidente de la Sociedad Americana para el Control de Calidad y director corporativo de la Corporación Eastman Kodak, Tal comité tenía como tarea desarrollar normas de ISO 9000, en esencia, adoptando la mayoría de los conceptos de BS5750. El ISO TC/176 realiza su labor a través de grupos de trabajo y subcomités. La familia de los estándares ISO 9000 mejora los sistemas y los hace más predecibles, más eficientes y más efectivos, optimiza

el desempeño a través de toda la organización de las partes para lograr un producto con calidad (Hoyle, 2005).

Siete años después de la fundación del TC/176 en junio de 1986, ISO TC/176 emitió la norma internacional ISO 8402:1986 Quality Vocabulary, donde se describen y definen 22 términos relacionados con la calidad y los sistemas de calidad. El doctor Freund recomendaba que se estudiara primeramente dicha norma antes de abordar las normas de la Serie de Normas Internacionales ISO 9000.

#### 2.3.1. 1987.

ISO 9000:1987 Normas de Administración de Calidad y Aseguramiento de Calidad

ISO 9001:1987 Sistemas de Calidad - Modelo para aseguramiento de la calidad en Diseño y desarrollo, producción, instalación y servicio

ISO 9002:1987 Sistemas de calidad – Modelo para aseguramiento de la calidad en producción e instalación.

ISO 9003:1987 Sistemas de calidad – Modelo para aseguramiento de la calidad en inspección final y prueba.

ISO 9004:1987 Administración de la calidad, elementos del sistema de calidad

En Estados Unidos, en noviembre de 1989 se establece el Registrar Accreditation Board en Milwaukee, WI, administradores por la ANSI y la ASQC. A partir de 1990, estas normas han sido editadas y publicadas por el ISO TC 176 y han sido revisadas:

#### 2.3.2. junio 1994.

ISO 8404:1994 Administración de calidad y aseguramiento de calidad – vocabulario.

ISO 9000-1:1994 Normas de administración de calidad y aseguramiento de calidad – lineamientos para selección y uso.



ISO 9001:1994 Sistemas de calidad – Modelo para aseguramiento de la calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

ISO 9002:1994 Sistemas de calidad – Modelo para aseguramiento de la calidad en producción, instalación y servicio.

ISO 9003:1994 Sistemas de calidad – Modelo para aseguramiento de la calidad en inspección final y prueba.

ISO 9004-1:1994 Administración de calidad y elementos del sistema de calidad lineamientos (González, 1998).

### 2.3.3. Noviembre 2008.

ISO 9001: 2008 Versión actual.

Tabla 9. Evolución de la Sociedad Americana de Calidad.

Año	Producto	Evento
1943	Primer pizarrón para administrar la calidad de la producción	Primera Guerra Mundial
1944	periódico <i>Industrial Quality Control</i>	Lanzamiento de la sociedad de ingenieros del control de la calidad en Búfalo, NY
1946	Se forma la Sociedad Americana del Control de la Calidad (American Society of Quality Control)	Primer movimiento de Control de la Calidad en el centro de EU
1949	La revista <i>Fortune</i> publica “ El control estadístico de la calidad es uno de las herramientas de la administración más útiles para el desarrollo de este siglo”	Los miembros ascienden a 2500
1954		La división de química se formó
1955		Se formaron las divisiones de: automotriz, electrónica y aplicaciones administrativas
1956		Se forman las divisiones de aeronáutica y misiles
1959	Debut del Journal <i>Technometrics</i>	
1960		Se forma la división de alimentos
1965	Primer congreso internacional del control de calidad	Se establece la Academia internacional de calidad
1967	Primer premio en honor a Joseph M. Juran	
1968	Se crean las revistas: <i>Industrial Quality Control</i> , <i>Quality Progress</i> y <i>el Journal of Quality Technology</i>	Se realiza el primer examen para certificar a los ingenieros de calidad, 225 candidatos en 14 localidades
1970		Se ofrece la certificación para los técnicos de calidad

1971		Se forma el Comité para la seguridad del producto y su confiabilidad
1972		Se incluye la división biomédica
1974		Se forma la división nuclear
1979		Se forma la división de estadística
1981	Primera medalla Lancaster en honor a A.V. Feigenbaum	
1984		Certificación se ofrece a los inspectores mecánicos
1985	ASQ publica libros	Más de 50,000 miembros
1987	El premio nacional de calidad Malcolm Baldrige se establece	Familia de los estándares internacionales ISO 9000 debuta
1990		Divisiones de servicio al cliente, proveedores y servicio médico inician
1991		Servicios industriales, medición de la calidad y auditorías de calidad se forman
1993	Quality Management Journal	
1995	Primera página de internet de la ASQC	Certificación para gerentes de calidad
1996	ISO 14000 estándares para la administración del medio ambiente	
2000	ASQ y la organización europea de la calidad firman acuerdo	
2001	Inicia la revista <i>Six Sigma Forum</i>	Se ofrece certificación para Seis Sigma Black Belts
2002		División automotriz y el Automotive Industry Action Group colaboran en el uso de estándares de ISO 9000 en área del cuidado a la salud
2004	La revista <i>Quarterly Quality Report</i> debuta	
2005	ASQ celebra su 60 aniversario	Inicia certificación para Seis Sigma Green Belt

Fuente: Spichiger, 2006.

## 2.4. Calidad para proveedores de la industria automotriz americana

La primera edición de los requerimientos de sistema de calidad QS-9000 para los proveedores de la industria automotriz, se publica en agosto de 1994 en Detroit, Estados Unidos. Los tres más grandes fabricantes de automóviles en Estados Unidos, Chrysler, Ford y General Motors, así como los fabricantes de camiones pesados Freightliner Corporation, Mack Trucks, Inc., Navistar International Transportation Corp. PACCAR Inc., Volvo, GM Heavy Truck Corporation formaron el Automotive Industry Action

Group, AIAG (Grupo de acción de la industria automotriz) así como el Task Supplier Council Advisory (Fuerza de tarea del consejo asesor de proveedores), en relación con la ISO.

En agosto de 1995 el Departamento de Defensa de Estados Unidos sustituye las normas MIL-Q-9858<sup>a</sup> por las normas internacionales ISO 9000, que en estados se identifican con la serie Q 9000. En febrero de 1996, AIAG desarrolla los requerimientos TE-9000 Tools and Equipment 9000, obligatorios para los proveedores de herramientas y equipos en la industria automotriz.

El 16 de abril de 1996, la Supplier Quality Requirements Task Force de Chrysler, Ford y General Motors emitió el siguiente comunicado respecto al tema TE-9000:

“Estimado proveedor:

Chrysler, Ford y General Motors reconocen que los requerimientos del sistema de calidad para los proveedores de herramientas y equipo difieren de los requisitos de los fabricantes de partes de producción. Como tal, nosotros hemos trabajado sobre un suplemento QS-9000 que estipulara aquellos únicos requisitos del sistema de calidad para equipos y herramientas. Nuestros esfuerzos hasta ahora incluyen un documento adjunto de los requisitos de los sistemas de calidad, para herramienta y equipo. Para facilitar un lanzamiento exitoso de este programa estamos incluyendo las siguientes iniciativas: Chrysler, Ford y GM tienen una línea directa con los proveedores para ayudar a contestar preguntas relacionadas con herramientas y equipo y suministrar contenido claro y apropiado.

Sistema simplificado de orden para suministrar disponibilidad, puntualidad y conveniencia de QS-9000 y de los materiales, herramientas y equipo.

El suplemento He QS-9000 de herramienta y equipo será visto como una guía voluntaria para los proveedores de herramientas y equipo para Chrysler, Ford y General Motors; sin embargo, su cumplimiento es muy recomendado. La especificación relacionada de este programa será cubierto por cada compañía, según sea apropiado.

Como siempre, su ayuda y comprensión son apreciadas, continuamos nuestros esfuerzos para finalizar este suplemento y las demás iniciativas. Creemos que este programa es otro esfuerzo de colaboración benéfica y buscaremos compartir el producto de nuestro esfuerzo con ustedes”.

Firmaban Tomas T. Stalkamp, Carlos E. Mazzorin y Harold R. Kutner, altos ejecutivos de las tres compañías.

En 1964, la compañía Ford empezó a auditar a sus proveedores de acuerdo a su estándar Q101 y General Motors empezó a auditar a sus proveedores utilizando su Reporte de evaluación y desempeño de Proveedores, Chrysler siguió a sus contrapartes.

En 1980, mientras que Japón ganó mercados en el mercado americano con productos de calidad superior. Las tres grandes industrias automotrices desarrollaron sus programas de calidad de proveedores: Ford con su Premio Q1, General Motors utilizó Metas para la Excelencia y Chrysler el Premio Peritastar. Realizaron esto en un esfuerzo conjunto para ganar a los clientes que habían perdido y presionaron al grupo AIAG (Automotive Industry Action Group) para que armonizara todos estos distintos alcances mientras estaban intentando resolver el mismo problema: mejorar la calidad de los automóviles.

Durante 1988 los presidentes de compras y cadena de suministros de Chrysler, Ford y GM pidieron a la Supplier Quality Requirements Task Force que estandarizaran manuales de referencia para todos sus proveedores, los cuales resultaron en cinco manuales.

Joe Vigo, gerente del área 2 de Ford menciona: “En el pasado, la calidad era una garantía, así se medía, si no se rompía, tenías buena calidad.” Algunas empresas solían pensar que la calidad debía cumplir con lo especificado en la garantía, pero ahora la mayoría piensa que es el cliente el que decide qué es y qué no es.

Ford ha ido aumentando los medibles en el control de calidad para aumentar la calidad en sus automóviles. En 1993, Joe Vigo ganó el premio de líder de calidad otorgado por la Sociedad Americana del Control de Calidad o ASQC (por sus siglas en inglés). Vigo formó un rol importante en el desarrollo del Plan del Control Dimensional o Dimensional Control Plan (DCP) de Ford, por el cual ha cambiado el concepto del control de calidad en la empresa.

Cuando implementaron el PDC se logró el setenta y cinco por ciento de las metas de calidad. Se dieron cuenta que necesitaban involucrar a toda la fuerza de trabajo para alcanzar al cien por ciento de sus metas. Después que esto se corrigió, PDC llegó a ser todo un éxito. Vigo y Ford siguieron mejorando la calidad, y se involucraron en desarrollar el programa sobre el Sistema Operativo de la Calidad (McElroy, 1993).

Por su parte, General Motors (GM) integró la Red de la Calidad para controlar la calidad en sus automóviles. Ésta se desarrolló y se implementó de forma simultánea en toda la empresa. Juntaron a grupos de trabajadores que trabajaban en un vehículo en particular, en lugar de formar equipos de trabajo multifuncionales. GM también utiliza auditorías de planta internas para medir la calidad. La evaluación del cliente orientado al automóvil o Customer Oriented Vehicle Evaluation, COVE, (por sus siglas en inglés) se conduce al menos una vez al mes en sus plantas ensambladoras. Las auditorías se realizan sin previo aviso y de forma aleatoria. El equipo examina los autos de la misma forma que un cliente lo haría y recolectan datos mediante los cuestionarios a los clientes, con estos encuentran la confiabilidad de las características más importantes. Las auditorías se actualizan de forma regular e intentan modificarse con los requisitos señalados por los clientes (Brooke, 1990).

En 1994 se publicó QS 9000 por primera vez, aunque no fue intención aplicarlo a las plantas de diseño y ensamble de Chrysler, Ford y GM.

En 1998 se publicó la tercera edición del QS-9000 (Hoyle, 2005).

## **2.5. La contribución alemana**

En el año de 1991, la Verband der Automobilindustrie e V. (VDA) publico VDA 6.1 “Auditoria del sistema de calidad” el cual es un cuestionario para evaluar el sistema de la calidad basado en ISO 9004. Es una serie de guías que indica los requerimientos necesarios para realizar auditorías de calidad a los proveedores de la industria automotriz. VDA 6.1 no incorpora los requerimientos de ISO 9001 (Hoyle, 2005).

## **2.6. La contribución italiana**

En 1994 la Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche (ANFIA), publico: “ANFIA evaluación de los sistemas de calidad – guías para su uso”. Era una lista de verificación y una guía de uso, las preguntas se derivaron de la ISO 9001:1994 y para cada pregunta había guías de la interpretación que eran específicas a la industria automotriz.

En el año 1995, la AVSQ contaba con su tercera edición y era reconocida como el equivalente a VDA 6.1 y la certificación EAQF '94 (Hoyle, 2005).

## **2.7. La contribución francesa**

En 1990, PSA, Peugeot, Citroen y Renault publicaron el aseguramiento de la calidad de los proveedores con el título: “Référentielle d'Évaluation d'Aptitude Qualité

Fournisseurs (EAQF). Resumía los requisitos de ISO 9001 sección 4 pero con VDA 6.1 y AVBQ, los requerimientos de la ISO 9001 no se incorporaron (Hoyle, 2005).

Para el año 1996, la IATF se estableció, con representantes de los productores de vehículos y las asociaciones de intercambio de los Estados Unidos y Europa los cuales incluyen:

Fiat, ANFIA e IVECO de Italia

FIEV, PSA, Peugeot-Citroen y Renault de Francia

VDA, Adam Opel, Audi, BMW, Daimler-Benz, Werke y VW de Alemania

AIAG, Daimler Chrysler, Ford y GM de Estados Unidos

SMMT del Reino Unido

Estas naciones junto con los representantes de ISO/TC176 desarrollaron el estándar que sería el ISO/TS16949 (Gonzalez, 1998).

“Mediante tres métodos se puede aprender ser sabio: primero por medio de la reflexión, el cual es la más noble, segunda por medio de la imitación, la cual es la más fácil y tercero, por medio de la experiencia la cual es la más amarga”.  
Confucio

## **Capítulo 3. Seis Sigma**

### **3.1. Filosofía Seis Sigma**

Motorola introdujo el concepto de Seis Sigma el cual incluye la calidad en todos los aspectos de la empresa: productos y servicios, manufactura y de servicios. Combina los siguientes ingredientes: a) Enfoque hacia el cliente; b) Métricos de calidad uniforme y común para todas las áreas de la empresa; c) Incrementos de mejora para todas las áreas medidas en una escala; d) Metas dirigidas con incentivos para administradores y empleados y; e) Entrenamiento coordinado para el logro de estas metas (Kumar y Gupta, 1993).

La filosofía de administración Seis Sigma se construyó bajo el concepto de que “todo es un proceso”, cada proceso tiene proveedores y clientes. Es una visión, filosofía y un compromiso. Es una dirección para que todos la sigan y refleja la forma de ser de la empresa. Seis Sigma representa el compromiso hacia los clientes y asegura los resultados con cada oportunidad de alcanzar las expectativas de los clientes. Cada proceso tiene formas de desperdicio y variación, es por eso que debe ser medido para establecer un punto de partida al cual la mejora futura se puede cuantificar (Lynch, 2006).

### **3.2. Desarrollo histórico de Seis Sigma**

#### **3.2.1. Años 1970`s.**

Hasta los años 1970`s, la administración de la calidad y el control de la calidad funcionaban como policías; inspeccionaban el producto después de haberlo producido en alto volumen. Las empresas como Motorola, se dieron cuenta que para poder competir con



empresas japonesas en la calidad de sus productos y en costo con empresas del Este, tendrían que pensar la función del control de la calidad. Necesitaban más que un policía, también necesitaban de personal con experiencia, bien entrenado y que, en base a su experiencia, pudieran producir y optimizar los procesos, eliminando o minimizando defectos y de forma continua mejorar la satisfacción de los clientes (Kumar y Gupta, 1993).

A principios de la década de 1970, la empresa Motorola se había establecido como el líder mundial en productos de comunicación inalámbrica y peleaba con Texas Instruments e Intel por el primer lugar en ventas de semiconductores. En 1974, cinco de los ocho principales fabricantes de semiconductores eran estadounidenses y tres eran europeos; pero la competencia en el mercado de semiconductores se tornó feroz, rápidamente. Solo 5 años después en 1979, dos de los ocho principales fabricantes de chips eran japoneses y comenzaron a erosionar el liderazgo de Motorola en el mercado de paging en EU. Estas dificultades fueron previstas en 1973, cuando Motorola, encontrándose incapaz de competir en el mercado de productos de consumo, vendió su división electrónica de consumo a una compañía japonesa. El reto para el futuro de la compañía estaba claro en el horizonte, sin embargo, la mayoría de los líderes más antiguos de Motorola ignoraron las señales de advertencia.

En 1979, bajo el liderazgo del Presidente de Motorola Bob Galvin, se desarrolló un equipo de trabajo para renovar y crecer Motorola. Después, Art Sundry, el vicepresidente más antiguo de ventas del grupo más grande de comunicaciones, durante la Junta de Ventas del grupo más grande de comunicaciones, durante La Junta de Directores de mayo de 1979 gritó: “Nuestra calidad apesta” el exabrupto de Sundry fue resultado de una

retroalimentación que recibió de clientes y usuarios de productos de comunicaciones de Motorola (Snee, 2004).

### 3.2.2. Años 1980`s.

Con el equipo de trabajo de Galvin y la investigación de Sundry se creó un plan de cuatro puntos presentaron en 1980 con el ánimo de asegurar el liderazgo global de Motorola:

*Competitividad global.* Asegurar la superioridad de mercado y producto comparando la empresa contra sus competidores globales: diseñar productos para distribución global y romper barreras comerciales que mantenían a los productos de Motorola fuera de Japón y otros mercados internacionales.

*Administración participativa.* Establecer la filosofía tradicional la Administración Total de Calidad para adaptar los principios y metodología de los círculos de calidad a la cultura de Motorola que se compartan las mejores prácticas con todos los empleados.

*Mejora de calidad.* Establecer metas de mejora de calidad de 10 veces en un plazo de cinco años y colocar las metas de mejora de calidad en los paquetes de incentivos de todos los ejecutivos, esta iniciativa sembró la semilla de Seis Sigma.

*Centro de entrenamiento y educación de Motorola.* Creando al precursor de la Universidad Motorola, que actuó sobre el hecho de que los fuertes cambios requeridos en los procesos de calidad y estilos de administración crearían una incompetencia en la fuerza de trabajo, no por falta de inteligencia sino debido a la falta de información que recibían acerca de cómo cumplir los requerimientos del nuevo trabajo.

Galvin selecciono altos ejecutivos para impulsar cada una de estas 4 iniciativas y les pidió reportar sus logros directamente a su oficina. La meta de mejora de calidad 10 veces, obtuvo un cambio significativo en cada unidad de negocio, sin embargo, en esa época los esfuerzos de mejora de calidad estaban enfocados exclusivamente en la función de manufactura, porque la sabiduría tradicional dictaba que la manufactura era el origen de la mayoría de los problemas y tenía la posibilidad de mejorarse.

Los ingenieros de Motorola decidieron que los niveles tradicionales de calidad que eran, medir defectos por miles de oportunidades no proveía suficiente nivel de detección, ellos querían medir defectos por millón de oportunidades. Motorola desarrollo este nuevo estándar y creo la metodología y el cambio cultural necesario. Seis Sigma ayudo a Motorola a ahorrar más de \$16 billones de dólares como resultado de sus esfuerzos.

Este grupo de ingenieros denominado Satisfacción Total del Cliente se creó como un intento de introducir nuevos modelos para atender expectativas de calidad de clientes externos y medir las ganancias de los resultados obtenidos, con el objeto de atraer a los accionistas (Law et al, 2008).

Con esa premisa, la compañía estableció el Instituto Motorola de Manufactura en 1984, bajo la dirección de un antiguo vicepresidente de manufactura Carlton Braun. Este programa de dos semanas para gerentes experimentados de manufactura, enfocado en desarrollar y compartir metas de mejora de calidad. Al retroalimentarse, los primeros grupos de gerentes que completaron el programa, comentaban que la meta de calidad 10 veces nunca podría lograrse si se enfocaba solamente en la función de manufactura. Estaban convencidos de que necesitaban involucrarse todas las funciones y particularmente

la ingeniería de diseño. Estos señalamientos resultaron en mejores cursos y en que el Instituto considerar no solo la manufactura sino todos los aspectos de la administración.

En consecuencia, el instituto renombrado como Instituto Motorola de Administración, representaba todas las funciones de una empresa en cada clase. Servía como catalizador importante para superar los huecos que existían entre las funciones. Las mejoras de calidad junto con las reducciones de costo y tiempos de ciclo, solo se lograrían involucrando a todos los que impactaban o eran impactados por el desarrollo de nuevos productos y servicios de Motorola. Como resultado, clientes y proveedores empezaron a involucrarse en el diseño de la siguiente generación de productos. Esta parte de la historia de Seis Sigma logró que Motorola se diera cuenta a tiempo, que todas las partes de la empresa impactaban en el logro de resultados estratégicos y todos los esfuerzos debían alinearse hacia la mejora de resultados para lograr metas de mejora de calidad y satisfacción del cliente (Barney y McCarthy, 2005).

Al proyecto le llamaron Seis Sigma. Los equipos estaban compuestos de 10 a 12 miembros, liderados por un especialista en Seis Sigma llamado Black Belt o cinta negra. Estos empleados fueron las personas que fueron entrenadas de forma rigurosa en métodos estadísticos y trabajaban en tiempo completo en los proyectos. En cuanto al resto de la estructura de la organización, el personal involucrado participaba con tiempo parcial, dando apoyo a los proyectos (Brady y Allen, 2006; Liu, 2011; Moosa y Sajid 2010; Quinello, 2006 y Treville, 2008).

A Motorola todavía le faltaba un métrico en común para compartir y comparar las iniciativas de mejora, esta deficiencia constituía una importante barrera para alinear toda la organización. Entonces, a finales de 1985, el ingeniero de calidad Bill Smith, frustrado

por el rechazo de sus asociados a sus ideas de medición de calidad, programo una junta con Bob Galvin, quien después de escuchar el punto de vista de Smith, instruyo a Jack Germain, Vicepresidente Corporativo de Calidad, para trabajar con base en las ideas de Smith.

Como resultado, Smith y un equipo de gerentes de calidad crearon un programa de tres días titulado: “Diseño para la manufacturabilidad (DPM), apoyados por Ann Dille, diseñadora de la ya entonces Universidad Motorola. El DPM definió los seis pasos para Seis Sigma, que se convirtió en el primer programa de entrenamiento obligatorio para todo el personal técnico en todo el mundo. Otro Ingeniero de Motorola, Craig Fullerton, desarrollo y enseño la Metodología para Diseño Seis Sigma hoy llamada Design for Six Sigma que se traduce al español Diseño para Seis Sigma (DPSS), por la mayoría de las empresas. La metodología de DPSS se enfocó en diseñar productos ganadores. Ahora alineaba todos los esfuerzos alrededor de un proceso común de medición y las metas impulsaban a los equipos en todo el mundo. El éxito de Seis Sigma llevo a los gerentes de Motorola a fijar metas aún más ambiciosas de aumento de calidad de 10 a 100 veces.

Los participantes en la implantación inicial del programa DPM, consideraron que todas las funciones no solo los empleados técnicos, necesitaban usar la metodología Seis Sigma. Un curso titulado: “Entendiendo Seis Sigma” se dio a todos los empleados no técnicos en todo el mundo y los empleados de Motorola empezaron a utilizar Seis Sigma en todo, desde la medición de defectos en entrenamiento, hasta la efectividad financiera. En este punto, Motorola tuvo dos de los principales componentes de la mejora continua bien colocados. Todos los esfuerzos de mejora de calidad estaban ahora alineados alrededor de los conceptos de Seis Sigma y los empleados fueron movilizados por metas de Seis Sigma y sistemas de recompensa comunes.

Estos esfuerzos resultaron en que Motorola recibió el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige por parte del Gobierno de EU. Bill Smith con el cargo de vicepresidente y administrador senior de control de calidad en el sector de productos móviles se sintió orgulloso del su rol al ganar el prestigioso Premio Nacional Malcolm Baldrige. Este premio llegó en 1988, dos años después que Motorola implemento los principios de Seis Sigma con lo que atrajo la atención de otras grandes líderes de corporaciones de los Estados Unidos como Jack Welch de General Electric o Larry Bossidy de Allied Signal, así como las corporaciones de Texas Instruments, Sony y Polaroid, las cuales también iniciaron la implantación de la metodología de calidad Seis Sigma en sus organizaciones, logrando en corto tiempo incrementos significativos en utilidades y de satisfacción de sus clientes.

### 3.2.3. Años 1990's.

Para 1990, Motorola presionaba para aplicar Seis Sigma en todo lo que hacía, sin embargo, parecía estar estancada en 5.4 Sigma. Bill Wiggenhorn, presidente de la Universidad Motorola, propuso establecer un Instituto de Investigación de Seis Sigma (IISS) para reunir a los ingenieros y estadígrafos líderes, con objeto de encontrar nuevas maneras de acelerar el logro Seis Sigma y más allá. Este instituto se convirtió en una alianza de IBM, Texas Instruments, Kodak entre otros, quienes proveyeron recursos que impulsaron la investigación de nuevas ideas de mejora de calidad. El resultado fue la adopción de nuevas y poderosas herramientas de programas de cómputo (software) necesarias para analizar grandes cantidades de datos generados por los proyectos de Seis Sigma. La base de este trabajo fue encontrar la raíz de los problemas y reducir las fuentes

de variaciones. Otro concepto clave, el de “cinta negra” o Black Belt salió también del IISS.

El trabajo de definición para las cintas negras, creados originalmente como expertos en mejoras y que dirigían a los equipos para asegurar alta probabilidad de éxito. Este trabajo de definición de cinta negra del IISS fue compartido con las compañías como General Electric, empresa que logró la metodología de Seis Sigma. En esta etapa de la evolución de Seis Sigma, Motorola logró exitosamente tres de los cuatro principales componentes del modelo de mejora de negocios que alimentó al que se utiliza actualmente: los conceptos de alinear las metas del negocio con Seis Sigma, movilizar equipos y acelerar la velocidad de los resultados (Antony, Douglas, y Antony, 2007).

Para institucionalizar y acelerar aún más la nueva cultura de mejora, Motorola construyó nuevos procesos de negocios y adoptó un nuevo estándar de aprendizaje. “Aprendizaje de acción” que se convirtió en el modelo para el desarrollo de altos ejecutivos y después el entrenamiento de cinta negra. A los equipos de altos ejecutivos los orientaron para que se enfocaran en temas críticos (Ej. Calidad de desarrollo de programas de cómputo y entrada a mercados emergentes). La Universidad Motorola diseñó y facilitó estas juntas de ejecutivos, durante las cuales los participantes adquirirían nuevos conocimientos acerca de los temas enfocados. El Jefe Ejecutivo Comandante dirigía a los ejecutivos para aplicar el nuevo conocimiento en sus negocios y compartía este aprendizaje de acción con otras empresas.

Este proceso “aprendizaje, acción y retroalimentación”, aceleraba el cambio a una velocidad sin precedentes, incorporándose a las unidades de negocio mediante el desarrollo de equipos de Satisfacción Total del Cliente (STC). Se formaron cientos de equipos a todos

los niveles para atacar problemas en el lugar de trabajo. Estos equipos reunirían a la gente y los recursos necesarios para mejorar la calidad del trabajo en manufactura, ingeniería, recursos humanos, finanzas y todas las demás funciones. Los equipos de STC compartían sus resultados globalmente de manera que el nuevo aprendizaje logrado en algún lugar, pudiera ser duplicado en cualquier otra parte del mundo (Barney y McCarthy, 2005).

Desde su origen a la fecha, Seis Sigma ha evolucionado a un método estándar para organizar la calidad y realizar mejoras en la industria y el servicio en muchas corporaciones y firmas. La primera ola de industrias que la implantaron fueron: Nokia, Sony, IBM, Allied Signal, Polaroid, Texas Instruments y Raytheon. Estas empresas utilizaron Seis Sigma para lograr metas más altas para sus negocios (Liu y Li, 2011). Durante los años 1990, ganó popularidad en las industrias de manufactura como: GE, Sony, Dow Chemicals, Bombardier y GSK. Y en los últimos años, las industrias de servicios, empresas tales como: GE Servicios Médicos, GE Servicios de Capital, Banco J.P. Morgan Chase, American Express, Banco de América, Salud Virtual y Lloyds TBS (Chakrabaty y Tan 2008).

Motorola en 1992 obtuvo 150 veces la reducción de sus defectos en proceso; La división de integración de sistemas de aviones de Raytheon redujo el tiempo de las inspecciones de mantenimiento en un 88%, medido en días. Los negocios de renta de vagones de ferrocarril de GE reportan un 62% de reducción de tiempo de reparación. Allied Signal (Honeywell) en su planta de Carolina del Sur, la capacidad-tiempo de ciclo-inventario y entregas a tiempo mejoraron en un 50% bajaron 50% bajaron 50%, subieron casi al 100%. GE Finanzas reporta ahorros de \$2 Billones en 1999. Motorola Finanzas, ahorros de \$15 Billones en más de 11 años. Du Pont la Planta Yerkes en N.Y. en el año 2000, el departamento de Finanzas tiene ahorros por más de \$25 millones de dólares.



Telefónica de España en 2001 obtuvo ahorros en Finanzas y aumentó en ganancias de \$30 millones de Euros en 10 meses. 3M ha entrenado a más de 30,000 empleados, globalmente más de 11,000 proyectos se han cerrado y más de 12,000 proyectos están en camino (Oke, 2007).

En 1994, Larry Bossidy CEO de Allied Signal, introdujo Seis Sigma como una iniciativa de negocio para “producir resultados de alto nivel, mejorar los procesos y expandir las habilidades y cambiar la cultura de todos los empleados de la organización. Seguido por la implementación de General Electric a principios de 1995. La división dental de 3M ganó el Premio Nacional Malcolm Baldrige y luego adoptó Seis Sigma para mejorar su desempeño aún más. Otras organizaciones como Ford, Honeywell y American Express han adoptado también Seis Sigma para mejorar el desempeño de sus empresas.

Motorola había aprendido que mantener y aun ir más allá de Seis Sigma requería un fuerte liderazgo comprometido con el desarrollo e implantación de procesos: alinear, movilizar, acelerar y gobernar. Estos conceptos facilitan crear nuevas culturas o cambiar las existentes dentro y a través de todas las funciones del negocio. La mejora continua requiere cambio continuo, el cual a su vez requiere aprendizaje continuo. La Universidad Motorola tuvo éxito como catalizadora para el aprendizaje continuo y comprobó que, sin refrescar y poner al día las habilidades, la mejora no es posible. Aprender es el corazón de mejorar continuamente la calidad y otros importantes resultados de las empresas (Barney y McCarthy, 2005).

#### 3.2.4. Última década.

Para el nuevo milenio, Seis Sigma se enfocó a expandirse y no solamente a enfocarse en el cliente, sino en los proveedores también. La corporación DuPont fue de las pioneras

en adoptar el enfoque en la creación de valor de forma importante y global (Harry y Crawford, 2005).

La compañía W.R. Grace y Compañía en su Línea de Productos Davison produce materiales que son utilizados en refinación de petróleo, pintura, plásticos y en refinación de aceite comestible. Esta empresa ubicada en Baltimore, Maryland identifico cuatro proyectos económicamente viables que alcanzaron un ahorro por \$840,000 dólares por año en combustible y \$4.8 millones de kilowatt horas por año en electricidad.

El Departamento de Energía de los Estados Unidos contribuyó \$100,000 del costo del total de \$240,000 dólares para promover proyectos que promuevan mejoras en utilizar de forma eficiente: la energía, la productividad, la competencia global y reducir el desperdicio y las emisiones al medio ambiente de las empresas. La utilización de Seis Sigma puede ser aplicada en distintos sectores de las industrias de manufactura y servicios (ITP, 2003).

En la actualidad, existen muchos libros y artículos en Seis Sigma escritos por consultores pero pocos han sido los artículos publicados en medios académicos (Kumar, Antony, Antony y Madu, 2007; Schroeder, et al., 2008). El programa de Seis Sigma ha sido promovido intensamente en libros (Harry y Schroeder, 2000) y en libros de investigación de operaciones en el ámbito académico (Jacob y Chase, 2008). La Sociedad Americana de Calidad ofrece certificaciones de Seis Sigma, existe una demanda para la certificación de Black Belt, la cual ha venido aumentando desde 2002 (Hallam, Muesel y Flannery, 2010). Las principales corporaciones (Compañía General Electric, 2000) proveen entrenamiento de Seis Sigma y también en internet se publica soluciones Seis Sigma (Chakravorty, 2009).

### 3.3. Metodología Seis Sigma

Las raíces de Seis Sigma como una medición estándar se remontan a Carl Friedrich Gauss (1777-1855) quien introdujo el concepto de la curva normal. Seis Sigma se construye a partir de los principios y prácticas de la Administración Total de la Calidad lo que es nuevo, es su estructura para el mejoramiento. Las estructuras promueven más control y exploración en sus esfuerzos de mejora continua, facilita el compromiso de los líderes de las organizaciones (Schroeder et al., 2007). Seis Sigma como una medición estándar en la variación del producto también se remonta a los años 1920 cuando Walter Shewhart mostro que tres Sigma desde la media es el punto donde el proceso requiere una acción correctiva. Sigma es una letra Griega que indica la desviación estándar de una variable aleatoria y se aplica a la medición del proceso estadístico en las empresas (Goh, 1999).

El concepto de tres Sigma se relaciona a que el proceso mantenga una producción de 99.973% y representa 2,600 partes defectuosas por millón, lo cual era adecuado para la mayoría de las empresas hasta principios de los años 1980 (Cannon, Daripaly, Ette, Pierce y Raisinghan, 2005).

Bajo el programa de calidad de Seis Sigma, el control de la calidad es determinado mediante el desempeño de un producto, midiendo el margen entre los requerimientos de diseño para el producto, sus características, sus partes, sus pasos y su valor actual. A cada paso, se intenta reproducir las características que sean idénticas de una unidad a otra, tomando en cuenta que en cada proceso ocurre variación. La variación es medida en desviaciones estándar con respecto a la media con la variación normal, definida como dispersión del proceso de +/- 3 Sigma de la media. Para lograr esta meta corporativa de Seis Sigma, Motorola estableció un sistema de calidad con revisiones y dio énfasis al uso

de técnicas de Control Estadístico del Proceso para construir una estrategia que trabajara hacia cero defectos (Kumar y Gupta, 1993).

El valor de Seis Sigma sirve como parámetro de comparación común entre compañías iguales o diferentes e inclusive entre los mismos departamentos de una empresa, tan diferentes como: compras, cuentas por cobrar, mantenimiento, ingeniería, producción, recursos humanos, etc. (Arias, Portilla y Castaño, 2008). Es un método organizado y sistematizado para mejora de procesos estratégicos y desarrollo de nuevos productos y servicios que se apoya en métodos estadísticos y científicos para realizar reducciones dramáticas en defectos de los clientes (Antony et al., 2008; Hallam, 2010; Gho, 2010; Linderman, et al 2003; Schroeder et al., 2003; Zailani y Sasthriyar, 2011). Motorola utilizó efectivamente Seis Sigma para expresar su meta de calidad de 3.4 Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO), donde una oportunidad de defecto es una falla del proceso que es crítica para el cliente (Linderman, Schroeder, S. y Choo, 2003).

### **3.4. Índices de capacidad de procesos**

Motorola estableció los índices de capacidad de procesos con doble especificación, para que la variabilidad del proceso sea  $\pm 6$  desviaciones estándar de la media (Breyfogle, Cupello y Meadows, 2001). Los procesos tienen variables de salida o respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de este para una característica de calidad dada, lo cual permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple con las especificaciones).

Si se tiene una característica de calidad de un producto, del tipo valor nominal es mejor, en donde, para considerar que hay calidad las mediciones deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal (N), o al menos tienen que estar con holgura dentro de las especificaciones inferior (EI) y superior (ES).

El índice de capacidad potencial del proceso,  $C_p$  se define:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde  $\sigma$  representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad, como se puede observar, el índice  $C_p$  compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de este:

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Para que el proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice  $C_p$  sea mayor que 1; y si el valor del índice  $C_p$  es menor que uno, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones. Para una mayor precisión en la interpretación de la Tabla 7 se presentan cinco categorías de procesos que dependen del valor del índice  $C_p$  suponiendo que el proceso está centrado. El  $C_p$  debe ser mayor que 1.33 o que sea 1.50, si se quiere contar con un proceso aceptable, pero debe ser mayor o igual que 2.0 si se quiere tener con un proceso de clase mundial (calidad Seis Sigma). En la Tabla 7 se representó el valor del índice en el porcentaje de artículos que no cumplirían especificaciones, así como en la cantidad de partes defectuosas por cada millón producido (PPM).

Tabla 10. Valor del índice  $C_p$  en porcentaje de artículos defectuosos.

Valor del índice $C_p$	Clase o categoría del proceso	Decisión
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p \geq 1.33$	1	Adecuado
$1 < C_p \geq 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto
$0.67 < C_p \geq 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis de proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$0.67 < C_p$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias

Fuente: Gutierrez y De la vara, 2013.

Un aspecto que es necesario destacar es que la característica de calidad se distribuye de manera normal, que el proceso está centrado y es estable y que se conoce la desviación estándar. La violación de alguno de estos supuestos sobre todo los últimos dos, afecta de manera sensible la interpretación de los índices.

Si al analizar el proceso se encuentra que su capacidad para cumplir especificaciones es mala, entonces algunas alternativas de actuación son: mejorar el proceso (centrar y reducir la variación), su control y el sistema de medición, modificar tolerancias o inspeccionar a 100% los productos. Por el contrario, si hay una capacidad excesiva, esta se puede aprovechar por ejemplo a acelerar el proceso y reducir la cantidad de inspección en el mismo (Gutiérrez y De la vara, 2013).

Tabla 11. Índice  $C_p$  en términos de cantidad de piezas malas.

Valor del índice	Proceso con doble especificación (Índice $C_p$ )	
	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón (PPM)
0.2	54.8506	548 506.130
0.3	36.8120	368 120.183
0.4	23.0139	230 139.463
0.5	13.3614	133 614.458
0.6	7.1861	71 860.531
0.7	3.5729	35 728.715
0.8	1.6395	16 395.058
0.9	0.6934	6 934.046

1.0	0.2700	2 699.934
1.1	0.0967	966.965
1.2	0.0318	318.291
1.3	0.0096	96.231
1.4	0.0027	26.078
1.5	0.0007	6.802
1.6	0.0002	1.589
1.7	0.0000	0.340
1.8	0.0000	0.067
1.9	0.0000	0.012
2.0	0.0000	0.002

Fuente: Gutierrez y De la vara, 2013.

### 3.5. Metodología DMAIC

Un punto clave de una campaña Seis Sigma de mejora de la empresa, es lograr los resultados en las utilidades en un marco de tiempo acelerado. Seis Sigma no mide el éxito en horas de cursos de entrenamiento sino en el logro de resultados contra metas preestablecidas en las áreas de mejora de procesos, ganancias financieras, satisfacción de cliente, innovación y crecimiento. Establecer las metas en dichas categorías requiere un entendimiento de los niveles de desempeño actuales como del desempeño deseado (Barney y McCarthy, 2005).

El método Seis Sigma para completar proyectos incluye las fases DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar por sus siglas en Ingles) para mejorar los procesos. Es un acercamiento sistemático, basado en datos (De Feo, 2002; Harry et al., 2010 y Kwak 2006).

#### 3.5.1. Definir.

En esta fase, se da respuesta a las siguientes preguntas: a) ¿Cuál es el problema que se va atender? b) ¿Cuál es la meta y para cuando se debe resolver? c) ¿Quién es el cliente al que el problema va a impactar? d) ¿Cuál es el proceso bajo investigación? (Goh, Tang,

Yam y Yoap, 2006). Se identifican o validan las oportunidades de mejora de la empresa, se definen los requisitos críticos para el cliente, se documenta el proceso y se establece el lanzamiento del proyecto junto con el equipo de trabajo (Montgomery y Woodall, 2008). Se trata de conocer cada proceso, identifica la voz del cliente, el alcance del proyecto y los objetivos. El equipo deber ser cómplice del compromiso de éxito. Herramientas que se utilizan en esta fase son: Gráfica de Pareto, métricos de desempeño del proceso/servicio, diagrama de flujo, características críticas de la calidad, voz del cliente (Flores, Gallardo, Tolamatl y Varela, 2011).

### 3.5.2. Medir.

La fase de medir sirve para validar o redefinir el problema. Es la fase donde se inicia la búsqueda para las posibles causas raíz del problema ya que incluye: a) El alcance del problema, basado en las mediciones del proceso y b) Datos claves que son requeridos para reducir el problema a sus principales factores (Goh, Tang, Yam y Yoap, 2006). Al finalizar la fase de Definir se realiza una junta de revisión donde el equipo del proyecto presenta su trabajo a los gerentes y a los líderes del proceso, también participan el líder del proyecto, los master Black Belts y Black Belts que no están trabajando directamente pero aseguran la evaluación oportuna y continua para proveer guía al uso de las herramientas de calidad y otra información relevante del problema, las revisiones de seguimiento a los proyectos de Seis Sigma se realizan al finalizar cada una y proveen una oportunidad para presentar el avance y al mismo tiempo participa la alta dirección para remover obstáculos que el equipo pueda llegar a tener. Se procede con la fase de Medir donde se determina que

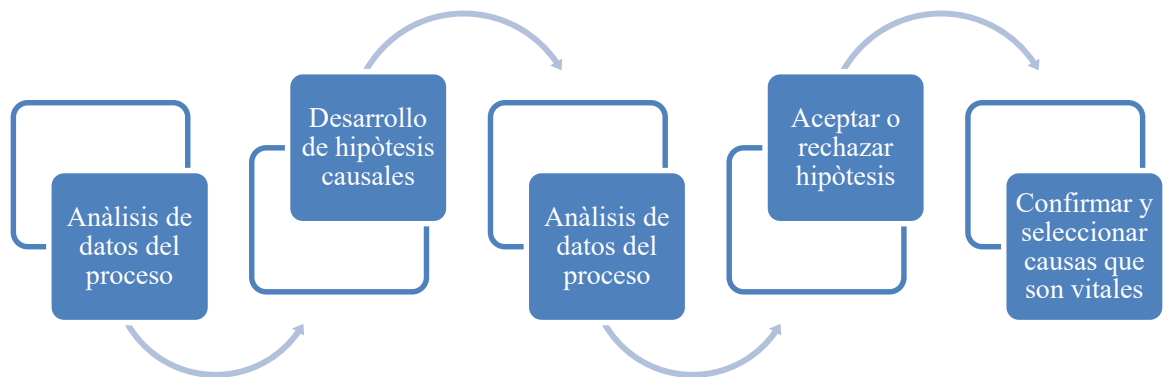


se va a medir, administrar la colección y medición de los datos, se desarrollan y validan los sistemas de medición y se determina el nivel de desempeño en Sigma.

### 3.5.3. Analizar.

En la fase de analizar, los problemas se convierten en problemas de estadística, por lo que métodos estadísticos de acuerdo al tipo de problema que se requiera analizar se utilizan.

Figura 3. Fase Analizar.



Fuente: Elaboración propia.

Los objetivos de la fase de Analizar son: para descubrir lo que no sabemos (análisis exploratorio) y para probar o no aprobar lo que sospechamos (análisis inferencial) (Tang, Goh, Yam y Yoap, 2006). Se analizan los datos para entender las razones que existen de su variación e identificar las posibles causas raíz, se determina la capacidad del proceso, las piezas que salen del proceso y el tiempo de ciclo. Se formulan, investigan y verifican las causas raíz del problema.

#### 3.5.4. Mejorar.

La fase de mejorar se focaliza en descubrir las variables claves (entradas) que causan el problema. Después busca la respuesta para las siguientes preguntas: a) ¿Qué acciones o ideas son requeridas para resolver la causa raíz del problema y lograr la meta? b) ¿Cuáles de las ideas se pueden convertir en soluciones potenciales? c) ¿Cuál solución es la que va a lograr que la meta deseada se logre con el menor costo? d) ¿Cómo se puede escoger la solución y que se pueda reproducir el problema? y e) ¿Cómo se puede implementar de forma permanente? (Goh, Tang, Yam y Yoap, 2006). La fase de Mejorar tiene como objetivos: Generar y cuantificar las soluciones potenciales; Evaluar y seleccionar la solución final; Verificar y dar aprobación de la solución final.

#### 3.5.5. Controlar.

En la fase de control, las acciones se establecen para asegurar que el proceso sea monitoreado de forma continua para facilitar la consistencia en la calidad del producto o servicio. La responsabilidad del proyecto es entonces transferida al departamento de Finanzas, quienes rastrearán los beneficios financieros para un periodo específico, típicamente de doce meses (Tang, Goh, Yam, y Yoap, 2006). Por último, la fase de controlar tiene como objetivos: Desarrollar los planes de control; Realizar dispositivos a prueba de error; Monitorear y controlar las características críticas; Actualizar y administrar los planes de mejora del proceso. La estructura DMAIC empodera el pensamiento creativo acerca del problema y su solución en la definición del producto, proceso o servicio. Una de las razones por la que DMAIC tiene tanto éxito es por el uso y el enfoque en la utilización de las herramientas de estadística y de calidad (Montgomery y Woodall, 2008).

### **3.6. La infraestructura de Seis Sigma**

Para obtener mejores resultados, la metodología DMAIC debe ser combinada con el personal correcto. El Director es un representante del grupo ejecutivo el cual responde al Presidente de la compañía (Goh, Tang, Yam y Yoap, 2006). El Director, tiene las funciones de patrocinador y facilitador del proyecto y del equipo.

El dueño del proceso es el gerente que recibe la estafeta del equipo, y es responsable de implantar y mantener la solución acordada.

El Master Black Belt es el consultor quien provee consejo experto y asiste al dueño del proceso y a los equipos de Seis Sigma en áreas que van desde cuestiones de estadística hasta la administración del cambio al proceso de estrategias de diseño.

Al centro de todas las actividades se encuentra el Black Belt, aquel individuo quien trabaja de tiempo completo para ejecutar proyectos de Seis Sigma, actúa como el administrador del proyecto, es apoyado por los miembros de equipo representados por los grupos funcionales relevantes al proyecto. Dado que la meta de Seis Sigma es lograr mejorar el desempeño de la rentabilidad de la empresa, su apoyo debe venir de los más altos niveles de la Dirección Ejecutiva.

Sin la revisión de la estrategia del negocio y el entendimiento de las fortalezas y debilidades de la empresa, el despliegue de Black Belts para lograr metas corporativas dentro de un tiempo esperado no sería posible. Un Black Belt juega el rol de un líder de tiempo completo responsable para implantar proyectos de mejora de procesos usando la metodología Seis Sigma, dentro de la empresa para mejorar la satisfacción del cliente y elevar la productividad de la misma. Los proyectos de Black Belt se completan en menos de seis meses, generalmente están alineados a mejorar los objetivos prioritarios de la

empresa y generar ahorros al costo de la operación de la empresa de \$175,000 a \$250,000 dólares (Snee, 2004).

Un Black Belt entrenado de acuerdo a Harry y Schroeder, 2000 se esperaría que tuviera un mínimo de \$500,000 a \$1, 000, 000 en reducción de costos por año en una empresa. Se esperaría que completara entre cuatro y seis proyectos de Seis Sigma por año. Black y McGlashan en 2004 realizaron una encuesta en los Estados Unidos a más de trescientas empresas que aplican la filosofía de Seis Sigma. El estudio se llevó a cabo para entender las características críticas de los Black Belts en empresas americanas. Las principales características fueron:

- Agente de cambio
- Habilidad para resolver problemas
- Orientado a resultados
- Pensamiento lógico
- Trabajo en equipo
- Iniciativa
- Enfocado para atender las necesidades del cliente
- Actitud positiva

Este estudio se realizó en empresas de diferentes sectores industriales: automotriz, electrónica, plásticos, aeroespacial, química y transporte. Se sugiere estudios futuros en diferentes países ya que varía el contenido de los contenidos temáticos que se imparten a los Black Belts (Black y McGlashan, 2004).

Los Green Belts son empleados de las empresas que toman un curso de doce a quince días que abarca temas cubiertos por los Yellow y Red Belts, pero con mayor profundidad, aprendiendo estadística y aplicándola a las distintas etapas de Seis Sigma (Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Realizar proyectos con mejoras reflejadas en las finanzas de las empresas. Los Green Belts son guiados por los Black Belts.

Los Yellow Belts son empleados de empresas que tomaron un curso de dos días para que conozcan la metodología de Seis Sigma. Trabajan en proyectos de Seis Sigma junto con los Green Belts (Arrache y Cone, 2005).

Los Red Belts es un curso de tres días que está especialmente diseñado para los directivos de empresas que desean tener una buena idea sobre lo que significa Seis Sigma, para convertirse en campeones o líderes de Seis Sigma en sus empresas.

El alcance de Seis Sigma inicia de la alta dirección hacia abajo, empieza con el director e involucra a equipos multifuncionales de los departamentos de calidad, ventas, mercadotecnia, producción, ingeniería y recursos humanos.

La meta original de Seis Sigma era enfocarse en las operaciones de manufactura, pero actualmente, las funciones de mercadotecnia, compras, facturación y servicios de la salud están también utilizando la estrategia de Seis Sigma para reducir sus defectos y errores de forma continua y lograr la excelencia en sus empresas.

### 3.6.1. Proyectos de Seis Sigma.

Seis Sigma se enfoca en cada proyecto para su implementación. Se requieren habilidades de administración de proyectos, criterio para seleccionar los mismos y requiere de revisiones periódicas que involucran a los miembros del equipo multifuncional (Coronel, 2012).

En un caso de estudio del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez Chihuahua y la Universidad Autónoma de Baja California, los autores Rodríguez, Baez, Tlapa y Limón, 2010, aplicaron la metodología de Seis Sigma y el Diseño de Experimentos para mejorar la resistencia de la prueba de jalón de un diodo emisor de luz. Al finalizar el proyecto de

Seis Sigma se mejoró de forma significativa la capacidad del proceso aumentando de 0.56 a 1.45, ahorrando \$130,000 dólares anuales por haber reducido la variación del proceso.

### 3.6.2 Resultados.

La salida de los proyectos de Seis Sigma se mide en términos financieros que son una medida tangible de logro que la mayoría de las personas en la empresa entiende, no solamente los miembros del equipo (Harry M. y., 2000).

### 3.6.3. Personal.

Seis Sigma promueve el entrenamiento, con procesos de educación y certificación que tienen como resultado Black Belts, Green Belts y Yellow Belts antes de lanzarse a realizar cualquier proyecto (Antony, Antony, Kumar y Madu, 2007).

## **3.7. Diseño para Seis Sigma (DPSS)**

En el contexto de una mirada hacia el futuro es posible apreciar que el mundo va constantemente experimentando un cambio acelerado y de alta competitividad, donde los negocios y las empresas viven un proceso de renovación continua cuyo comportamiento es posible asociarlo a un paradigma de orden económico que es la globalización. En este ámbito, es factible apreciar que la competitividad en cuanto al quehacer de la empresa productiva de bienes, cobra relevancia la necesidad de emprender, competir e innovar para insertarse exitosamente en los mercados internacionales, como también mejorar la gestión integral para mantenerse en escenarios competitivos que cada vez tiene más alternativas (Olivares, 2009).

La *estrategia competitiva* consiste en tomar acciones defensivas u ofensivas para establecer una posición defendible en una industria, para afrontar eficazmente las fuerzas competitivas y con ello conseguir un excelente rendimiento sobre la inversión para la compañía. De acuerdo con Porter (1980) existen tres estrategias genéricas las cuales son: liderazgo global en costos, diferenciación y enfoque o concentración. El concepto de *diferenciación*, es la segunda estrategia competitiva genérica, la cual diferencia el producto o servicio que se ofrece, creando así, algo que en la industria entera se percibe como único. Cuando se logra la diferenciación, se convierte en una estrategia útil para conseguir rendimientos superiores al promedio. Esta brinda protección en contra de la rivalidad porque aumenta los márgenes de utilidad, genera márgenes más altos de utilidad y la compañía que se diferencia para conquistar la lealtad de sus clientes estará mejor posicionada frente a la competencia. La diferenciación requiere de actividades investigación en diseño de producto, estilo creativo, liderazgo tecnológico o en calidad, solidas capacidades de mercadotecnia.

La diferenciación se puede alcanzar aplicando el *Diseño para Seis Sigma (DPSS)* el cual, es una metodología sistemática que utiliza herramientas, entrenamiento y mediciones para que la organización pueda diseñar productos y procesos que alcancen las expectativas de los clientes y que puedan producirse con niveles de Seis Sigma al menos de 4.5 Sigma (Harry et al., 2010). De acuerdo al corporativo de GE de investigación y desarrollo: DPSS es cambiar la empresa. Con el que se puede construir tomar nuestros diseños de productos y procesos hacia un nuevo nivel de desempeño y calidad de nivel mundial. La esencia de DPSS es predecir la calidad desde el inicio y lograr la medición de la calidad y predecir mejoras durante las fases de diseño, el cual es mucho más efectivo y menos caro, logrando

un nivel de calidad de Seis Sigma en lugar de intentar arreglar los problemas durante la producción (Berthiez, Carmichael, Kusmanoff, Lewis y Treichler, 2002). Los beneficios económicos que se obtienen con DPSS resaltan: mejora de nivel de ventas, menor costo de operación, aumento en rentabilidad y menos quejas de clientes (Chung et al., 2008).

DPSS se utiliza más en el nivel de las operaciones para ayudar a controlar la calidad, mejorar procesos y reducir costos (Antony y Banuelas, 2002; Liu y Li, 2011; Quinello, 2006; Treville et al., 2008). El método de Seis Sigma incluye resultados medidos y reportados en los estados financieros, se enfoca en lo que a los clientes les preocupa y utiliza herramientas de administración de proyectos y metodología.

Las empresas se desarrollan, maduran, envejecen y mueren. Para poder mantenerse, las empresas deben vivir más tiempo que su competencia. Hasta los años 1980`s, el desempeño mediocre era aceptado. Desde entonces, la “disciplina del mercado” fue un concepto que introdujo a las empresas a desempeñarse de la mejor forma ahora y en el futuro o morir. Existe un enfoque que cambia en innovación en el enfoque del ciclo de vida de un producto que cambia desde una innovación de un producto a la de un proceso. Al utilizar el DPSS se desarrollan inventos y oportunidades en nuevos productos que agregan valor a los clientes, por lo tanto, se desarrollan los productos que serán rentables para la empresa en el futuro (Diepstraten, Does y Mast, 2011). La manufactura esbelta y el Diseño para Seis Sigma (DPSS), son programas que se derivan de Seis Sigma (Gho, 2011).

Es posible concluir en este aspecto, que ninguna empresa puede subsistir y competir sobre bases sólidas si no se implementan acciones que permitan producir bienes y servicios, con calidad asegurada y una estrategia competitiva basada en una estrategia de liderazgo,



de costos y de diferenciación, que finalmente satisfagan los requerimientos del usuario o cliente (Olivares, 2009).

### 3.7.1. Retos para una implantación exitosa del DPSS.

A través de entrevistas con empresas como GE, Allied Signal, Raytheon, Delphi Automotive y otras que han logrado embarcar sus empresas a camino de una cultura de diseño determinístico al probabilístico de acuerdo con (Berthiex, Carmichael, Kusmanoff, Lewis y Treichler 2002) que han logrado la implantación de DPSS mencionan que aunque han logrado obtener los beneficios de DPSS, han enfrentado los siguientes retos:

- El análisis estadístico no es parte del contenido curricular del estudio de la carrera de ingeniería, solo algunas pocas universidades incluyen el análisis del diseño probabilístico. Por otra parte, las empresas requieren de un cambio cultural para que Seis Sigma pueda ser conducido.
- La implantación continúa siendo distinta. Algunos líderes entienden y acogen el diseño probabilístico mientras que otros se resisten a aceptarlo.
- No todos los nuevos productos o servicios deben considerarse como un proyecto de Seis Sigma, DPSS solo debe utilizarse donde se requiera. En una empresa aeroespacial, de 20 a 25% aproximadamente de los proyectos conducidos eran DPSS y muchos otros no, dado que no todas las herramientas eran apropiadas para los resultados o el esfuerzo se puede realizar de forma económica e informal. Se pudiera analizar si el retorno de la inversión necesitaría un esfuerzo de DPSS o no.

- La falta de disciplina. Los seis Black Belts entrevistados mencionan que existe una falta de disciplina dentro de los grupos de diseño como una de la causa raíz por las cuales los diseños son difíciles para ensamblarse.
- El lanzamiento de la metodología del DPSS a través de las empresas a nivel global requiere entrenamiento para que se establezca como un esfuerzo común que al menos toma de tres a cuatro años para completarse.
- La confiabilidad de los datos detectados desde el cliente. El obtener retroalimentación directa del cliente a través del uso de internet que midan métricos que sean importantes para el mismo. Ejemplos de métricos definidos por el cliente como: desempeño, confiabilidad, tiempo en resolver problema y tiempo de entrega de partes de reemplazo. Estos datos son difíciles de obtener que reflejen datos validos del punto de uso del cliente.

### **3.8. Seis Sigma en la industria automotriz**

En una empresa multinacional del sector de autopartes, en una ciudad del sur de Minas Gerais, capital de Belo Horizonte en la región Sudeste de Brasil. Tienen aproximadamente 150 funcionarios trabajando en el desarrollo de sistemas de manufactura. La unidad industrial tuvo su primer contacto con la metodología Seis Sigma en el año 2000. La empresa realizó un proceso de selección de los proyectos de Seis Sigma debían contar con: Enfoque hacia el cliente, ligar Seis Sigma con la estrategia del negocio, resultados financieros, problemas estructurales de causas desconocidas, ser proporcionales con los recursos disponibles, término de proyectos a corto plazo y medir los problemas. La tarea siguiente fue crear niveles (bajo, medio y alto) para dar peso a cada uno de los procesos de

selección de Seis Sigma. Se compararon los resultados obtenidos de la realización de proyectos de Seis Sigma del año 2005 al 2006 mediante la identificación de proyectos más adecuados fue posible involucrar a un número mayor de personas, tanto para reducir el tiempo de desarrollo de los proyectos y ayudar a presentar los resultados financieros.

Tabla 12. Resumen resultados de los proyectos.

	2005	2006	Mejora
Cantidad de personas involucradas en proyectos de Seis Sigma	20	51	Aumento a 155%
Cantidad de proyectos de Seis Sigma desarrollados	5	9	Aumento a 80%
Tiempo promedio de desarrollo de proyectos de Seis Sigma en días	220	150	Reducción de 47%
Ganancia financiera promedio de proyectos de Seis Sigma (US\$)	\$42,000.00	\$67,000.00	Aumento en 60%

Fuente: Batista y Machado, 2007.

Existe en la literatura otros artículos que describen los beneficios al implantar Seis Sigma que se logran en la industria automotriz, a continuación se muestran algunos ejemplos.

Tabla 13. Beneficios de Seis Sigma.

Autor	País	Autoparte	Beneficios
(Law y otros, 2008)	Malaysia	Paquete de diodos que emiten luz	Ahorros anuales de \$200,000-\$300,000 Se terminó en 5-6 meses y redujo 50% defectos
(Ezzat y Safwat, 2008)	Egipto	Partes plásticas moldeadas por inyección	Se redujo el desperdicio de 5.2% a 2.6%.
(Flores, Gallardo, Tolamatl, Varela y 2011)	Aguascalientes, México	Proceso de pintura	Reducción del 13% producto defectuoso, esto aumentó de 2.4 a 3.6 Sigma este proceso.
(Sokovic y Pavletic, 2006)	Ljubljana, Croacia	Procesos de moldes de aluminio	Reducción de costos del 40%, reducción costos mano obra 59%. Beneficios anuales de \$72,000 dólares.

## Capítulo 4. Factores Críticos de Éxito

### 4.1. Evolución

La literatura sobre los Factores Críticos de Éxito (FCE) inicia en 1961 con Daniel en un artículo de la revista Harvard Business Review, fue el primero en escribir sobre los factores de éxito en la literatura de administración. Daniel se concentró en los FCE relacionados con la industria los cuales son relevantes para cualquier compañía (Zwikael y Globerson, 2005).

En 1972, Anthony y otros, enfatizaron la necesidad de determinar los FCE con los objetivos estratégicos de la empresa y sus gerentes. En este escenario, los sistemas de control y planeación estratégica son responsables para reportar aquellos FCE que son percibidos por los gerentes como relevantes para un trabajo en particular e industria (Amberg, Fischl y Wiener, 2005).

Los FCE son aquellas pocas cosas que deben realizarse bien para asegurar el éxito de un gerente o una organización, por lo tanto, representan aquellas áreas gerenciales o de las empresas que se les debe prestar atención especial y continua para que causen el efecto de alto desempeño deseado (Boynton y Zmud, 1986; Bruno y Leidecker, 1984). Los sistemas de la Administración de la Información de las empresas, deben discriminar y ser selectivos, se deben enfocar en los “Factores de Éxito”. De acuerdo con Daniel, R. 1961, Rockart, 1979 y Martin, 1982, pueden ser de tres a seis los factores que determinen el éxito, estos trabajos claves deben realizarse de forma excesivamente bien para lograrlo.

Los FCE indican las capacidades necesarias y consecuentemente identifican los procesos requeridos para poder realizarlas. Es la habilidad de una organización para identificar las necesidades de los clientes en mercados escogidos y por lo tanto requieren

de un proceso efectivo de mercadotecnia. Por ejemplo, el estándar en el cual la búsqueda de los clientes se convierte en ventas y consecuentemente, se identifica una necesidad de un proceso de ventas efectivo. Mediante la identificación de los FCE y el proceso asociado, surgirá una lista de trabajo de procesos (Hoyle, 2005).

Crescenzi y Rockart en 1984, mencionan que, durante las últimas tres décadas, innumerables sistemas han sido computarizados para mejorar la eficiencia en la contabilidad y en las actividades de administración de operaciones. Existen innumerables sistemas que apoyan a los gerentes para facilitar tomar decisiones. La introducción de la computadora asiste en todas las funciones de las empresas que la mayoría de las corporaciones las empieza a utilizar. Sin embargo, la alta dirección no se ha involucrado, se ha mantenido distante. La alta dirección ha observado el desarrollo y el uso de los sistemas de información. No le ha dado la suficiente importancia para mejorar de forma efectiva la empresa a través de su propio involucramiento en sistemas de planeación y asignar prioridades. Los gerentes sin embargo encuentran la fuerza de la necesidad de cambio, la competencia encuentra nuevos nichos de mercado; nuevas estructuras de organización la cual lleva a los gerentes a encontrar territorios no familiares. Por lo que, los ejecutivos están deseosos de obtener la información correcta que los ayude a manejar el cambio.

El movimiento de los sistemas de información en utilizar el hardware y software para proveer apoyo directo en línea para realizar decisiones y otros procesos de administración ha abierto nuevas formas para la alta dirección y sus necesidades de información. La Tecnología de la Información mejora la entrega de sus productos y servicios y aumenta la efectividad y productividad en administrar las empresas.

Es tiempo que la alta dirección deje de ser observadora y de mantenerse alejada. El reconocimiento que la información es un recurso estratégico implica una necesidad de relacionar la estrategia de la empresa a los sistemas de información y lograr que la Alta Dirección logren tener la necesidad de estar más informados, comprometidos en los sistemas de información (Crescenzi y Rockart, 1984).

Rockart combina la perspectiva de Daniel (1961) y de Anthony et al. (1972), en 1979 describe un estudio en tres diferentes empresas. Las empresas eran de tamaño grande, la muestra se obtuvo de diferentes tipos de industrias: dos bancos, empresas de seguros, una de aerolínea, otra de trenes y cuatro empresas de manufactura de las principales 200 de acuerdo a la revista Fortune. Los principales resultados de las entrevistas fueron:

- Los FCE difieren de empresa a empresa, se pueden categorizar como un conjunto de cuatro FCE.
- Cada ejecutivo ha establecido un conjunto de herramientas de administración amplio y procesos que ayuden a facilitar el buen desempeño en áreas críticas.
- Aunque los ejecutivos difieren existen similitudes. Exhiben una conducta común. Este perfil debe ser considerado como un modelo a seguir.

Este estudio se realizó para definir el nuevo rol del ejecutivo en Tecnologías de la Información (TI), tomando en cuenta tres aspectos: los FCE, técnicas y procesos claves que utilizan y administran en áreas críticas y sus atributos individuales que tienen en común. Tres de los cuatro FCE (comunicación, interacción con recursos humanos y reposicionamiento) directamente reflejan la definición del rol de este puesto. En la mayoría de los casos ha decidido que él se debe utilizar a los FCE en línea con este nuevo rol. Los

ejecutivos en TI es un pensador, pleneador y coordinador más que un implementador y uno que realiza tareas (Rockhart, 1982).

## **4.2. Beneficios**

Al aplicar los FCE los gerentes se benefician:

- La identificación de los FCE permite una definición clara de la información que debe ser coleccionada por la empresa y limita la colección costosa de datos innecesarios.
- El proceso presiona a los gerentes a desarrollar indicadores para aquellos FCE.
- La identificación de los FCE mueve a la empresa ya que enfoca la atención en aquellos datos que de otra forma no serían coleccionados pero son importantes para el éxito de la función involucrada (Rockart J., 1979).

## **4.3. Los Factores Críticos de Éxito de Seis Sigma**

La especificación y la medida de los FCE de Seis Sigma, permiten a la dirección obtener una mejor comprensión de las prácticas de Seis Sigma (Deshmuckh, 2009). Por ejemplo, en un proceso de maquinado de metal, el tipo de material y su condición, su habilidad, profundidad de corte, avance y velocidad afectan el éxito. En un proceso de auditoría los objetivos, el método, el tiempo la competencia del auditor, el acceso al lugar, a los datos y la disponibilidad de la gerencia afectan el éxito. Si alguna de éstas actividades sale mal, y sin la secuencia de las actividades, el resultado esperado no será alcanzado (Hoyle, 2005).

Los FCE en el contexto de Seis Sigma se presentan, una revisión de literatura sobre los Factores Críticos de Éxito para la implementación efectiva de Seis Sigma y su relación

con la ventaja competitiva en diferentes sectores de manufactura de productos industriales y de servicios.



Tabla 14. Factores Críticos de Éxito para la implantación efectiva de Seis Sigma.

Prabhushankar, et al. 2008	Chung, et al. 2008	Chakrabarty y Tan, 2008	Trad, et al. 2009	Deshmuck y Lackhe, 2009	Gabor, et al, 2010	Gosnik y Vujica, H. 2010	Zailani Sasthriyar, 2011	y Sivakumar y Muthusamy, 2011	Rajeshkumar, U., 2011
Entrenamiento	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia	Compromiso Gerencia
Enlazar Sigma con el cliente	Definición clara de los requisitos del cliente	Apoyo a miembros del equipo de Seis Sigma	Selección de proyectos de Seis Sigma	Infraestructura organizacional	Comprender metodología Sigma	Comprender metodología Sigma	Comprender metodología Seis Sigma	Entender metodología de Seis Sigma	Selección de miembros del equipo para proyectos de Seis Sigma
Dar prioridad a la selección de los proyectos	Selección de proyectos de Seis Sigma		Entrenamiento	Entrenamiento	Relacionar Sigma con la estrategia del negocio	Evaluar, dar prioridad los proyectos de Seis Sigma	Evaluar, dar prioridad los proyectos de Seis Sigma	Evaluar, dar prioridad los proyectos de Seis Sigma	Desarrollar el sistema de planeación
Habilidades de administración de proyectos	Revisión de proyectos de Seis Sigma		Selección, seguimiento y a proyectos de Seis Sigma	Habilidades de administración de proyectos	Relacionar Sigma con los clientes	Enlazar Sigma con la estrategia del negocio	Enlazar Seis Sigma con la estrategia del negocio	Entrenamiento	Entrenamiento
Cambio de cultura	Entrenamiento		Seguimiento de proyectos con MBB, BB, GB y líderes	Relacionar Seis Sigma con clientes	Seleccionar los proyectos, revisiones y monitorearlos.	Enlazar Seis Sigma con los proveedores	Enlazar Seis Sigma con los proveedores		Comunicación efectiva en el programa Seis Sigma
Compromiso de la alta Gerencia	Mejorar la comunicación		Capacidad de trabajo en equipo	Relacionar Sigma con las estrategias negocio	Infraestructura de la organización	Enlazar Seis Sigma con Recurso Humano	Enlazar Seis Sigma con Recurso Humano		Dar prioridad y selección a los proyectos
Entender la metodología de Seis Sigma			Equipos multifuncionales	Relacionar Sigma con los empleados	Cambio cultural	Satisfacción del cliente	Satisfacción del cliente		Relacionar Seis Sigma con retribución
Seis Sigma con el cliente			Administración Total de la Calidad, ISO 9000 y SPC	Relacionar Sigma con los proveedores	Habilidades de administración de proyectos	Cambio en la infraestructura de la organización	Infraestructura de la organización		Infraestructura de la organización
Seis Sigma con la estrategia del negocio				Entendimiento de las herramientas de Seis Sigma	Relacionar Seis Sigma con proveedores	Seis con Entrenamiento	Entrenamiento		Buen servicio al cliente
Infraestructura organización				Administración y desempeño de Seis Sigma	Entrenamiento	Administración de proyectos	Selección y Administración de proyectos		Cultura de colaboración
Seis Sigma con los empleados					Relacionar Sigma con RH	Seis			Selección y administración de proyectos

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se muestran estudios que integran lecciones aprendidas en la implementación de Seis Sigma de diversas empresas multinacionales, por nombrar algunas: Ford, GE, Samsung Electrónica, Boeing, DuPont, Sony, TI y el sector de autopartes de la industria automotriz en India.

Tabla 15. Lecciones aprendidas de Multinacionales en la implantación de Seis Sigma.

Antony, 2002	Smith, 2005	Harry, 2006	Hoon y Anbari, 2006	Johnson, 2009	Oke, 2007	Shanin, 2008
Selección de miembros del equipo	El programa de Calidad es primero en Ingeniería	Proveer a la organización con una definición de calidad	Compromiso de la alta Gerencia	Compromiso de la alta Gerencia	Enlazar Seis Sigma a los proyectos	Cooperación de los ingenieros antes de empezar Diseño para Seis Sigma para reducir la resistencia al cambio
Selección de roles y métricos	Premiar y reconocer el Diseño para Seis Sigma	Formar un comité ejecutivo a nivel corporativo	Conocimiento de la metodología Seis Sigma	Asignar suficientes recursos	Comunicación	Entrenamiento
Selección de técnicas de administración de proyectos	Entrenamiento	Contratar un experto en Seis Sigma externo a su organización	Enlazar Seis Sigma con la estrategia del negocio	Enlazar Seis Sigma con las estrategias del negocio	Evaluar el estado actual	Asignar a los Black Belts tiempo completo
	Entrega de productos excitantes	Determinar los objetivos del negocio que deben ser conectados a Seis Sigma El experto en Seis Sigma desarrolla el plan de despliegue	Selección de proyectos, revisión y seguimiento	Entrenamiento	Entender los requerimientos del cliente	Compromiso de la alta Gerencia
	Mejorar costo	Iniciar el proceso de dar rastreabilidad a los proyectos	Infraestructura de la organización		Compromiso de la gerencia	
	Construir relaciones	Implementar los planes de acción y establecer revisiones periódicas	Habilidades de la administración de proyectos		Entrenamiento	
			Enlazar Seis Sigma con los proveedores		Experiencia en QFD	
			Entrenamiento Enlazar Seis Sigma con Recursos Humanos			

Fuente: Elaboración propia.

Los Factores Críticos de Éxito se derivaron de un análisis riguroso de varios artículos de revistas, libros y casos de estudio. A continuación, se realizó una tabla de frecuencias relativas para seleccionar los FCE para la investigación.

Tabla 16. Revisión de literatura.  
Elaboración propia.

Frecuencia	FCE	Fuente
15	Selección de proyectos de Seis Sigma	Antony, 2002; Antony, Kumar, y Labib, 2008; Chung, 2008; Coronel, 2012; Deshmukh y Lakhe, 2009; Gabor, et al. 2010; Gosnik y Vujica, 2010; Harry, 2006; Hoon y Anbari, 2006; Rajeshkumar y Rajendra, 2011; Sivakumar y Muthusamy, 2011; Oke, 2007; Prabhushankar, 2008: Trad, et al. 2009; Zailani y Sasthriyar, 2011;
14	La alta dirección se involucra y se compromete	Chung, et al. 2008; Chakrabarty y Tan, 2008; Harry y Schroeder, 2000; Hoon y Anbari, 2006; Deshmukh y Lakhe, 2009; Gabor, et al. 2010; Gosnik y Vujica, 2010; Johnson, 2009; Oke, 2007; Osada y Yudi, 2010; Rajeshkumar, 2011; Sambhe, 2011; Sivakumar y Muthusamy, 2011; Shanin, 2008 ; Zailani y Sasthriyar, 2011.
12	Entrenamiento	Chung, 2008, Oke, 2007; Deshmuck y Lackhe, 2009, Gabor, et al, 2010, Gosnik y Vujica, 2010, Hoon y Anbari, 2006, Johnson, 2009; Prabhushankar, et al. 2008, Rajeshkumar, 2011, Shanin, 2008, Sivakumar y Muthusamy, 2011, Smith, 2005; Trad, et al. 2009, y Zailani y Sasthriyar, 2011.
9	Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa	Antony, Kumar, y Labib, 2008; Gabor, et al. 2010; Gosnik y Vujica, 2010; Harry, 2006; Hoon y Anbari, 2006; Sivakumar y Muthusamy, 2011; Oke, 2007; Prabhushankar, 2008; Trad, et al. 2009 y Zailani y Sasthriyar, 2011.
8	Se relaciona Seis Sigma con el Recurso Humano	Deshmuck y Lackhe, 2009, Gabor, et al, 2010, Gosnik y Vujica, 2010, Hoon y Anbari, 2006, Trad, et al. 2009; Prabhushankar, 2008; Rajeshkumar, 2011, Zailani y Sasthriyar, 2011
7	La infraestructura de la organización	Deshmuck y Lackhe, 2009, Gabor, et al, 2010, Gosnik y Vujica, 2010; Hahn G., 2005, Prabhushankar, et al. 2008, Rajeshkumar, 2011, Zailani y Sasthriyar, 2011.
6	Los empleados comprenden la metodología Seis Sigma	Chung, 2008; Deshmukh y Lakhe, 2009; Gabor, 2010; Shanin, 2008; GosniK y Vujica-Herzog, 2010; Zailani y Sasthriyar, 2011.
5	Seguimiento de proyectos	Coronel, 2012; Chung, 2008; Hoon y Anbari, 2006; Hoon y Anbari, 2006; Trad, et al. 2009;
4	Enlazar Seis Sigma con proveedores	Gabor, et al. 2010; Gosnik y Vujica, 2010; Hoon y Anbari, 2006; Zailani y Sasthriyar, 2011.

#### 4.3.1. Selección y seguimiento a proyectos de Seis Sigma.

Debe existir un criterio y una discusión profunda para la selección de los proyectos de Seis Sigma por parte de la Alta Dirección. Una pobre selección de los proyectos, llevara a resultados pobres, retrasados y frustración por parte de las expectativas de los empleados y directivos involucrados. Pande et al , 2000 proveen categorías generales para la seleccion de proyectos: 1) Criterios que tenga beneficios para la empresa, a) Impacto financiero, b) Impacto en las competencias clave. 2) Criterios para la realizacion de los proyectos: a) Beneficios funcionales, b)

Aprendizaje significativo, por ejemplo, nuevo conocimiento logrado acerca de la empresa, sus clientes y sus procesos (Coronel, 2012).

#### 4.3.2. La Alta Dirección se involucra y compromete para implantar Seis Sigma.

El rol de la alta dirección es esencial para el lanzamiento de Seis Sigma. Se requiere crear sinergia de este rol en cada fase de forma continua y sistemática, elementos claves de como una empresa debe enfrentar las dificultades y resolver las barreras para poder innovar y mejorar los procesos y mantener un crecimiento sostenido, proveyendo productos de alta calidad para satisfacer a los clientes y mantener un alto nivel de eficiencia y efectividad mediante la armonización de los esfuerzos de los empleados (Osada y Yudi, 2010). La Alta Dirección debe adaptar y propagar la filosofía que la calidad debe concederse la prioridad antes que el costo o la entregas a tiempo y debe contar con recursos suficientes para la implantación de la iniciativa de Seis Sigma como un proceso de mejora continua y debe ser sostenida a través del tiempo (Harry y Schroeder, 2000; Sambhe, 2011;). El compromiso se manifiesta durante la asistencia a juntas regulares de revisiones del avance de los proyectos, motivar a los miembros de equipo, facilita la comunicación e involucra a los empleados (Oke, 2007).

#### 4.3.3. Entrenamiento

Realizar talleres de entrenamiento con el objetivo que se entienda la metodología de Seis Sigma. Al mismo tiempo las personas que desempeñan funciones críticas en la implantación, reciben un entrenamiento técnico intensivo. Los gerentes o las personas directamente responsables de los resultados de los equipos, reciben entrenamiento en habilidades de liderazgo enfocado en habilitar al equipo a tomar decisiones y ejecutarlas rápidamente y entender la metodología Seis Sigma con suficiente detalle como para proveer al equipo de supervisión gerencial. Los cintas

negras o Black Belts, reciben más de ciento cincuenta horas de entrenamiento en cuatro semanas, repartidas a lo largo de cuatro meses. Durante estos talleres técnicos intensivos, los Black Belts aprenden la metodología DMAIC y las herramientas estadísticas disponibles para agregar precisión y análisis profundo a la solución de problemas. Con este entrenamiento, los candidatos a cintas negras desarrollan también su liderazgo de equipos y habilidades de administración de proyectos, los Black Belts trabajan en sus proyectos de Seis Sigma durante estos talleres y reciben el respaldo de la supervisión experta del Master Black Belt, durante las cuatro semanas en medio de los talleres mensuales. Esta aplicación del método de aprendizaje en acción, permite a los instructores revisar los datos del proyecto durante los talleres y permite a los supervisores mantener los proyectos en su ruta durante las semanas intermedias. Como resultado, los candidatos a Black Belts, se desarrollan rápido y entregan los proyectos a tiempo. Para entrenar a los miembros del equipo llamados cintas verdes o Green Belts, estos aprenden el modelo de solución de problemas, las herramientas clave y las funciones y responsabilidades de un miembro del equipo en un entorno de equipos de proyecto. La meta del entrenamiento para la cinta verde es el proveerlos de las habilidades necesarias para apoyar a su líder de equipo en lograr los resultados del proyecto al cual han sido asignado (Antony, Douglas y Antony, 2007; Barney y McCarthy, 2005 y Pande, 2000).

#### 4.3.4. Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa.

Se necesita ser claro en como los proyectos de Seis Sigma se relacionan a los clientes, a la rentabilidad de la empresa y poder ser competitiva (Sasthriyar y Zailani, 2011). La meta de cada organización es tener rentabilidad, los proyectos de Seis Sigma reducen la variación de los procesos y al atacar esta variación se producen ahorros en reducción de desperdicios, baja productividad, re trabajos, reducción de tiempo muerto, etc. Es muy importante establecer esta relación entre los objetivos de los proyectos de Seis Sigma y la estrategia de la empresa (Asif Khan, 2011; Breyfogle, Cupello y Meadows, 2001).

#### 4.3.5. Relacionar Seis Sigma con el Recurso Humano.

Dado que los miembros de los equipos de Seis Sigma es necesario que se junten y trabajen en sus proyectos, se prefiere que las personas sean seleccionadas de acuerdo a su nivel de experiencia en los procesos y en la metodología de Seis Sigma. Que sean personas comprometidas a responder por el progreso de sus proyectos (Oke, 2007). La Alta Dirección debe darles tiempo para que los empleados no perciban Seis Sigma como una más de sus responsabilidades y reconocerlos y retribuirlos mediante incentivos si participan de forma activa y logran llevar a cabo la realización de sus proyectos a tiempo (Chakravorty, 2009). El cambio de la conducta a largo plazo se logra a través de que las metas de Seis Sigma se lleven a cabo a nivel de individual. El Departamento de Recursos Humano es muy importante ya que promueve y pone en acción el medir el desempeño basada en resultados (Harry M., 2000).

#### 4.3.6. Infraestructura de la organización apta para Seis Sigma.

Los empleados en una empresa que practica Seis Sigma tienen un alto nivel de entrenamiento, riguroso entrenamiento en herramientas de calidad. Las iniciativas son llevadas a cabo a nivel Vicepresidente o por el CEO (Chief Executive Officer) quien es considerado como el campeón de Seis Sigma. Esto es seguido por la formación de Master Black Belts, Black Belts, Green Belts y otros miembros de equipo quienes son individuos que apoyan proyectos específicos en su área (Black y McGlashan; 2004 Harry M., 2000 y Hendricks, 1998).

#### 4.3.7. Los empleados comprenden la metodología de Seis Sigma.

Diferentes autores opinan que es fundamental la comprensión de la metodología Seis Sigma y que es un Factor Crítico de Éxito para implantarla. Es crítico el comunicar tanto por qué y el cómo implantar Seis Sigma durante las primeras etapas del entrenamiento para que las personas mejoren su nivel de confort durante el entrenamiento antes de lanzar a los empleados al mundo de Seis Sigma (Hendricks, 1998; Montgomery y Woodall, 2008).

#### 4.3.8. Seguimiento de proyectos de Seis Sigma.

La Alta Dirección revisa y monitorea de forma periódica durante el año los avances de los proyectos de Seis Sigma. Se requiere que los miembros de los proyectos de Seis Sigma cuenten con habilidad de administración de proyectos, para poder llevar a cabo las diversas fechas de entrega de los proyectos, para remover los obstáculos que pueda llevar a un proyecto a su ruina (Antony, Douglas, y Antony, 2007). Debe existir un criterio para seleccionar y dar prioridad a los proyectos. Estos pueden ser algunos puntos que se pueden seguir: a) Establecer beneficios que el proyecto impacta a los objetivos estratégicos de la empresa; b) Impacto para alcanzar un requisito del cliente; c) Factibilidad del proyecto; d) Recursos; e) Complejidad; f) Impacto en la empresa y g) beneficios para el aprendizaje sobre nuevos productos, clientes y procesos (Zailani y Sasthriyar, 2011).

#### 4.3.9. Enlazar Seis Sigma con proveedores.

Muchas organizaciones que implantan Seis Sigma tienen beneficios al extender la aplicación de Seis Sigma a través de su cadena de suministros. El concepto de que “todos juegan un papel importante” creó grandes retos para la empresa General Electric Appliances. No se puede lograr ser una empresa Seis Sigma sin que tus proveedores participen en la cultura del cambio (Hendricks, 1998; Pro México, 2014; Tolamatl, Gallardo, Varela y Flores, 2011).

La metodología de Seis Sigma, no es una forma revolucionaria de pensamiento y tampoco provee un nuevo conjunto de herramientas de calidad. Más bien es un desarrollo que ha evolucionado hacia una ciencia de la mejora continua. Aunque algunas de las herramientas de calidad la mayoría tienen más de cincuenta años que se conocen.

La filosofía de Seis Sigma, han existido de alguna u otra forma. El enfoque hacia el cliente, tomar de decisiones a través del análisis de datos, concentrarse en los resultados estratégicos de la empresa no son nuevas prácticas en las organizaciones. Lo que si es nuevo, es lo que hace Seis Sigma poderosa, es la combinación de estos elementos en un riguroso, disciplinado alcance y que esta bien publicado en diversos artículos, libros el cual cuenta con un probado éxito para las empresas que lo implantan de forma correcta.



“Ustedes, empresarios europeos, van a perder y nosotros, empresarios japoneses, vamos a ganar. Ustedes van a perder porque la derrota está en su mente; están íntimamente convencidos de que las organizaciones rentables, competitivas, son aquellas en las cuales están por un lado y en lo alto, los que piensan, y por el otro, abajo, los que ejecutan. Están convencidos de ello, incluso quienes con sus palabras dicen lo contrario...”  
Palabras de un empresario japonés.

## **Capítulo 5. Manufactura Esbelta**

### **5.1. Desarrollo histórico de manufactura esbelta**

El origen del Sistema de Producción Toyota, empezó en Japón a finales de los años 1800's con Sakichi Toyoda se realizaba un estudio extensivo de la operación y el mantenimiento de las máquinas de telares automatizadas utilizadas en las plantas de manufactura de tela.

El sistema Toyota tuvo su origen en la necesidad particular en que se encontró Japón de producir pequeñas cantidades de muchos modelos de productos; más tarde, aquel evoluciono para convertirse en un verdadero sistema de producción. A causa de su origen, este sistema es fundamentalmente competitivo en la diversificación. Mientras el sistema clásico de producción planificada en serie es relativamente refractario al cambio, el sistema Toyota, por el contrario, resulta ser muy elástico; se adapta bien a las condiciones de diversificación más difíciles. Y es así porque fue concebido para ello. Es un sistema adaptado a la producción de volúmenes limitados de productos diferenciados y variados (Liker, 2008).

Las ideas de TPS se desarrollaron más con el estudio de los procesos de producción en la Planta Rouge de la Ford en Detroit, Michigan por Taichi Ohno y Eiji Toyoda de 1929 a 1940 (Roos y Womack, 1990). Esta visita incluía estudios del proceso de estampado, ensamble finar, método de cadena de suministros y la cultura corporativa. Este estudio los llevó a concluir que los métodos de Ford eran ineficientes y que resultaban en la producción de partes con baja calidad. Las ideas de Walter Shewhart y Edward Deming empezaron a surgir, dos americanos que eran físicos e

ingenieros, fueron las dos primeras personas a realizar una contribución al desarrollo del uso del control estadístico de procesos (Flannery, Hallam y Muesel, 2010).

#### 5.1.2. Fase 1. (1947-1950).

La importación a la industria automotriz de las innovaciones técnico-organizativas heredadas de la experiencia textil. Se realizaron las primeras innovaciones en la organización que tienen por objeto introducir la “automatización” en la industria automotriz. Toyoda estableció un proceso automatizado mediante sensores de tensión, los cuales pudieran sensar la pérdida de un hilo y que la máquina se detuviera antes de que ésta produjera un defecto, re trabajo o desperdicio. Sin embargo, la innovación introducida (un mismo obrero administre y maneje varias máquinas) requiere a la vez una organización y una adaptación del espacio de las plantas totalmente distinta. Esas primeras innovaciones no dejaron de suscitar una intensa actividad de resistencia por parte de los obreros calificados japoneses (Coriat, 1998).

Con la ayuda de Deming, Toyoda empezó a construir el TPS en la Corporación de Motores Toyota. Las mejoras de calidad en Japón empezaron en 1945 al final de la Segunda Guerra Mundial. La alta dirección de empresas Japonesas contrataron a profesores del Massachusetts Institute of Technology, MIT como el profesor Homer Sarahnson, a que enseñara los principios de manufactura y estadística basados en la manufactura americana (Folaron, 2003).

Aunque las ideas de Shewhart y Deming no lograron tanto interés en América, sus teorías inmediatamente ganaron una audiencia con la industria automotriz japonesa. Las nuevas tecnologías como equipo de maquinado de alta precisión, transportadores, equipo para transformar el metal diferían de los métodos antiguos implantados en las plantas de Toyota. Sin embargo, en 1950, Toyoda y sus gerentes se dieron cuenta que había una gran oportunidad de reducir el desperdicio en la industria del automóvil americana. Toyoda observo que los vehículos no se

producían con el sistema de jalón sino con el sistema de empuje y además que los productos no se producían de acuerdo a la demanda de los clientes sino producidos en sistema por lotes. También observaron una gran cantidad de desperdicio en las plantas en cuanto a inventarios y grandes áreas de espacio que no se utilizaban para producir automóviles, sino para almacén de partes y de automóviles que necesitaban ser reparados.

A finales de 1950, se empezó a mejorar la calidad la cual redujo gastos mientras aumento la productividad y gano mercado. Con la guía de Deming, la Corporación de Motores de Toyota empezó a cambiar su reputación a una que era asociada con calidad y desempeño.

#### 5.1.3. Fase 2. El impacto de los años 1949-1950.

En 1950 estalla una huelga que termina con el despido de unos 1,600 obreros y la dimisión del presidente fundador, Kiichiro Toyoda. Apenas terminada la huelga que ha desangrado a la fábrica de una parte importante de su personal, se desencadena la guerra de Corea. La consecuencia es que se hacen pedidos masivos a la casa Toyota, que hasta entonces se restringía, muy a su pesar, a la producción en pequeño volumen.

La empresa se ve forzada a buscar los medios para aumentar vigorosamente su oferta de productos sin tener que recurrir a la contratación, pues acababa de realizar un drástico despido.

#### 5.1.4. Fase 3. Los años cincuenta.

Los años cincuenta y el comienzo de los sesenta son en los que se introduce las técnicas de gestión de las existencias en los supermercados estadounidenses: nacimiento del Kan Ban. De acuerdo a la familia Toyoda, lo ideal sería producir justo lo necesario y hacerlo justo a tiempo (Coriat, 1998).

#### 5.1.5. Fase 4. Los años 1970's.

Los esfuerzos de los japoneses para mejorar constantemente las capacidades de calidad y de manufactura fueron mucho más efectivos que las de Estados Unidos. Su enfoque en dos aspectos de productividad fueron la eliminación de defectos y la reducción del tiempo de ciclo, resultaron en muchos desarrollos significativos y éxitos para Toyota y otras empresas japonesas. El embargo de petróleo de 1973 forzó a las empresas de Estados Unidos a reconocer el valor de la calidad. La reducción de productos derivados del petróleo, resultaron en un aumento de costo y largas líneas en la gasolinera. El impacto aumento, después que del regreso del suministro de petróleo. Los japoneses desarrollaron y trajeron al mercado automóviles con motores más eficientes que los clientes preferían ya que eran menos caros y con mejor calidad. Los Estados Unidos empezó a perder mercado a los automóviles foráneos, el efecto de esta pérdida resulto ser muy significativa.

#### 5.1.6. Los años 1980s.

En 1982, Toyota firmo un joint venture con General Motors para operar una planta en Fremont, California. Este proyecto en conjunto, nombrado New United Motor Manufacturing of America o NUMMI logro dos cosas: enseñar el TPS a GM y establecer Toyota en Estados Unidos (Liker, *The Toyota Way in services: The case of lean product development*, 2008). La creación de NUMMI, junto con la apertura del centro de apoyo para proveedores de Toyota en 1992, fueron dos grandes logros que la industria reconocía como parte del TPS.

Los principios de la manufactura esbelta se aplican en el Sistema de Producción de Toyota o el Toyota Production System (TPS) han estado en la práctica por la industria automotriz japonesa por casi sesenta años. James Womack y Daniel Jones argumentan que el TPS se pueden resumir

en cinco elementos: 1) Especificar el valor por cada producto; 2) Identificar el flujo de valor para cada producto; 3) Hacer un flujo de valor sin interrupciones; 4) Dejar que sea el cliente quien jale el valor del productor y 5) La búsqueda de la perfección (Jones y Womack, 1996; Roos y Womack, 1990).

Tabla 17. Desarrollo histórico.

Año	Autor	Evento
1800's	Sakichi Toyoda	Inventor de maquinaria textil en Japón. Estudio extensivo de la operación y mantenimiento de los telares automáticos utilizadas en la industria textil. Los sensores automáticos de tensión del hilar podían sentir la pérdida de una hebra y apagar la máquina por lo que se evitaba producir un producto defectuoso, re trabajo o desperdicio.
1907	Sakichi Toyoda	Fundador de Toyoda, fábrica de telares.
1911	Sakichi Toyoda	Fábrica automática de tejido Toyoda.
1914	Sakichi Toyoda	La empresa cambio su nombre a Fábrica automática de tejer hilares Toyoda.
1918	Sakichi Toyoda	Compañía Toyoda de algodón hilado y tejido (Toyoda Bosoku)
1921	Sakichi Toyoda	Planta de Toyoda, hilado y tejido en Shanghai
1926	Sakichi Toyoda	Planta tejidos automáticos de Toyoda
1936	Kiichiro Toyoda	Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda fundo la Toyota Motor Co. estableció el negocio de manufacturar el automóvil en Japón siguiendo los deseos de su padre.
1929-1940's	Tahichi Ohno y Eiji Toyoda	Ideas del Sistema de Producción de Toyota se desarrollaron aún más con el estudio del proceso de producción y las técnicas de administración de la planta de Ford en Detroit, MI.
1930's	Schewhart y Deming	Schewhart desarrolló metodologías para mejorar la calidad industria por medio del control estadístico del proceso, junto con Deming presentaron sus resultados a varias industrias del automóvil. Pero la industria automotriz seguía utilizando el sistema de producción en masa de Henry Ford.
1945's	Eiji Toyoda	Con la ayuda de Deming, Toyoda empezó a construir la Corporación Toyota Motor. La mejora de la calidad en Japón comenzó al fin de la Segunda Guerra Mundial II.
1951-1952	Ishikawa, Deming y Juran	Las industrias Japonesas crean la cultura necesaria de calidad y productividad, la cual era acompañada por herramientas bien utilizadas, la cual fue la mayor diferencia con las empresas Americanas.
1985	Bill Smith	El ingeniero de calidad Bill Smith escribe al CEO de Motorola Bob Galvin redactando un memo donde de forma estadística probaba la relación entre la vida del producto y cuanto re trabajo ocurría en el proceso de manufactura. Bob Smith pidió a Smith que se creara un sistema de calidad con las mejores prácticas de las mejores empresas.

Fuente: Hallam et al., 2010; Kazuo, 2006.

La manufactura esbelta o Lean, este término fue acuñado por un grupo de estudio del Massachusetts Institute of Technology (MIT) para analizar en el nivel mundial los métodos de

manufactura de las empresas de la industria automotriz. El grupo destacó las ventajas de manufactura del mejor fabricante en su clase (la empresa automotriz Japonesa Toyota) y denominó como Lean Manufacturing al grupo de métodos que había utilizado desde la década de los años sesenta y que posteriormente se afinó en la década de los setenta con la participación de Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, con objeto de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a los cero defectos. El estudio demuestra que la Manufactura Esbelta (Lean) usa menos de cada cosa en la planta, menos esfuerzo humano, menos inversión en inventarios de materiales y herramientas, menos espacio y menos horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto (Roos y Womack 1990). La manufactura esbelta es una práctica de producción que considera que el desperdicio de los recursos para cualquier otro fin que no sea la creación de valor para el cliente se considera como desperdicio y es una oportunidad para reducirlo o eliminarlo (Dehghani, Hasan y Hosseini-Nasab, 2013). La manufactura esbelta, se enfoca a eliminar distintas formas de desperdicio en el proceso de manufactura. Tuvo su origen en la producción en masa de la industria automotriz específicamente el Sistema de Producción Toyota, empresa japonesa dedicada a manufacturar vehículos automotores. Está enfocada a reducir los desperdicios en la manufactura mediante equipos de trabajo, entre los desperdicios que no agregan valor al producto pero sin embargo absorben recursos y por los cuales el cliente no está dispuesto a pagar son: Productos defectuosos, inspecciones al producto, producción en exceso e inventario de producto terminado.

## **5.2. Ocho tipos de desperdicios**

La manufactura esbelta es una práctica de producción que considera la utilización de recursos para cualquier otra meta que no sea la creación de valor para el cliente final, se le

considera como desperdicio y se puede cambiar. Desde el punto de vista del cliente el cual consume un producto o servicio, el “valor” se define por cualquier acción o proceso por el cual el cliente esté dispuesto a pagar (Dehghani y Housseini-Nasab, 2013). La manufactura esbelta es un proceso de administración genérico derivado del Sistema de Producción Toyota se enfoca en la eliminación del desperdicio una serie de herramientas fueron desarrolladas para construir un mapa y eliminar las áreas de “Muda” conocido como los siete tipos de desperdicios, “Muri” la falta utilización del talento de las personas o equipo y “Mura” el flujo de producción irregular. (Hicks, 2007; Jones y Womack, 1996). Las categorías desarrolladas describen los siete tipos de desperdicio (Muda) más el octavo desperdicio de falta de utilizar el talento de las personas fueron añadidos después en su desarrollo. Entre los desperdicios que, si consumen recursos, pero que no agregan valor para el cliente y por los que no se está dispuesto a pagar se tienen:

- Componente, ensambles y productos defectuosos.
- Inspecciones al producto y conteos en el 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 mantenimientos o cambios de modelos.
- Proceso de firmas (Reyes, 2002).

### **5.3. Elementos del proceso de fabricación propuesto por el TPS**

La organización flexible, se le debe impartir una capacitación múltiple, a fin de que pueda ejecutar diversas tareas, tanto en relación con la fabricación, como a supervisión y control de calidad. La distribución de la planta se debe realizar de forma que se puedan manufacturar de manera rentable lotes de producción de un volumen relativamente bajo y modificar rápidamente varias características del producto final para responder a cambios súbitos de demanda. Con ello, el Sistema de Producción Toyota, permite satisfacer en mejor forma las exigencias de nichos de

mercado diferenciados, adecuando el vehículo en sus detalles finales a las necesidades de distintos consumidores. De esta manera, la producción responde a las preferencias de la demanda. A diferencia del “Sistema Fordista” que estaba basado en el consumo masificado, impuesto al mercado por la necesidad de incrementar las economías de escala.

El énfasis en la prevención total de defectos, como resultado de la tradicional búsqueda de eliminación de costos innecesarios. En contraposición con el concepto de control de calidad basado en la detección de errores en la etapa final de fabricación. El SPT busca erradicar en el origen toda posibilidad de generación de imperfecciones, de periodos de inactividad y de interrupciones en el uso de la capacidad instalada. Gracias a esta concepción, disminuyó de manera drástica la proporción de unidades defectuosas en la producción y se redujeron aún más los costos de operación. Actualmente, Toyota representa la mejor práctica con respecto a la calidad de los automóviles.

La concepción integral del proceso de fabricación, visto como un compromiso de mediano y largo plazo entre la industria terminal, sus empleados, los proveedores y distribuidores para generar valor agregado a lo largo de toda la cadena productiva. Tal compromiso enfatiza la labor en equipo y una menor jerarquización de la línea de producción. Este esfuerzo colectivo conjuntamente con una mejor y más fluida comunicación entre los participantes, permite detectar y eliminar rápidamente las potenciales fuentes de ineficiencias en todas las fases de producción. Asimismo, permitió establecer las relaciones de largo plazo entre productores, proveedores y distribuidores y bajar enormemente los costos de transacción inherentes a las relaciones comerciales de corto plazo. Estas alianzas incluyen, programas de compra con horizontes temporales extendidos por varios años y responsabilidad compartida en el diseño de piezas, modelos y métodos para mejorar la calidad o reducir costos. Al fomentar las relaciones de largo plazo entre proveedores y productores de la industria terminal, se dio mayor espacio e impulso al



desarrollo de proveedores y a la subcontratación externa (outsourcing) en contraposición con el patrón de integración vertical que desarrollaron las grandes armadoras de vehículos en Estados Unidos. Asimismo, se introdujeron nuevas técnicas de inventario, que se basaban en un acuerdo con los proveedores para el suministro de insumos y materias primas en los momentos preciso y en las proporciones exactas en que serían requeridos en las distintas fases de producción. Tal práctica de la administración de inventarios paso a conocerse como producción sincronizada a la demanda (justo a tiempo).

A finales de los años ochenta, las ensambladoras de vehículos japonesas, instaladas en Japón habían reducido en promedio un 20% las horas hombre requeridas por vehículo terminado en comparación con las plantas japonesas en Estados Unidos; 33% menos que las armadoras de Estados Unidos instaladas; y 50% menos que las plantas de empresas europea (Barron y Mortimore, 2005).

#### **5.4. Métodos de manufactura esbelta**

La manufactura esbelta agrupa una serie de métodos principalmente enfocados a minimizar el uso de recursos o reducir los desperdicios en la manufactura a través de equipos de trabajo. Entre los métodos están: Valor agregado, 5S's, Kaizen (palabra Japonesa que significa implementar cambios rápidos en menos de 3 días), SMED (Single Minute Exchange of Dies que significa intercambio de troqueles en menos de 10 minutos), TPM (Mantenimiento Productivo Total); Calidad Total; JIT (Just in Time ó Justo a Tiempo); Kanban (Palabra Japonesa que significa tarjeta o señal) y VSM (Value Stream Map o Mapa de Valor Agregado); Heijunka; 5 ¿Porque?, A3, Nemawashi; Jidoka (automatización) y manufactura celular (Pearce y Pons, 2013). La metodología de manufactura esbelta adopta muchas de las ideas de Administración Total de la Calidad,

particularmente el enfoque de solución de problemas. Se puede resumir identificación de problema, aplicación de un proceso de mejora y ciclos de mejora continua. El concepto de empoderar a los operadores para que realicen sugerencias y arreglen su propio trabajo es común. Tanto la calidad como manufactura esbelta tienen una cultura de dar la bienvenida al operador que se compromete en el proceso de producción. El aumento de actividad que crea el aumento de la mejora continua es el Kaizen (Referencia a la filosofía de manufactura esbelta que todo proceso puede ser perfectible, así que las operaciones pueden ser mejoradas continuamente mediante la eliminación de desperdicio). Los procesos pueden ser mejorados y desarrollados continuamente (Pons y T.J., 2013).

### **5.5. Las cuatro reglas**

El conocimiento tácito que subraya el TPS se puede capturar en cuatro reglas básicas. Estas reglas, guían el diseño, la operación y la mejora de cada actividad, conexión y flujo de cada producto y servicio, las reglas son:

- Todo trabajo debe estar altamente especificado en su contenido, su secuencia, su tiempo y su salida.
- Toda conexión cliente y proveedor debe ser directa, debe existir respuestas sí o no para mandar preguntas y recibir respuestas.
- Los flujos para cada producto y servicio deben ser simples y directos.
- Cualquier mejora debe ser de acuerdo al método científico, bajo la guía de un mentor al nivel más bajo posible de la empresa.

Todas estas reglas requieren que las actividades, las conexiones y los flujos sean a prueba de errores y que señalen problemas de forma automática. Es la respuesta continua a problemas y lo que lo hace a este sistema que pareciera ser rígido, tan flexible y adaptable a circunstancias de cambio.

El uso de las reglas en TPS hacen una comunidad de científicos que desempeñan experimentos de forma continua, mediante personas capaces y responsables para realizar y mejorar su propio trabajo, mediante la estandarización de las conexiones entre los clientes individuales y sus proveedores, resolviendo las conexiones y el flujo de los problemas al más bajo nivel posible de la empresa. Las reglas crean una empresa con una estructura modular, como las muñecas rusas que se ensamblan unas adentro de otras. El gran beneficio de estas organizaciones modulares es que las personas pueden implementar cambios de diseño in una parte sin afectar el resto del sistema. Por eso es que los gerentes en Toyota pueden delegar tanta responsabilidad sin crear caos y siguen produciendo al mismo tiempo. Varias empresas de Estados Unidos, Europa y Japón han intentado imitar el TPS, pero no siguen el mismo sistema y no han obtenido el mismo resultado (Bowen y Steven 1999).

## **5.6. Iniciativas de implantación de manufactura esbelta**

Para que se pueda entender cómo es que el Sistema de Producción de Toyota realmente funciona, se tiene que vivirlo para poder comprenderlo y después poder mejorarlo. Toyota es una organización con una larga historia de realizar mejora y modificaciones a un paso que pocas organizaciones han podido alcanzar. Parece que no se espera poder asimilarlo y mucho menos recrear una cultura tan distinta en algunas semanas o en algunos meses. Sin embargo, cualquier empresa que desarrolle e implemente un programa de entrenamiento tal que pueda llegar a diseñar sus operaciones y que entrene a sus gerentes a aplicar la filosofía de manufactura esbelta habrá realizado un buen inicio para replicar el DNA del Sistema de Producción Toyota (Spear, 2004). Aunque no existe duda de la relevancia en términos generales de los principios de manufactura esbelta, al momento de implantar manufactura esbelta dentro de una empresa no se realiza de una

sola forma y no siempre tiene éxito, a veces esto ocurre porque sus principios son sólidos pero su forma de implantarla falla, uno de los problemas es elegir cuál de todas las herramientas de manufactura esbelta hay que aplicar en cada situación. La implantación de esta filosofía de manufactura requiere de algunas decisiones específicas, las cuales tienen impacto y un elemento de riesgo que puede ser exitosa o no. Desafortunadamente, no existen herramientas para la selección y la priorización de métodos durante su implantación (Pearce y Pons, 2013). El porcentaje de la implantación de manufactura esbelta en las organizaciones del Reino Unido es menos que el 10% (Baker, 2002). Se cree que la principal razón de no alcanzar los beneficios de manufactura esbelta, es la falta de entendimiento su concepto y su propósito. Algunas empresas no aplican las prácticas de manufactura esbelta. O la aplican de otra forma dado a que utilizan la herramienta incorrecta para resolver un problema, utilizan una sola herramienta para resolver todos los problemas (Gershenson, Jambekar y Pavnaskar, 2003). Aunque los beneficios de la manufactura esbelta son extensamente reconocidos de Toyota, los mapas y marcos de referencias parecen ser incomprensibles para las empresas que las tratan de imitar. Se complica la implantación de manufactura esbelta ya que está influenciada por formas de administrar de los ejecutivos, la cultura de la empresa y barreras técnicas (Hassan, Jantanee y Sherif, 2013).

México ha iniciado la implantación de la metodología de Manufactura Esbelta y enfrenta los problemas de cambio cultural de la alta dirección y los gerentes. Los métodos dependen del trabajo en equipo, desarrollo del personal, toma de decisiones. El manejo del recurso humano durante la implantación es delicado; la organización debe ser plana, tener buena comunicación, trabajadores multitareas, ambiente laboral favorable, estilo de toma de decisiones participativo, entrenamiento, liderazgo y compromiso de alta dirección (Reyes, 2002).

La implantación de la filosofía Kaizen, aunque es muy popular, ha tenido poco éxito en México (Roncarti y Tanner, 1994). En una encuesta realizada a fabricantes de productos,

90% de 3,000 empresas industriales habían implantado proyectos de mejora continua; sin embargo, solo el 10% de las empresas reportaron haber obtenido resultados significativos (Rink, 2005). La revisión de literatura de 116 artículos realizada por Zhang et al. 2012 concluye que Manufactura Esbelta/Seis Sigma, en el mundo se encuentra en un estado inicial, ha tenido beneficios tanto para la industria de manufactura como la de servicio a organizaciones grandes y pequeñas.

Los investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology) en Estados Unidos a partir de la producción esbelta afirmaban que “iban a cambiar el mundo” y que era imperativo adoptarlo para las empresas estadounidenses y europeas (Jones y Womack, 1996). Pero la historia avanza rápido. El ‘sistema que iba a cambiar el mundo’ no evito que el país donde se dice apareció cayera en una crisis larga y profunda y algunas de las firmas que supuestamente lo encarnaban se vieron obligadas a establecer alianzas con grupos extranjeros, inclusive pasar a sus manos, para reestructurarse ya prender de ellos, que sin embargo se suponían menos eficientes. El encanto que los métodos atribuidos a los japoneses ejercieron sobre los dirigentes económicos y políticos y sobre muchos universitarios e investigadores, empezó a disiparse (Boyer y Freyssenet, 2000).

## **5.7 Relación entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma**

Existen distintos puntos de vista de académicos y empresarios, a continuación se muestran las similitudes y diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

Tabla 18. Similitudes entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

Ítem	Manufactura Esbelta y Seis Sigma.	Autor	Universidad/Empresa	Año
1	Mejora de la calidad y el nivel de competitividad de las empresas. La aplicación de ambas filosofías requiere el aprendizaje de varias herramientas y técnicas para poder aplicarlas.	Profesor T.N. Goh	Universidad Nacional de Singapore	2014
2	Énfasis en mejora del flujo de producción.	Profesor Sung Park	Universidad Nacional de Korea del Sur	2014
3	Estrategias de mejora de procesos.	Mr. V. Arumugam	Black Belt Certificado en Sistemas de viento Vestas, Dinamarca	2014
4	Ambos alcances mejoran la calidad y el costo de los procesos de producción.	Dr. Phil Rowe	Burton Grupo de Consultoría, Rugby, UK	2014
5	Ambas filosofías necesitan del apoyo de la Alta Dirección para tener éxito. Ambas se pueden aplicar en varios sectores que no sean de manufactura. Ambas utilizan equipos multidisciplinarios para resolver problemas. Ambas cuentan con varias herramientas, las cuales ofrecen una forma comprensiva para transformar las empresas de caos a excelencia operacional.	Profesor Jiju Antony	Universidad de Strathclyde, UK	2014

Fuente : Antony y Douglas, 2007.

Tabla 19. Diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

Ítem	Manufactura Esbelta (ME)	Seis Sigma	Autor	Universidad/Empresa	Año
1	Empresas prefieren ME como la filosofía para mejora de procesos.	Es Seis Sigma la filosofía que genera mejores ahorros que ME.	Dr. Andrew Thomas, Associate Dean	Universidad de Wales Newport, Wales, UK	2014

2	Algunas herramientas de ME no requieren de aplicación de métodos estadísticos	Los métodos estadísticos son útiles para análisis de problemas y control de los procesos.	Mr. Greg Watson	Soluciones de Excelencia Empresarial, Limited, Finlandia	2014
3	Enfoque en reducción de desperdicio. Resuelve problemas que son visibles en la empresa y fáciles de resolver.	Enfoque en reducción de la variación. Resuelve problemas complejos.	Profesor Rae Cho	Universidad de Clemson, EU.	2014
4	Enfoque para mejora de flujo de procesos que se interrelacionan entre sí.	Enfoque de mejora en un solo proceso que mejora la reducción de la variación del mismo por lo que mejora la calidad del producto.	Mr. V. Arumugam	Black Belt Certificado en Sistemas de viento Vestas, Dinamarca	2014
5	Es fácil de entender por la Alta Dirección y no requiere entrenamiento formal.	Al mejorar problemas complejos, requiere de un alto involucramiento y entrenamiento por parte de la Alta Dirección.	Dr. Phil Rowe	Burton Grupo de Consultoría, Rugby, UK	2014

Fuente: Antony y Douglas, 2007.

## Capítulo 6. La industria automotriz

### 6.1. Evolución

Durante la Revolución Industrial, la principal industria en el Reino Unido era la textil la industria del vestido tuvo muchos cambios en los métodos de manufactura. La introducción del sistema de fábrica, trajo consigo muchos cambios: adaptarse a máquinas, el uso de un capital más grande y trabajadores en un establecimiento. En 1895 se terminó la Guerra Civil Americana y las empresas americanas empezaron a estructurarse. Otra industria que determinó el futuro del mundo fue la petrolera, la cual lanzó a Estados Unidos como potencia mundial. En 1895, el automóvil se conocía como los hermanos Durgea lo construyeron y ganaron la carrera en las calles de Chicago, Illinois, se llamaba el vagón con motor. En 1900, la industria del automóvil casi no existía. En 1911, la manufactura del automóvil era la segunda en tamaño después del negocio del petróleo y en 1920 llegó a ser la más importante económicamente (Narasimhan y Kannan, 2011).

De acuerdo a Bill Loomis escritor de la columna especial para el periódico Detroit News escribe que Charles B. King pudo haber sido el primer carro de motor de gasolina en las calles de Detroit, pero desde los años 1880's, los mecánicos, maquinistas, ingenieros y los primeros pensadores estaban todos trabajando arduamente en alguna versión de un concepto de vapor, eléctrico o motor de gasolina.

Para 1904, fue el primer año que la manufactura del automóvil fue reconocida como una industria, el censo de la ciudad de Detroit, registró más de 2,000 personas trabajando en alguna versión del automóvil. Para 1917, existían 23 empresas registradas como productoras de automóviles y 132 empresas proveedoras de partes ese año.

En 1922, de acuerdo a la historiadora Clarence Burton, la industria automotriz empleaba más personas que todas las otros tipos de industrias en Detroit (Loomis, 1986).



En el siglo XX la actividad automotriz tuvo un papel relevante, en el proceso de industrialización de muchos países. Esta importancia radica en el hecho de que tal actividad fue pionera en la creación de innovaciones, que luego transformaron radicalmente la organización del proceso de fabricación manufacturera. Tales innovaciones fueron adoptadas en mayor o menor grado por otras actividades y pasaron a transformar la industria manufacturera en su conjunto, incrementando la productividad laboral y el desarrollo industrial de manera extraordinaria (Barron y Mortimore, 2005).

La fabricación de automóviles en gran escala fue todo un acontecimiento económico y social, en la medida en que al pasar la manufactura de los talleres artesanales a la producción en serie, el impacto en el conjunto industrial fue tan profundo que revolucionó las formas y las dimensiones de integración de las principales ramas productoras de los materiales componentes- encabezados por los productos de hierro y acero- y con ello, la producción de automóviles se transformó en la industria más exitosa en los países con alto desarrollo (Juárez, 2011). En la segunda mitad del siglo XX, las principales innovaciones en la industria se sistematizaron, a nivel de ensambladoras de vehículos (Barron y Mortimore, 2005).

## **6.2. Industria automotriz a nivel global**

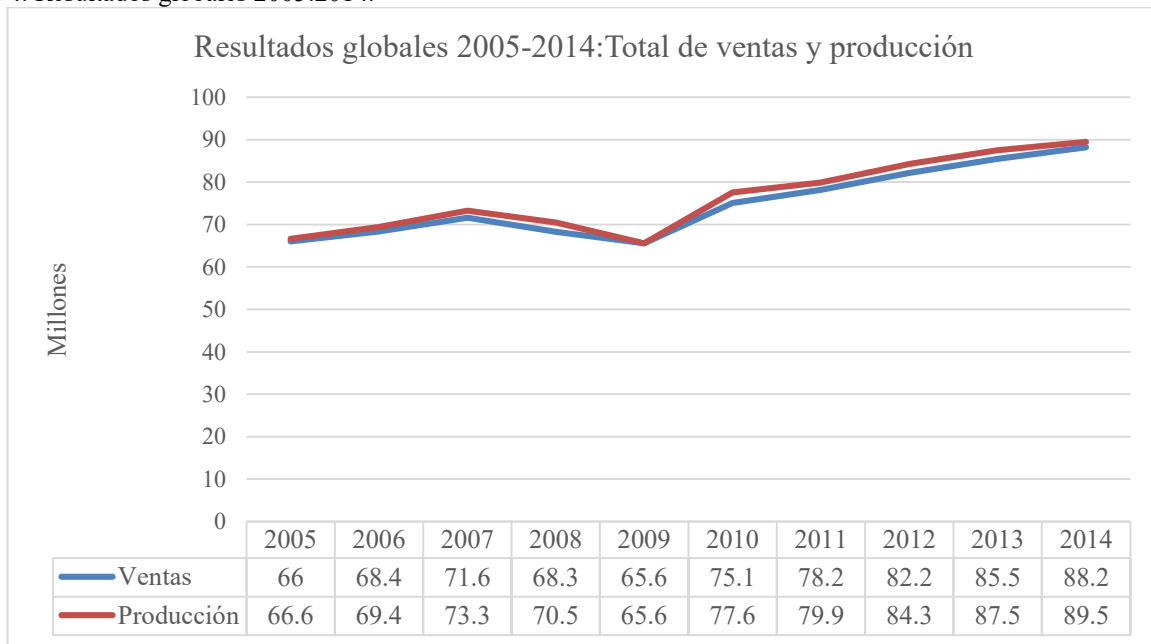
La industria automotriz es una industria que continúa evolucionando, evidenciada por su crecimiento y por ser competitiva en cuanto a costo, velocidad, crecimiento rápido en algunas regiones y países emergentes y una industria consolidada. En paralelo, el progreso técnico continúa en rápido crecimiento.

La penetración del automóvil en los principales mercados de Estados Unidos, Europa y Japón ha llegado a niveles históricos. La industria provee a los clientes con movilidad individual

que no existe otro producto que lo provea. El automóvil se ha convertido en una metáfora de expresión, un lugar para socializar, provee beneficios que son difíciles de proveer otros tipos de transporte (Seidel, Loch y Chahil, 2005).

La industria automotriz se encarga del diseño, desarrollo, fabricación, ensamblaje, comercialización, venta de automóviles y reparación. Es una de las industrias más dinámicas y modernas, además de ser generadora de mejoras en el área industrial y que a pesar de las crisis, ha sabido mantenerse y desarrollarse desde sus inicios en el siglo XVII hasta la actualidad. La industria y sus empresas han roto fronteras, la producción alcanzó los 89.5 millones de vehículos producidos y 89.5 vehículos vendidos, un 34% más que en el año 2005 (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015).

Figura 4. Resultados globales 2005:2014.



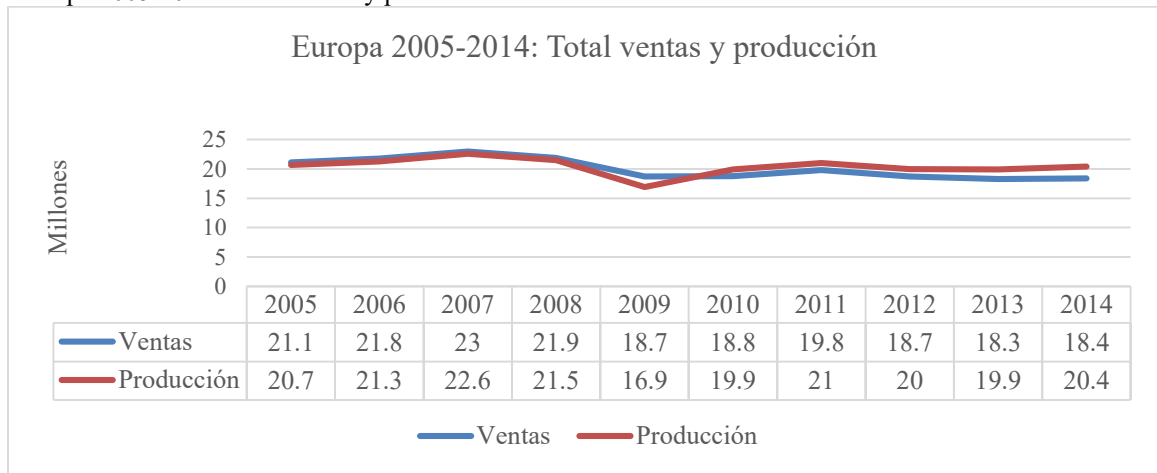
Fuente: OICA, 2015.

### 6.2.1. Europa.

La unión europea aumento sus ventas en un 5% y su producción en un 38% desde el año 2005. Los principales mercados son: Francia, Alemania, Italia, España, Inglaterra, Rusia y Turquía, dentro de estos países se encuentran: Turquía, Ucrania, Serbia, Belarus, Bosnia, Moldavia, Armenia, Georgia, Macedonia, Albania.

Los niveles de ventas y producción aún están muy por debajo de los niveles antes de la crisis, aunque se puede notar una recuperación. La producción alcanzó 17.0 millones de unidades y ventas de 14.9 millones de unidades. El nivel deseado es alrededor de las 18 millones de vehículos (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015).

Figura 5. Europa 2005:2014: Total ventas y producción



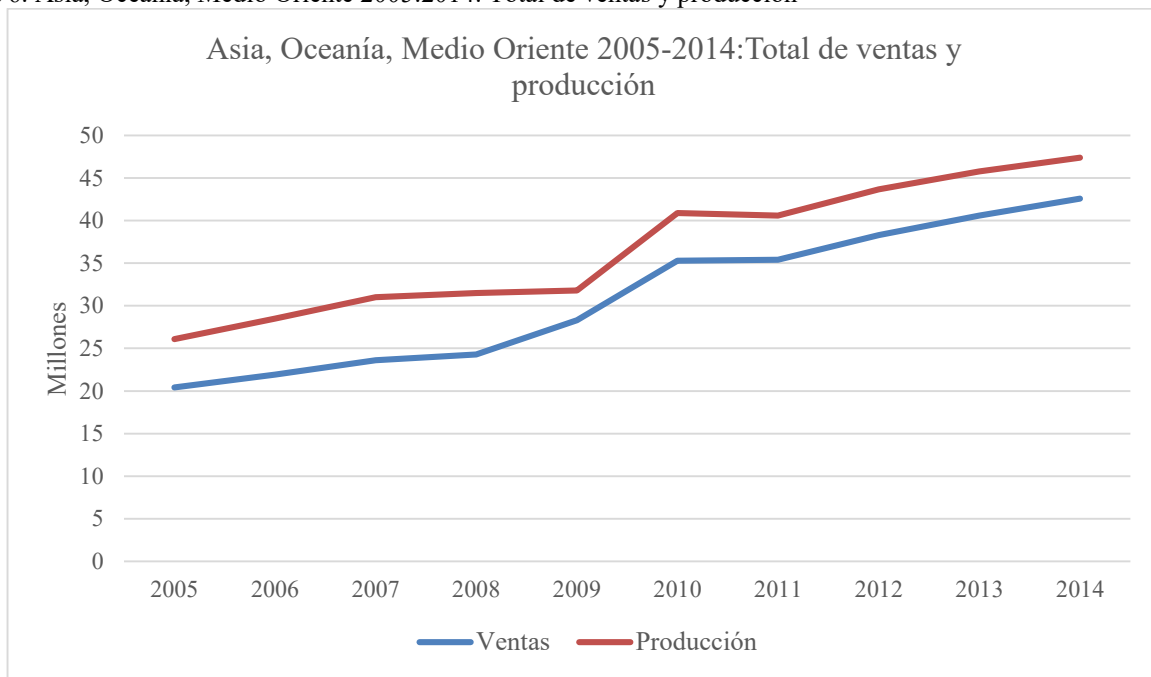
Fuente: OICA, 2015.

### 6.2.3. Asia, Oceanía y Medio oriente.

Los principales mercados son: China, India, Japón y Corea del Sur, también están incluidos, Australia, Indonesia, Irán, Tailandia, Malasia, Taiwán, Filipinas, Pakistán, Vietnam, Kazakstán, Nueva Zelanda, Singapur y Hong Kong. Esta región aumento sus ventas en un 110% y su producción en un 81% desde el año 2005.

Esta región ahora representa alrededor del 50% de ventas y producción global. China es el jugador más fuerte y ha tenido un aumento del 7% en producción y ventas en el año 2014. Algunos mercados han disminuido como Tailandia por -30% e Indonesia con un -2% (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015).

Figura 6. Asia, Oceanía, Medio Oriente 2005:2014: Total de ventas y producción



Fuente: OICA, 2015.

#### 6.2.4. NAFTA.

Los principales países son: Canadá, México y Estados Unidos. Desde el año 2005 al 2014, la producción aumentó en un 7% pero las ventas disminuyeron en un 2%. Con respecto al año 2013 las ventas y la producción aumentaron en un 6%.

Comparando el año 2013 con el 2014. Canadá aumento sus ventas en un 6% y su producción en 1%. México aumento 7% sus ventas y su producción en 10% y Estados Unidos aumentó sus ventas en un 6% y su producción en 5%.

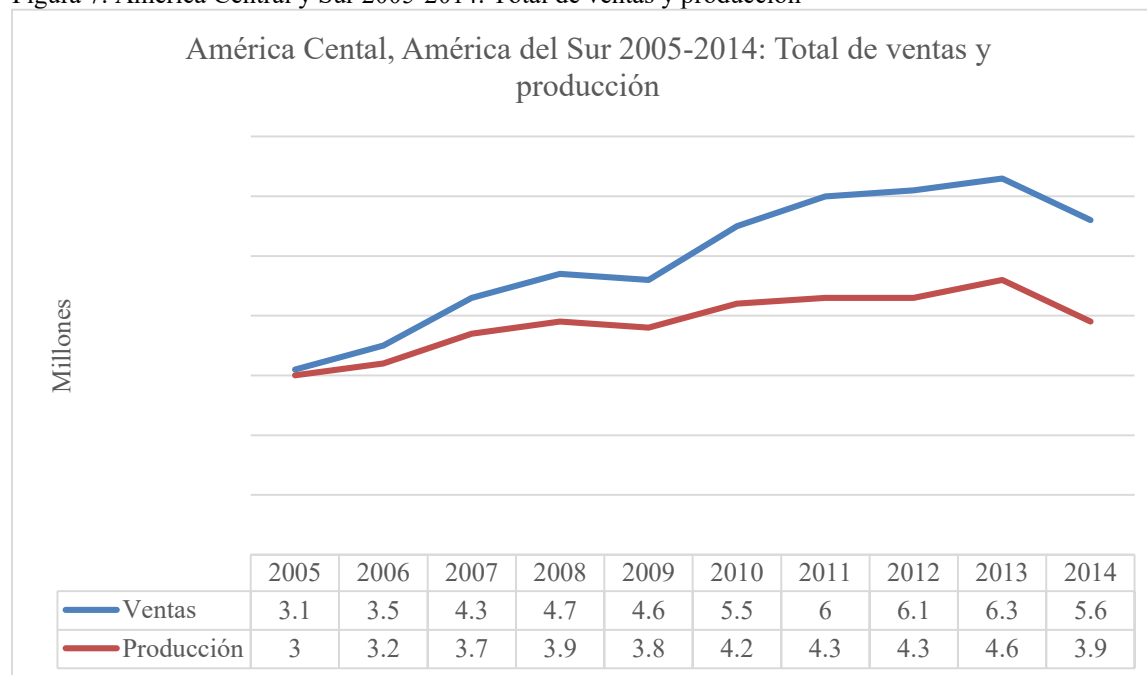
Norteamérica continua con un fuerte desempeño en 2014. La producción de la region ha excedido los niveles antes de la crisis con un 17.4 millones de unidades y ventas de 19.9 millones, ha llegado casi a niveles récord. En los tres mercados de la región las tendencias son muy positivas (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015).

#### 6.2.5. América Central y América del Sur.

En este bloque se encuentran: Brasil, Argentina, Chile, Colombia, Perú, Ecuador, Puerto Rico, Uruguay, Panamá y Costa Rica. Esta región aumento sus ventas en un 80% y su producción en un 30% desde el año 2005 al 2014. Argentina disminuyó sus ventas en un 36% y su producción en un 22% mientras que Brasil también disminuyó sus ventas en un 7% y su producción en un 15% desde el año 2005 al 2014.

Después de varios años de aumentos, en el 2014 se notó un cambio negativo, las ventas disminuyeron un -11% y la producción en un -17%. En particular el mercado Argentino se colapsó por completo en 2014, con una disminución de -36% en ventas y -22% en producción (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015).

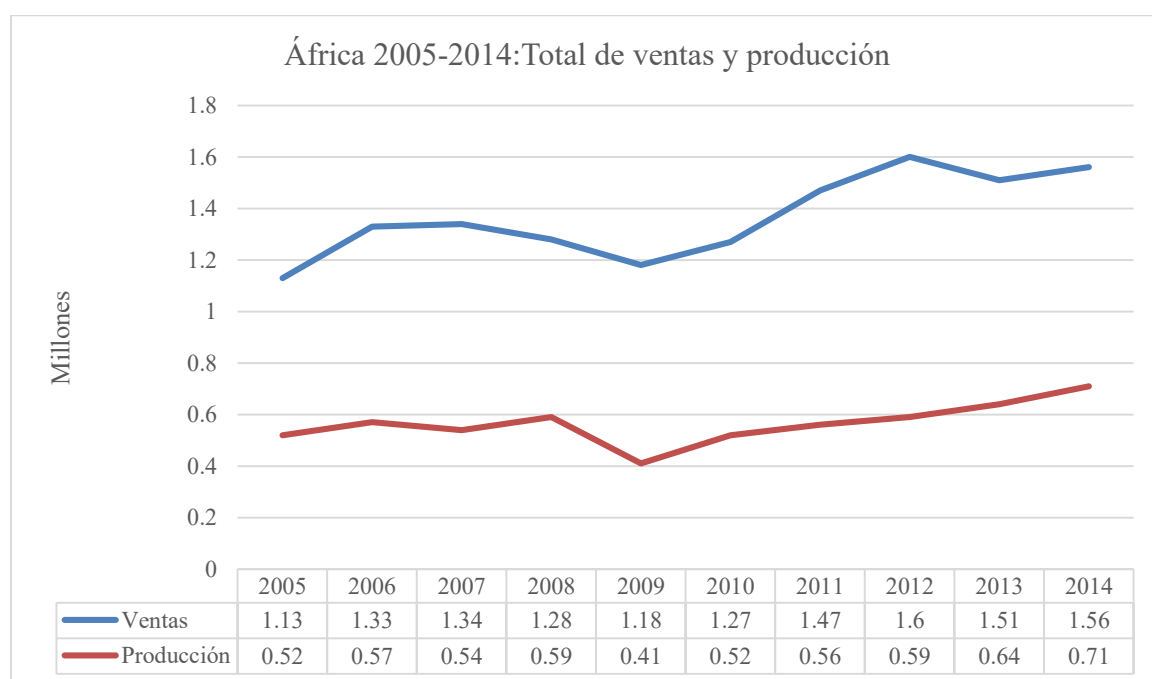
Figura 7. América Central y Sur 2005-2014: Total de ventas y producción



Fuente: OICA, 2015.

### 6.2.6. África.

Figura 8. África 2005:2014: Total de ventas y producción.



Fuente: OICA, 2015.

Los principales mercados de África son: Morocco y Sur África. Morocco aumento sus ventas en un 1% y su producción en un 40%. Mientras que Sur África disminuyó en 1% sus ventas y aumentó su producción en 4% comparando el año 2013 y 2014.

El pronóstico a nivel mundial para el año 2015 se espera que aumente un 3%, alrededor de 91 millones de vehículos (Yong-Geun, 2015).

La producción y las ventas de África continúan en aumento. Aunque los valores son modestos, la tendencia es interesante, especialmente cuando ésta región se ha estabilizado por lo que se puede mostrar un panorama a largo plazo (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2015).

De acuerdo a la Secretaria de Economía en su monografía de marzo de 2012 sobre la industria automotriz, tiene importancia en las economías nacionales y su papel como propulsor para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado, han provocado que diversos países tengan como uno de sus principales objetivos el desarrollo y/o fortalecimiento de esta industria. Su importancia en las economías nacionales y su papel como propulsor para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado, han provocado que diversos países tengan como uno de sus principales objetivos el desarrollo y/o fortalecimiento de esta industria.

La industria automotriz se compone de dos mercados: la manufactura de vehículos, compuesta por armadoras de vehículos y la manufactura de autopartes.

La industria automotriz es una industria madura que presenta problemas como son: mercados saturados en los países desarrollados, exceso de capacidad instalada, fuerte segmentación de mercados y proliferación de productos, ciclos de vida más cortos en sus productos, cerrada competencia en precios y márgenes de utilidad decrecientes. La innovación y los cambios tecnológicos son impulsados principalmente por la regulación ambiental, de seguridad y las acciones para disminuir costos (Álvarez, M., 2011).

## **6.3 Tendencias de la industria automotriz a nivel global**

### **6.3.1. Alianzas estratégicas.**

Desde inicios de los años 90, la industria automotriz ha atravesado un amplio proceso de reconfiguración por parte de las armadoras. Recientemente, el proceso se ha caracterizado por un creciente número de alianzas estratégicas entre las principales compañías.

En su mayoría las alianzas han buscado generar economías de escala en los procesos de diseño, fabricación y comercialización de nuevos modelos. A su vez, existen casos en los cuales las alianzas formadas por las armadoras dan una mayor penetración a nuevos mercados, ejemplos importantes son la alianza entre Renault y Nissan y Renault-Nissan y Daimler.

De acuerdo a la Secretaria de Economía, a nivel global se presentan las siguientes tendencias para la industria automotriz:

### **6.3.2. Distribución geográfica.**

Cambio en los centros de manufactura. Movimiento hacia modelos regionales de manufactura de bajo costo.

Adquisiciones y acuerdos han contribuido a la consolidación de los OEM's. El 77% de la producción global está a cargo de los 10 principales fabricantes, lo que abre nuevos mercados.

Redes de proveeduría regionales, incentivando a los proveedores ya existentes de la OEM's a buscar mecanismos de integración con compañías locales a fin de combinar el desarrollo tecnológico con la manufactura de bajo costo.

Diversificación en la producción en plataforma, desarrollando mayor diversidad de modelos producidos por cada plataforma (Secretaría de Economía, 2012).



### 6.3.3. Clientes.

Cambio en las propiedades de compra, siendo el valor y la seguridad las características más importantes. Crecimiento de clase media en países emergentes, abriendo nuevos mercados para las marcas de lujo. Innovaciones enfocadas a la seguridad serán determinantes en la decisión final para la adquisición de vehículos en los próximos años. Los consumidores estarán dispuestos a pagar más por esos atributos. Innovaciones relacionadas con la conectividad. El acelerado desarrollo de las comunicaciones, exigirá una mayor vinculación de la industria automotriz con la industria electrónica (Secretaría de Economía, 2012).

### 6.3.4. Tecnología.

Tecnología de motores y la transición a lo eléctrico. A pesar de la preferencia por motores de combustión interna más eficientes que por eléctricos. El cambio de lo mecánico a lo electrónico. Mayor grado de integración de los OEM's con la industria electrónica (componentes). Movilidad de baja tecnología. Esta tendencia será evidente en los mercados en los cuales se adquirirán vehículos por primera vez, en su mayoría buscarán vehículos de bajo costo y austeros. Se espera que hacia 2020, los vehículos híbridos todavía tendrá mayor participación que los eléctricos (Secretaría de Economía, 2012).

### 6.3.6. Capital humano.

Tanto los proveedores como los OEM's deberán planear un futuro que requiere de trabajadores cada vez más capacitados desde el diseño hasta la producción. Trabajadores con mayores y más profundas habilidades en todos los niveles para todas las áreas de la empresa y que

cubran aspectos como el desarrollo tecnológico y la innovación. Vinculación entre fabricantes y proveedores para el desarrollo de los trabajadores.

Cambio en los programas de reclutamiento enfocados en empleados cada vez más jóvenes que busquen desarrollo profesional a largo plazo (Secretaría de Economía, 2012).

#### 6.3.7. Eficiencia energética.

Los problemas ambientales a nivel global han motivado la adopción de estándares cada vez más estrictos en materia de eficiencia energética y emisiones de contaminantes, lo que impone retos a la industria, esto pasa en los países desarrollados que en realidad se traducen en oportunidades para su transformación estructural y desarrollo hacia nuevas tecnologías que permitan mejorar la eficiencia energética de los vehículos.

La reconversión y actualización tecnológica acorde con las exigencias de los mercados ya es un elemento característico en este sector, por lo que el reto estará en mantener el ritmo de avance e incremento en la productividad. Los productores de automóviles ofrecerán a sus clientes automóviles una experiencia al incorporar dispositivos que mejoran la eficiencia, la integración de nuevas tecnologías, como los son: electrónica y software (Seidel, Loch y Chahil, 2005).

#### 6.3.8. Sostenibilidad ambiental.

La sostenibilidad ambiental está teniendo impactos positivos en la generación de empleos mejor calificados y en la rentabilidad. Estimaciones preliminares indican que el mercado de vehículos en EUA, con autos más eficientes, podría generar una ganancia neta de alrededor de 190,000 nuevos empleos.

La industria automotriz podrá aprovechar la experiencia, conocimientos y capacidad instalada, para desarrollar los nuevos productos que se requieren, con estándares más exigentes (Secretaría de Economía, 2012).

En 2013, China continuó por tercer año consecutivo en la primera posición como el mayor fabricante de vehículos en el mundo, seguido por Estados Unidos y Japón. Los principales productores de vehículos en el mundo fueron cinco: China, Japón, Estados Unidos, Alemania y Corea del Sur.

Con base en el ranking de cuarenta países generado por OICA, México se mantuvo en el octavo lugar entre los principales productores a nivel mundial, por encima de países como Francia, Rusia, Reino Unido, Bélgica y España.

Tabla 20 Principales países productores (millones de unidades).

Lugar Abril - Jun 2014	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	China 13.8	China 18.2	China 18.8	China 19.2	China 22.1	China 11.8
2	Japón 7.9	Japón 9.6	E.U. 8.3	E.U. 9.9	E.U. 9.6	E.U. 5.1
3	E.U. 5.7	E.U. 5.9	Japón 8.6	Japón 10.3	Japón 11.0	Japón 5.9
4	Alemania 5.2	Alemania 5.9	Alemania 6.3	Alemania 5.6	Alemania 5.7	Alemania 3.1
5	Corea del Sur 3.5	Corea del Sur 4.2	Corea del Sur 4.6	Corea del Sur 4.5	Corea del Sur 4.5	Corea del Sur 2.3
6	Brasil 3.2	India 3.5	India 3.4	India 3.3	India 3.7	India 1.3
7	India 2.6	Brasil 3.3	Brasil 3.9	Brasil 4.1	Brasil 3.9	<b>México</b> <b>1.7</b>
8	España 2.1	España 2.3	<b>México</b> <b>2.3</b>	<b>México</b> <b>2.4</b>	<b>México 2.4</b>	Brasil 1.3
9	Francia 2.0	<b>México</b> <b>2.2</b>	España 2.2	Tailandia 2.4	Tailandia 2.4	España 1.2
10	<b>México</b> <b>1.6</b>	Francia 2.3	Francia 2.6	Canadá 3.0	Canadá 3.0	Canadá 1.7

Nota: Para efectos del ranking se toma la producción registrada por OICA, en el caso de México puede haber diferencia con las unidades producidas de acuerdo a AMIA (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz) y ANPACT (Asociación Nacional de Productores de Automóviles, Camiones y Tracto camiones).

Fuente: OICA 2009-2014.

De acuerdo con cifras provenientes de AMIA y ANFAVEA (Asociación Nacional de Fabricantes de vehículos Automotores), durante 2014, México supero a Brasil con una diferencia en producción de 246,530 vehículos ligeros, colocándose como el séptimo productor a nivel internacional y el primero en América Latina con 2.9 millones de vehículos ligeros (ProMéxico, 2014).

El segmento de la manufactura de automóviles representa el 73.1% de la producción total de la industria, mientras que el 26.9% restante es del sector de las autopartes.

El valor de la producción de vehículos ligeros en 2013 fue de 1,334 miles de millones de dólares, con un total de 82, 489, 254 unidades producidas, lo que represento un crecimiento de 9.1%, en cuanto a su valor, en comparación al año previo.

Para 2016, se estima que la producción de vehículos ligeros tendrá un valor de 1,702 mmd, con un volumen de 95.0 millones de unidades producidas, lo que significa una tasa media de crecimiento de 8.5% anual de 2013 a 2016.

En el segmento de vehículos ligeros, la principal región para la venta de unidades vehiculares fue la región de Asia-Pacífico, la cual representa el 42.7% del total, seguida por Europa con el 30.7% América con 22.9%, Medio Oriente con 2.7% y el resto del mundo con 1.0%.

En la producción de vehículos pesados, la región que tuvo mayor participación fue la de América con el 56.5% de las ventas a nivel internacional, seguida de Asia-Pacífico con 29.6%, Europa con 14.2% y Medio Oriente y África con 3.7% (Pro México, 2014).

#### **6.4. La industria automotriz en México**

La industria automotriz está acotada a las ramas de actividad Fabricaciones de camiones y Fabricación de partes para vehículos automotores, de acuerdo al Sistema de Clasificación

Industrial de América del Norte (SCIAN). En la siguiente tabla se muestra el detalle de las actividades que la conforman y el peso relativo de cada actividad.

Las dos ramas de actividades que conforman la industria Automotriz tienen características diferentes. Por ejemplo, la fabricación de automóviles y camiones está concentrada en treinta y cinco unidades económicas (plantas industriales), las cuales representaron el 2.8% del total de unidades de la Industria automotriz produjeron el 53.8% y generaron el 10.3% de empleos. Es decir, son industrias concentradas e intensivas en capital.

La fabricación de partes para vehículos automotores representó el 97.2% de las unidades económicas, generó poco menos de la mitad de la producción y casi nueve de cada diez empleos, es decir, se trata de una industria más dispersa e intensiva en trabajo. Fuente: INEGI. Censos económicos 2009.

La fabricación de automóviles y camionetas es la actividad más importante de la Industria automotriz por la producción que aporta, 44.3% del total. Fuente: Censos económicos 2009.

La fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos automotores, junto con la Fabricación de otras partes para vehículos automotrices son las actividades más relevantes por el número de unidades económicas (23.4%) y el empleo que generan (37.7%). Fuente INEGI. Censos económicos 2009.

La industria automotriz mexicana está formada por el sector terminal de producción de vehículos- conformado por las ensambladoras o armadoras- así como por las productoras de autopartes; éstas son partes y componentes automotrices.

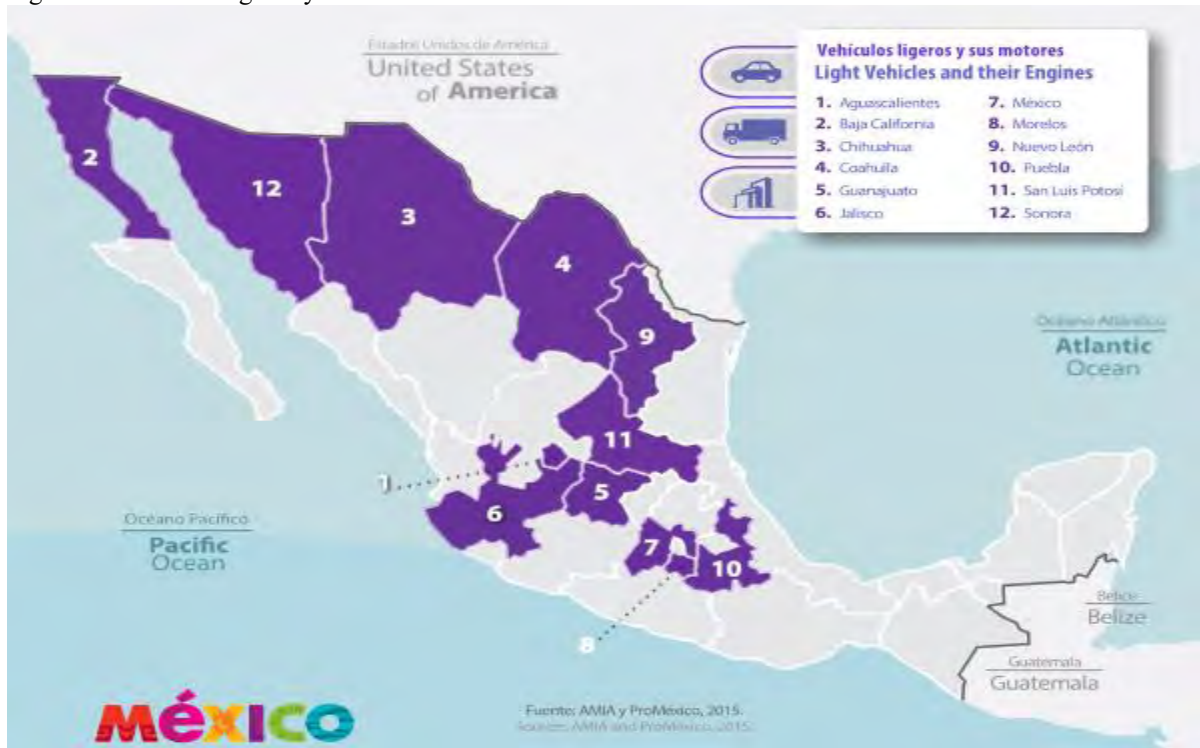
El producto final de esta industria (los vehículos) son consumidos tanto por el mercado interno, así como por distintos países del mundo a donde son exportados. Las ensambladoras incluyen a las autopartes en su proceso productivo puesto que son éstas las que complementan el

cuerpo de los vehículos que producen. Las carrocerías, los asientos, los arneses, etc. forman un todo: el automóvil (Martin, 2011).

#### 6.4.1. Empresas en México.

El sector automotriz y de autopartes en México ha sido impulsado por las principales empresas armadoras de vehículos (ligeros y pesados) en el mundo, tales como: General Motors, Ford, Chrysler, Volkswagen, Nissan, Honda, BMW, Toyota, Volvo y Mercedes Benz. La mayoría de las empresas armadoras en México cuentan con empresas de autopartes que se localizan alrededor de sus plantas de vehículos para cumplir con las exigencias de proveeduría y tiempos de entrega. México ofrece a las armadoras, alta capacidad de manufactura, así como diseño y producción con altos estándares de calidad, comercializados en los mercados de mayor demanda. Algunos ejemplos son los siguientes: Dos de las cinco principales plantas productoras de automóviles en Norteamérica son mexicanas: Volkswagen Puebla y Nissan Aguascalientes. La primera fue la de mayor producción en la región, con 516,146 vehículos producidos y, en conjunto, ambas plantas fabricaron más de un millón de unidades en 2014.

Figura 9. Vehículos ligeros y sus motores.



Fuente: AMIA y ProMéxico, 2015.

Durante el 1er. Encuentro de la para el desarrollo de la industria de autopartes y vehículos en México, en la ciudad de Aguascalientes, México; el Presidente Ejecutivo de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) Eduardo Solís, destacó lo siguiente:

“Con el TLCAN América del Norte decide abrir sus fronteras, para México significa la ampliación de sus mercados de su producto terminado y por otro lado, el acceso a los insumos. Los resultados son evidentes en veinte años, hoy es el séptimo fabricante de vehículos en el mundo durante 2014 y el primero en América Latina. Genera 3.1% del Producto Interno Bruto Nacional (PIB) y 18.1% del PIB manufacturero. Más de uno de cada cuatro dólares exportados del sector manufacturero corresponde a productos automotrices. El sector automotriz es exportador mundial de autopartes, y representa el primer proveedor al mercado de EU.

Es una industria que tiene el 4º. lugar como exportador mundial de vehículos ligeros. Importantes empresas y los gobiernos han decidido cambiar su modelo si el mercado es EU entonces es en México donde deben estar.

Un número que destaca muy grande es principal generador de divisas en el país, con una balanza comercial superavitaria por un monto de \$49.7 millones de dólares en 2014. En un marco de un país con déficit, con el sector de manufacturas entre lo que exportamos e importamos tenemos un déficit de balanza de \$10 millones de dólares. Sin el sector automotriz México tendría un déficit de alrededor de \$60 millones de dólares. Es un

sector que, si apuntala la economía, genera divisas al país. La industria está creciendo de una manera muy importante. Se está duplicando el número de motores que hacíamos en Chihuahua y lo que falta.

Tabla 21. Inversiones en México.

Año de anuncio	Empresa	Inversión anunciada Millones de dólares	Destinado a:
2012	AUDI	\$1,300	Planta de vehículos Puebla
2014	NISSAN-DAIMLER	\$1,360	Planta de vehículos Aguascalientes
2014	BMW	\$1,000	Planta de vehículos San Luis Potosí
2014	GM	\$5,000	Expansión de sus cuatro plantas
2015	VW	\$1,000	Expansión de planta, nueva línea
2015	TOYOTA	\$1,000	Planta de vehículos Guanajuato
2015	FORD	\$1,100 \$200 \$1,200	Planta de vehículos en Chihuahua Expansión de planta de motores en Chihuahua Planta de transmisiones Guanajuato

Fuente: AMIA, 2015.

“Con base en datos de la Secretaría de Economía, la industria automotriz terminal y autopartes recibió \$39,319.3 millones de dólares en el periodo 1999 – 2015 de Inversión Extranjera Directa (IED), lo que representa el 9.7% del total de la IED nacional.

De 1994 a 2014, la producción de vehículos TLCAN creció 11.1%. En 2014, la región TLCAN aportó el 19.4% de la producción mundial. México pasó de 1994 de un 7% que se fabricaban en América del Norte a un 19%. Canadá fabrica en veinte años casi lo mismo, han perdido participación en el mercado ya que el que ha ganado en crecimiento, ha sido MX. En veinte años crecimos \$2 millones de vehículos en fabricación, pasamos de fabricar \$1 millón de vehículos a \$3 millones de vehículos. Dentro de poco tiempo, Aguascalientes va a fabricar \$1 millón de vehículos al año. México produce \$1 millón de vehículos más que Canadá al año.

Los datos duros de los últimos veinte años en América del Norte son:

- México creció 12% su participación en América del Norte en los últimos 20 años.
- EU y Canadá cayeron 11% y 1% respectivamente en ese mismo lapso.
- EU todavía fabrica 67% de los vehículos que se fabrican en América del Norte.
- México, con sus nuevas plantas podría alcanzar \$5.1 millones de vehículos en 2020. Este número significa un 27% de participación del mercado en América del Norte.

Pasamos de 1 a 3 millones de vehículos en 20 años y de 3 a 5 millones en 7 años. El sector automotriz es altamente dinámico que tiene mucho por crecer. Este sector está en crecimiento y lo que viene es lo mejor. Sin duda el tema de la logística tenemos que trabajar



muy fuerte para poder exportar toda la producción de vehículos. Tenemos que trabajar de la mano con el Gobierno para mejorar las carreteras, puertos, ferrocarriles. A los ferrocarriles les pedimos más carros para transportar automóviles y no hay. Este es un gran reto que tenemos que atender. La cadena de suministros también debe proveer de los insumos necesarios para este crecimiento. El reto es mayúsculo. Si la logística no logra este reto, entonces la industria automotriz va a cambiarse de país” (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2015).

#### 6.4.2. Producción y Exportación.

La industria automotriz contribuye con el 3.7% de la producción mundial. Más del 8% de la producción se destina al mercado de exportación.

En el 2009 con la crisis de Lehman Brothers en Estados Unidos que empieza en 2008 que le pega al mundo. México se recupera en 2010 ya está fuera de la crisis y de ahí todos los años han sido records históricos en producción y exportación. Tres millones de unidades fabricadas y lo que falta. Efectivamente, este sector entra a una dinámica nueva de boom, lo que paso no tiene nada que ver con lo que viene (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2015).

En México, la industria automotriz ha representado un sector estratégico para el desarrollo del país. Su participación en las exportaciones, la coloca como la industria más importante, superando incluso al sector petrolero (Secretaría de Economía, 2012). Una comparación de la producción de autos entre México y EU muestra que los costos en México son 12% más bajos, una clara ventaja competitiva que es complementada por factores tales como: Tratados de intercambio comercial con más de cuarenta y cuatro países que garantizan acceso preferencial a mercados en tres continentes, proximidad geográfica al mercado de EU y fácil acceso a otros mercados claves, con el cual reduce costos de transporte y tiempos de entrega, el país cuenta con plantas de ensamble por diecinueve de las compañías principales en la industria global, las principales trescientas empresas Tier 1 proveedores globales tienen presencia en México, con una

bien estructurada cadena de valor organizada en clústeres dinámicos y competitivos y el mercado doméstico continua creciendo de forma constante y se basa una estructura demográfica que se enfoca en grupos de edades con un alto poder económico.

“Cinco elementos que hacen atractivo a México para incrementar la inversión automotriz con el apoyo por parte del Gobierno el cual debe ser un gran aliado para aterrizar las nuevas inversiones.

- Localización geográfica privilegiada
- Importante red de acuerdos comerciales
- Una robusta cadena de suministros
- Recursos humanos jóvenes y calificados
- Estabilidad económica

EU no tiene que pagar para impuestos y aranceles los autos producidos en México. En cambio, Brasil paga alrededor de 25% de impuesto para vender autos en EU. México tiene el acceso preferencial a EU, lo cual puede ser la diferencia” (Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2015).

Los estados que más contribuyen a la industria automotriz son los de la frontera norte, con un 47% de la producción total, una situación que se ha estimulado por la proximidad al mercado de EU. En términos de producción de vehículos, existe un clúster en el centro del país que mantiene un 43% del total, mientras que el clúster del norte contribuye en un 57% del total.

#### 6.4.3. Bienes producidos.

México tiene dieciocho instalaciones productivas de las más importantes empresas fabricantes de vehículos, dos fabricantes de motores a diésel y más de trescientos proveedores de primer nivel de la industria terminal (Tier 1).

Tabla 22. Bienes producidos.

Vehículos ligeros	Vehículos Comerciales	Motores	Autopartes
General Motors	Daimler	Cummins	Poco más de mil empresas
Ford Chrysler/Fiat	Scania Volvo	Detroit Diesel	Trescientos cuarenta y cinco empresas son proveedores de 1er. Nivel (Tier 1).
Nissan Honda Toyota Volkswagen BMW	Dina Kenworth International VW Man Hino Motors Isuzu Giant		

Fuente: Secretaría de Economía, 2012.

#### 6.4.4. Industria automotriz de vehículos ligeros.

Las empresas de la industria terminal de vehículos ligeros cuentan con un total de dieciocho complejos productivos en once Entidades Federativas del país, en los que se realizan actividades que van desde el ensamble y/o blindaje hasta la fundición y el estampado de los vehículos y motores. Actualmente, en México se producen más de cuarenta y ocho modelos de automóviles y camiones ligeros.

Tabla 23. Vehículos ligeros.

Chrysler	Ford	GM	Nissan	VW	Honda	Toyota
Crew cab	Fusion	Aveo	Platina	Beetle	CRV	Tacoma
Journey	MKZ	Chevy	Sentra	Beetle Cabrio		
RAM 1500	H215	G3	TIIDA	Bora		
RAM 2500	LCF	Avalanche	Tsuru	Jetta		
RAM 4000	Fiesta	Captive Sport	Estacas largo diesel	Sportwagon		
RAM 3500		Escalade	Pick up doble cabina			
Fiat 500		GMC Sierra	Pick up largo			
		Silverado	Chasis largo			
		SRX SUV	Chasis largo diesel			
		Vue	Estacas largo			
			Pick up largo diesel			

Elaboración propia.

Las empresas de la industria terminal de vehículos ligeros cuentan con un total de veinte complejos productores en catorce estados del país, en los que se realizan actividades que van desde el ensamble y blindaje, hasta la fundición y el estampado de los vehículos y motores. Actualmente, México produce más de cuarenta y ocho modelos de automóviles y camiones ligeros (Pro México, 2014).

En México existían 1271 unidades económicas dedicadas a la industria automotriz, según los Censos Económicos 2009, ya salió el censo de 2014 las cuales empleaban a 492,084 personas. Hasta 1980, la industria mexicana del automóvil producía vehículos de baja calidad con métodos de mano de obra intensiva y bajo volumen para un mercado doméstico protegido; las ventas de exportación al final de los 1970's promediaban solamente 15,000 unidades al año. Todo eso empezó a cambiar en los años 1980's y a paso acelerado en los 1990's. Para el 2000, los "Big Five" principales productores de automóviles (General Motors, Ford, Daimler-Chrysler, Nissan y Volkswagen) estaban exportando 1.4 millones de unidades producidas a estándares globales con la calidad de las mejores prácticas de los métodos de producción. Los proveedores de la industria crecieron aún más rápido que los productores nacionales de partes dieron paso a corporaciones creciendo junto los "Big Five" (Juárez, 2011). La decisión de comprar localmente o importar autopartes y componentes, depende principalmente de las políticas estratégicas por parte de casas matrices de las grandes empresas transnacionales. Parece que la mayoría de ellas no están convencidas todavía de apartarse de su base de proveedores en Estados Unidos apoyado por sus filiales en México como para apalancarse más en las empresas nacionales.

La producción de la industria automotriz, medida a través del PIB, ha aumentado su importancia al pasar de 12.1% en 2003 a 14.2% en 2012, impulsado este comportamiento tanto por la Fabricación de automóviles y camiones, como por la fabricación de partes para vehículos automotores.

En un contexto general, la industria automotriz está registrando una dinámica de crecimiento superior a la de la economía en su conjunto desde 2010.

Después de presentar una caída del PIB en 2009 de (-) 26.5% anual, año de la crisis económica, aumentó de manera importante en 45.3% en 2010, 16.0% en 2011 y 12.4% en 2012, apoyado este dinamismo por las exportaciones de esta industria. De acuerdo a la AMDA las exportaciones fueron del 83% del PIB en 2011 (se exportan principalmente a Estados Unidos). Durante 2010, México logro reponerse después de la baja del 2009 y ha mantenido un crecimiento continuo. Para el año 2011 la producción excede los niveles antes de la crisis.

El potencial de la industria automotriz es tal, que representa el sector económico más importante del país. Esta industria se ubica al lado del mercado de consumo más grande a nivel mundial: Estados Unidos; en un ambiente de desregulación comercial, transferencia de tecnología probada y una infraestructura de producción considerable (Miranda, 2007).

Las expectativas de los especialistas en economía del sector privado consultados por el Banco de México en su encuesta de junio 2015, han indicado una expectativa de crecimiento anual del PIB de 2.6% para 2015, inferior a la expectativa anunciada al inicio del año 3.29% (AMIA, 2015).

#### 6.4.5. Producción de vehículos automotores en México.

La importancia de la industria automotriz para la economía de México es incuestionable. El sector contribuye a 3.6% del Producto Interno Bruto (PIB), 20.3% del PIB de manufactura y 28.4% de lo que exporta el país. Cuenta con más de 550,00 empleos directos e indirectos.

El horizonte para la industria automotriz mexicana en el corto plazo es positivo. Se estima que, en el año 2012, 2.7 millón de vehículos serán producidos y las ventas domésticas lleguen a alcanzar 930,000 unidades, lo cual significa un aumento anual de 6.3% y 2.6% respectivamente.

Para generar su producción, la Industria automotriz (Fabricación de automóviles y camiones y la Fabricación de partes para vehículos automotores) demanda insumos (demanda intermedia) y aporta valor agregado.

La producción de vehículos automotores creció 9.0% en 2012 respecto a 2011, mientras que durante enero-septiembre de 2013 aumento 3.3% con relación al mismo periodo del año anterior, alcanza niveles de producción sin precedentes, superiores a los que se tenían previos a la crisis económica de 2009. Este dinamismo es apoyado principalmente por el positivo desempeño de las exportaciones.

En 2013, se vendieron en México más de un millón de vehículos, lo que represento un crecimiento del 7.7% en comparación a 2012. De acuerdo con Business Monitor, se estima que el consumo de vehículos en México durante el periodo 2013-2017 sea de 1.3 millones de unidad anual.

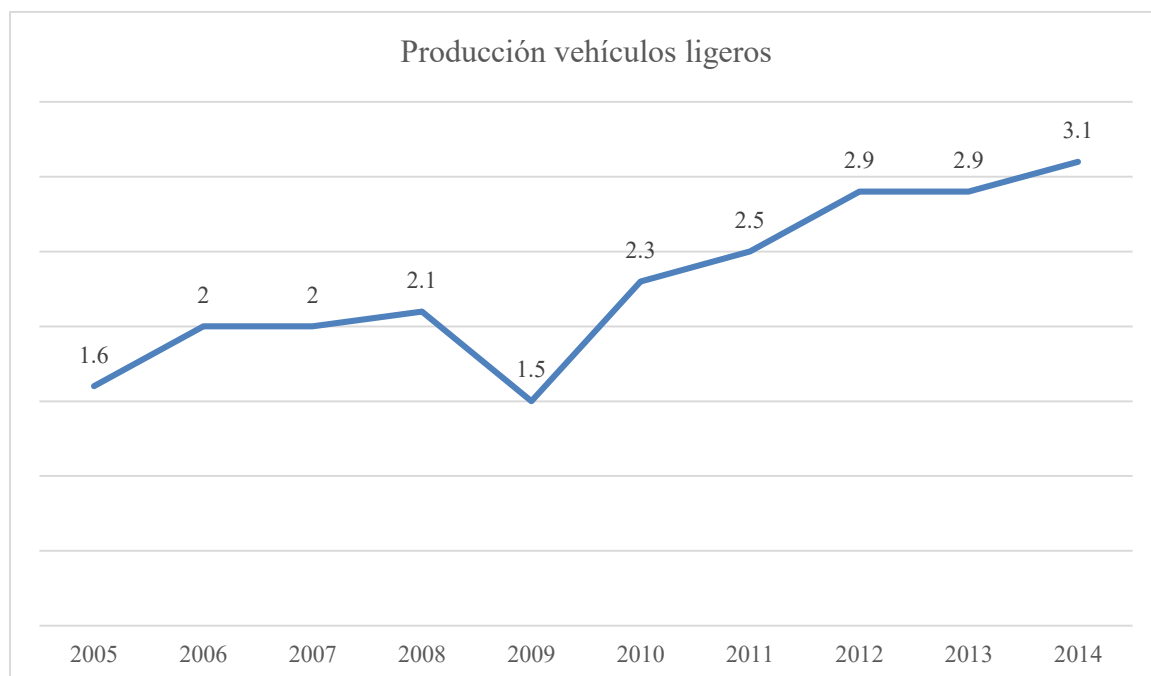
Asimismo, en 2013, respecto a la comercialización local de vehículos ligeros, Nissan obtuvo el primer lugar de ventas con un 25% de la participación del mercado nacional, seguido por General Motors con 19%, Volkswagen con 15%, Fiat Chrysler Automóviles (FCA) 9%, Ford 8%, Toyota 6%, Honda 5% y Mazda 3%. Las ventas de las marcas representan el 90% del total de vehículos vendidos en México.

#### 6.4.6. Producción total nacional.

La producción de vehículos ligeros continúa superando los niveles históricos, tanto para un mes de junio del 2015 como para un primer semestre. Durante el sexto mes del año se

produjeron 306,694 vehículos ligeros, 6.7% más que las 287,344 unidades producidas en junio 2014. Mientras que en el acumulado enero-junio de 2015 se han manufacturado 1, 727, 557 unidades, para un crecimiento del 8.1% con respecto a los vehículos manufacturados en el mismo periodo del año previo (AMIA, 2015).

Figura 10. Producción vehículos ligeros.



Fuente: INEGI, 2014.

El pronóstico de los próximos cinco años del 2013 al 2016 es que la demanda en los Estados Unidos de las exportaciones mexicanas se beneficiaran a la alza por la introducción de nuevos estándares de emisiones. La demanda doméstica de vehículos comerciales aumentara en el mediano plazo (The Economist Intelligence Unit, 2012).

Se estima que la producción de vehículos hacia 2020 pueda alcanzar los cinco millones de unidades y para que ello sea posible, es indispensable que el sistema logístico que demandará esta importante industria, tenga un crecimiento equivalente en materia de puertos marítimos, sistema

ferroviario y transporte carretero a fin de evitar que se convierta un cuello de botella (AMIA, 2015).

#### 6.4.7. Exportaciones.

Desde el punto de vista de producción, México jugara un rol muy importante en las exportaciones de vehículos de lujo hacia mercados emergentes o maduros, con modelos que actualmente ya se fabrican en el país como el Lincoln MKZ, Cadillac SRX o que se fabricaran en México, como la camioneta Q5 y modelos de las marcas Mercedes-Benz, Infinity y BMW.

En cuanto al mercado nacional de vehículos de lujo, dicho segmento se encuentra en crecimiento y con una mayor competencia; en 2013 las marcas de vehículos de lujo obtuvieron ventas por 62,619 unidades.

Los autos compactos y subcompactos continúan representando los segmentos con mayor participación en las ventas de vehículos ligeros en México. La suma de su participación fue de 59% para 2013, seguido de las SUV's con 19%, las pick ups con 14%, los vehículos de lujo con 6% las minivans con 2% y los autos deportivos con 1% (Pro México, 2014).

De acuerdo al Informe Trimestral de Octubre – diciembre 2014 del Banco de México la economía mexicana continuó con la moderada recuperación que ha venido registrando desde el segundo trimestre de ese año. Esta evolución se derivó, principalmente, del dinamismo de la demanda externa, al tiempo que la demanda interna presento cierta mejoría.

En el trimestre que se reporta, las exportaciones manufactureras se mantuvieron en la trayectoria creciente que ha venido mostrando desde finales del primer trimestre de 2014. La expansión de las exportaciones manufactureras se originó, en buena medida, del impulso de las dirigidas a Estados Unidos, en congruencia con el crecimiento de la actividad productiva que se observó en ese país. A su vez, el dinamismo de estas exportaciones reflejo incrementos tanto en



las del sector automotriz, como en las del resto del sector manufacturero. Por su parte, las exportaciones canalizadas al resto del mundo continuaron relativamente estancadas.

Con la severa caída de la producción durante la crisis económica de 2009, la productividad laboral de la Fabricación de automóviles y camiones disminuyó más que en las manufacturas, pero después de este acontecimiento su recuperación fue más rápida (Pro México, 2014).

México tiene una dependencia del mercado de Estados Unidos, lo cual significa que la producción de vehículos en México depende de la demanda en E.U (The Economist Intelligence Unit, 2012). En el 2013, el sector automotriz contribuyó con el 30% de las exportaciones del país y posiciono a México como el 4º. Exportador de vehículos ligeros a nivel internacional. La industria automotriz cuenta con más de 100 destinos de exportación, colocando a México como un importante centro de operaciones y logística a nivel internacional. Aunque su mercado principal es Estados Unidos, diversos mercados en Latino América han incrementado su participación en las exportaciones mexicanas.

Durante junio 2015, la exportación también mantiene cifras record, tanto para un mismo mes como para el acumulado enero – junio 2015 se han registrado niveles sin precedente. En junio se exportaron 242,720 vehículos ligeros, registro que muestra un incremento del 5.3% con respecto a las unidades exportadas en el mismo mes de 2014. En tanto que en la primera mitad del año 2015 se han exportado 1, 405, 458 vehículos, para un crecimiento del 10.4% comparado con el total exportado en el primer semestre 2014.

Los datos de exportación por regiones, muestran el mayor crecimiento para Europa, Canadá y Estados Unidos; por el contrario, las regiones de Latinoamérica, Asia y África presentaron tasas negativas. La principal región de destino de nuestras exportaciones la integran los países TLCAN representando el 81.4% del total exportado.

En esta primera mitad del año, los vehículos ligeros que México comercializó en el exterior fueron enviados principalmente a Estados Unidos, representando el 70.8% del total de las exportaciones, como segundo destino se tuvo a Canadá con el 10.7%, y el tercer lugar esta Alemania con el 3.9%, las exportaciones a Brasil y China cayeron un lugar en el ranking de destinos. Mientras que Argentina se mantiene el 7°. lugar, pero con una evolución creciente.

De acuerdo con el reporte de Ward's Automotive, en Estados Unidos se comercializaron 8,485,493 vehículos ligeros durante el primer semestre de 2015, 4.4% superior al mismo período del año previo.

En el acumulado a junio de 2015, los vehículos mexicanos representaron el 11.7% del total de vehículos ligeros vendidos en Estados Unidos, al exportarse 99,817 unidades.

De los países que proveen a Estados Unidos, Corea y México presentan tasas de crecimiento positivas, 21.0% y 10.3% respectivamente, mientras que Japón y Alemania mantienen tasas decrecientes con respecto al acumulado enero – junio 2014 en ambos casos.

La perspectiva de la industria automotriz para los próximos cinco años, considerando los recientes anuncios de inversión y nuevas plantas de fabricación de vehículos que iniciarán operaciones en los próximos meses, presenta un futuro cercano de constante crecimiento (AMIA, 2015).

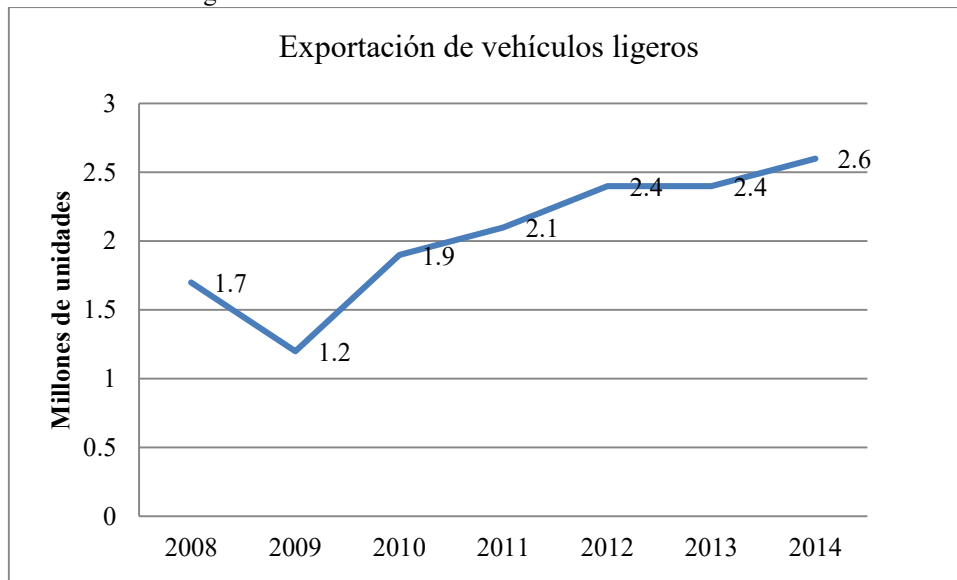
#### 6.4.8. Producción de automóviles para exportación de vehículos ligeros.

En 2009, ocho de cada cien vehículos para pasajeros se exportaban a Latinoamérica, mientras que, en el 2013, dicha cuota se incrementó a trece de cada cien vehículos. Los principales destinos de las exportaciones mexicanas fueron: Brasil, Argentina, Colombia y Chile.

Cabe destacar que, durante el último año, las exportaciones hacia China tuvieron un crecimiento de 113% respecto a 2012, sin embargo, la participación hacia dicho país sigue representando un porcentaje bajo en las exportaciones mexicanas. A medida en que China ha

incrementado su ingreso per cápita, el país ha comenzado a consumir vehículos con mayor tecnología y calidad, lo que ha impulsado las exportaciones mexicanas debido a que los modelos que actualmente se fabrican en México, cumplen con los más exigentes estándares de calidad en países como Estados Unidos, Japón, Alemania entre otros.

Tabla 24. Exportación vehículos ligeros.



Fuente: AMIA 2008-2014.

#### 6.4.9. Perspectiva regional de la industria automotriz.

Una vez comentada la relevancia de la industria automotriz en el contexto nacional, a continuación, se presenta la referencia geográfica de las principales clases de actividad de esta industria en función de su aportación a la producción bruta total, a fin de identificar su impacto regional y la forma como se encadena a la fabricación de insumos y el ensamble de vehículos.

Las empresas que se dedican a la fabricación de automóviles, camionetas, camiones y tracto camiones, se distribuyen en las regiones centro y frontera norte. Las entidades que concentran las plantas ensambladoras de vehículos se señalan en el mapa inferior con colores rojo (automóviles) y negro (camiones).

La fabricación de automóviles y camionetas se realizó principalmente en Guanajuato, Puebla y Coahuila de Zaragoza, aportando dos tercios (67.9%) de la producción nacional; mientras que en la fabricación de camiones y tracto camiones sobresalió el estado de Coahuila de Zaragoza con 62.6% de la producción bruta total.

Un aspecto interesante es la integración regional de las empresas que proveen insumos a las ensambladoras, al ubicarse estas en las mismas regiones que las plantas de ensamblado automotriz.

En estas actividades, destaco Chihuahua al aportar la mitad (49.3%) de la producción de equipo eléctrico y electrónico; en la fabricación de motores de gasolina sobresalieron Coahuila de Zaragoza y Puebla con 25.9 y 18.8%, respectivamente.

Mientras que, en la fabricación de autopartes de plástico, las mayores aportaciones a la producción se reportaron en Tamaulipas (28.8%) y Nuevo León (23.6%); alrededor de tres cuartas partes de la producción de sistemas de transmisión se concentró en Guanajuato (47.9%) y Querétaro Arteaga (24.3%).

Finalmente, en la fabricación de asientos para vehículos destacaron los estados de Coahuila de Zaragoza (31%), Chihuahua (23.6%) y Nuevo León (20.1%). Fuente: INEGI Censos económicos 2004.

De acuerdo a Lilia González y a Roberto Morales del periódico El Economista. La implementación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) propició en la región una mayor integración del sector automotriz, donde desde el 2003 se eliminaron los aranceles para los productos industriales de este ramo.

En el 2013, la región de Norteamérica importó automóviles por un valor de 189,764 millones de dólares, 47.9% más respecto del 2001. En tanto, las exportaciones sumaron 132,675 millones de dólares durante el año pasado, es decir, el doble (102.7%) que el año de referencia.

Estados Unidos es el segundo mercado automotriz en el mundo, en el 2013 alcanzó una comercialización de 15 millones 582,136 unidades. Este volumen motiva que la región del TLCAN se vea beneficiada con ese comportamiento. México es el segundo proveedor de vehículos para ese país.

#### 6.4.10. Cadena de suministros de la industria automotriz en México.

El acceso a proveeduría de alta calidad contribuye a reducir los costos de las armadoras, como pueden ser el costo de inventarios, riesgos, costos de transporte, entre otros. A lo largo del país se han desarrollado importantes *clústers* automotrices. El más importante *clúster* automotriz se ubica en la región noroeste del país y cuenta con ciento noventa y ocho plantas productoras de autopartes en las que destaca la fabricación de climas, sistemas automotrices, partes plásticas, partes para el sistema eléctrico, partes para motor y maquinados (Secretaría de Economía, 2012).

Para aclarar lo la definición de *clústers*, Álvarez, 2011 menciona que las empresas se agrupan, los y se concentran en un área geográfica donde se encuentran empresas ensambladoras y proveedoras de autopartes, empresas de servicios logísticos, financieros, de mantenimiento, organizaciones de soporte como las cámara empresariales, centros de diseño e innovación, instituciones gubernamentales de apoyo al desarrollo, centros de capacitación que cooperan y compiten relacionándose en forma horizontal y vertical. Algunos factores que inciden en el desempeño del *clúster* son: la estructura física, la movilidad y el transporte.

Los *clústers* interactúan con las cadenas globales de valor, creando una relación sumamente importante para las regiones en desarrollo. La producción de automóviles e ha concentrado especialmente para beneficiarse de las ventajas de la aglomeración, logrando como resultado el crecimiento de industrias subsidiarias con mayores utilidades y mayor número de clientes que

encuentran opciones de insumos o bienes intermedios, creando también un mercado de trabajo para mano de obra especializada.

En el caso de México, la consolidación de la industria automotriz está relacionada con las decisiones empresariales de identificar al país como una plataforma de proveeduría, y en donde al integrarse los territorios se conforma una zona competitiva globalmente.

Pero no sólo es una ganancia local. “Para EU el aumento en la producción en México es una buena noticia, ya que 40% del valor de los componentes que se requiere proviene de este país”, afirmó Eduardo Solís Sánchez, presidente de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA).

Antes de la entrada en vigor del acuerdo comercial con América del Norte, México ostentaba 6% de la capacidad de producción de la industria automotriz en Norteamérica, en tanto que Canadá 16% y Estados Unidos, 78 por ciento.

A 20 años de este suceso, “las cifras actualizadas nos revelan que Canadá mantiene su participación, Estados Unidos concentra 65% y México se ubica en 19%, lo que hace evidente el avance, pero también la oportunidad para seguir creciendo”, agregó el presidente de AMIA. En la siguiente figura se muestra el cambio que la Industria automotriz ha tenido desde 1954 a la fecha.

Actualmente, la industria Automotriz cuenta con 20 complejos de producción de automóviles y motores, el doble que, en 1993, pero el reto para mantener la captación de inversiones y el atractivo para otras marcas está en desarrollar los diferentes niveles de proveeduría.

## **6.5. El sector de autopartes en México**

A continuación, se presenta una descripción de la industria de autopartes, las cadenas de suministro, autopartes mayores y menores para vehículos ligeros.

La Secretaría de Economía reporta que México cuenta con más de seiscientos proveedores de la industria automotriz (con datos del SIEM); Genera más de quinientos mil empleos directos (datos INEGI promedio enero-agosto 2013); Se estima que, por cada empleo directo, se crean siete empleos indirectos.

México tiene una industria de autopartes competitiva, integrada por más de seiscientas empresas de primero, segundo y tercer nivel. En 2010, el índice de costo de manufactura en autopartes de KPMG ubico a México entre 11.2% y 8.6% por debajo de un grupo de países desarrollados productores de América, Europa y Asia (Secretaría de Economía, 2012).

El dinamismo de la industria de autopartes se explica en parte por la recuperación del mercado automotriz en Estados Unidos en el año 2011 y en 2012, porque las personas que no podían cambiar su automóvil durante la crisis del 2008 y 2009 empezaron a renovar sus autos en 2011. México es el proveedor de autopartes hacia Estados Unidos entregando alrededor de 30% de lo que el mercado americano requiere.

Las ventajas de México son claras: Existe un ambiente industrial sano, existe competencia en varios sectores, la calidad de la mano de obra mexicana es excelente. De acuerdo al reporte de KPMG de 2011, al comparar a México con Estados Unidos y nueve distintos países, México ofrece un ahorro de 13% en costo de manufactura de las partes, 19.4% en componentes de plástico y 19.5% en las piezas metálicas que se utilizan en el sector de autopartes (Estrada, 2012).

De acuerdo a la Secretaría de Economía, el 1 de noviembre de 2006 se publicó el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación

(Decreto IMMEX), con el objetivo de fortalecer la competitividad del sector exportador mexicano y otorgar certidumbre, transparencia y continuidad a las operaciones de las empresas, permitiéndoles adoptar nuevas formas de operar y de hacer negocios, disminuir sus costos logísticos y administrativos, modernizar, agilizar y reducir los tramites, con el fin de elevar la capacidad de fiscalización en un entorno que aliente la atracción y retención de inversiones en el país.

El beneficio es para las empresas la posibilidad de importar temporalmente, libre de impuestos a la importación y del IVA, los bienes necesarios para ser utilizados en un proceso industrial o de servicio, destinado a la elaboración, transformación o reparación de mercancías de procedencia extranjera importadas temporalmente para su exportación.

Con todas sus ventajas y beneficios, México se ha convertido un aliado en las estrategias internacionales de armadoras y de productores de partes en la industria automotriz. Eduardo Solís, presidente de AMIA, menciona que el país tiene las oportunidades para continuar avanzando hacia los primeros diez lugares en la lista de la industria a nivel mundial.

#### 6.5.1. Producción de autopartes en México.

La industria de autopartes representa 3% del total de la producción del sector manufacturero a nivel mundial de acuerdo al INEGI y a Global Insight. La industria engloba los bienes de consumo final que se utilizan para suministrar a la industria terminal de automóviles, así como también se encarga de abastecer el mercado de reemplazo o refacciones para automóviles usados. Esta industria se encuentra organizada en tres niveles de producción:

Nivel de producción de autopartes Tier 1. Proveedores directos de las empresas armadoras. Entre los componentes que desarrollan encontramos partes del motor, sistemas de dirección y suspensión, sistemas de aire acondicionado, componentes electrónicos, entre otros.

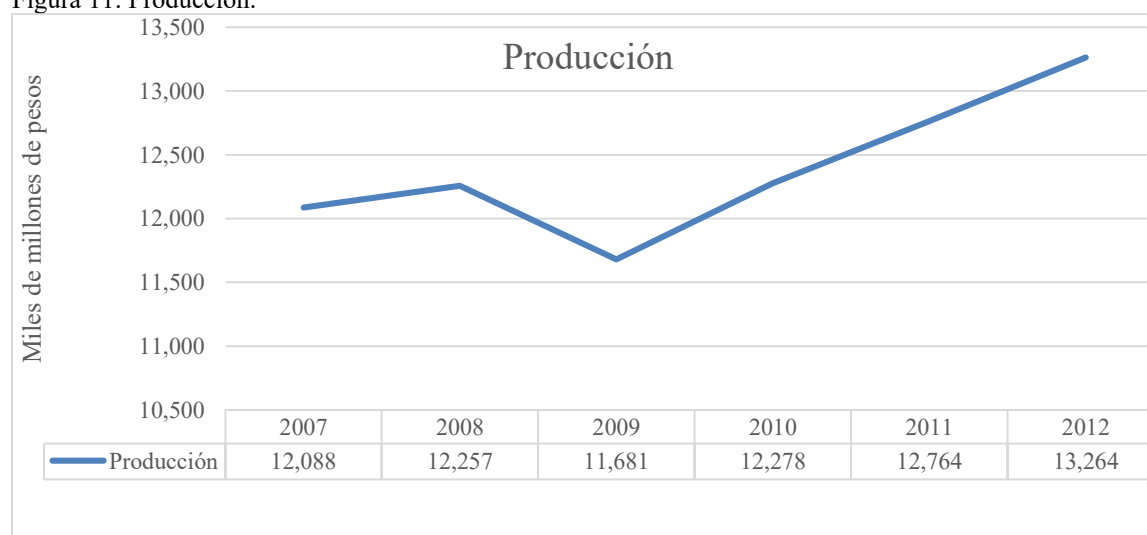


Nivel de producción de autopartes Tier 2. Empresas proveedoras de los Tier 1, fabrican equipos y productos utilizados en los componentes más avanzados y especializados de la industria automotriz: partes formadas, estampadas, partes de inyección de aluminio, partes fundidas, plásticas, maquinadas, etc.

Nivel de producción de autopartes Tier 3. Empresas proveedoras de insumos de los Tier 2 que cumplen los requerimientos de calidad necesarios que demanda la industria automotriz.

La producción de autopartes en millones de pesos, comparando el año 2012 con 2013 aumento en un 6.4%. De acuerdo al Sistema de Cuentas Nacionales, INEGI.

Figura 11. Producción.



Fuente: INEGI 2007-2012.

### 6.5.2. Ventas de autopartes en México.

Tabla 25. Valor total de las ventas de autopartes.

Clase de Actividad	2007	2008	2009	2010	2011	2012 <sup>P</sup>
Fabricación de motores de gasolina y sus partes para vehículos automotrices	55 146 406	55 452 048	48 017 623	67 579 074	88 820 782	101 440 504
Fabricación de equipo eléctrico y electrónico para vehículos automotores	53 813 320	51 733 313	44 234 677	60 109 628	67 986 842	75 440 076
Fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices	14 112 592	12 969 999	11 181 059	15 268 538	21 127 113	26 117 833
Fabricación de partes de sistemas de frenos para vehículos automotrices	5 086 223	5 572 783	4 748 147	7 246 882	7 874 802	9 295 174

Fabricación de partes de sistemas de transmisión	22 714 051	20 140 207	19 130 333	31 469 325	41 108 448	45 015 739
Fabricación de asientos para vehículos automotores	28694047	27 774 488	23 559 243	33 413 217	33 171 678	39 783 576
Fabricación de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices	19 043 720	18 975 828	17 381 476	24 471 724	27 449 876	34 147 481
Fabricación de otras partes para vehículos automotrices	70 693 037	69 492 709	58 462 984	77 443 187	94 027 653	117 659 051
Fabricación de acumuladores y pilas	7 322 793	7 634 483	8 999 426	10 370 733	9 694 771	10 008 192

Fuente: INEGI. Banco de Información Económica, 2013.

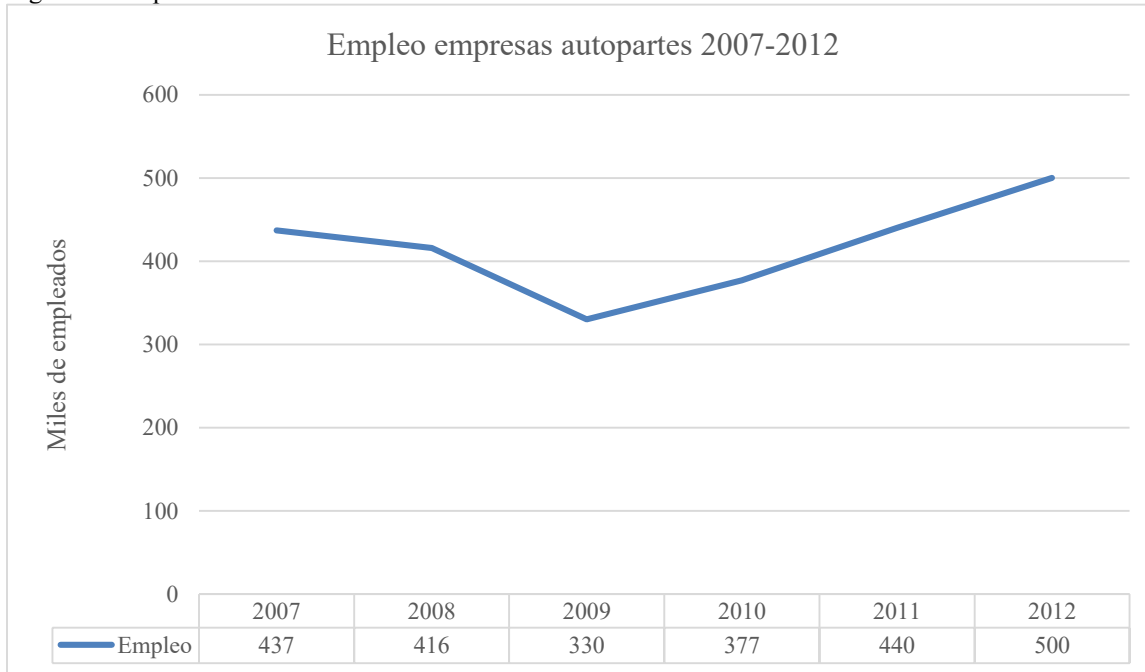
El anuncio de una inversión de una marca, considera también la llegada de sus proveedores directos (Tier 1). Sin embargo, en los siguientes niveles, Tier 2 (proveedor del proveedor) y Tier 3 (generador de partes o insumos) es necesario mejorar para posibilitar que la industria continúe creciendo.

Este escenario es retratado por Óscar Albín, presidente de la Industria Nacional de Autopartes (INA), quien afirmó que las marcas se enfocaron a traer a sus proveedores, pero falta el desarrollo local y eso queda en evidencia cuando hoy 90% de los insumos para la fabricación de vehículos es importado.

“Se importa gran cantidad de materia prima para las autopartes, unos 35,000 millones de dólares entre Tier 1 y Tier 2; allí hay una oportunidad potencial para México”, consideró Albín. Por ahora, hay esfuerzos que tienen esa orientación, pero que deben multiplicarse. “Estamos enfocados en apoyar a los proveedores de la industria terminal, porque consideramos importante fortalecer las cadenas de suministro en México”, comentó Carlos Fuentes, director Ejecutivo de Promoción Internacional de la Unidad de Promoción de Inversiones y Negocios Internacionales de Pro México. De acuerdo con el funcionario, a nivel internacional se están presentando proyectos para atraer capitales, “por ejemplo, de los procesos de forjado o inyección de plásticos, que podrían hacer más competitiva a la industria”, agregó Fuentes.

Cálculos del gobierno federal revelan que la integración de valor agregado de la industria automotriz se ubica en 25%, hacia finales del sexenio el objetivo que se tiene es llevarlo hasta 40%, para lo cual se debe trabajar en áreas como financiamiento, capacitación y desarrollo de proveedores nacionales.

Figura 12 Empleo 2007-2012.



Fuente: Encuesta mensual INEGI.

### 6.5.3. Empresas de autopartes en México.

México cuenta con un marco de referencia legal que provee certidumbre para el inversionista. El país promueve este sector, permite importación de materia prima con impuestos preferenciales.

Rodrigo Contreras, menciona en Pro México Trade and Investment Business Inteligente Unit que en la última década, México ha emergido como uno de los lugares más competitivos del mundo dado por el crecimiento de la capacidad de producción de la industria de automóviles y autopartes. En los últimos cinco años, las compañías con una posición de liderazgo en México,

han dispuesto su estrategia de expansión dentro del país. Firmas como Nissan y Volkswagen han expandido sus operaciones y líneas de productos para mantener su liderazgo no solo en el mercado local pero también en mercados a través de Europa y Asia, mientras que la japonesa Mazda está por instalar una nueva planta que aumentara la posición competitiva de México en la industria automotriz global. La nueva planta de Nissan en Aguascalientes creará más de diez mil empleos en el mes de diciembre (Secretaría de Economía, 2012).

La cadena de suministro del sector de autopartes tiene su base principal en las empresas encargadas de realizar procesos tales como forja, maquinado, soldadura, entre otros, ya que estos proveen de material a los diferentes niveles de producción de la industria, para realizar componentes mayores y menores para que estos a su vez, suministren a las armadoras o OEM's (en inglés, Original Equipment Manufacturers).

Las empresas encargadas de los diferentes procesos también suministran a las distribuidoras del segmento de repuesto, tales como cadenas refaccionarias o cadenas de talleres.

#### 6.5.4. Calidad en autopartes.

Las empresas compradoras de autopartes y sus insumos elaborados en México suelen ser sumamente exigentes y cuidadosas respecto a la certificación de calidad y en la comprobación de la eficiencia en el desempeño operacional de sus proveedores. Es normal que los proveedores deban poseer una calificación de calidad mínima (ISO900, ISO14000, QS900) una mayor TS16949, un volumen de ventas mínimo, un grado de especialización mínima y capacidades tecnológicas mínimas entre otras cosas, simplemente para calificarse y postularse como proveedores. Casi todos los compradores miden la calidad, el servicio y el precio de los productos de sus proveedores locales de manera rigurosa, muchas realizan auditorias de calidad a sus proveedores y algunas realizan mediciones como partes por millón de piezas defectuosas

aceptables, se pide que utilicen métodos como Seis Sigma. Cada vez es más extendida la cultura de medir el desempeño de sus proveedores. Sólo si los proveedores locales cumplen con estas exigencias de calidad, servicio y precio de los compradores, se puede extender la cobertura y mejorar la calidad de la base de proveedores en México. No obstante, muchos proveedores mexicanos están lejos de cumplir con estas exigencias (Mortimore y Barron, 2005).

#### 6.5.5. Producción de autopartes por región.

Jesús Estrada escribe en la revista *Negocios de Pro México Trade and Investment Business Intelligent Unit* los indicadores clave para México en el 2011 constituyen \$67,987md, genera 602,816 empleos, con más de 1,100 empresas dedicadas a la manufactura de autopartes ubicadas en Chihuahua, N.L., Chihuahua, Tamaulipas, Baja California Norte, Sinaloa, Durango, Tlaxcala, Edo. De México, Morelos, Hidalgo, D.F., Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Aguascalientes y San Luis Potosí.

México es uno de los principales centros de manufactura automotriz, situación que ha sido sustentada por el establecimiento de una base de proveedores nacionales y extranjeros de alcance global (en su mayoría Tier 1).

Entre las principales especialidades por región en producción de autopartes en nuestro país se encuentran las siguientes:

Noroeste (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Durango): fabricantes de sistemas de aire acondicionado y calefacción, componentes de interiores, accesorios y sistemas eléctricos para automóviles entre otros.

Noreste (Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas): Fabricación de climas, sistemas automotrices, partes plásticas, partes para el sistema eléctrico, partes para motor y maquinados. Este es el clúster automotriz más importante de México.

Centro (Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Jalisco y Guanajuato): plantas de autopartes, cuyos principales productos son estampados, componentes eléctricos, frenos y sus partes, productos de hule, partes para motor y transmisión para automóviles.

Sureste (Estado de México, D.F., Morelos, Veracruz, Tlaxcala, Yucatán, Puebla e Hidalgo): plantas de autopartes, en las que destaca la producción de accesorios tales como:(asientos, aire acondicionado, gatos hidráulicos tipo botella), componentes de interiores, partes para motor, sistemas eléctricos, estampados, suspensión y partes para automóviles (Secretaría de Economía, 2012).

#### 6.5.6. Autopartes mayores para vehículos ligeros.

Los componentes mayores requieren de un alto grado de sofisticación, de las empresas que producen, este tipo de componentes basan su producción en manufactura avanzada, innovación tecnológica desarrollada y producción elevada a un bajo costo, algunos ejemplos de estos componentes son:

- Bombas
- Arnés principal
- Coronas y piñones
- Sistemas de seguridad
- Carrocerías
- Suspensiones
- Bolsas de aire
- Cigüeñales
- Marchas
- Tableros
- Elevadores/Limpia brisas
- Audio
- Sistemas de freno
- Sistemas de aire acondicionado
- Radiadores
- Compresores
- Sistemas de inyección
- Catalizadores
- Alternadores
- Indicadores
- Sensores
- Video/Multimedia
- Llantas
- Rines
- Transmisiones

#### 6.5.7. Autopartes menores para vehículos ligeros.

La elaboración de componentes menores no requiere de un alto grado de sofisticación, la manufactura es básica y se requiere de un mínimo de integración tecnológica. De igual forma que las autopartes mayores, estos componentes trabajan con normas y estándares de calidad para asegurar el buen funcionamiento de los componentes, algunos de estos son:

- Carter de aceite
- Punterías
- Tapones para tanques
- Bujes
- Pernos
- Flechas
- Abrazaderas
- Bujías
- Rodamientos
- Juntas
- Filtros de aire
- Arandelas
- Pistones
- Tanques de gasolina
- Barras de torsión
- Accesorios
- Mangueras
- Horquillas
- Frenos de disco/tambor

En el país se han establecido gran parte de las principales empresas de autopartes de Norteamérica, Europa y en menor medida de Asia, lo que representa un área de oportunidad para la promoción de inversión (Secretaría de Economía, 2012).

#### 6.5.8. Transformaciones tecnológicas de las autopartes.

Los componentes y los sistemas electrónicos han transformado la naturaleza de los vehículos automotores. El 90% de la innovación se produce que se produce en la industria

automotriz se relaciona con los componentes electrónicos, el 80% de los cuales están vinculados al software. Durante el periodo 1960-1969, las empresas del sector automotriz experimentaron el uso de componentes electrónicos. En 1960, Electric Auto lite y Delco Remy iniciaron el uso de transistores, con el propósito de regular la energía eléctrica de los interruptores.

El enfoque de una empresa en mejoras de productividad inhibe su flexibilidad y su habilidad para innovar. Abernathy, 1978 observo que, en la industria automotriz, un decremento en su economía estaba directamente relacionada con sus esfuerzos de aumentar la eficiencia y la productividad. El sugirió que la habilidad de la empresa para competir a través del tiempo, no solo estaba sostenida en aumentar la eficiencia, pero también en su habilidad para innovar simultáneamente.

En 1961, Joseph Lucas, Ltd., patentó un sistema de encendido transistorizado que elimina la vieja tecnología de los interruptores. En 1963, Delco introdujo de una manera comercial el sistema de encendido transistorizado en los modelos Pontiac (Abernathy, 1978).

Hasta los años 1960s un automóvil era conformado por componentes mecánicos, la integración de los componentes electrónicos inicia en los años 1970s. Un nuevo vehículo, integra más de cuarenta unidades de control electrónico, ocho mil metros de cables y más de diez millones de líneas de código software (Klier y Rubenstein, 2008).

La industria automotriz requiere de componentes pequeños, de bajo costo, confiables, resistentes, no sensibles a altas y bajas temperaturas y a la vibración.



## **Capítulo 7.0 Industria Maquiladora de Exportación en Chihuahua**

Chihuahua ha sido uno de los estados más exitosos de la República Mexicana en la atracción de la Inversión Extranjera Directa (IED). Desde los años 60's, esta entidad nortea comenzó a recibir las primeras maquiladoras bajo el auspicio del Programa de Industrialización Fronterizo. La llegada de la IED a Chihuahua se acentuó en la década de los 80's y se profundizó en la década de los 90's gracias a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte con Estados Unidos.

De acuerdo a datos de la Secretaría de Economía desde enero de 1999 a diciembre del 2013, las empresas con inversión extranjera en la entidad materializaron inversiones por 17,467.9 millones de dólares lo cual representa el 4.9% del total nacional, cabe destacar que el estado de Chihuahua en el periodo de estudio, ocupó el cuarto lugar, por debajo de estados como el de Nuevo León y el Estado de México quienes tuvieron el 9.4% y 5.36% respectivamente de la IED, el primer lugar lo ocupó el Distrito Federal quien captó el 55.42% de la inversión.

En el 2013, la IED en Chihuahua fue de 1,893.5 millones de dólares, cifra que logró superar la del 2012 la cual fue de \$745,25, captación mayor por más de mil millones de dólares. En el 2010 se tuvo la mayor entrada de inversión extranjera, con \$1,920, 600 millones de dólares, mientras que en el 2002 se registró la menor con \$584.47 millones.

Chihuahua ocupó el décimo cuarto lugar en la producción bruta total nacional, que es el valor de todos los bienes y servicios producido o comercializados por cada unidad económica como resultado de sus actividades. Los municipios que concentraron las mayores participaciones en esta variable son Juárez con 43% y Chihuahua con 38.4%. Gran parte de esta inversión se coloca en el Municipio de Juárez y la rama de inversión principal es la industria manufacturera de origen estadounidense. Esto da como resultado que las desaceleraciones ubicadas en ese país, tengan efectos directamente proporcionales en nuestros niveles de inversión extranjera (INEGI, 2014).

Por lo que, la relevancia fronteriza de Chihuahua se ha traducido en una importante relación comercial y de flujos de inversión y a pesar de la crisis económica que ha afectado al conjunto de la economía y la industria maquiladora en especial, es estado de Chihuahua y en particular el Municipio de Juárez, continúa siendo un lugar atractivo para invertir.

### **7.1. Industria Maquiladora de Exportación en Cd. Juárez, Chihuahua**

Ciudad Juárez, Chihuahua está situada al norte de México y colinda con la ciudad de El Paso, Texas, conformando la zona metropolitana más grande entre México y Estados Unidos. Es la frontera de México con mayor operación y la única ciudad con aduanas y puentes abiertos las 24 horas. Ciudad Juárez cuenta con aproximadamente 1, 500, 000 habitantes y es una de las ciudades con mayor crecimiento en el mundo. Cuenta con 40 parques industriales en los que se destacan mayormente empresas dedicadas al sector electrónico, automotriz y el médico. La ciudad exporta productos e insumos, además de contar con una gran infraestructura y larga experiencia en el sector industrial (Desarrollo Económico de Cd. Juárez, A.C., 2016). En el año 2015, varias corporaciones importantes han anunciado inversiones para la ciudad las cuales exceden los seis billones de dólares.

Ciudad Juárez, Chihuahua, cuenta con trabajadores especializados gracias a que han acumulado experiencia desde que la maquiladora inició. Las bases de jóvenes trabajadores especializados están localizadas cerca de la Frontera los cual atraen la atención de inversionistas extranjeros en busca de colocar sus productos cerca de la frontera. De acuerdo al INEGI el municipio de Juárez es líder en términos de personal ocupado, de acuerdo a la Industria Maquiladora Manufacturera de Exportación (IMMEX, 2015). En Julio de 2015, se encuentran

284,000 trabajadores. En Cd. Juárez se encuentran establecidas 318 empresas de un total de 478 que existen en el estado de Chihuahua.

El sector de autopartes manufactura vestiduras para asientos, lámparas, radiadores, arneses, sistemas de seguridad, bolsas de aire, bombas de gasolina, sensores, sistemas de aire acondicionado y una lista extensa de diferentes autopartes. De acuerdo a Guillermo Gutiérrez, anterior Director de la Asociación de Maquiladores menciona que el 80% de auto partes necesarias para construir un automóvil se realizan en Cd. Juárez, Chihuahua (INDEX Juárez, 2015). Cd. Juárez, Chihuahua alberga cientos de empresas manufactureras que exportan a países en Norteamérica, Asia y Europa.

Figura 13. Empresas de autopartes.



Fuente: INDEX Juárez, 2015.

De acuerdo al Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) en el documento Radiografía Socioeconómica del Municipio de Juárez, 2013 "Así comenzó 2014", el cual contiene información relevante donde se tratan aspectos de economía regional. Donde se analizan las variables relacionadas con el sector de la actividad económica, manufacturera, maquiladora y de servicios de exportación de la industria de la transformación entre otros.

Cd. Juárez se encuentra ubicada al norte del Estado de Chihuahua, en la frontera de México con Estados Unidos de Norteamérica, la ciudad más próxima es El Paso, Texas, seguida por Las Cruces en el estado de Nuevo México y del lado mexicano Nuevo Casas Grandes y Chihuahua, capital.

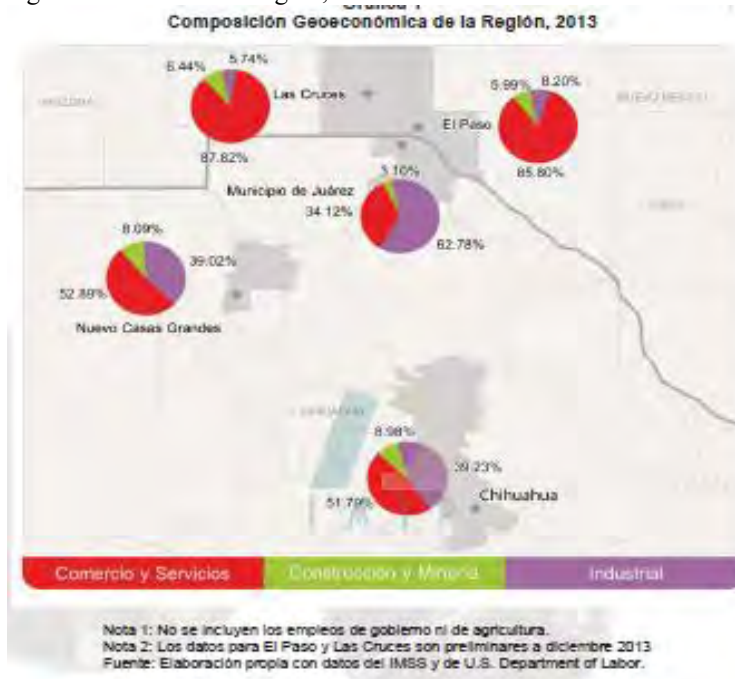
En el municipio de Juárez el 62.78% de los empleados asegurados por el IMSS se encontraban laborando en el sector industrial; 34.12% en comercio y servicios; y el 3.10% en la construcción y minería. Para el municipio de Chihuahua, la distribución de la población asegurada fue de 51.79% en comercio y servicios; 39.23% en el sector industrial y el 8.98% restante en la construcción y minería.

El Paso, Texas desempeña un papel importante en el comercio internacional ya que es un punto de entrada clave a Estados Unidos desde México. En el Paso, el 85% de la población se encuentra ocupada en el sector comercio y servicios, el 8.2% en el sector industrial y 5.99% en la construcción y minería, el comportamiento del empleo en Las Cruces es muy similar al de El Paso, el 87.82% de los empleados se encuentran en el sector comercio y servicios, el 6.44% en la construcción y minería y por último el 5.74% en la industria.

Como se puede observar en la distribución porcentual del empleo en el Municipio de Juárez el nivel más alto lo concentro la industria. Es por eso que Juárez es reconocida como un centro de fabricación de clase mundial con una fuerza de trabajo productivo altamente calificado, mientras que la ciudad de El Paso proporciona servicios de logística y centros de apoyo de servicios.

Lo anteriormente descrito, refleja el por qué el flujo comercial entre El Paso y Juárez es reconocido como uno de los más activos en la frontera norte del país, y que a pesar de las diferencias que existen en materia de la población empleada en cada uno de los sectores, se conoce la importancia de colaborar para la consolidación de las capacidades competitivas para la región fronteriza.

Figura 14. Composición geoeconómica de la Región, 2013.



Fuente: IMIP, 2013

## 7.2. Comportamiento histórico de variables

El empleo industrial en Juárez está determinado por la cantidad de mano de obra que requiere la industria de transformación, principalmente por los empleos generados por las maquiladoras, hecho que fue un parte aguas en la actividad económica de la ciudad desde su arribo a esta frontera en la década de los sesentas y que tras el tratado de libre comercio en México, Estados Unidos y Canadá en 1994, experimento un pronunciado crecimiento económico y recibió cientos de miles de mexicanos de otras partes del país.

La industria que se estableció en Juárez, se caracteriza por requerir mano de obra barata, conformando una población de trabajadores de maquila altamente vulnerables por la estructura de propiedad que tiene la industria, ya que la mayoría de las empresas son de capital extranjero,

principalmente de Estados Unidos, por lo que las crisis económicas internacionales afectarán directamente el comportamiento del empleo en la ciudad.

En el año 2008 se perdieron un total de 49,701 plazas laborales, y en el 2009 se perdieron 20,372 empleos, desde 2010 mostró una recuperación en los empleos formales ya que se crearon 10,555 empleos en 2010 y alcanzó una cifra de 11,583 para el 2013, cabe destacar que esta cifra fue inferior a la alcanzada en 2012 ya que para ese año se obtuvo una cifra de 19,885 empleos ganados.

La curva de los salarios mínimos se ha mantenido por debajo de las curvas de los empleos formales y los empleos de la industria de la transformación, ya que indica que la mano de obra sigue abaratándose y el salario no sufre cambios.

El fenómeno de la maquiladora creó el crecimiento en Ciudad Juárez, por un lado generó empleo de baja calificación y derrama de bajos ingresos en la localidad por la gran cantidad de trabajadores que ocupa, demanda de infraestructura económico industrial como parques industriales, vialidades, transporte industrial y servicios (aduanales y pocos al productor) y por otro lado, contribuyó a la construcción de la precariedad laboral y a la conformación de una masa trabajadora vulnerable, que fue perdiendo su poder adquisitivo a lo largo de cuarenta años.

Después de un crecimiento del empleo en Juárez durante más de tres décadas, la crisis ocurrida entre 2000-2003, mostró su primera gran amenaza, las industrias maquiladoras encontraron mejores condiciones y factores de producción en otros sitios del mundo y una segunda crisis internacional desde inicios del 2008, varias maquiladoras en la ciudad han afectado a miles de empleos directos del sector, así como los trabajos ligados a esta actividad, como proveedores, transportistas y otros, por lo que las cifras desde 2010 no han sido favorables para la ciudad.

### **7.3. Sector de actividad**

Las actividades económicas de producción y distribución de bienes y servicios son muy diversas y las realizan las empresas o el sector público. A continuación, se realiza una comparación entre la distribución porcentual de la población ocupada por el sector entre los municipios de Juárez y Tijuana para los años 2012 y 2013. Debido a la extensa superficie desértica, la actividad agrícola está muy restringida.

El municipio de Juárez aumentó en la participación del sector industrial al pasar de 65.18% en 2012 a 66.4% en 2013. El ligero aumento en la población ocupada en el sector de industria con respecto al año anterior, propició una ligera baja en el sector de servicios ya que para el 2012 se tenía una participación del 34.61% mientras que para el 2013 cayó a un 33.35%.

Al hacer una comparación para el 2012 entre estas dos ciudades fronterizas, podemos observar que Tijuana supera a Ciudad Juárez en el sector de servicios, sin embargo, Juárez tiene una mayor participación en el sector industrial.

### **7.4. Industria manufacturera, maquiladora y de servicios de exportación**

El 1º. de noviembre de 2005 se publicó el decreto para el fomento de la Industria Manufacturera, Manufactura y de Servicios de Exportación (IMMEX), con la cual se integran en un solo programa los correspondientes al fomento y operación de la industria maquiladora de exportación y al de importación temporal para producir artículos de exportación, denominado PITEX.

Mediante este programa se permite importar temporalmente los bienes necesarios para ser utilizados en un proceso industrial o de servicio destinado a la elaboración, transformación o reparación de mercancías de procedencia extranjera, importadas temporalmente para su

exportación o a la prestación de servicios de exportación, sin cubrir el pago del impuesto general de importación, del impuesto al valor agregado y, en su caso, de las cuotas compensatorias.

El municipio de Juárez a partir del establecimiento de la industria manufacturera en el país, se ha ubicado como uno de los principales destinos a nivel internacional, ya que se caracteriza por tener mano de obra especializada, así como una ubicación estratégica hacia los Estado Unidos de América.

La IMMEX desglosa por calificación de mano de obra (obreros, técnicos y administrativos) así como por condición de contratación (directamente o subcontractados), para diciembre del 2013 tenemos que, del total del personal ocupado, el 79% se ubicaron en técnicos y obreros contratados directamente y solo el 8% administrativos. En cuanto a los subcontractados los obreros y técnicos siguen siendo en mayor proporción que los administrativos con un 12% y 1% respectivamente.

La descripción anterior, deja claro que gran parte de la atracción del Municipio de Juárez, para el establecimiento de la industria maquiladora viene dado por generar bajos costos, los cuales se ven reflejados en el tipo de empleos que se generan, ya que como se ilustra, la mayoría son para operadores y técnicos de producción.

Debido a que el universo de las industrias se incrementó considerablemente con el programa IMMEX y siendo que la mayoría es de unidades manufactureras, es por eso que en la siguiente gráfica, podemos observar que el mayor generador del suministro de bienes y servicios es Nuevo León ya que es aquí donde encuentran la mayoría de las industrias exportadoras.

En el total de los ingresos se sumaron los ingresos del mercado nacional y del mercado extranjero, y estos incluyen las ventas de productos elaborados con materias primas propias; los ingresos por maquila, sub maquila y re manufactura; así como otros ingresos.

La proporción de personal ocupado en la industria maquiladora en Juárez respecto al nivel nacional para 1990 significaba el 29.3%, a partir de ese año, la proporción fue siendo cada vez



menor, esto como respuesta a varios factores entre los que destacan: la apertura de plantas maquiladoras en otras ciudades del país, la desaceleración de la actividad económica en Estados Unidos, la apertura comercial de México y el final del periodo de sustitución de importaciones. El punto más bajo de empleados en Juárez respecto al nivel nacional fue el 2011 cuando la ciudad solo concentraba el 9.5%.

La siguiente grafica muestra las plantas y programas de maquiladora desde 1990 hasta el año 2006. Se observa que para los años de 1991 y 1992 las plantas y programas de maquila crecían al mismo ritmo, sin embargo, a partir de 1993, comenzó a crecer más el número de plantas, esto debido a que cada firma tenía cada vez mayor cantidad de plantas que operaban bajo el mismo nombre.

Ahora se hace un comparativo anual del personal ocupado, en la siguiente grafica se muestra una tasa de variación interanual del empleo generado en la IMMEX desde el 2007 al 2013.

Para el año 2008, los empleos perdidos en la industria manufacturera, maquiladora y de servicios de exportación a nivel nacional fueron 162,565 de los cuales 28,100 se perdieron en Juárez, la tasa de variación del empleo a nivel nacional en 2008, respecto a 2007 fue de 8.5% y en Juárez de 13.3%.

Ya en el año 2010 la situación se vio favorecida al presentarse cambios positivos con 164,590 empleos generados a nivel nacional de los cuales 10,271 correspondieron a Juárez, es decir el 6.1%. Para el 2012 las cifras fueron favorables para Ciudad Juárez, el Estado de Chihuahua y a nivel nacional. En el 2013 se obtuvo nuevamente porcentajes positivos para el País, el Estado de Chihuahua y Ciudad Juárez, con un porcentaje de 5.78%, 5.88% y un 5.50% respectivamente.

La tasa de variación anual de la industria manufacturera, maquiladora y de servicios de exportación, nos deja claro la importancia que tiene este sector en el Municipio de Juárez, ya que como se ha mencionado anteriormente, es el mayor generador de empleos.

## **7.5. Industria de transformación**

Se sigue una misma tendencia el comportamiento de los empleos creados en la industria de transformación y los asegurados en el IMSS. Durante el periodo de 1997-2000 se obtuvo una tendencia a la alza, pero a partir del 2001 se tuvo una gran pérdida de empleos esto por la desaceleración estadounidense.

A partir del 2004 el empleo comenzó a recuperarse, fue en el 2007 donde se quedó muy cerca de la cifra del 2000, aunque en el 2008 se volvió a tener una caída, en 2009 la caída fue aún mayor, esto también por la crisis económica internación, sin embargo, en el periodo 2010-2013 las cifras han venido en aumento. La industria de transformación sigue teniendo una gran importancia en el empleo ya que para el 2012 llegó a tener el 61.7% de los empleos formales en la ciudad y para el 2013 logró hasta un 62.6%.

La siguiente grafica muestra los empleos creados y perdidos en el Municipio de Juárez, desde 1998 hasta el 2013. En este periodo se analizan los nuevos empleos en la industria de transformación y los nuevos empleos formales, para lo cual se tomó en cuenta el número de asegurados en el IMSS.

De 1996-2000 se observa que hubo creación tanto de empleos formales como de empleos en la industria de la transformación, sin embargo, para el año 2001 se registraron pérdidas de empleos llegando en este año a la pérdida de 53,271 empleos formales de los cuales 51,214 eran de la industria de transformación.



¡Resultados! Bueno, he conseguido un montón de resultados. Conozco ya miles de cosas que no funcionan.  
Tomás A. Edison.

## Capítulo 8.0 Resultados

8.1. A continuación se describe las entrevistas que se realizaron con los cinco expertos:

La primera persona experta que se entrevistó fue la Ingeniera Industrial en calidad y productividad, Graciela Armendáriz egresada del Tecnológico de Parral con cinco años de experiencia como Black Belt e Ingeniero de Calidad en la Corporación Regal Beloit; que también trabajó en Injecto Plastics como ingeniero de calidad de proveedores y en la Corporación Lear como Ingeniero de Calidad y que actualmente trabaja para Federal Mogul como Ingeniero de Calidad en asientos de piel.

El segundo experto entrevistado fue el Doctor Iván Juan Carlos Pérez, egresado del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Trabaja en el Centro de ingeniería de Delphi de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua. El Dr. Pérez, cuenta con varias patentes que ha realizado como: El módulo de control de limpiabrisas enchufable y el módulo de circuito de relevador eléctrico enchufable (Pérez, 2013 y Pérez, 2013). El Doctor Pérez, es experto en la aplicación de las distintas herramientas de calidad que se utilizan en Seis Sigma, así como varias herramientas de calidad y de optimización de operaciones (ANOVA, DOE, Pruebas de normalidad, análisis de regresión, correlación, histogramas, etc.) para mejorar el diseño de los productos que Delphi lanza a sus plantas maquiladoras.

El tercer experto, se realizó una entrevista al Ingeniero Javier Carrillo, que también trabaja en el mismo Centro de ingeniería de Delphi persona encargada de los proyectos de Seis Sigma en el Centro Técnico de México, durante la entrevista abierta me explicó que los empleados sí son entrenados en todas las áreas de las operaciones de Delphi desde Recursos Humanos, Ingenieros

en general y Finanzas, Mercadotecnia, etc. en Seis Sigma y realizan sus proyectos de Seis Sigma como parte de sus procedimientos internos.

Se entrevistó al cuarto experto, al Gerente de Producto de Regal Beloit, el Ingeniero Francisco Javier Curiel. La empresa donde trabaja se llama Genteq empresa de la corporación Regal Beloit, que compró la división de motores y controles de la corporación General Electric (GE), de la cual formaba parte la empresa Capcom (Capacitores y componentes de México S. de R.L.). El Ingeniero Curiel tiene veinticinco años de experiencia y narró su experiencia de la implantación de Seis Sigma trabajando en GE. El Ingeniero se certificó como Black Belt en la empresa, realizando un proyecto de Seis Sigma y ha continuado aplicandola a través del tiempo.

“El entrenamiento de Seis Sigma inició con los gerentes de todas las plantas de GE a nivel mundial, en el año 1995. Se creó una división dentro de lo que era Calidad Corporativa específicamente para entrenar a todos los empleados en Seis Sigma. Colby Buzzel con un equipo de entrenadores contratados externos, también formó una estructura interna de Master Black Belts, Black Belts, Green Belts, con un líder interno y que cada planta tuviera un plan de entrenamiento de Seis Sigma.

Para lanzar Seis Sigma, la Alta Dirección de todas las empresas de GE, asistieron a un entrenamiento durante varias semanas para que conocieran a fondo esta iniciativa. El material didáctico consistía en libros de Jack Welch, Director General de GE quien, en 1981, a sus cuarenta y cinco años se convirtió en el gerente más joven de la historia de la empresa fundada un siglo atrás por el genial inventor, Thomas Alva Edison. Welch trabajó infatigablemente durante toda la década del ochenta para hacer de GE, una compañía dinámica y competitiva. Reestructuró la empresa, depuró la burocracia y adoptó métodos de eficiencia novedosos.

Para poder certificar a las personas como Black Belts necesitaban completar proyectos de Seis Sigma avalado por el departamento de finanzas con ahorros significativos.

En Capcom en los años 1990's, las funciones de Diseño de Producto se localizaban en N.Y. y gracias al apoyo del gerente de Planta de Capcom, Matt Schaeffer quien gestionó que las funciones de Diseño se trasladaran a Cd. Juárez, Chihuahua, a cargo del ingeniero Javier Curiel.

La implantación de Seis Sigma se llevó a cabo a mediados de los años noventa, se les pidió a los gerentes que debían dar tiempo a sus ingenieros para que fueran entrenados en la metodología Seis Sigma.

Se crearon equipos multifuncionales en todos los departamentos no solo los departamentos directos de las operaciones, también se incluían departamentos de Finanzas, Recursos Humanos. Las personas eran guiadas por un Black Belt quien sacaba de dudas de la utilización correcta de la aplicación de las herramientas de calidad que se aplican en las diferentes fases de Seis Sigma (Definir; Medir; Analizar; Mejorar y Controlar).

De acuerdo al Ingeniero Curiel, no se necesita utilizar Seis Sigma para resolver problemas relativamente fáciles, tampoco se necesitan utilizar todas las herramientas de calidad que Seis Sigma dicta. Lo que, si se necesita, es que en los equipos multifuncionales se incluyan los expertos de los procesos de manufactura como son: técnicos de mantenimiento, operadores, jefes de grupo y los ingenieros entrenados en metodología de Seis Sigma.

A partir de los años 2000, la corporación Regal Beloit incluyó la manufactura esbelta junto con Seis Sigma. Esta adopción de filosofías cuenta con distintas herramientas, lo cual causa a los ingenieros actuales que confundan los términos de manufactura esbelta y Seis Sigma. Aunque adoptan el vocabulario, no conocen a fondo ninguna de las dos filosofías de manufactura. No se implantan correctamente y no se logran los ahorros significativos como en épocas de Jack Welch los ahorros significativos de Seis Sigma sí se lograban”.

Y por último se entrevistó al maestro en ciencias diseñador de software Carlos Loeza Olivas quien trabaja en las oficinas y centro de innovación de Delphi en Troy, Michigan, en Estados Unidos el cual mencionó que la mayoría de los centros de diseños de la industria automotriz se encuentran en Michigan, empresas como Bosch, Delphi y Chrysler.

En Cd. Juárez, Chihuahua, solamente existen dos centros de diseño de software: Delphi y TED. Las oportunidades de empleo para ingenieros de diseño, no están en la localidad sino en el estado de Michigan, en Estados Unidos. El maestro Loeza y su familia han encontrado una comunidad de mexicanos y ex trabajadores de Delphi con los que conviven. Rochester Hills, Michigan es una ciudad donde la mayoría de los empleos son para personal administrativo y los empleos son bien remunerados, esto se nota en el nivel de cultura y educación.

Actualmente trabaja en un proyecto para Chrysler, al reunirse con su cliente menciona que Chrysler espera que el proveedor sea el que resuelva cualquier problema, casi no trabaja en conjunto con sus proveedores y existe mucha competencia, así que si Delphi quiere el negocio tiene que resolver y dar solución. Esto implica para el maestro Loeza que trabaje con sus colaboradores, de forma constante e implica trabajar con horarios de diez horas diarias, incluyendo parcialmente el sábado.

De la entrevista con la Ingeniera Graciela Armendariz y del Dr. Pérez se incluyeron las herramientas de calidad que si se utilizan con más frecuencia en su empresa productora de asientos de piel, las cuales fueron: Diagrama de flujo, PFMEA, Plan de Control y Diseño de Experimentos, SPC, en la *Sección E. Herramientas de calidad* del cuestionario. El resto de las herramientas de calidad se localizaron en la revisión de literatura.

De las entrevistas del Maestro Loeza ingeniero de diseño de Delphi en Michigan, se incluyeron en el cuestionario preguntas sobre si se incluían a los proveedores en los proyectos de Seis Sigma.

Tanto la Ingeniero Armendariz como el Ingeniero Curiel, ambos trabajaron y fueron entrenados como Black Belts por General Electric ambos coincidieron que Seis Sigma en la industria automotriz no se implanta de la misma forma como la revisión de la literatura lo indica. De esta información se realizaron las preguntas sobre la estructura de la organización, si existen Master Black Belts, Black Belts, Green Belts de tiempo completo o parcial.

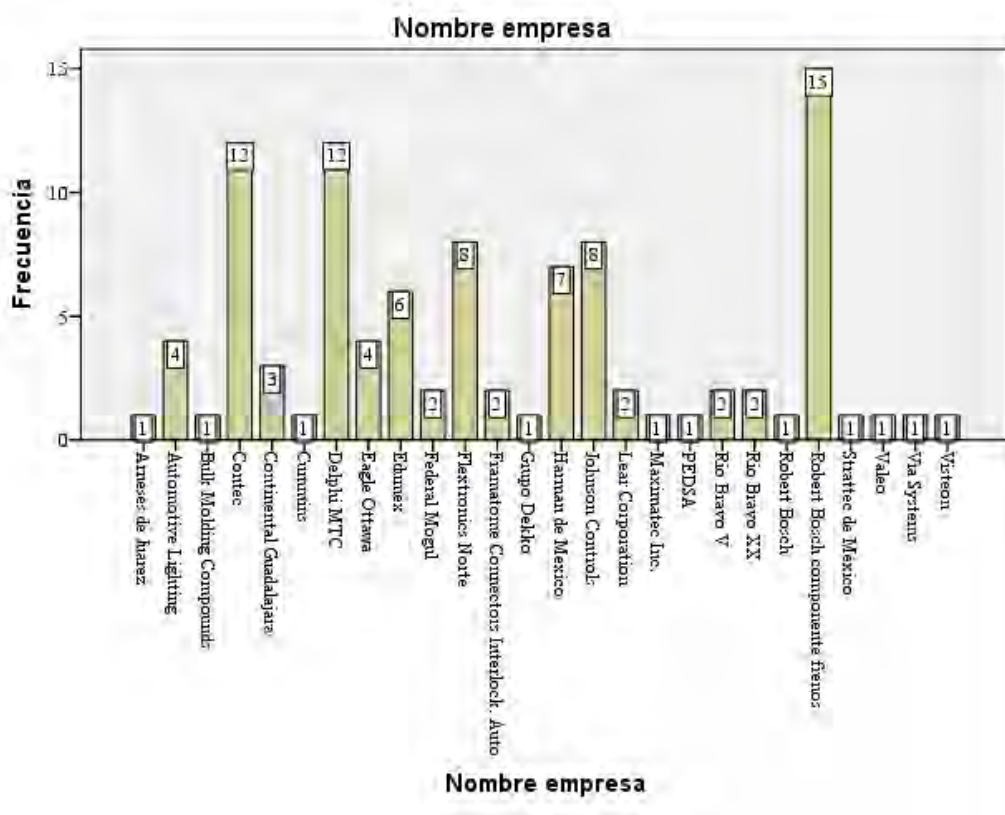
## **8.2. Resultados del cuestionario**

### **8.2.1. Sección A. Información general**

En la Sección A del cuestionario se pidió a los participantes la siguiente información: Nombre de la empresa, número de empleados, puesto de los participantes, edad, educación, género, número de proyectos implementados de Seis Sigma de la empresa al finalizar un año, el número de años que las empresas tienen aplicando el programa Seis Sigma y el tipo de productos que fabrican.

A continuación, se muestra la frecuencia relativa de los nombres de las empresas multinacionales productoras de autopartes que participaron en este estudio.

Tabla 26. Nombre empresas.



Fuente: Elaboración propia con base a datos del cuestionario.

Se observa que en primer lugar estuvo Robert Bosch, empresa Alemana productora de componente de frenos con quince respuestas, seguida por Contec, empresa Japonesa y Delphi Mexican Technical Center empresa Americana con doce respuestas cada una, Flextronics y Johnson Controls con ocho datos, Harman de México con siete, Edumex con seis, Automotive Lighting y Eagle Ottawa con cuatro, Continental Guadalajara con tres, Federal Mogul, Lear Corporation, Rio Bravo V y XX, Frammatome Connectors Interlock Auto, con dos y por último con una respuesta: Arneses de Juárez, Bulk Molding Compounds, Cummins, Grupo Dekko, Maximatech Inc., PEDSA, Strattec de México, Robert Bosch, Valeo, Vía Systems y Visteon.



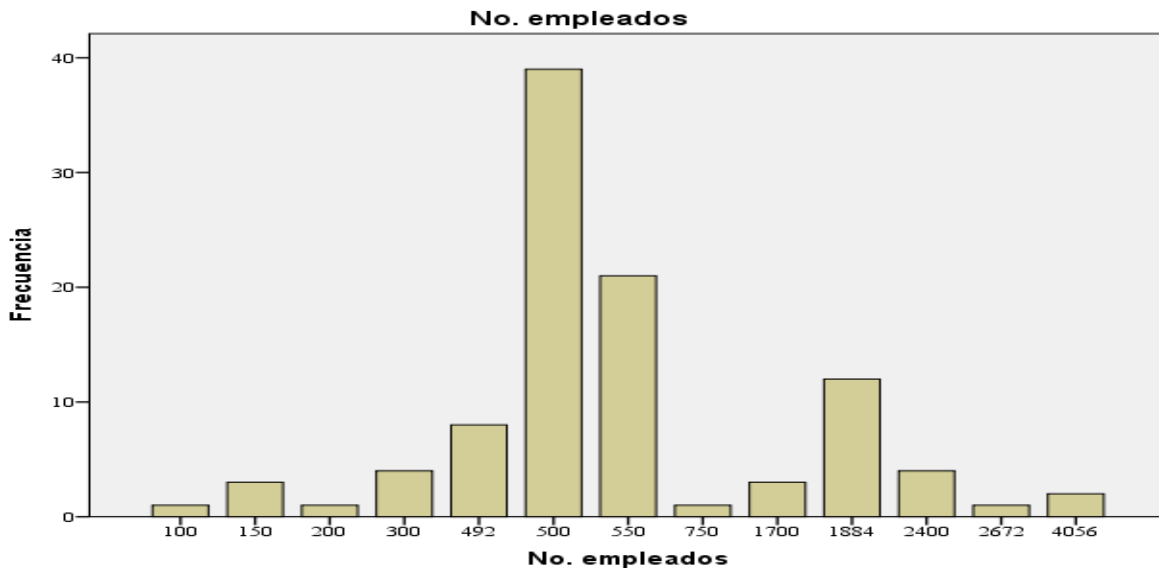
### 8.2.2. Número de empleados.

El número de empleados se determinó en base a la información que el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI. Cabe mencionar que en esta investigación no se consideraron a las micro y a las pequeñas empresas ya que no cuentan con los recursos necesarios para implantar Seis Sigma.

El Censo Económico del 2009 del INEGI considera mediana una empresa cuando las emplean entre 51 y 250 personas y el valor de sus ventas no rebasa la cantidad de \$1,100 millones de pesos al año.

Las empresas manufactureras se clasifican como grandes cuando tiene más de 251 personas empleadas y constituye como el más importante por su aportación a la producción bruta total, siendo principalmente estas las que determinan la evolución de la economía.

Tabla 27. Número de empleados.



Fuente: Elaboración propia con base a datos del cuestionario.

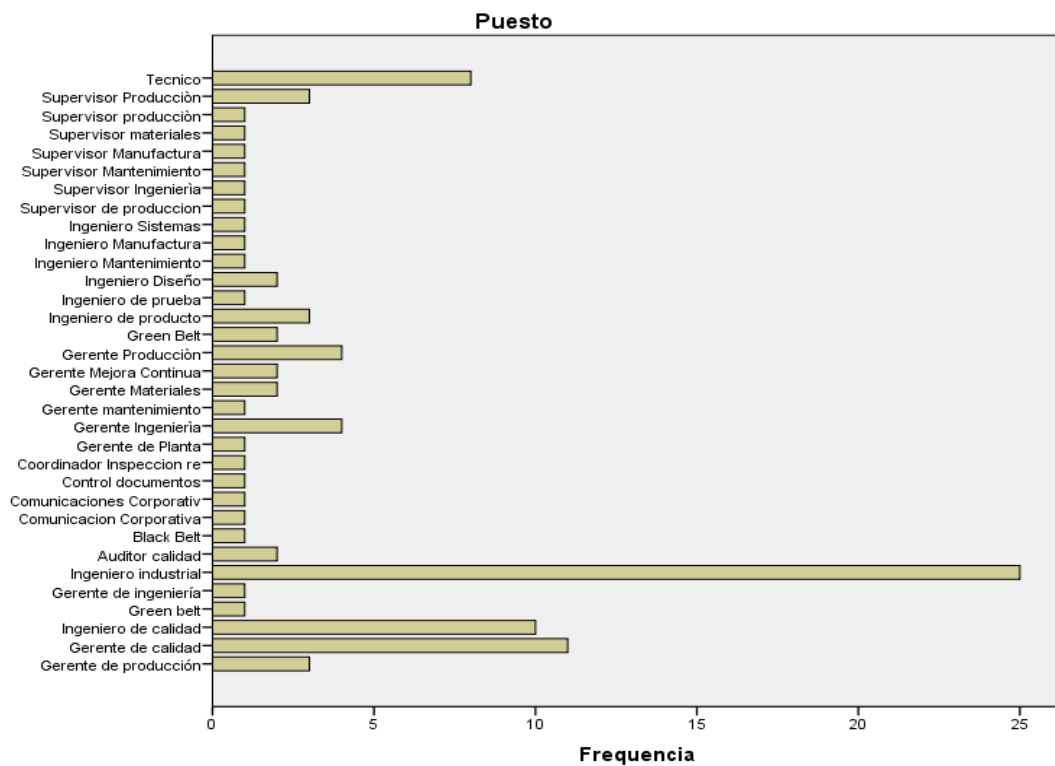
En este estudio, participaron 5% de empresas medianas, es decir con menos de 251 personas ocupadas y un 95% de empresas grandes con más de 251 empleados. Las estadísticas

descriptivas indican que la media de las empresas multinacionales productoras de autopartes fue de 858 empleados y la moda fue de 500 personas ocupadas.

### 8.2.3. Puesto que ocupan los encuestados dentro de la empresa.

La frecuencia relativa de los puestos que ocupan los encuestados: 25% Ingenieros industriales; 10% Ingenieros de calidad; 11% Gerentes de calidad; 8% Técnicos; 4% Gerentes de ingeniería; 4% Gerentes de producción; 3% supervisores de producción; 2% gerente de materiales, etc.

Tabla 28. Frecuencia relativa de los puestos.



Elaboración propia con base en datos del cuestionario.

#### 8.2.4. Edad.

El 64% de los participantes tienen entre veinticinco y cuarenta años, 29% tienen entre cuarenta y uno y sesenta años, el 6% tienen entre dieciocho y veinticuatro años y solo el 1% tiene sesenta años.

#### 8.2.5. Educación.

En el nivel de educación de las personas que respondieron el cuestionario, se encontró que 64% tienen licenciatura, 20% con maestría, 10% con preparatoria; 5% técnico y solo una persona con nivel de doctorado.

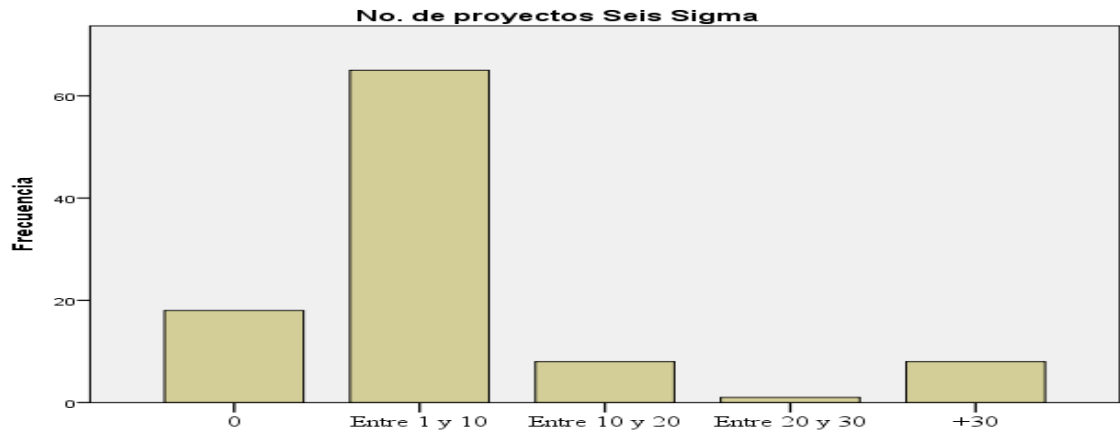
#### 8.2.6. Género.

El cuestionario fue aplicado a cien personas de las cuales: 75% fueron hombres y 25% mujeres. Se observa preferencia por contratar a hombres en estas empresas más que a mujeres.

#### 8.2.7. Número de proyectos implantados de Seis Sigma al fin de un año.

El 53% de las empresas han implantado de uno a diez proyectos de Seis Sigma al finalizar un año; 31% no han realizado ningún proyecto; 8% ha realizado más de treinta proyectos y 1% entre veinte y treinta proyectos.

Tabla 29. Número de proyectos implementados de Seis Sigma.

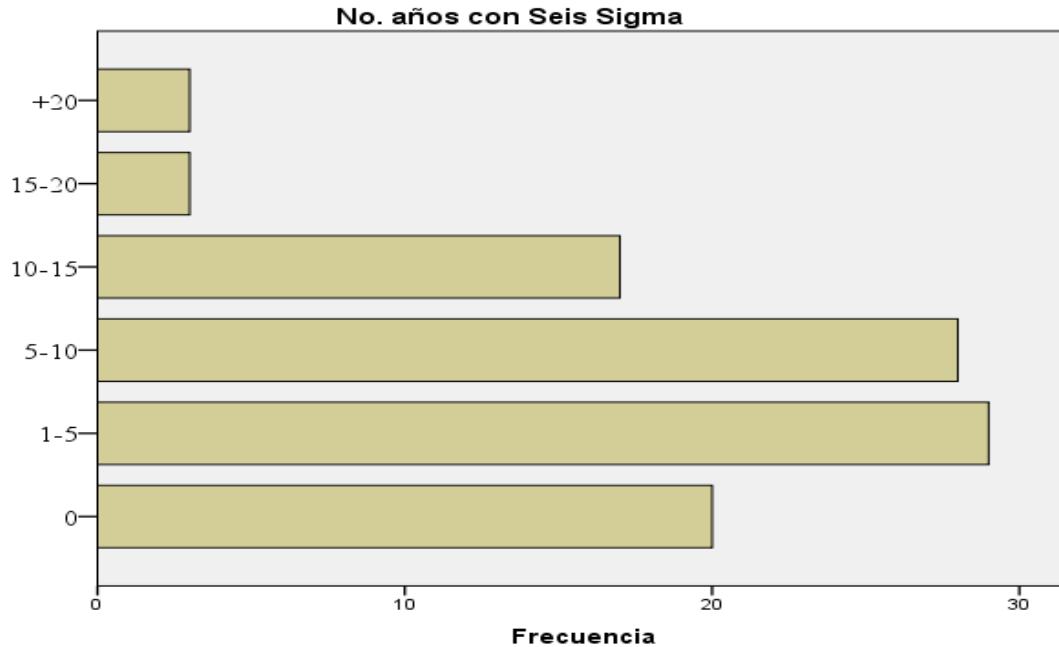


Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.8. Número de años aplicando Seis Sigma.

De las 26 empresas multinacionales productoras de autopartes, doce empresas tienen menos de diez años utilizando Seis Sigma. Cuatro empresas tienen Seis Sigma 15 años y una sola empresa es la que tiene mas de 20 años. Cinco empresas no aplican Seis Sigma.

Tabla 30. No. de años con Seis Sigma.



Fuente: Elaboración propia con base a datos del cuestionario.

#### 8.2.9. Tipo de producto que fabrican las empresas.

De las 26 empresas de autopartes 55% producen equipo eléctrico y electrónico; 16% otras partes; 15% sistema de dirección y suspensión; 13% asientos y accesorios y 1% Motores de gasolina.

### 8.3. Análisis cuantitativo

Una vez que los datos fueron recolectados, se realizó el análisis correspondiente a través de análisis de datos. El análisis resume y compara las observaciones llevadas a cabo en forma tal que sea posible materializar los resultados de la investigación con el fin de proporcionar la respuesta a las interrogantes de la investigación. A continuación se presentan los resultados del análisis descriptivo e inter correlacional, el análisis inferencial de las hipótesis para responder a las preguntas de investigación.

### 8.3.1. Sección B. Los FCE que intervienen en la implantación de Seis Sigma.

Se utilizó el análisis factorial, una técnica estadística que permite la reducción de datos, que sirve para encontrar grupos homogéneos. Para ello, se utiliza un conjunto de variables aleatorias llamadas “factores comunes”, de forma que todas las correlaciones son explicadas por dichos factores y cualquier porción de la varianza no explicada por los factores comunes se asigna a términos de error residuales llamados “factores específicos”. El análisis factorial consta de cuatro fases características: a) El cálculo de una matriz capaz de expresar la variabilidad conjunta de todas las variables; b) La extracción del número óptimo de factores; c) La rotación de la solución para facilitar su interpretación y e) La estimación de las puntuaciones de los sujetos en las nuevas dimensiones (Nel, 2014).

El análisis factorial cuenta con varias y distintas técnicas, aunque están relacionadas. Existen dos principales técnicas las cuales son: El análisis de componentes principales y el análisis factorial. Ambas tienen el propósito de producir un número más pequeño de combinaciones de las variables originales que pueda abarcar la mayor variabilidad en los patrones de las correlaciones. En el análisis de componentes principales, las variables originales se transforman en un pequeño conjunto de combinaciones lineales con toda la varianza en las variables utilizadas.

A continuación se realizó un análisis factorial, utilizando el análisis de componentes principales utilizando el paquete estadístico SPSS para analizar los Factores críticos de Éxito. Se utilizaron los datos del cuestionario, en la Sección B del mismo, se indica si los participantes están de acuerdo o en desacuerdo de las siguientes afirmaciones respecto a los FCE al implantar Seis Sigma y que indiquen en la escala de Likert con el número (5) Indispensable; (4) Sumamente importante; (3) Medianamente importante; (2) Poco importante y (1) No se toma en cuenta.

Se investigó la relación entre el involucramiento y el compromiso de la alta dirección en Seis Sigma y el resto de las variables. Se realizó un análisis de componentes principales sobre todas las variables, excepto la alta dirección se involucra y se compromete. El objetivo del análisis de componentes principales es identificar, a partir de un conjunto de  $p$  variables, otro conjunto de  $k$  ( $k < p$ ) variables no directamente observables, denominadas “factores”, tal que:

Se analizaron estas ocho variables para ver si se pudieran reducir en uno o en pocos componentes o factores los cuales explican la relación entre las variables. Primero se analizaron las inter correlación entre las variables.

En el análisis factorial, los factores se estiman, utilizando un modelo matemático, donde solo la varianza compartida es analizada.

### 8.3.2. Pasos para realizar el análisis de componentes principales.

#### 8.3.2.1. Evaluar si los datos pueden ser utilizados para el análisis factorial.

Aunque no existe un consenso en el tamaño de la muestra en la literatura, se recomienda que entre más grande sea mejor. En esta investigación el tamaño de muestra fue de cien datos, si se considera que una muestra grande sea de  $n \geq 120$  datos el valor de 100 datos está cerca de 120 (Ritchey, 2006).

La segunda parte que se considero fue la fuerza de la inter correlación de los ítems. Fidell y Tabachnick, 2008, recomiendan que al inspeccionar la matriz de correlaciones, se encuentre evidencia de coeficientes más grandes que 0.3. Si existen pocos datos arriba de este nivel, el análisis factorial pudiera no ser el más apropiado. La matriz de correlaciones (tabla 32) se realizó con el nivel de importancia de cada componente. Se obtuvieron los componentes principales a partir de la matriz de correlaciones, para emplear las mismas escalas en todas las variables. Para que se pudiera realizar el análisis de componentes principales, era necesario que las variables presentaran factores comunes; es decir, que estuvieran muy correlacionadas entre sí. Los coeficientes de la matriz de correlaciones deben ser grandes en valor absoluto. En esta tabla se observa que la mayoría de los datos es mayor a 0.3, por lo que presentaron factores comunes entre sí.



Tabla 31. Matriz de correlaciones.

Matriz de correlaciones <sup>a</sup>																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
A	1,000	,724	,750	,729	,600	,627	,512	,561	,564	,577	,397	,352	,393	,609	,695	,745	,543	,568	,558	,718
B	,724	1,000	,917	,783	,751	,758	,688	,548	,666	,592	,484	,471	,420	,702	,695	,821	,653	,664	,689	,730
C	,750	,917	1,000	,809	,737	,750	,638	,582	,657	,600	,452	,434	,407	,704	,737	,830	,668	,688	,698	,730
D	,729	,783	,809	1,000	,568	,666	,581	,562	,628	,562	,412	,356	,447	,699	,707	,794	,641	,660	,642	,728
E	,600	,751	,737	,568	1,000	,789	,738	,525	,628	,552	,470	,437	,205	,505	,542	,640	,580	,591	,636	,693
F	,627	,758	,750	,666	,789	1,000	,692	,608	,648	,668	,489	,369	,361	,658	,568	,689	,669	,683	,659	,624
G	,512	,688	,638	,581	,738	,692	1,000	,556	,682	,482	,233	,310	,323	,524	,560	,601	,607	,542	,574	,633
H	,561	,548	,582	,562	,525	,608	,556	1,000	,470	,412	,362	,412	,435	,578	,509	,530	,521	,574	,525	,564
I	,564	,666	,657	,628	,628	,648	,682	,470	1,000	,667	,391	,346	,318	,548	,688	,670	,552	,581	,594	,629
J	,577	,592	,600	,562	,552	,668	,482	,412	,667	1,000	,473	,292	,406	,459	,576	,656	,527	,591	,601	,428
K	,397	,484	,452	,412	,470	,489	,233	,362	,391	,473	1,000	,712	,247	,318	,403	,470	,464	,492	,556	,244
L	,352	,471	,434	,356	,437	,369	,310	,412	,346	,292	,712	1,000	,269	,312	,430	,461	,429	,481	,470	,293
M	,393	,420	,407	,447	,205	,361	,323	,435	,318	,406	,247	,269	1,000	,434	,462	,450	,422	,384	,300	,308
N	,609	,702	,704	,699	,505	,658	,524	,578	,548	,459	,318	,312	,434	1,000	,682	,687	,465	,499	,530	,637
O	,695	,695	,737	,707	,542	,568	,560	,509	,688	,576	,403	,430	,462	,682	1,000	,789	,579	,554	,564	,652
P	,745	,821	,830	,794	,640	,689	,601	,530	,670	,656	,470	,461	,450	,687	,789	1,000	,698	,713	,695	,704
Q	,543	,653	,668	,641	,580	,669	,607	,521	,552	,527	,464	,429	,422	,465	,579	,698	1,000	,871	,778	,509
R	,568	,664	,688	,660	,591	,683	,542	,574	,581	,591	,492	,481	,384	,499	,554	,713	,871	1,000	,851	,528
S	,558	,689	,698	,642	,636	,659	,574	,525	,594	,601	,556	,470	,300	,530	,564	,695	,778	,851	1,000	,547
T	,718	,730	,730	,728	,693	,624	,633	,564	,629	,428	,244	,293	,308	,637	,652	,704	,509	,528	,547	1,000

Elaboración propia en base a datos del cuestionario.

Dos medidas estadísticas fueron generadas por SPSS, la prueba de esfericidad de Barlett se utilizó para comprobar que las correlaciones entre las variables fueron distintas de modo significativo, se comprobó que el determinante de la matriz que fue distinto de uno; es decir, si la matriz de correlaciones fue distinta de la matriz de identidad. Si las variables estuvieron correlacionadas, hubo muchos valores altos en valor absoluto fuera de la diagonal principal de la matriz de correlaciones; además, el determinante fue menor que 1.

La prueba de Bartlett realiza el siguiente contraste:

$$H_0 = 1$$

$$H_1 \neq 1$$

El determinante de la matriz dio una idea de la correlación generalizada entre todas las variables. Se basó en la distribución de Chi al cuadrado, donde valores altos llevaron a rechazar  $H_0$ ; así la prueba de esfericidad de Bartlett contrasta si la matriz de correlaciones es una matriz de identidad, que indicaría que el modelo factorial es inadecuado. Por otro lado, la medida de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin es de 0 a 1, se considera adecuada de 0.5 en este análisis fue de 0,926 valor alto que contraste con las correlaciones parciales entre las variables si hubieran sido pequeñas. Por lo que indica que el análisis factorial es adecuado.

Tabla 32. Kaiser-Meyer-Olkin y prueba de Bartlett.

<b>KMO y prueba de Bartlett</b>		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,926
	Chi-cuadrado aproximado	1897,646
Prueba de esfericidad de Bartlett	gl	190
	Sig.	,000

Elaboración propia con base a datos del cuestionario.

### 8.3.2.2. Extracción de factores.

La extracción de factores determina el número más pequeño de factores que pueden ser utilizados para representar de mejor forma la interrelación entre un conjunto de variables.

De acuerdo al criterio de Kaiser o la regla eigenvalor, solo los factores con un eigenvalor de 1 o más son retenidos. Este eigenvalor de un factor, representa la cantidad de la varianza total explicada por ese factor. La comunalidad está asociada con la variable  $j$ -ésima. Es la proporción de variabilidad de dicha variable explicada por los  $k$  factores considerados. Equivale a la suma de la fila  $j$ -ésima de la matriz factorial. Esta sería igual a 0 si los factores comunes no explicaran algo de la variabilidad de una variable y sería igual a 1 si queda explicada totalmente.

La varianza total explicada, se utiliza para determinar cuántos factores deben retenerse. Las variables resaltadas en negritas (tabla 34) que son: *Entrenamiento de Seis Sigma es efectivo*, *empleados entiendan Seis Sigma* y *se les dé una revisión a los proyectos de Seis Sigma* estuvieron

en los valores arriba de 0,800, que son los factores que debe retenerse ya que se puede observar que estos componentes aportaron el 72,095% de variabilidad.

La variable *solamente se entrenan a pocos empleados en Seis Sigma* fue la que aportó menos variabilidad, que es de 0.505 y no es muy significativa.

Tabla 33. Comunalidades.

<b>Comunalidades</b>		
	Inicial	Extracción
La alta dirección se involucra y se compromete en Seis Sigma.	1,000	,690
Empleados entienden metodología Seis Sigma.	1,000	<b>,821</b>
Entrenamiento en Seis Sigma es efectivo.	1,000	<b>,833</b>
Existe una relación de Seis Sigma con la estrategia del negocio.	1,000	,772
Se les descarga tiempo a los empleados para completar proyectos Seis Sigma.	1,000	,805
El empleado es reconocido y retribuido.	1,000	,761
Se evalúa a los entrenadores de Seis Sigma.	1,000	,705
Solamente se entrenan a pocos empleados en Seis Sigma.	1,000	,505
Existen técnicas para seleccionar a personal que se va a entrenar en Seis Sigma.	1,000	,644
Existen Master Black Belt, Black Belt y Green Belts de tiempo completo.	1,000	,527
Existen Master Black Belts, Black Belt y Green Belts de tiempo parcial.	1,000	,786
Green Belts solamente y no cuentan con líderes internos	1,000	,699
Existe software Minitab.	1,000	,702
Se utiliza la metodología DMAIC	1,000	,693
Existe Seis Sigma en diferentes departamentos	1,000	,727
Se les da revisión a los proyectos de Seis Sigma	1,000	<b>,812</b>
Se les pide un nivel de Seis Sigma a los proveedores	1,000	,683
Se incluye en los proyectos de Seis Sigma a los proveedores	1,000	,743
Existe entrenamiento de Seis Sigma para los proveedores	1,000	,761
Alta dirección da prioridad a la selección de proyectos	1,000	,751

Elaboración propia con base a datos del cuestionario.

Nota. Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 34. Varianza total explicada.

Componente	Auto valores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total
1	12,005	60,025	60,025	12,005	60,025	60,025	7,40
2	1,391	6,954	66,979	1,391	6,954	66,979	3,58
3	1,023	5,115	72,095	1,023	5,115	<b>72,095</b>	<b>3,43</b>
4	,857	4,283	76,377				
5	,749	3,743	80,120				
6	,678	3,390	83,510				
7	,522	2,610	86,120				
8	,454	2,270	88,390				
9	,424	2,120	90,509				
10	,282	1,410	91,919				
11	,249	1,246	93,165				
12	,246	1,228	94,394				
13	,212	1,059	95,453				
14	,206	1,032	96,484				
15	,190	,950	97,435				
16	,148	,738	98,173				
17	,118	,588	98,761				
18	,105	,527	99,288				
19	,078	,389	99,677				
20	,065	,323	100,000				

Nota: Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Elaboración propia con base a datos del cuestionario.

	Válidos			Perdidos			25	50	75	
Empresa provee recursos	100	0	4,00	1,212	1	5	384	3,00	4,00	5,00
Existe un mentor	100	0	4,00	1,296	1	5	376	3,00	4,00	5,00
Alta dirección se involucra	100	0	4,00	1,209	1	5	379	3,00	4,00	5,00
Empleados participan en proyectos de Seis Sigma	100	0	4,00	1,165	1	5	366	3,00	4,00	4,00
Alta dirección determino los proyectos de Seis Sigma	100	0	4,00	1,306	1	5	382	3,00	4,00	5,00
Se les da tiempo empleados para realizar proyectos Seis Sigma	100	0	4,00	1,359	1	5	355	3,00	4,00	5,00
Alta dirección monitorea avance de proyectos Seis Sigma	100	0	4,00	1,142	1	5	390	3,00	4,00	5,00
Existen políticas de calidad	100	0	5,00	,900	1	5	459	5,00	5,00	5,00
Existe una estrategia de despliegue de Seis Sigma	100	0	4,00	1,258	1	5	379	3,00	4,00	5,00
Existe un comité ejecutivo corporativo	100	0	3,00	1,283	1	5	348	3,00	3,00	5,00
Existe un experto de Seis Sigma externo	100	0	3,00	1,419	1	5	308	2,00	3,00	4,00
Alta dirección se involucra	100	0	4,00	1,209	1	5	375	3,00	4,00	5,00
Existe conocimiento de las necesidades de los clientes	100	0	4,00	1,235	1	5	390	3,00	4,00	5,00
El personal es valorado y retribuido económicamente	100	0	3,00	1,323	1	5	326	2,00	3,00	4,00

Elaboración propia.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los problemas que enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma en sus procesos productivos en las empresas multinacionales productoras de autopartes, ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua?

Los resultados del estudio indicaron que no existe un experto externo de Seis Sigma de las empresas que pudiera dar otro punto de vista del éxito que si han tenido en otros sectores de la industria. Este valor indicado en la Tabla 41 con una mediana de 3 y una desviación estándar de 1,419; Otro problema fue que el personal se siente valorado y retribuido económicamente por los logros de los ahorros de los proyectos de Seis Sigma con un valor de la mediana de 3 y una desviación estándar de 1,323 y el tercer problema es que la alta dirección formo un comité ejecutivo a nivel corporativo con un valor de la mediana de 3 y una desviación estándar de 1,419.

Por lo anterior, se rechaza la hipótesis nula 3 y se acepta la hipótesis alternativa 3, los problemas que la alta dirección y los empleados involucrados tienen al implantar Seis Sigma, se derivan por la falta de recursos por parte de las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.

Aunque si existen las políticas de calidad y el conocimiento de las necesidades del cliente. Parece ser que no saben cómo adoptar esta metodología. Seis Sigma requiere de recursos y en el ramo automotriz no lo han adoptado como sucedió en las primeras empresas que fueron pioneras y lo difundieron. La razón pudiera ser que no se adopto fue porque la industria automotriz utiliza otras técnicas, pero no dan exactamente los mismos beneficios.

### **8.3.2. Estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma**

En la Sección C en el cuestionario, se pidió a los participantes si estaban de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones respecto a cuáles son las estrategias y procesos que se

aplican al implementar la metodología de Seis Sigma. Encierre en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala que se indica a continuación.

1. Definitivamente no 2. Indeciso 3. Probablemente no 4. Probablemente sí 5. Definitivamente sí

Tabla 40. Estadísticas descriptivas.

	Junta inicial lanzamiento	Historias de éxito	Áreas piloto	Otros departamentos	Seis Sigma en toda la empresa	Empleados entienden Seis Sigma
Mediana	4,00	4,00	<b>5,00</b>	4,00	3,50	3,00
Desv. típ.	1,346	1,267	1,184	1,325	1,423	1,370
Suma	369	370	418	389	334	289

Elaboración propia.

Las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar el programa de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua la mayor con una mediana de 5 y una desviación estándar de 1,184 fue que Seis Sigma se implanta solo en áreas piloto de la empresa.

La estrategia de que, si se utiliza una junta inicial de lanzamiento de Seis Sigma, se promueven las historias de éxito de Seis Sigma y otros departamentos también aplican Seis Sigma obtuvieron un valor de mediana de 4.0 con una desviación estándar de 1,346; 1,267 y 1,325 respectivamente.

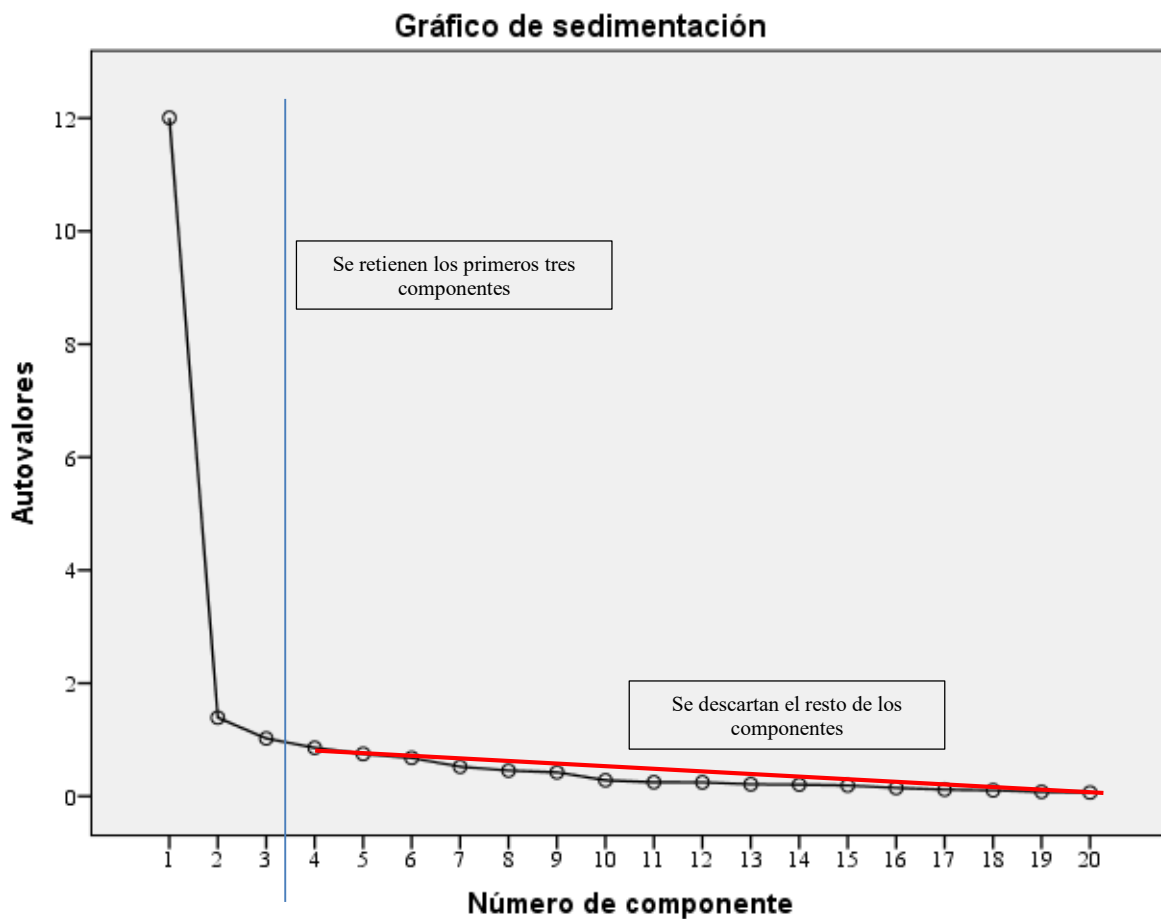
Las estrategias que menos se utiliza fueron que: Seis Sigma no se implanta en toda la empresa con una mediana de 3.5 y una desviación estándar de 1,423 y por último el valor más bajo fue que los Empleados entienden Seis Sigma de forma regular con un valor de mediana de 3 y una desviación estándar de 1,370.

En base a lo anterior, se acepta la hipótesis nula 2 las estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma solo se concentran en algunas áreas de producción de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua.

Asimismo, se rechaza la hipótesis alternativa 2 las estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma se implantan en todos los departamentos (Finanzas, Materiales, Calidad, Recursos Humanos, Proveedores, etc.) de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua.

El gráfico de la varianza asociada a cada factor se muestra en el gráfico de sedimentación (Catell, 1966). Éste se utilizó para determinar cuántos factores deben retenerse. Típicamente, el gráfico muestra la clara ruptura entre la pronunciada pendiente de los factores más importantes y el descenso gradual de los restantes (los sedimentos).

Tabla 35. Gráfico de sedimentación.



Elaboración propia en base a datos del cuestionario.

### 8.3.2.3. Rotación de factores e interpretación.

Una vez que los factores han sido determinados, el siguiente paso es intentar interpretarlos. Para este efecto, es necesario “rotar” los factores, de esta forma se presenta los patrones de las cargas en una forma que sea mucho más fácil de interpretar. Existen dos formas para realizar la rotación que son utilizadas por SPSS (ortogonal: Varimax, Quartimax, Equamax; oblique: Direct oblimin, Promax). El más común que se utiliza es el método Varimax, el cual intenta minimizar el número de variables que tienen una carga alta en cada factor.

El gráfico de sedimentación muestra donde se encontró la solución factorial propiamente dicha. Contiene las correlaciones entre las variables originales (o saturación) y cada uno de los factores. Esta matriz (tabla 37) se llama “matriz de componentes” porque el método usa componentes principales.

En esta investigación, se observó que el primer factor estuvo constituido por las variables *Entrenamiento de Seis Sigma es efectivo* (0,906) y el segundo factor estuvo constituido por la variable *Los empleados entienden metodología de Seis Sigma* (0,902) y el tercer factor por: *Se les da revisión a los proyectos de Seis Sigma* (0,893).



Tabla 36. Matriz de componentes.

	Matriz de componentes <sup>a</sup>		
	Componente		
	1	2	3
La alta dirección se involucra y compromete en Seis Sigma	,801	-,178	,131
Empleados entienden metodología Seis Sigma	<b>,902</b>	-,082	-,034
Entrenamiento en Seis Sigma es efectivo	<b>,906</b>	-,110	-,006
Existe una relación de Seis Sigma con la estrategia de la empresa	,851	-,167	,141
Se les descarga tiempo a los empleados para completar proyectos Seis Sigma	,799	-,002	-,409
El empleado es reconocido y retribuido	,849	-,015	-,200
Se evalúa a los entrenadores de Seis Sigma	,753	-,206	-,310
Solamente se entrenan a pocos empleados en Seis Sigma	,698	-,021	,130
Existen técnicas para seleccionar a personal que se va a entrenar en Seis Sigma	,780	-,108	-,154
Existen Master Black Belt, Black Belt y Green Belts de tiempo completo	,722	,074	-,004
Existen Master Black Belts, Black Belt y Green Belts de tiempo parcial	,571	,674	,074
Green Belts solamente y no cuentan con líderes internos	,541	,622	,139
Existe software Minitab	,502	-,034	,670
Se utiliza la metodología DMAIC	,755	-,265	,227
Existe Seis Sigma en diferentes departamentos	,808	-,138	,234
Se les da revisión a los proyectos de Seis Sigma	<b>,893</b>	-,052	,106
Se les pide un nivel de Seis Sigma a los proveedores	,793	,218	-,076
Se incluye en los proyectos de Seis Sigma a los proveedores	,815	,267	-,082
Existe entrenamiento de Seis Sigma para los proveedores	,813	,266	-,171
Alta dirección da prioridad a la selección de proyectos	,785	-,357	-,086

Nota: Método de extracción: Análisis de componentes principales a. 3 componentes extraídos.  
Elaboración propia en base a datos del cuestionario.

El primer componente se pudo etiquetar como *Relacionar Seis Sigma con el Recurso Humano* con valor positivo alto de se descarga tiempo a los empleados para completar proyectos de Seis Sigma (0,833). El segundo componente se pudo llamar *Entrenamiento* con valor positivo alto en se evalúa a los entrenadores de Seis Sigma (0,814), empleados entienden Seis Sigma (0,732) y entrenamiento de Seis Sigma es efectivo (0,732) y el tercer componente se pudo etiquetar *La alta dirección se involucra y se compromete* con valor positivo alto de la alta dirección da prioridad a los proyectos de Seis Sigma (0,766).

Tabla 37. Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en las componetes.

	Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>		
	Componente		
	1	2	3
La alta dirección se involucra y se compromete en Seis Sigma	,597	,543	,197
Empleados entienden metodología Seis Sigma	,732	,427	,320
Entrenamiento en Seis Sigma es efectivo	,729	,461	,298
Existe una relación de Seis Sigma con la estrategia del negocio	,626	,572	,230
Se les descarga tiempo a los empleados para completar proyectos Seis Sigma	,833	,044	,330

El empleado es reconocido y retribuido	,760	,245	,349
Se evalúa a los entrenadores de Seis Sigma	,814	,160	,131
Solamente se entrenan a pocos empleados en Seis Sigma	,466	,450	,294
Existen técnicas para seleccionar a personal que se va a entrenar en Seis Sigma	,715	,276	,238
Existen Master Black Belt, Black Belt y Green Belts de tiempo completo	,526	,323	,383
Existen Master Black Belts, Black Belt y Green Belts de tiempo parcial	,162	,150	,859
Green Belts solamente y no cuentan con líderes internos	,120	,203	,802
Existe software Minitab	,023	,808	,220
Se utiliza la metodología DMAIC	,539	,625	,103
Existe Seis Sigma en diferentes departamentos	,532	,621	,241
Se les da revisión a los proyectos de Seis Sigma	,638	,532	,349
Se les pide un nivel de Seis Sigma a los proveedores	,570	,258	,540
Se incluye en los proyectos de Seis Sigma a los proveedores	,573	,249	,593
Existe entrenamiento de Seis Sigma para los proveedores	,621	,175	,588
Alta dirección da prioridad a la selección de proyectos	,766	,404	,019

Nota: Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

Elaboración propia.

Para dar respuesta a la primera pregunta cuantitativa de investigación: ¿Cuáles son los Factores Críticos de Éxito que intervienen en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua?

Se determinó que los Factores Críticos de Éxito fueron: Relacionar Seis Sigma con el Recurso Humano, Entrenamiento y la Alta Dirección se involucra y se compromete dado que estos tres son los factores que deben retenerse y que aportaron el 72,095% de variabilidad.

Por lo anterior, se descarta la Hipótesis nula 1 que mencionaba que no existía una relación significativa entre la alta dirección se involucra y se compromete y que hubiera sido el componente que aportaría la mayor variabilidad y los otros Factores Críticos de Éxito indicados en la literatura que fueron: Selección de proyectos de Seis Sigma; Entrenamiento; Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa; Seis Sigma se relaciona con el recurso humano; Existe una infraestructura de Seis Sigma en la empresa; Los empleados comprenden Seis Sigma; Existe un seguimiento de proyectos de Seis Sigma y enlazar Seis Sigma con los proveedores; en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua.

Se acepta entonces la Hipótesis alternativa 1: Si existe una relación significativa entre la alta dirección se involucra y se compromete, el cual es el componente que aporta la mayor variabilidad y otros Factores Críticos de Éxito indicados en la literatura que fueron: Selección de proyectos de Seis Sigma; Entrenamiento; Relacionar Seis Sigma con la estrategia de la empresa; Relacionar Seis Sigma con el recurso humano; Existe una infraestructura de Seis Sigma en la empresa; Los empleados comprenden Seis Sigma; Existe un seguimiento de proyectos de Seis Sigma y enlazar Seis Sigma con los proveedores; en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua.

No solamente existe una relación significativa, además se logran reducir de nueve a solamente tres los Factores Críticos de Éxito: Entrenamiento; Relacionar Seis Sigma con el Recurso Humano y la Alta Dirección se involucra y se compromete.

### 8.3.3. Sección C. Estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma

Se pidió a los participantes si estaban de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones respecto a ¿Cuáles son las estrategias y procesos que se aplican al implantar la metodología de Seis Sigma? Encierre en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala que se indica a continuación.

1. Definitivamente no    2. Indeciso    3. Probablemente no    4. Probablemente sí    5. Definitivamente sí

Tabla 38. Estadísticas descriptivas.

	Junta inicial lanzamiento	Historias de éxito	Áreas piloto	Otros departamentos	Seis Sigma en toda la empresa	Empleados entienden Seis Sigma
Mediana	4,00	4,00	<b>5,00</b>	4,00	3,50	3,00
Desv. típica	1,346	1,267	1,184	1,325	1,423	1,370

Elaboración propia.

En las estadísticas descriptivas se observa que Seis Sigma ha sido implantada en áreas piloto con una mediana de 5 y una desviación estándar de 1,184.

La siguiente estrategia es que se dan a conocer las historias de éxito de Seis Sigma con una mediana de 4,0 y una desviación estándar de 1,267. Se realiza una Junta inicial de lanzamiento con mediana de 4,0 y una desviación estándar de 1,346 y Seis Sigma en otros departamentos con una mediana de 4 y una desviación estándar de 1,325.

Las estrategias que menos son utilizadas por la alta dirección son: Seis Sigma no está implantada en toda la empresa, con una mediana de 3,5 y una desviación estándar de 1,423 y no todos los empleados entienden la metodología de Seis Sigma, reflejado en este estudio con una mediana de 3,0 y una desviación estándar de 1,370.

#### **8.3.4. Sección D. Problemas al implantar Seis Sigma.**

En la Sección D del cuestionario, se les pidió a los participantes si estaban de acuerdo o no con las siguientes afirmaciones respecto a los problemas que la alta dirección y los empleados involucrados tienen al implantar Seis Sigma. Se les pidió que encerraran en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala: 1. Definitivamente no; 2. Probablemente no; 3. Indeciso; 4. Probablemente sí y 5. Definitivamente sí.

Tabla 39. Estadísticas descriptivas.

	Mediana	Desv. típica	Suma
Empresa provee recursos	4,00	1,212	384
Existe un mentor	4,00	1,296	376
Alta dirección se involucra	4,00	1,209	379
Empleados participan en proyectos de Seis Sigma	4,00	1,165	366
Alta dirección determino los proyectos de Seis Sigma	4,00	1,306	382
Se les da tiempo empleados para realizar proyectos Seis Sigma	4,00	1,359	355
Alta dirección monitorea avance de proyectos Seis Sigma	4,00	1,142	390
<b>Existen políticas de calidad</b>	<b>5,00</b>	<b>,900</b>	<b>459</b>
Existe una estrategia de despliegue de Seis Sigma	4,00	1,258	379
Existe un comité ejecutivo corporativo	3,00	1,283	348
Existe un experto de Seis Sigma externo	3,00	1,419	308
Alta dirección se involucra	4,00	1,209	375
Existe conocimiento de las necesidades de los clientes	4,00	1,235	390
El personal es valorado y retribuido económicamente	3,00	1,323	326

Elaboración propia.

Los resultados del estudio indicaron tres principales problemas:

1) Existe un experto externo de Seis Sigma de las empresas que pudiera dar otro punto de vista del éxito que si han tenido en otros sectores de la industria. Este valor indicado con una mediana de 3 y una desviación estándar de 1,419.

2) El personal se siente valorado y retribuido económicamente por los logros de los ahorros de los proyectos de Seis Sigma con un valor de la mediana de 3 y una desviación estándar de 1,323.

3) La alta dirección formo un comité ejecutivo a nivel corporativo con un valor de la mediana de 3 y una desviación estándar de 1,419.

El valor más alto que contrasta con los tres problemas mencionados con anterioridad, es que si existen las políticas de calidad y el conocimiento de las necesidades del cliente con un valor de mediana de 5 y una desviación estándar de 0,9.

Este resultado pareciera indicar que la Alta Dirección a nivel corporativo de las empresas multinacionales no apoya a las empresas de autopartes locales con la implantación de Seis Sigma

de la misma manera como si se implanto con empresas como Motorola, GE, Allied Signal, TI, etc. donde Seis Sigma en efecto inicia a nivel corporativo y es como obtienen resultados significativos en sus empresas y lo mantienen a través del tiempo.

### 8.3.5. Sección E. Herramientas de calidad que su empresa utiliza

La Sección E del cuestionario pregunta a los encuestados, cuáles son las herramientas de calidad que en su organización utiliza, indicando en una escala de (1), siendo muy deficiente y (5) muy utilizado.

Tabla 40. Estadísticas total-elemento.

Estadísticos total-elemento					
	Media de la escala si se elimina el elemento	Varianza de la escala si se elimina el elemento	Correlación elemento-total corregida	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si se elimina el elemento
SIPOC	83,07	238,288	,434	,471	,938
Diagrama Flujo	81,31	243,873	,566	,724	,934
Critico a calidad	81,56	236,330	,662	,588	,933
Matriz causa efecto	81,64	235,526	,628	,778	,933
PFMEA	81,20	245,455	,549	,746	,935
Plan de control	81,21	244,248	,543	,629	,935
Histograma	81,78	238,153	,573	,573	,934
Diagrama causa y efecto	81,50	241,747	,539	,681	,935
Diagrama Pareto	81,45	240,189	,642	,699	,933
Capacidad proceso	81,52	236,777	,695	,679	,932
GR&R	81,70	232,960	,742	,822	,931
Prueba normalidad	82,16	234,075	,661	,682	,933
Diseño Experimentos	82,06	234,724	,630	,581	,933
SPC	81,58	235,660	,681	,759	,932
Regresión	82,51	230,252	,758	,832	,931
Correlación	82,45	228,149	,794	,815	,930
ANOVA	82,48	234,070	,626	,806	,933
Prueba hipótesis	82,70	233,424	,660	,819	,933
Solución problemas	81,30	242,657	,571	,615	,934
Poka Yoke	81,64	235,122	,619	,520	,933
Simulación	82,56	240,411	,438	,565	,937
Estandarización	81,58	236,226	,602	,575	,934

Elaboración propia.

Tabla 41. Estadísticas descriptivas.

Ítem		Medi a	Moda	Median a	Suma	Frecuencia	Porcentaje valido	Porcentaje acumulado	Percentil 25	Curtosis
1	PFMEA	4,56	5	5	456	70	70	100	4	-2,009
2	Plan de control	4,55	5	5	455	72	72	100	4	-2,122
3	Solución problemas	4,46	5	5	446	66	66	100	4	-1,89
4	Diagrama Flujo	4,45	5	5	445	63	63	100	4	-1,631
5	Diagrama Pareto	4,31	5	5	431	57	57	100	4	-1,202
6	Diagrama causa y efecto	4,26	5	5	426	55	55	100	4	-1,347
7	Capacidad proceso	4,24	5	5	424	56	56	100	4	-1,208
8	Crítico a calidad	4,2	5	5	420	53	53	100	4	-1,482
9	Estandarizació n	4,19	5	5	419	54	54	100	4	-1,554
10	SPC	4,18	5	5	418	55	55	100	4	-1,188
11	Matriz causa efecto	4,12	5	5	412	53	53	100	4	-1,268
12	Poka Yoke	4,12	5	5	412	57	57	100	3	-1,216
13	GR&R	4,06	5	4	406	31	31	55	4	-1,228
14	Histograma	3,98	5	4	398	29	29	58	3	-1,096
15	Diseño Experimentos	3,7	5	4	370	30	30	68	3	-0,656
16	Prueba normalidad	3,6	3	4	360	21	21	70	3	-0,463
17	Correlación	3,31	3	3	331	30	30	56	2	-0,898
18	ANOVA	3,28	4	3	328	25	25	54	2	-0,973
19	Regresión	3,25	3a	3	325	30	30	56	2	-0,766
20	Simulación	3,2	3	3	320	25	25	56	2	-1,019
21	Prueba hipótesis	3,06	3	3	306	33	33	66	2	-0,842
22	SIPOC	2,69	1	3	269	28	28	72	1	-1,194

N=100

a= Existen varias modas

Casos Perdidos = 0

Distribución sesgada= Curva de distribución de frecuencias en la cual la media, mediana y moda de una variable son desiguales y algunos de los sujetos tienen puntuaciones sumamente alta o bajas.

Cuando el valor absoluto de este estadístico de sesgo es mayor a 1.2, la distribución podría estar significativamente sesgada. Si el valor absoluto de sesgo es mayor a 1.6, sin embargo, si es el caso, la mediana será el estadístico que deba reportarse. La mediana minimiza el error al describir una distribución sesgada, porque cae entre la media y la moda. Fuente: (Ritchey, 2008).

Tabla 42. Frecuencia del uso de herramientas de calidad.

		Recuento 26 empresas					Total Uso
		1 Muy deficiente	2 Deficiente	3 Regular	4 Bueno	5 Muy utilizado	
Herramienta de calidad	SIPOC	31	13	28	12	16	Bajo
	Diagrama de flujo proceso	1	2	11	23	63	Alto
	Características críticas	5	2	14	26	53	Alto
	Matriz causa y efecto	5	7	12	23	53	Alto
	PFMEA	1	1	9	19	70	Alto
	Plan de control	1	4	6	17	72	Alto
	Histograma	6	3	20	29	42	Alto
	Diagrama causa y efecto	2	5	13	25	55	Alto
	Diagrama Pareto	1	3	20	29	42	Alto
	Capacidad del proceso	2	4	18	20	56	Alto
	GR y R	5	5	14	31	45	Alto
	Prueba normalidad	7	7	35	21	30	Alto
	Diseño de Experimentos	6	12	20	30	32	Alto
	Control Estadístico	3	5	18	19	55	Alto
	Análisis regresión	10	16	30	27	17	Bajo
	Análisis correlación	9	17	30	22	22	Alto
	ANOVA	9	20	25	26	20	Alto
	Prueba hipótesis	11	22	33	18	16	Bajo
	Sol. Problemas	2	2	10	20	66	Alto
	Poke Yoke	6	4	19	14	57	Alto
Simulación	12	19	25	25	19	Bajo	
Estandarización	6	5	7	28	54	Alto	
	Total	136	172	400	466	925	

Elaboración propia.

Tabla 43. Tabla de contingencia.

Herramientas de calidad grado matemáticas * Uso de herramientas de calidad					
		Recuento	Uso de herramientas de calidad		Total
			Alto grado de matemáticas	Bajo grado matemáticas	
Herramientas de calidad grado matemáticas	Uso muy utilizado	Recuento	30	70	100
		Frecuencia esperada	22,5	77,5	100,0
		% dentro de Herramientas de calidad grado matemáticas	30,0%	70,0%	100,0%
	Uso muy deficiente	Recuento	15	85	100
		Frecuencia esperada	22,5	77,5	100,0
		% dentro de Herramientas de calidad grado matemáticas	15,0%	85,0%	100,0%
Total	Recuento	45	155	200	
	Frecuencia esperada	45,0	155,0	200,0	
	% dentro de Herramientas de calidad grado matemáticas	22,5%	77,5%	100,0%	

Elaboración propia.



Tabla 44. Prueba de Chi-Cuadrado.

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6,452 <sup>a</sup>	1	,011		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	5,620	1	,018		
Razón de verosimilitudes	6,551	1	,010		
Estadístico exacto de Fisher				,017	,009
Asociación lineal por lineal	6,419	1	,011		
N de casos válidos	200				

a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 22,50.

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.

Elaboración propia.

Tabla 45. Medidas simétricas.

		Valor	Sig. aproximada
Nominal por nominal	Phi	,180	,011
	V de Cramer	,180	,011
N de casos válidos		200	

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Elaboración propia.

Los resultados muestran que existe una relación significativa entre el uso y el grado de matemáticas  $X^2 = 1, n = 200$ , el valor de Chi al cuadrado de Pearson, fue de 6,452 con un valor de  $p = 0,011$ . Las herramientas de calidad que son muy utilizadas tienen un alto grado de matemáticas más que las que no se usan de un 30% al 15% respectivamente.

Con un valor de  $\alpha = 0.05$ , como el valor de  $p$  de Chi al cuadrado de Pearson fue de  $0,011 \leq 0.05$ , entonces existe una relación significativa entre el grado de matemáticas y el uso de las herramientas de calidad de Seis Sigma.

El tamaño de efecto se mide con la medida simétrica de Cramer V, el cual se aplica donde al menos una variable contiene dos categorías 2 x 2. Los valores se consideran como: Bajos = 0.1; Medianos = 0.30 y Alto 0.50.

En este caso, la medida de Cramer V resulto en 0,180 un valor bajo en el tamaño del efecto de este estudio.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula donde existe una relación significativa entre las variables nominales, el uso y el grado de matemáticas de las herramientas de calidad de Seis Sigma.

### **8.3.6. Sección F. Espacio abierto**

En la Sección F del cuestionario, varios de los participantes mencionaron que Seis Sigma es muy importante pero que en su empresa no la implantan de forma adecuada como lo realizo Motorola. La forma de aplicar Seis Sigma es deficiente, aunque sea un programa bien estructurado.

## **8.4. Análisis de los resultados de la investigación**

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de la investigación. Se inicia respondiendo al problema planteado en la introducción: No existe un consenso, en la literatura, sobre cuáles son los FCE a considerar para implantar Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes de la industria automotriz en Cd. Juárez, Chihuahua, ya que el único estudio sobre el sector automotriz relacionado al tema se realizó en India (Rajeshkumar y Rajendra, 2011) y los FCE considerados no coinciden con estudios realizados en otros sectores.

### **8.4.1. Comprobación de las hipótesis.**

El objetivo general de este trabajo fue: Identificar, evaluar y proponer los FCE más importantes para la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales, productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez Chihuahua; Determinar cuáles son las estrategias que la gerencia utiliza para lanzar la implantación de Seis Sigma; Identificar los problemas a los que se enfrentan la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma y por ultimo evaluar si

existe una relación significativa entre “el uso” y “el nivel de estadística requerido por las herramientas de Seis Sigma” en las empresas productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.

Como hipótesis central se consideró que Seis Sigma no se ha implantado por parte de la alta dirección como una estrategia de la empresa ya que requiere un alcance intenso a la mejora de la calidad de los procesos y de una comprensión profunda de las herramientas de calidad para realizar proyectos y contar con una estructura organizacional para su lanzamiento y sustento a largo plazo en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua por lo que dificulta su difusión e implantación.

Hipótesis nula 1: Los FCE para implantar Seis Sigma son: Selección de proyectos de Seis Sigma; La Alta Dirección se involucra y se compromete; Entrenamiento; Seis Sigma con la estrategia de la empresa; Seis Sigma con el recurso humano; Infraestructura de Seis Sigma; Empleados comprenden Seis Sigma; Seguimiento a proyectos; Seis Sigma con proveedores. Estos FCE se seleccionaron en base a la revisión de literatura, su orden de importancia se determinó en base a la frecuencia de estudios encontrados.

Hipótesis nula 2: No existe una relación significativa entre el factor: “La alta dirección se involucra y se compromete”, el cual es el componente que aporta la mayor variabilidad y otros FCE indicados en la literatura que fueron: “Selección de proyectos de Seis Sigma”; “Entrenamiento”; “Seis Sigma se relaciona con los objetivos estratégicos de la empresa”; “Seis Sigma se relaciona con el recurso humano”; “Existe una infraestructura de Seis Sigma en la empresa”; “Los empleados comprenden Seis Sigma”; “Existe un seguimiento de proyectos de Seis Sigma” y “Enlazar Seis Sigma con los proveedores”; en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cuantitativa).

Los FCE son aquellas acciones que deben realizarse para asegurar el éxito. El resultado de esta investigación rechaza la hipótesis nula 2 por lo tanto, se acepta hipótesis alternativa de acuerdo al análisis factorial en base a las personas encuestadas, donde *si* existe una relación significativa, entre la Alta dirección se involucra y se compromete con varios de los FCE indicados en la literatura. Este estudio resalto la varianza total explicada, de los FCE que deben retenerse: *Entrenamiento de Seis Sigma es efectivo; Empleados entiendan Seis Sigma* y que se les dé una *Revisión a los proyectos de Seis Sigma* estuvieron en los valores arriba de 0,800, que son los factores que debe retenerse ya que se puede observar que estos componentes aportaron el 72,095% de variabilidad.

Tabla 46. Hallazgos encontrados

Esta investigación encontró una relación significativa entre la Alta Dirección se involucra y se compromete con los FCE: Entrenamiento, revisión a proyectos y relación significativo entre grado de matemáticas y uso de herramientas de calidad de Seis Sigma		Esta investigación concuerda con los resultados de estos estudios anteriores
Alta Dirección se involucra y se compromete	Entrenamiento de Seis Sigma	Chung, 2008, Oke, 2007; Deshmuck y Lackhe, 2009, Gabor, et al, 2010, Gosnik y Vujica, 2010, Harry y Crawford, 2005; Hoon y Anbari, 2006, Johnson, 2009; Prabhushankar, et al. 2008, Rajeshkumar, 2011, Shanin, 2008, Sivakumar y Muthusamy, 2011, Smith, 2005; Trad, et al. 2009 y Zailani y Sasthriyar, 2011.
	Revisión a proyectos de Seis Sigma	Antony, Kumar y Labib, 2008; Byrne, 2003; Coronel, 2012; Chung, 2008; Gabor et al. 2010; Gosnik y Vujica, 2010; Hoon y Anbari, 2006; Trad, et al. 2009; Rajeshkumar, U. 2011; Silvakumar, Muthusamy, 2011; Zailani y Sasthriyar, 2011.
	Relación significativa entre grado de matemáticas y el uso de las herramientas de calidad de Seis Sigma	Heras, Marimon, y Casadesús, 2009; Chung, 2008; Deshmuck y Lackhe, 2009, Gabor, et al, 2010; Shanin, 2008; Gosnik y Vujica, 2010 y Zailani y Sasthriyar, 2011.

Sin embargo, de acuerdo a la hipótesis nula 3. Las estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma solo se concentran en algunas áreas de producción de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua.

Las categorías Cualitativas del estudio fueron: Seis Sigma se implanta en Áreas Piloto; Los empleados comprenden Seis Sigma; Los empleados se sienten valorados

y retribuidos cuando participan en proyectos de Seis Sigma de forma regular y la Alta Dirección no asigna un experto en Seis Sigma externo a la empresa.

Se observa que la forma de implantar Seis Sigma en estas empresas, se realiza de forma particular en solo algunas áreas de producción y al no consultar con una persona externa a la organización, la presencia de un experto externo de Seis Sigma que pudiera dar otro punto de vista sobre lo que sucede en la empresa, pudiera contrarrestar esta resistencia al cambio. El entrenamiento debe ser continuo y formar equipos de trabajo multifuncionales guiados por Master Black Belts, Black Belts y Green Belts. En la industria de autopartes multinacionales de la industria automotriz solo unas de las empresas contaban con un Black Belt de tiempo completo. La mayoría solo da entrenamiento a Green Belts y no cuentan con mentores en la aplicación de las herramientas estadísticas adecuadas que serían los Black Belts o Master Black Belts, esto ocasiona que exista confusión y causa que los proyectos no se lleven a cabo o queden incompletos (Hahn, 2005).

Los empleados deben ser entrenados, deben ser motivados por el logro significativo de ahorro al completar sus proyectos de Seis Sigma. El Éxito de la implantación de Seis Sigma a través del tiempo dependerá de la habilidad de los líderes de las empresas, que sea parte de su filosofía el adoptar estos estándares de trabajo y adoptar los principios de reducción de defectos y de tomar decisiones en base a datos duros para mejorar continuamente los procesos productivos. Llama la atención que los entrevistados aseguran que *sí existe una política de calidad en la empresa* por lo que podemos suponer que la Alta Dirección en el nivel corporativo no apoya a las filiales entrevistadas con la implantación de Seis Sigma o no sabe de estos problemas encontrados en los procesos productivos.

Hipótesis nula 4: Los problemas que tiene la alta dirección y los empleados involucrados en la implantación de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua no se derivan de la falta de recursos y compromiso de la alta dirección (Cualitativa). Los resultados de las estadísticas descriptivas de acuerdo a los datos del cuestionario las personas encuestadas contestaron con una mediana de valor 4 en una escala de 5, donde afirman que, si existe conocimiento de las necesidades de los clientes, la Alta Dirección se involucra, existe un mentor y la empresa provee recursos y que se seleccionaron los proyectos de Seis Sigma. Estos resultados contrastan con la literatura de los siguientes autores que determinan que los problemas que la alta dirección y los empleados involucrados tienen al implantar Seis Sigma, se derivan por la falta de recursos y de una falta de compromiso por parte de la Alta Dirección. Chung, et al. 2008; Chakrabarty y Tan, 2008; Harry y Schroeder, 2000; Hoon y Anbari, 2006; Deshmukh y Lakhe, 2009; Gabor, et al. 2010; Gosnik y Vujica, 2010; Johnson, 2009; Oke, 2007; Osada y Yudi, 2010; Rajeshkumar, 2011; Sambhe, 2011; Sivakumar y Muthusamy, 2011; Shanin, 2008; Zailani y Sasthriyar, 2011.

Los resultados de esta investigación, aceptó la hipótesis nula 5. Existe una relación significativa entre el uso y nivel de estadística de las herramientas de calidad de Seis Sigma de las empresas productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.

Las herramientas de calidad que son más utilizadas y tienen un alto nivel de estadística, solo representan el 22.5%; es decir, 5 de un total de 22 conjunto de herramientas disponibles para aplicarlas en un proyecto de Seis Sigma. Por otro lado, las herramientas de calidad que son las menos utilizadas, representan un 77.5% las cuales tienen un bajo nivel de estadística, es decir, son fáciles de aplicar en un proyecto de Seis Sigma. Aunque si ha quedado establecido que si existe una relación significativa entre el nivel de estadística y las herramientas de calidad.

La falta de comprensión de las herramientas de Seis Sigma y Manufactura Esbelta, pueden llegar a crear confusión en su uso e interpretación, otro punto de vista distinto sería que existe un amplio conjunto de herramientas de calidad disponibles para mejorar el desempeño de los productos, dependería de un fuerte liderazgo y un alto compromiso por parte de la alta dirección para que los empleados involucrados las utilicen.

En la siguiente tabla, se resumen la hipótesis central, específicas y el criterio de aceptación o rechazo que tienen los resultados respecto a las hipótesis planteadas.

Tabla 47. Matriz de congruencia 2.

Hipótesis central	Hipótesis específicas	Criterio de aceptación o rechazo
Seis Sigma no se ha implantado por parte de la alta dirección como una estrategia de la empresa ya que requiere un alcance intenso a la mejora de la calidad de los procesos y de una comprensión profunda de las herramientas de calidad para realizar proyectos y contar con una estructura organizacional para su lanzamiento y sustento a largo plazo en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua por lo que dificulta su difusión e implantación.	Los FCE para implantar Seis Sigma son: Selección de proyectos de Seis Sigma; La Alta Dirección se involucra y se compromete; Entrenamiento; Seis Sigma con la estrategia de la empresa; Seis Sigma con el recurso humano; Infraestructura de Seis Sigma; Empleados comprenden Seis Sigma; Seguimiento a proyectos; Seis Sigma con proveedores.	Categoría Cualitativa Se acepta hipótesis nula1
	No existe una relación significativa entre el factor: “La alta dirección se involucra y se compromete”, el cual es el componente que aporta la mayor variabilidad y otros FCE indicados en la literatura que fueron: “Selección de proyectos de Seis Sigma”; “Entrenamiento”; “Seis Sigma se relaciona con los objetivos estratégicos de la empresa”; “Seis Sigma se relaciona con el recurso humano”; “Existe una infraestructura de Seis Sigma en la empresa”; “Los empleados comprenden Seis Sigma”; “Existe un seguimiento de proyectos de Seis Sigma” y “Enlazar Seis Sigma con los proveedores”; en las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua (Cuantitativa).	Se rechaza la hipótesis nula2. (Cuantitativa)
	Las estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma solo se concentran en algunas áreas de producción de las empresas multinacionales productoras de autopartes ubicadas en Cd. Juárez, Chihuahua.	Categoría Cualitativa Se acepta hipótesis nula3
	Los problemas que la alta dirección y los empleados involucrados no se derivan por la falta de recursos ni compromiso de la alta dirección por parte de las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.	Categoría Cualitativa Se acepta hipótesis nula4
	Existe una relación significativa entre el uso y nivel de estadística de las herramientas de calidad de Seis Sigma de las empresas productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua.	Se acepta la hipótesis nula5 (Cuantitativa)

Elaboración propia.

## **8.5. Discusión de los resultados.**

### 8.5.1. Sesgos de la investigación.

- El método de muestreo por conveniencia utilizado, puede llevar a una baja representación de las empresas, existe la posibilidad de sesgo, dado que la muestra puede no ser representativa de la población bajo estudio. El no haber utilizado un método probabilístico aleatorio, limita el poder realizar generalizaciones de los resultados encontrados.
- Esta investigación tomo en cuenta a empresas multinacionales de distintos países como fueron: Estados Unidos, Alemania y Japon la diferencia de las culturas de las altas administraciones pudiera ser una limitante para implantar Seis Sigma.

### 8.5.2. Ventajas.

- El análisis realizado, si bien es de naturaleza cualitativa y cuantitativa es suficientemente robusto para marcar unas tendencias claras.
- El estudio esta centrado en una región puntera en la adopción de la administración de la calidad, manufactura esbelta y Seis Sigma, donde los encuestados fueron ingenieros industriales, gerentes de calidad e ingenieros de calidad principalmente y algunos han trabajado en otras empresas de otros sectores industriales además del sector de la fabricación de la industria de autopartes.
- A través del Departamento de Vinculación de la Universidad Tecnológica de Cd. Juárez, quienes facilitaron el acceso a las empresas y me brindaron la oportunidad de realizar las entrevistas cara a cara.



### 8.5.3. Nuevos problemas de investigación.

Investigaciones futuras pudieran explorar el nivel de Seis Sigma de la industria de autopartes comparado con otros sectores industriales o de servicios financieros, servicios de la salud o de educación.

Otra línea de investigación pudiera indagar si a través del tiempo de que las empresas implantan Seis Sigma mejora el desempeño de las mismas. Si aumenta el número de proyectos de Seis Sigma es porque se utiliza Seis Sigma en: Finanzas, Recursos Humanos, Contabilidad, Administración, Proyectos donde se incluyen a los proveedores.

## Capítulo 9. Conclusiones

### 9.1. Presentación de las conclusiones

Capítulo 1. Metodología de la investigación, inicia con el concepto de globalización, la cual ha causado un aumento en la variedad de productos y una reducción del ciclo de vida de los mismos, el cual impacta sobre los sistemas de administración de la calidad implantados, ejemplos de este impacto son los constantes llamados a revisión de la industria automotriz y sus consecuencias. A continuación, se definen los conceptos de calidad, Seis Sigma y FCE; El problema de investigación; Las preguntas que guiaron esta investigación. Se procedió con la hipótesis central y específicas así como el objetivo general y particulares.

Se presenta entonces un diseño de investigación mixto con veintiséis empresas de tamaño medianas y grandes, recabando cien cuestionarios durante enero a diciembre del 2014. Se realizó un muestreo por conveniencia, iniciando con un análisis exploratorio con entrevistas a profundidad de cinco expertos; Se identificaron las variables a medir y sus indicadores para seguir con la construcción del cuestionario; Se realizó una prueba piloto y finalizando con el análisis de los datos mediante el software SPSS.

Capítulo 2. Administración de la calidad inicia con antecedentes históricos de los grandes teóricos de calidad de origen americano y japoneses principalmente. Se continúa con la Organización Internacional de Normalización, la cual nace por una necesidad de adoptar un sistema de gestión de calidad que llegó a ser una decisión estratégica de las organizaciones de diseño, productos y servicios. Se presentan ejemplos de contribuciones americanas, alemanas, italianas y francesas de proveedores de autopartes de la industria automotriz. Y cómo estas prácticas se adoptaron mediante un Sistema de Gestión de Calidad el cual enfatiza la importancia de la obtención de resultados del desempeño y una continua mejora continua de los procesos.

Capítulo 3. Seis Sigma aunque tuvo sus inicios en manufactura, ha sido adoptada también por las industrias de servicios; Se presenta un desarrollo histórico de sus inicios hasta la época actual. Se continúa con la presentación de la metodología necesaria para realizar proyectos de Seis Sigma, apoyados por una fuerte estructura por parte de la empresa. Se presenta Seis Sigma para el Diseño, el cual se presenta como una oportunidad de prevenir la variación de los procesos desde el diseño y finaliza con ejemplos de la literatura de ahorros significativos de Seis Sigma en la industria automotriz.

Capítulo 4. Los Factores Críticos de Éxito, el capítulo inicia con la evolución de los FCE en diferentes industrias y culturas, sus beneficios y finaliza con los FCE para la implantación de Seis Sigma.

Capítulo 5. Manufactura Esbelta se presenta un desarrollo histórico de esta filosofía japonesa de la industria automotriz y como enfrenta los ocho tipos de desperdicio, sus principales herramientas y métodos para la mejora continua y finaliza con una relación donde se presentan sus contrastes y similitudes con Seis Sigma.

Capítulo 6. La industria automotriz. En este capítulo se introduce al lector desde los inicios del primer carro de motor de gasolina hasta la fabricación de automóviles a gran escala. Se presenta la industria automotriz a nivel global con indicadores de ventas durante el período de 2005 al 2014 para las diferentes regiones del mundo. Se presentan las principales tendencias a nivel global de esta importante industria, continuando con la industria automotriz en México, sus principales empresas, inversiones, su producción, exportaciones y finaliza con el sector de autopartes en México.

Capítulo 7. Industria Maquiladora de Exportación en Chihuahua. Es aquí donde se presenta la relevancia fronteriza del estado de Chihuahua, se resalta su relación comercial y sus flujos de inversión. Continúa el capítulo con la Industria Maquiladora de Exportación en el municipio de

Juárez. Ciudad Juárez, es un centro de fabricación de diferentes productos de empresas multinacionales es en este apartado donde se analizan las principales variables relacionadas con el sector de la actividad económica que transforman productos y servicios de exportación a nivel mundial.

Capítulo 8. Resultados. Este capítulo inicio con entrevistas a profundidad de cinco expertos; el diseño del instrumento de investigación, el cuestionario. El detalle del cuestionario incluye: Información general de la empresa de autopartes, seguido por las estrategias y procesos de la implantación de Seis Sigma, los problemas al implantar Seis Sigma y las herramientas de calidad que mas se utilizan en Seis Sigma. Seguido por el análisis de los resultados, la comprobación de las hipótesis y la discusión de los resultados.

Capítulo 9. Conclusiones. Se presenta un breve epílogo de cada uno de los capítulos de esta investigación, los métodos e instrumentos principalmente empleados, el señalamiento de los datos más sobresalientes, la relación de los hallazgos alcanzados en cada uno de las hipótesis planteadas, sus implicaciones y utilidad y las contribuciones más importantes de la investigación.

## **9.2. Contribuciones más importantes de la investigación.**

Los FCE que la Alta Dirección debe tomar en cuenta son: El entrenamiento de Seis Sigma sea efectivo; Los empleados entiendan Seis Sigma y que se les dé una revisión a los proyectos de Seis Sigma de forma periódica. Estos tres FCE son esenciales y deben ser tomados en cuenta para optimizar el retorno financiero de los proyectos de Seis Sigma en las empresas multinacionales productoras de autopartes en Cd. Juárez, Chihuahua, el no tomar en cuenta estos factores puede ser la diferencia entre una exitosa implantación de Seis Sigma y otra situación en donde los empleados y la alta dirección se resistan al cambio y se perciba como una pérdida de tiempo, esfuerzo y recursos.

Una de las principales razones por las cuales los esfuerzos de implantar Seis Sigma fallan, es porque las empresas no siempre proveen este tipo de iniciativas con una visión de largo plazo, con un liderazgo comprometido por parte de la Alta Dirección para cambiar una empresa y dirigir a sus empleados hacia una forma nueva de realizar sus actividades diarias.

Seis Sigma aunque pareciera único, se basa en herramientas de calidad de Control Estadístico de Proceso de Shewhart, Deming, Juran y también utiliza algunas herramientas de Manufactura Esbelta como el Diagrama de causa y efecto de Ishikawa, el diseño de dispositivos a Prueba de Error o Poka Yoka, o la metodología de Ocho Disciplinas de la corporación Ford, lo que sí es original, es que Motorola logra proveer un conjunto de herramientas que pueden ser utilizadas para definir, medir y analizar la variación en los procesos de producción y mejorarlos para después controlarlos en base a datos duros.

Seis Sigma requiere de coleccionar y analizar los datos de los procesos utilizando las diferentes herramientas estadísticas para así lograr que los procesos, el diseño de productos y servicios mejoren su nivel de calidad, no solo requiere de un conocimiento profundo en estas herramientas, sino de una estructura de la empresa para lanzar esta filosofía y sostenerla a través del tiempo.

En cambio, la Manufactura Esbelta no solo utiliza otras herramientas (VSM, Kaizen, Kanban, 5S's, SMED, TPM, etc.) varias de las cuales son más fáciles de comprender y fáciles de implantar, los cuales se emplean para abarcar un rango más amplio de reducción de diferentes tipos de desperdicios (Demoras, sobreproducción, sobre inventarios, transporte, etc.) en diferentes procesos, productos y servicios de las empresas.

Las herramientas de calidad que son más utilizadas y tienen un alto nivel de estadística, solo representan el 22.5%; es decir, 5 de un total de 22 conjunto de herramientas disponibles para aplicarlas en un proyecto de Seis Sigma. Por otro lado, las herramientas de calidad que son las

menos utilizadas, representan un 77.5% las cuales tienen un bajo nivel de estadística, es decir, son fáciles de aplicar en un proyecto de Seis Sigma. Aunque si ha quedado establecido que si existe una relación significativa entre el nivel de estadística y las herramientas de calidad.

La falta de comprensión de las herramientas de Seis Sigma y Manufactura Esbelta, pueden llegar a crear confusión en su uso e interpretación, otro punto de vista distinto sería que existe un amplio conjunto de herramientas de calidad disponibles para mejorar el desempeño de los productos, dependería de un fuerte liderazgo y un alto compromiso por parte de la alta dirección para que los empleados involucrados las utilicen.

Esta investigación apoya a otras investigaciones para implantar Seis Sigma en cualquier tipo de industria, se espera que aumente el conocimiento de estar consciente de las necesidades de los clientes para diseñar o rediseñar los procesos productivos o diseñar los productos de tal forma que al producirlos en masa se reduzca la probabilidad de defectos, que se promueva y motive el uso de las herramientas y conceptos de estadística. El Diseño para Seis Sigma debe seguir siendo promovido para mejorar el nivel de calidad de los productos. Seis Sigma está enraizada en la práctica, ha evolucionado de la industria de manufactura hacia empresas de servicio. Seis Sigma ha estado por más de un cuarto de siglo y continuara siendo utilizada.

### **9.3. Propuestas y recomendaciones**

La Alta Dirección debiera convertirse en agentes activos y convencidos de Seis Sigma para que puedan comunicar de forma clara y consistente a la organización para poder implantar proyectos de Seis Sigma, no solo en los departamentos de Operaciones sino extender el programa hacia todos los departamentos de la empresa, incluyendo a sus proveedores. Requiere de un trabajo en equipo entre varias funciones en los diferentes niveles de la estructura organizacional, de acuerdo con (Schroeder, Linderman, liedtke y Choo, 2008) es una estructura con una organización

paralela donde se utiliza para reducir la variación de los procesos mediante la utilización de especialistas en la mejora continua, un método estructurado, orientado con los métricos del cliente para mejorar los objetivos estratégicos de la empresa. La implantación de Seis Sigma requiere de la creación de una estructura de autoridad, con una jerarquía con miembros de equipos de diferentes funciones para que logren ejecutar los proyectos de Seis Sigma. Se recomienda que se incluyan a los CEO para que esta iniciativa sea altamente visible y que sean los líderes de varios proyectos de Seis Sigma. Esto significa que de forma clara y uniforme puedan comunicar a la empresa, las formas en las cuales los métodos y alcances de Seis Sigma puedan eliminar desperdicio en forma de: Proyectos de reducción de costos, reducción de defectos en los procesos productivos, mejora en los niveles de servicio para mejorar la eficiencia y la productividad de las organizaciones. Los CEO y su equipo de líderes pudieran incluir Seis Sigma en los procedimientos, que Seis Sigma se refleje en medir la productividad en base al logro de Proyectos de Sigma, se mida el desempeño de las empresas y los empleados, con eso se logra mejorar los métricos de las empresas y simultáneamente, construir el compromiso organizacional que Seis Sigma requiere.

El 29% de las empresas productoras de autopartes en Ciudad Juárez, Chihuahua tienen entre uno a cinco años aplicando el programa de Seis Sigma, esto pudiera indicar que, aunque Seis Sigma tenga en otros sectores industriales más de dos décadas, pudiera sugerir una resistencia al cambio por parte de estas empresas solo el 3% de las mismas tiene más de veinte años aplicando Seis Sigma.

Se sugiere que la Alta Dirección consulte con una persona externa para que los líderes de las empresas adopten esta filosofía, conociendo las mejores prácticas que dan resultados en otras empresas. El entrenamiento debe ser continuo y formar equipos de trabajo multifuncionales guiados por Master Black Belts, Black Belts y Green Belts. En la industria de autopartes

multinacionales de la industria automotriz solo unas empresas contaban con un Black Belt de tiempo completo. La mayoría solo da entrenamiento a Green Belts y no cuentan con mentores en la aplicación de las herramientas estadísticas adecuadas que serían los Black Belts o Master Black Belts, esto ocasiona que exista confusión y causa que los proyectos no se lleven a cabo o queden incompletos (Hahn, 2005).

Los empleados deben ser entrenados, deben ser motivados por el logro significativo de ahorro al completar sus proyectos de Seis Sigma. El Éxito de la implantación de Seis Sigma a través del tiempo dependerá de la habilidad de los líderes de las empresas, que sea parte de su filosofía el adoptar estos estándares de trabajo y adoptar los principios de reducción de defectos y de tomar decisiones en base a datos duros para mejorar continuamente los procesos productivos. De acuerdo a Tom McCarthy, los líderes desean alinear, movilizar, acelerar y gobernar o fallaran.

Se propone revisar los contenidos curriculares de las instituciones académicas para que los estudiantes y el personal, dominen los temas de estudio relacionados a los temas de: probabilidad y estadística, estadística inferencial, ANOVA, diseño de experimentos. Algunos de estos temas se dan en un corto tiempo y no se alcanzan a cubrir a profundidad.

Contar con licencias de software (Minitab o SPSS) y equipos de cómputo para analizar datos que facilitan la comprensión y análisis de los mismos tanto en las empresas como en las instituciones académicas.

De acuerdo a la nueva revisión 2015 de la norma ISO9001, se ha actualizado para dar una respuesta a grandes cambios en la tecnología, la diversidad de las empresas y el comercio mundial, por lo cual promete ser el sistema de gestión de la calidad más efectivo, amigable y relevante. La ISO 9001:2015, esta basada en gran medida en el rendimiento, esta nueva versión combina el existoso “enfoque basado en procesos” con el nuevo concepto básico de “pensamiento basado en el riesgo” para dar prioridad a los procesos, empleando el Planificar-Hacer-Verificar-Actuar en



todos los niveles de la organización para gestionar los procesos y el sistema en su conjunto y para impulsar la mejora. Este nuevo enfoque basado en el riesgo, pretende evitar consecuencias no deseadas como productos y servicios no conformes. De acuerdo a Marcos Braham de la Asociación de Automóviles del Reino Unido, cree que la norma ISO 9001:2015, tendrá impactos enormes en todo el mundo, mientras que Alan Daniels de Boeing, que representó al Grupo Internacional de Calidad Aeroespacial, lo ve como una maravillosa oportunidad para que las organizaciones reorienten sus Sistemas de Gestión de Calidad en sus operaciones de sus empresas.

Esta nueva versión de la norma ISO, pudiera facilitar la implantación de Seis Sigma ya que puede desempeñar una función importante para ayudar a los ejecutivos a manejar el riesgo y mejorar el retorno de las inversiones. Así como las aplicaciones tradicionales de Seis Sigma dan confianza en las relaciones con los clientes, al asegurar que los productos y servicios entregan consistentemente lo que prometen, Seis Sigma también puede aumentar la confianza con los accionistas y aumentar sus clientes.

## 10. Fuentes de información

- Abernathy, W. (1978). The productivity dilemma: Roadblock to innovation in the automobile industry. *The John Hopkins University Press*.
- Abernathy, W. (1978). The productivity dilemma: Roadblock to innovation in the automobile industry. *The John Hopkins University Press*.
- Alsmadi, M., Lehany, B., & Khan, Z. (2012). Implementing Six Sigma in Saudi Arabia: An empirical study on the fortune 100 firms. *Total Quality Management*, 263-276.
- Amberg, M., Fischl, F., & Wiener, M. (2005). Background of Critical Success Factor Research. *Critical Success Factor Research*, 1-7.
- AMIA. (2015, junio 15). Cifras de junio y primer semestre 2015. *Boletín de prensa*.
- Antony, J., Douglas, A., & Antony, F. J. (2007). Determining the essential characteristics of Six Sigma Black Belts: Results from a pilot study in UK manufacturing companies. *The TQM Magazine*, 274-281.
- Antony, J., Kumar, M., & Labib, A. (2008). Gearing Six Sigma into UK manufacturing SMEs: results from a pilot study. *Journal of the Operational Research Society*, 482-493.
- Arias, L. F. (2007). *Metodología de la investigación*. Mexico: Trillas.
- Arias, L., Portilla, L., & Castaño, J. (2008). Aplicación de seis sigma en las organizaciones. *Redalyc*, 265-270.
- Asif Khan, M. (2011). Total Quality Management and organizational performance-moderating role of managerial competencies. *International journal of academic research*, 3(5), 453-457.
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz. (2015, Noviembre 13). Importancia del Sector Automotriz. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

- Baker, P. (2002). Why is lean so far off? *Works management*, 26-29.
- Barney, M., & McCarty, T. (2005). *the new six sigma a leaders guide to achieving rapid business improvement and sustainable results*. NJ: Prentice Hall.
- Bisgaard, S., & Isenberg, E. M. (2007). Quality Management and Juran's Legacy. *Quality and Reliability Engineering International*, 665-677.
- Black, K., & McGlashan, R. (2004). Essential characteristics for Six Sigma Black Belt candidates: a study of US companies. (pp. 178-191). Glasgow: 1st. International Conference on Six Sigma.
- Bloomberg. (2015, March 19th.). Honda adds more vehicles to U.S. recalls on Takata airbag flaws . *Automotive News*.
- Brace, I. (2010). *Diseño de cuestionarios*. México: Grupo Editorial Patria.
- Brady, J. E., & Allen, T. T. (2006). Six Sigma literature: a review and agenda for future research. *Quality and reliability*, 335-367.
- Breyfogle, F., Cupello, J., & Meadows, B. (2001). *Managing Six Sigma:A practical guide to understanding, assessing and implementing the strategy that yields bottom-line success*. New York: Wiley.
- Chakrabarty, A., & Tan, K. (2008). Case Study Analysis of Six Sigma in Singapore Service Organizations. *IEEE*.
- Chakravorty, S. (2009). Six Sigma programs: An implementation model. *Int. J. Production Economics*, 1-16.
- Cornet, A. (2002). *Plattformkonzepte in the Automobilentwicklung*. *Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden*.
- Coronel, N. A. (2012). *Modelo de los factores criticos de exito para el despliegue de proyectos de Seis Sigma en la industria maquiladora de exportacion*. Mexico, D.F.

- Cronbach, L. (1951). *Coefficient alpha and the internal structure of tests*.
- DeMeter, B. (2012, May 22). 5 of the largest car Recalls in history. *Investopedia*, p. 1. Retrieved May 22, 2014, from <http://www.investopedia.com/slide-show/car-recalls/?article=1>.
- Departamento de Transporte de E.U. (2014, Junio 06). *Departamento de Transporte de E.U.* Retrieved from <http://www-odi.nhtsa.dot.gov/acms/cs/jaxrs/download/doc/UCM456824/INOA-PE14016-9724.PDF>
- Deshmukh, S., & Lakhe, R. (2009). Development and Validation of an instrument for six sigma implementation in small and medium sized enterprises. *Second International Conference on emerging trends in engineering and technology*, 790-797.
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. (2014, Febrero 10). *INEGI*. Retrieved from <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>
- Economía, S. d. (2012). *Industria Automotriz Monografía*. 1-43.
- Estrada, J. (20012). México at full throttle. *Negocios ProMéxico*, 23-25.
- Field, A. (2005). Non Parametric tests. In A. Field, *Discovering Statistics Using SPSS* (pp. 539-558). London: Sage Publications Ltd.
- Flyn, B., Schroeder, R., & Sakakibara, S. (1994). A framework for quality management research and an associated measurement instrument. *Journal of Operations Management*, 339-366.
- Folaron, J. (2003, August). The evolution of Six Sigma. *ASQ Forum Magazine*.
- Freyssenet, M., & Boyer, R. (2000). *Les modeles productifs*. Paris: Editions La Decouverte & SyrosColl.
- General Motors. (2014, June 14). *GM Ignition recall safety information*. Retrieved from GM recall center: <http://www.gmignitionupdate.com/product/public/us/en/GMIgnitionUpdate/lacrosse.html>
- Goh, T. (1999). Perspectives on statistical quality engineering. *The TQM Magazine*, 461-466.

- Gonzalez, C. (1998). *ISO 9000, QS9000, ISO14000: normas internacionales de administracion de calidad , sistemas de calidad y sistemas ambientales*. McGraw Hill Interamericana ProQuest ebrary. Web 31 2015.
- GosniK, D., & Vujica-Herzog, N. (2010). Success Factors for Six Sigma implementation in Slovenian manufacturing companies. *Advances in Production Engineering and Management*, 205-2016.
- Guerra, M. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association*. Mexico: Manual Moderno.
- Guerra, M., & Peña, S. (2010). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association*. Washington, D.C.: El manual moderno, S.A. de C.V.
- Guilheme, E., Marcos, J., Cauchick, P., & Araújo, F. (2009). Análise da utilizacao de técnicas e ferramentas no programa Seis Sigma a partir de um levantamento tipo survey. *Produção*, 400-416.
- Gutierrez, H., & De la vara, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. Mexico,D.F.: McGraw Hill.
- Hallam, C. R., Muesel, J., & Flannery, W. (2010). Analysis of the Toyota Production System and the Genesis of Six Sigma Programs: An imperative for understanding failures in technology management culture transformation in traditional manufacturing companies. *IEEE*.
- Harry, M. y. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionising the World's Top Corporations*. *Doubleday Currency, New York*.
- Harry, M., & Crawford, D. (2005). Six Sigma-The next generation. *Machine Design*, 126-132.
- Hendricks, C. y. (1998). Implementing Six Sigma at General Electric. *The Journal of Quality and Participation*, 48-53.

- Heras, I., Marimon, F., & Casadesús, M. (2009). Impacto competitivo de las herramientas para la gestión de la calidad. *Cuadernos de Economía y Dirección de la empresa*, 7-35.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México, D.F.: McGraw Hill.
- Hicks, B. (2007). Lean information management: understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 233-249.
- Hosseini-Nasab, A., Dehghani, M., & Hasan, H.-N. (2013). Analysis of Technology Effectiveness of Lean manufacturing Using System dynamics. *ISRN Industrial Engineering*, 1-10.
- Hosseini-Nasab, H., Dehghani, M., & Housseini-Nasab, A. (2013). Analysis of technology effectiveness of Lean Manufacturing using system dynamics. *Hindawi Publishing Corporation ISRN Industrial Engineering*, 10.
- [http://promep-pc:49208/help/index.jsp?topic=/com.ibm.spss.statistics.cs/reliability\\_table.htm](http://promep-pc:49208/help/index.jsp?topic=/com.ibm.spss.statistics.cs/reliability_table.htm).
- (n.d.).
- INEGI. (2014). *Censos Económicos*. México: inegi.
- Isac, N. (2010). Principles of TQM in automotive industry. *Romanian Economic and Business Review*, 187-188.
- ITP. (2003). BestPractices Plant Wide Assessment Case Study. *Industrial Technologies Program*.
- Jamali, G., Ebrahimi, M., & Abbaszadeh, M. A. (2010). TQM implementation: An investigation of Critical Success Factors. *IEEE*, 112-116.
- Juran, J., & Blaton, G. (2001). *Manual de calidad*. Espana: McGraw Hill.
- Kazuo, W. (2006). The fable of the birth of the Japanese Automobile Industry, a reconsideration of the Toyoda-Platt Agreement of 1929. *Business history*, 90-118.
- Klier, T., & Rubenstein, J. (2008). Who really made your car? Restructuring and geographic change in the auto industry. *Up John Institute for Employment Research*.

- Kumar, M., Antony, J., Antony, F., & Madu, C. (2007). Winning customer loyalty in an Automotive company through Six Sigma: a Case Study. *Quality ad reliability Engineering International*, 849-866.
- Kumar, S., & Gupta, Y. P. (1993). Statistical Process Control at Motorola's Austin Assembly Plant. *Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 84-92.
- Law, R., Zhang, L., Beh, H., Kmetec, J., Wall, F., Chan, C., & Koay, H. (2008). International electronics manufacturing technology conference. 1-7.
- Liker, J. (2008). The Toyota Way in services: The case of lean product development. *Academy of management Perspectives*.
- Liker, J. (2008, May). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management of Perspectives*.
- Lina, P. (2012). *Metodologia de la investigacion, interdisciplinariedad del saber socioambiental*. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.
- Linderman, K., Schroeder, R., S., Z., & Choo, A. (2003). Six Sigma:A goal theoretic perspective. *Journal of Operations Mangement*, 193-203.
- Loomis, B. (1986, Agosto 16). Detroit's early auto giants: Daredevils and mad mechanics. *Detroit Free Press*.
- Lynch, D. P. (2006). What is Six Sigma?
- Machado, M., & Batista, J. (2007). Selecao de projetos Seis Sigma:aplicacao em uma indústria do setor automobilístico. *Producao*, 579-591.
- Malhotra, N. K. (2004). *Basic Marketing Research applications to contemporary issues*. Pearson Prentice Hall.
- Marin, L. M. (2009). Enfoques de estudio y modelos de investigación sobre calidad y resultados: una revisión crítica. *Cuadernos de gestión*, 9(2), 89-110.

- Mast, J., Diepstraten, G., & Does, R. J. (2011). Quality quandaries: Design for Six Sigma method and application. *Quality engineering*, 204-211.
- Mendenhall, W. (1990). *Estadística para administradores*. México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamerica.
- Merli, G. O. (2012). Gestion de la calidad: Control Estadístico y Seis Sigma. *TELOS: Revista de estudios interdisciplinarios en Ciencias Sociales* , 269-274.
- Milosan, J. (2011). Studies about the Total Quality Management Concept. *Acta Tecjmoca Cprvomoemos-Bulletin of Engineering*, 4, 43-45.
- Montgomery, D., & Woodall, W. (2008). An overview of Six Sigma. *International Statistical Review*, 329-346.
- Mortimore, M., & Barron, F. (2005). Informe sobre la industria automotriz mexicana. *CEPAL-SERIE Desarrollo productivo*, 3-51.
- Narasimhan, S., & Kannan, V. (2011). Sir Isaac Newton to Total Quality mangement-Paradigms Keep Changing. *European Journal of Social Sciences*, 25(2), 275-282.
- NBC News. (2014, December 22). Retrieved from NBC News Business: <http://www.nbcnews.com/storyline/gm-recall/gm-faulty-ignition-switch-compensation-claims-rise-again-n273116>
- Oke, S. (2007). Six Sigma: a literature review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 109-129.
- Olivares, Ó. (2009). Competitividad y calidad de factores críticos que contribuyen al éxito de empresas de menor tamaño en mercados globales de países emergentes. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 29-51.



- Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. (2015, Junio 15). *The world's vehicles production reached 89.5 million in 2014, 3% en comparación con 2013*. Retrieved 2015, from www.oica.net.: www.oica.net
- Osada, H., & Yudi, A. (2010). An empirical study on Six Sigma phase based implementation and the roles of top management and upper managers. *IEEE*, 269-274.
- Oui, K.-B. (2012). TQM practices and knowledge sharing: an empirical study of Malaysia's manufacturing organizations. *Asia Pac. j. Manag.*, 59-78.
- Pande. (2000). *The Six Sigma Way: How General Electric and Motorola and Other Top Companies are Honing their Performance*. New York, N.Y.: McGraw Hill.
- Pavnaskar, S., Gershenson, J., & Jambekar, A. (2003). A framework for organisational change management in lean manufacturing implementation. *International Journal of Services and Operations Management*, 101-117.
- Pearce, A., & Pons, D. (2013). Implementing Lean practices: managing the transformation risks. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Industrial Engineering*, 19.
- Pearce, A., & Pons, D. (2013). Implementing Lean practices: Managing the transformation risks. *Journal of Industrial Engineering*, 1-19.
- ProMexico. (2014). *Industria automotriz*. Cd. Mexico D.F.: ProMexico.
- Raisinghani, M., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G., & Daripaly, P. (2005). Six Sigma: Concepts, tools, and applications. *Industrial Management and Data Systems*, 491-505.
- Reyes, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduria y Administración*, 51-69.
- Rink, J. (2005). Lean can save American manufacturing. *Reliable plant*.
- Rockart, J. (1979). Chief Executives define their own information needs. *Harvard Business Review*, 81-92.

- Rockart, J. F. (1982). The changing role of the information systems executive: A critical success factor perspective. *Sloan Management Review*, 3-12.
- Rockart, J. F., & Crescenzi, A. D. (1984). Engaging Top Management in Information Technology. *Sloan Management Review*, 3-16.
- Roncarti, & Tanner. (1994). Kaizen leads to breakthroughs in responsiveness and the Shingo Prize at Critikon. *National Productivity Review*, 517-531.
- Safwat, T., & Ezzat, A. (2008). Applying Six Sigma Techniques in Plastic Injection Molding Industry. *Proceedings of the 2008 IEEE IEEEM*.
- Sambhe, R. U. (2011). Evaluating Six Sigma Implementation in Medium Scale Indian Automotive Enterprises. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 1790-1796.
- Secretaría de Economía. (2012). *Industria Automotriz*. Mexico, D.F.: Secretaría de Economía.
- Seidel, M., Loch, C., & Chahil, S. (2005). Quo Vadis, Automotive industry? A vision of possible industry transformations. *European Management Journal*, 439-449.
- Sherif, M., Jantane, D., & Hassan, S. (2013). A framework for lean manufacturing implementation. *Production and manufacturing research: An open access Journal*, 44-64.
- Sivakumar, S., & Muthusamy, K. (2011). Critical Success Factors in six Sigma Implementation- A case study of MNCs in Malaysia. *IEEE*.
- Snee, R. (2004). Six Sigma: The evolution of 100 years of business improvement methodology. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1, 4-20.
- Spear, S. J. (2004). Learning to lead at Toyota. *Harvard Business Review*, 1-9.
- Spichiger, J. O. (2006). 60 Years and still going strong. *Quality Progress*, 42-50.
- Steven, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 97-106.

- Studer, M. (1997). *The global strategies of multinational enterprises and government policies: Ford Motor Company and the Automobile Industry in Canada and Mexico*. The Johns Hopkins University. Baltimore, Maryland: UMI Company.
- T.J., R., & Pons, D. (2013). Environmentally Lean Production: The development and incorporation of an environmental impact index into value stream mapping. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Industrial Engineering*, 17.
- Tang, L., Goh, T., Yam, H., & Yoap, T. (2006). *Six Sigma, advanced tools for black belts and master black belts*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- The Economist Intelligence Unit. (2012). *Automotive report, forecast closing date: January 31st, 2012*. The Economist Intelligence Unit Limited.
- Tlapa, D. A. (2013). *Factores criticos para la implementacion exitosa de la metodologia Seis Sigma en la industria de Baja California*. Baja California.
- Tolamatl, J., Gallardo, D., Varela, J., & Flores, E. (2011). Aplicación de Seis Sigma en una microempresa del ramo automotriz. *Redalyc*, 11-18.
- Treichler, D., Carmichael, I. R., Kusmanoff, A., Lewis, J., & Berthiez, G. (2002). Design for Six Sigma: 15 Lessons Learned Leading corporations find out how to avoid pitfalls. *Quality Progress*, 33-42.
- Treichler, D., Carmichael, R., Kusmanoff, A., Lewis, J., & Berthiex, G. (2002). Design for Six Sigma 15 lessons learned. *Quality progress*, 33-42.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your Corporation*. London, UK: Simon and Schuster.
- Womack, J., & Roos. (1990). *The machine that changed the world*. Macmillan, NY.
- Yong-Geun, K. (2015). 2015 Geneva Motor Show. *OICA press conference* (pp. 1-23). Genève: OICA.

Zailani, S., & Sasthriyar, S. (2011). Investigation on Six Sigma Critical Success Factors. *European Journal of Scientific Research*, 124-132.

Zwikael, O., & Globerson, S. (2005). From Critical Success Factors to Critical Success Processes. *International Journal of Production Research*, 3433-3449.

## **Anexo A.- Bitácora de investigación**

12-13 noviembre, 2015

Asistencia al **1er Encuentro para el Desarrollo de la Industria de Autopartes y Vehículos de México**”, Aguascalientes 2015, que será un espacio de interacción en el que se difundirán metodologías y tecnologías de frontera para la transformación productiva de la industria de autopartes y vehículos de México y que este sea referente de la Investigación y Desarrollo dentro del sector en el país y Latinoamérica.

### **Objetivos:**

- Contribuir a incrementar la competitividad, productividad e innovación de la industria de autopartes y de vehículos de México.
- Difundir la oferta del portafolio de servicios tecnológicos especializados que pueden ser soluciones para los diversos problemas del sector.
- Identificar problemas y proyectos estratégicos para el sector para la generación de soluciones provenientes de la articulación de la triple hélice.
- Contribuir en la formación avanzada a todos los niveles (media técnica, técnicos laborales y profesionales, tecnólogos, universitarios y posgrados) aplicada a los actuales trabajadores de la cadena productiva y a las nuevas generaciones que respalden a este estratégico sector.
- Articular y promover la investigación y eventos tecnológicos y la innovación en las empresas del sector, en instituciones académicas y organismos gubernamentales y de la sociedad organizada.
- Coadyuvar a gestionar el conocimiento que demanda el sector para que logren ser organizaciones de clase mundial y competir con los mejores en otras latitudes.
- Dar a conocer la gama de posibilidades de financiamiento en los diferentes niveles de gobierno para la generación de proyectos de Investigación y Desarrollo.

## Anexo B.- Cuestionario

Buenos días (tardes),

Estoy realizando un estudio que servirá para elaborar una tesis doctoral en el Posgrado de Ciencias de Administración de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), acerca de la implantación del programa Seis Sigma de las empresas productoras de autopartes de la industria automotriz en Cd. Juárez, Chihuahua.

Para ello le pediría si fuera tan amable de contestar algunas preguntas que no llevarán mucho tiempo, sus respuestas son confidenciales y anónimas.

Las personas que fueron seleccionadas para el estudio no se eligieron por su nombre, sino al azar. Las opiniones de todos los encuestados serán sumadas e incluidas en la tesis doctoral, pero nunca se comunicarán los datos individuales.

Le pido que conteste cada pregunta de este cuestionario con la mayor sinceridad posible. Lea las instrucciones cuidadosamente ya que existen preguntas en las que sólo se puede responder a una sola opción, también se incluyen preguntas abiertas.

Instrucciones:

Emplee un lápiz o bolígrafo de tinta negra o azul para contestar el cuestionario. No hay respuestas correctas ni incorrectas. Éstas simplemente reflejan su opinión personal.

Si la pregunta no tiene sentido para usted o necesita ayuda con mucho gusto lo atenderé.

Muchas gracias por su colaboración.

Lara Abril Chiu Vegamontes

### Sección A. Información general

¿Cuál es el nombre de su empresa? \_\_\_\_\_

- 1) ¿Cuántos empleados tiene su empresa?
  - a) 50-100
  - b) 100-150
  - c) 150-200
  - d) 200-250
  - e) 250-300
  - f) 350-450
  - g) 450+
  
- 2) ¿Qué puesto ocupa en su empresa?
  - a) Gerente de Operaciones o Producción
  - b) Gerente de Calidad
  - c) Ingeniero de calidad
  - d) Master Black Belt
  - e) Black Belt

- f) Green Belt
  - g) Gerente de Ingeniería
  - h) Ingeniero Industrial o manufactura
  - i) Otro (indique cual) \_\_\_\_\_
- 3) ¿Qué edad tiene?
- a) 18-24
  - b) 25-40
  - c) 41-60
  - d) 60+
- 4) ¿Cuál es su educación formal?
- a) Menos que preparatoria
  - b) Graduado de preparatoria
  - c) Licenciatura truncada
  - d) Graduado de licenciatura
  - e) Maestría truncada
  - f) Graduado de maestría
- 5) ¿Cuál es su género?
- a) Hombre
  - b) Mujer
- 6) ¿Cuál es el número de proyectos implementados de Seis Sigma en la empresa al finalizar un año?
- a) 0
  - b) Entre 1 y 10
  - c) Entre 10 y 20
  - d) Entre 20 y 30
  - e) Más de 30
- 7) ¿Cuántos años tiene su empresa aplicando programa de Seis Sigma?
- a) 0
  - b) 1-5
  - c) 5-10
  - d) 10-15
  - e) 15-20
  - f) Más de 20
- 8.- ¿Qué productos se fabrican en su empresa?
- g) Fabricación de motores de gasolina y sus partes
  - h) Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes
  - i) Fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión
  - j) Fabricación de asientos y accesorios interiores
  - k) Fabricación de piezas metálicas troqueladas
  - l) Fabricación de otras partes (indique cual) \_\_\_\_\_

## Sección B. Los FCE que intervienen en la implantación de Seis Sigma.

Por favor indique hasta qué punto está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones respecto a indicar cuales son los Factores Críticos de Éxito al implementar Seis Sigma. Encierre en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala que se indica a continuación.

1. No se toma en cuenta    3. Medianamente importante    5. Indispensable  
2. Poco importante    4. Sumamente importante

1) Selección de proyectos de Seis Sigma					
a) La alta dirección da prioridad a la selección de proyectos de Seis Sigma, relacionándolos con las estrategias del negocio	1	2	3	4	5
2) La alta dirección se involucra y se compromete y es esencial para la implantación de Seis Sigma					
a) Existe una base de datos interna donde la empresa tiene acceso a otros proyectos de Seis Sigma	1	2	3	4	5
3) Entrenamiento					
a) Los empleados involucrados entienden la metodología y las herramientas de Seis Sigma	1	2	3	4	5
b) El entrenamiento es efectivo entre los miembros del equipo de Seis Sigma	1	2	3	4	5
4) Se relaciona Seis Sigma con la estrategia de la empresa					
a) La alta dirección relaciona los proyectos de Seis Sigma para lograr los objetivos con la estrategia del negocio	1	2	3	4	5
5) Se relaciona Seis Sigma con el Recurso Humano					
a) Los empleados que trabajan en proyectos de Seis Sigma, se les permite descargar de sus labores diarias para que dediquen su tiempo a finalizar sus proyectos en beneficio de la organización	1	2	3	4	5
b) Se les da reconocimiento y es parte de su evaluación, se les incluye un incentivo económico	1	2	3	4	5
c) Recursos Humanos participa de forma activa junto con otros departamentos en el programa Seis Sigma	1	2	3	4	5
d) Se evalúan distintos proveedores o entrenadores de Seis Sigma antes de seleccionarlos	1	2	3	4	5
e) Solamente se entrena a ciertos miembros de la infraestructura de la organización	1	2	3	4	5
f) La selección de los miembros del equipo de Seis Sigma se utilizaron técnicas para seleccionar al personal más apto	1	2	3	4	5
6) La infraestructura de la organización cuenta con:					
a) Master Black Belts, Black Belts, Green Belts de tiempo completo y se asignan líderes internos de diferentes departamento (materiales, finanzas, calidad, etc.) para apoyar a los equipos	1	2	3	4	5
b) Master Black Belts, Black Belts, Green Belts de tiempo parcial, es solamente responsabilidad del departameto de ingeniería.	1	2	3	4	5
c) Green belts y personal experto que no cuentan con líderes internos	1	2	3	4	5
d) No se cuenta con Master Black Belts, Black Belts, ni Green Belts	1	2	3	4	5
e) Existe software disponible (Minitab, SPSS, etc.) como apoyo para realizar análisis de los datos obtenidos	1	2	3	4	5
7) Los empleados involucrados comprenden la metodología de Seis Sigma					
a) Los proyectos de Seis Sigma siguen las fases de Definir; Medir; Analizar; Mejorar y Controlar.	1	2	3	4	5
b) Los empleados y alta dirección aplican la metodología de Seis Sigma en diferentes departamentos como son: RH; Finanzas; Materiales; Aduanas; Producción; Calidad; etc.	1	2	3	4	5
8) Seguimiento de proyectos					
	1	2	3	4	5



a) La alta dirección revisa y monitorea de forma periódica durante el año los avances de los proyectos de Seis Sigma					
9) Enlazar Seis Sigma con proveedores					
a) Los proveedores son parte de la iniciativa de Seis Sigma, se les pide un nivel de Seis Sigma en sus productos	1	2	3	4	5
b) Miembros de equipo del programa de Seis Sigma es normal que incluyan a los proveedores	1	2	3	4	5
c) La empresa tiene entrenamiento continuo en su intranet para que los proveedores sean parte del programa de Seis Sigma	1	2	3	4	5

### Sección C. Estrategias y procesos que aplica la gerencia al implantar Seis Sigma.

Por favor indique hasta qué punto está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones respecto a cuáles son las estrategias y procesos que se aplican al implantar la metodología de Seis Sigma. Encierre en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala que se indica a continuación.

1. Definitivamente no    2. Probablemente no    3. Regular    4. Probablemente sí  
5. Definitivamente sí

a) Se realizan actividades de preparación para una junta inicial donde se da el lanzamiento de Seis Sigma de forma oficial para que la alta dirección esté comprometida.	1	2	3	4	5
b) Se dan a conocer las historias de éxito que Seis Sigma ha tenido y sus beneficios como una estrategia de implantación al inicio del lanzamiento del programa a la alta dirección	1	2	3	4	5
c) Inicialmente la implantación de Seis Sigma se centra en áreas piloto apoyadas con un equipo entrenado en la metodología de Seis Sigma y que cuenta con el conocimiento robusto de herramientas de calidad.	1	2	3	4	5
d) La empresa ha implantado Seis Sigma a otros departamentos de la operación tales como: calidad, materiales, producción.	1	2	3	4	5
e) La empresa ha implantado Seis Sigma en toda la empresa e incluye los departamentos de: finanzas, recursos humanos, logística, proveedores.	1	2	3	4	5
f) La alta dirección promueve a largo plazo el proceso de mejoramiento continuo	1	2	3	4	5
g) Todos los empleados entienden Seis Sigma	1	2	3	4	5

### Sección D. Problemas que se enfrenta la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma a sus procesos productivos o de servicio.

Por favor indique hasta qué punto está de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes afirmaciones respecto a los problemas que la alta dirección y los empleados involucrados al implantar Seis Sigma a sus procesos productivos o de servicio. Encierre en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala que se indica a continuación.

1. Definitivamente no    3. Indeciso    5. Definitivamente sí  
2. Probablemente no    4. Probablemente sí

a) La alta dirección provee recursos (económicos, material didáctico, instructor, computadoras, software, tiempo, asesoría, etc.) para implementar Seis Sigma	1	2	3	4	5
b) La alta dirección asigna a un mentor y da seguimiento a los proyectos de Seis Sigma	1	2	3	4	5

c) La alta dirección se involucra y se compromete	1	2	3	4	5
d) La alta dirección determinó los proyectos de Seis Sigma en base a las necesidades de la empresa	1	2	3	4	5
e) Al estar los empleados trabajando en un proyecto de Seis Sigma se le da tiempo para completarlo	1	2	3	4	5
f) La alta dirección monitorea el avance de los proyectos en forma periódica	1	2	3	4	5
g) La empresa cuenta con políticas de calidad y de mejora continua	1	2	3	4	5
h) La alta dirección define una estrategia de despliegue de Seis Sigma	1	2	3	4	5
i) La alta dirección formó un comité ejecutivo a nivel corporativo	1	2	3	4	5
j) La alta dirección contrató un experto en Seis Sigma externo a su empresa	1	2	3	4	5
k) La alta dirección se involucra y da soporte	1	2	3	4	5
l) El personal involucrado en los equipos de Seis Sigma tiene conocimiento de las necesidades del cliente	1	2	3	4	5
m) Las personas se sienten valoradas y son retribuidas económicamente por los logros de los ahorros de los proyectos de Seis Sigma	1	2	3	4	5

### Sección E. Herramientas de calidad que su empresa utiliza.

Por favor indique hasta qué punto está de acuerdo o en desacuerdo con la siguiente lista de herramientas de calidad que su organización utiliza. Encierre en un círculo el número que corresponda, siguiendo la escala que se indica a continuación.

1. No lo utilizo 2. Casi no lo utilizo 3. Lo utilizo de forma regular 4. Lo utilizo frecuentemente 5. Muy utilizado

a. Diagrama SIPOC	1	2	3	4	5
b. Diagrama de flujo de proceso	1	2	3	4	5
c. Características críticas de calidad (CTQ's)	1	2	3	4	5
d. Matriz de causa y efecto	1	2	3	4	5
e. PFMEA	1	2	3	4	5
f. Plan de Control	1	2	3	4	5
g. Histograma	1	2	3	4	5
h. Diagrama de causa y efecto	1	2	3	4	5
i. Diagrama de Pareto	1	2	3	4	5
j. Estudio de capacidad de proceso ( $C_p$ )	1	2	3	4	5
k. Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (GR&R)	1	2	3	4	5
l. Prueba de normalidad	1	2	3	4	5
m. Diseño de experimentos	1	2	3	4	5
n. Control Estadístico de Proceso	1	2	3	4	5
o. Análisis de regresión	1	2	3	4	5
p. Análisis correlación	1	2	3	4	5
q. Análisis de medias y varianzas (ANOVA)	1	2	3	4	5
r. Pruebas de hipótesis	1	2	3	4	5

s.	Solución de problemas (Metodología 8D's)	1	2	3	4	5
t.	Dispositivos a prueba de error	1	2	3	4	5
u.	Simulación	1	2	3	4	5
v.	Estandarización de procesos	1	2	3	4	5

### Sección F. Espacio abierto

Espacio abierto para expresar opinión que tenga acerca de la forma de implantar Seis Sigma en la industria de autopartes.

---



---



---

## Anexo C. Codificación del cuestionario

El codificar los datos, significa asignarles un valor numérico o símbolo que los represente.

Es decir, a las categorías de cada ítem o variable se les asignan valores numéricos o signos que tienen un significado (Hernández, Fernández y Baptista, Metodología de la investigación, 2006).

Etiqueta: Nombre de la empresa

Nivel de medida: Ordinal

Código	Etiquetas de valor
1	Arneses de Juárez
2	Automotive Lighting
3	Bulk Molding Compounds
4	Contec
5	Continental Guadalajara
6	Cummins
7	Delphi MTC
8	Eagle Ottawa
9	Edumex
10	Federal Mogul
11	Flextronics Norte
12	FCI
13	Grupo Dekko
14	Harman de México
15	Harman de México
16	Johnson Controls
17	Lear Corporation
18	Maximatec Inc.
19	PEDSA
20	Rio Bravo V
21	Rio Bravo XX
22	Robert Bosch
23	Robert Bosch componente frenos
24	Strattec de México
25	Valeo
26	Vía Systems
27	Visteon

Etiqueta: Número de empleados

Nivel de medida: Ordinal

Código	Etiquetas de valor
28	50 a 150
29	150 a 250
30	250 a 350
31	350 a 450
32	450 a 550
33	Más de 550

Etiqueta: Puesto que ocupa en la empresa

Nivel de medida: Nominal

Código	Etiquetas de valor
34	Gerente de producción
35	Gerente de calidad
36	Ingeniero de calidad
37	Master Black Belt
38	Black Belt

39	Green Belt
40	Gerente de Ingeniería
41	Ingeniero industrial
42	Otro

Etiqueta: Edad

Nivel de medida: Ordinal

Código	Etiqueta de valor
43	18 a 24
44	25 a 40
45	41 a 60
46	Más de 60

Etiqueta: Educación

Nivel de medida: Ordinal

Código	Etiqueta de valor
47	Secundaria
48	Preparatoria
49	Licenciatura
50	Maestría
51	Técnico

Etiqueta: Género

Nivel de medida: Nominal

Código	Etiqueta de valor
53	Hombre
54	Mujer

Etiqueta: Número de proyectos de Seis Sigma

Nivel de medida: Ordinal

Código	Etiqueta de valor
55	0
56	Entre 1 y 10
57	Entre 10 y 20
58	Entre 20 y 30
59	Más de 30

Etiqueta: Número de años con Seis Sigma

Nivel de medida: Ordinal

Código	Etiqueta de valor
60	0
61	1 a 5
62	5 a 10
63	10 a 15
64	15 a 20
65	Más de 20

Etiqueta: Motores de gasolina

Nivel de medida: Nominal

Código	Etiqueta de valor
66	Motores de gasolina
67	Equipo eléctrico y electrónico
68	Sistemas de dirección y suspensión
69	Asientos y accesorios interiores
70	Piezas metálicas troqueladas
71	Otras

Etiqueta: Factores Críticos de Éxito

Nivel de medida: Escala

Código	Etiqueta de valor
72	Alta dirección da prioridad a la Selección de proyectos de Seis Sigma
73	Existe base de datos interna
74	Empleados entienden Metodología Seis Sigma
75	Entrenamiento es efecto entre miembros de equipo
76	Relación de Seis Sigma con la estrategia de la empresa
77	Se les descarga tiempo a los empleados que trabajan en Seis Sigma
78	Se les otorga reconocimiento y son evaluados con incentivos económicos
	RH participa de forma activa en Seis Sigma
79	Solo se entrenan ciertas personas en Seis Sigma
80	Se utilizan técnicas de selección para seleccionar personal en Seis Sigma

Etiqueta: Estrategias y procesos de implantación de Seis Sigma

Nivel de medida: Escala

Código	Etiqueta de valor
82	Junta inicial lanzamiento de Seis Sigma
83	Historias de éxito de Seis Sigma y sus beneficios
84	Implanta Seis Sigma en áreas piloto
85	Seis Sigma en otros departamentos (calidad, materiales y producción)
86	Seis Sigma en toda la empresa (Finanzas, RH, logística, proveedores)
87	Alta dirección promueve la mejora continua
88	Todos los empleados entienden Seis Sigma

Etiqueta: Problemas al implantar Seis Sigma

Nivel de medida: Escala

Código	Etiqueta de valor
89	La Alta Dirección provee recursos
90	La Alta Dirección da seguimiento a proyectos de Seis Sigma
91	La Alta Dirección se involucra y se compromete
92	Los empleados están comprometidos con proyectos de Seis Sigma
93	La Alta Dirección determino los proyectos de Seis Sigma en base a las necesidades de la empresa
94	Se les concede tiempo a los empleados para realizar proyectos de Seis Sigma
	La Alta Dirección monitorea periódicamente los proyectos de Seis Sigma
95	Empresa cuenta con políticas de calidad y mejora continua
	La Alta Dirección define una estrategia de despliegue de Seis Sigma
96	La Alta Dirección formo un comité ejecutivo a nivel corporativo
97	La Alta Dirección contrato un experto en Seis Sigma externo a su empresa
98	La Alta Dirección se involucra y da soporte
99	El personal de Seis Sigma tiene conocimiento de las necesidades del cliente
	Se siente el personal valorado y retribuido económicamente por los logros de los ahorros de los proyectos de Seis Sigma
100	

Etiqueta: Herramientas de calidad que su empresa utiliza

Nivel de medida: Escala

Código	Etiqueta de valor
101	SIPOC
102	Diagrama de Flujo
103	CTQ
104	Matriz Causa y Efecto
105	PFMEA
106	Plan de Control

107	Histograma
108	Diagrama de causa y efecto
109	Diagrama de Pareto
110	Cp
111	GR & R
112	Prueba de normalidad
113	DOE
114	SPC
115	Análisis de regresión
116	Análisis de correlación
117	ANOVA
118	Prueba de hipótesis
119	8D
120	Dispositivos a prueba de error
121	Simulación
122	Estandarización de procesos