

**Evaluación de la implementación de prácticas Lean en empresas procesadoras de leche del  
Oriente Antioqueño y medición de la eficiencia aplicando el Análisis Envolvente de Datos  
(DEA)**

**Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Ingeniería**

**Juan David Agamez Licha**

**M.Sc. Juan Gregorio Arrieta Posada**

**Asesor**

**Universidad EAFIT  
Escuela de Ingeniería  
Maestría en Ingeniería**

**2016**

**Evaluación de la implementación de prácticas Lean en empresas procesadoras de leche del  
Oriente Antioqueño y medición de la eficiencia aplicando el Análisis Envolvente de Datos  
(DEA)**

**Juan David Agamez Licha**

**M.Sc. Juan Gregorio Arrieta Posada**  
**Asesor**

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería – Operaciones y Logística**

**Universidad EAFIT**  
**Escuela de Ingeniería**  
**Maestría en Ingeniería**  
**2016**

## Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, noviembre de 2016

## **Dedicatoria**

A Dios que me fortalece. . .

A mi madre que desde el cielo me cuida y guía mis pasos. . .

## **Agradecimiento**

El autor expresa sus agradecimientos:

Al Mg. Juan Gregorio Arrieta, por su asesoría y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de grado.

A la docente María del Rocío Quesada Castro, por su apoyo incondicional.

Al Mg. Sergio Fernández, docente de tiempo completo de la Facultad de Administración, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

A las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño que participaron en este proyecto de investigación.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo de grado.

## Tabla de contenido

1.	Introducción.....	15
2.	Justificación y descripción del problema .....	16
3.	Preguntas de investigación .....	18
4.	Objetivos.....	19
4.1	Objetivo general .....	19
4.2	Objetivos específicos.....	19
5.	Marco Teórico .....	20
5.1	Lean Manufacturing .....	20
5.1.1	Herramientas Lean .....	26
5.2	Sector lechero .....	28
5.2.1	Sector lechero a nivel mundial .....	28
5.2.2	Sector lechero a nivel colombiano .....	29
5.2.3	Sector lechero a nivel de Antioquia .....	32
5.2.4	Sector lechero a nivel del Oriente Antioqueño .....	33
5.3	Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	36
5.3.1	Caracterización de los modelos DEA.....	39
5.3.2	Modelo BCC .....	40
5.3.2.1	Modelo BBC-I .....	41
5.3.2.2	Modelo BCC-O.....	42
5.3.2.3	Variables no controlables.....	44
5.3.2.4	Método Assurance Region.....	44
6.	Estado del Arte .....	45
7.	Metodología.....	58
7.1	Tipo de investigación .....	58

7.1.1	Descriptiva y correlacional.....	58
7.2	Método de investigación.....	58
7.2.1	Inductivo.....	58
7.3	Población y tamaño de muestra.....	60
8.	Resultados.....	69
8.1	Análisis lean .....	69
8.1.1	Análisis Lean por empresa.....	69
8.1.1.1	Empresa procesadora de leche 1 (EPL1). .....	69
8.1.1.2	Empresa procesadora de leche 2 (EPL2).....	72
8.1.1.3	Empresa procesadora de leche 3 (EPL3).....	75
8.1.1.4	Empresa procesadora de leche 4 (EPL4).....	78
8.1.1.5	Empresa procesadora de leche 5 (EPL5).....	81
8.1.1.6	Empresa procesadora de leche 6 (EPL6).....	84
8.1.1.7	Empresa procesadora de leche 7 (EPL7).....	87
8.1.1.8	Empresa procesadora de leche 8 (EPL8).....	90
8.1.1.9	Empresa procesadora de leche 9 (EPL9).....	93
8.1.1.10	Empresa procesadora de leche 10 (EPL10).....	96
8.1.2	Análisis Lean para la muestra .....	99
8.1.2.1	Caracterización de la Empresas Procesadoras de Leche de la Muestra. ....	99
8.1.2.2	Descripción general de los resultados de la muestra.....	101
8.1.2.3	Análisis individual de las prácticas Lean objeto de estudio.....	104
8.1.2.4	Descripción por cada factor de la práctica Lean estudiada. ....	105
8.1.2.4.1	POKA YOKE (Calidad sin defectos).....	105
8.1.2.4.2	Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	106

8.1.2.4.3	Mejoramiento Continuo (KAIZEN).....	107
8.1.2.4.4	Fabrica Visual (FVISUAL).....	108
8.1.2.4.5	Tiempo de alistamiento (SMED). ....	109
8.1.2.4.6	Mapa de la cadena de valor (VSM).....	110
8.1.2.4.7	Organización puesto de trabajo (5s).....	111
8.1.2.4.8	Control estadístico de procesos (CEP). ....	112
8.1.2.4.9	Justo a Tiempo (JIT). ....	113
8.1.2.4.10	Producción nivelada (HEIJUNKA).....	114
8.1.2.4.11	Administración (ADMON). ....	115
8.1.2.5	Análisis de la muestra por Cuadrantes. ....	116
8.1.2.5.1	Análisis para el cuadrante I. ....	117
8.1.2.5.2	Análisis para el cuadrante II.....	120
8.1.2.5.3	Análisis para el cuadrante III. ....	123
8.1.2.5.4	Comparativo entre Cuadrantes. ....	129
8.1.3	Recomendaciones de mejora en la implementación de prácticas lean en las Empresas Procesadoras de Leche .....	130
8.2	Análisis Envoltente de Datos (DEA).....	136
8.2.1	Primera corrida.....	137
8.2.2	Segunda corrida.....	143
8.2.3	Tercera corrida .....	149
8.2.4	Recomendaciones de mejora derivadas del Análisis Envoltente de Datos (DEA).....	150
8.3	Análisis de Correlación entre los resultados Lean Vs Resultados DEA .....	152
9.	Conclusiones.....	155
10.	Trabajos futuros.....	157
11.	Referencias .....	158

## Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Producción Mundial de Leche .....	29
<i>Figura 2.</i> Eslabones de la Cadena Láctea Colombiana .....	30
<i>Figura 3.</i> Eslabón procesamiento de la Cadena Láctea.....	31
<i>Figura 4.</i> Producción de Leche Vs. Acopio Industrial .....	32
<i>Figura 5.</i> Fórmula de eficiencia relativa.....	37
<i>Figura 6.</i> Frontera de producción modelo BCC .....	41
<i>Figura 7.</i> Modelo matemático BCC-I.....	42
<i>Figura 8.</i> Modelo matemático BCC-O .....	42
<i>Figura 9.</i> Uso de Herramientas Lean por País.....	57
<i>Figura 10.</i> Uso de Modelos DEA por País.....	57
<i>Figura 11.</i> Cuadrantes o sectores por factor de posicionamiento y desarrollo de prácticas Lean .....	64
<i>Figura 12.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL1 .....	70
<i>Figura 13.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL1 .....	71
<i>Figura 14.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL1 .....	71
<i>Figura 15.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL2 .....	73
<i>Figura 16.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL2 .....	74
<i>Figura 17.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL2.....	75
<i>Figura 18.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL3 .....	76
<i>Figura 19.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL3 .....	77
<i>Figura 20.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL3.....	78
<i>Figura 21.</i> Puntaje por herramienta lean para la EPL4 .....	79
<i>Figura 22.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL4 .....	80
<i>Figura 23.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL4.....	81
<i>Figura 24.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL5 .....	82
<i>Figura 25.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL5 .....	83
<i>Figura 26.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL5.....	84
<i>Figura 27.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL6 .....	85

<i>Figura 28.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL6 .....	86
<i>Figura 29.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL6.....	87
<i>Figura 30.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL7 .....	88
<i>Figura 31.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL7 .....	89
<i>Figura 32.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL7.....	90
<i>Figura 33.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL8 .....	91
<i>Figura 34.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL8 .....	92
<i>Figura 35.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL8.....	93
<i>Figura 36.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL9 .....	94
<i>Figura 37.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL9 .....	95
<i>Figura 38.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL9.....	96
<i>Figura 39.</i> Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL10 .....	97
<i>Figura 40.</i> Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL10.....	98
<i>Figura 41.</i> Gráfica de Cuadrantes para la EPL10.....	99
<i>Figura 42.</i> Gráfica de Cuadrantes para la muestra .....	102
<i>Figura 43.</i> Gráfica de Cuadrantes para el promedio de la muestra .....	103
<i>Figura 44.</i> Calificación promedio obtenida por práctica Lean.....	105
<i>Figura 45.</i> Calificación promedio por práctica POKA YOKE.....	106
<i>Figura 46.</i> Calificación promedio por práctica TPM .....	107
<i>Figura 47.</i> Calificación promedio por práctica KAIZEN.....	108
<i>Figura 48.</i> Calificación promedio por práctica FABRICA VISUAL.....	109
<i>Figura 49.</i> Calificación promedio por práctica SMED .....	110
<i>Figura 50.</i> Calificación promedio por práctica VSM.....	111
<i>Figura 51.</i> Calificación promedio por práctica 5s .....	112
<i>Figura 52.</i> Calificación promedio por práctica CEP .....	113
<i>Figura 53.</i> Calificación promedio por práctica JIT .....	114
<i>Figura 54.</i> Calificación promedio por práctica JIT .....	115
<i>Figura 55.</i> Calificación promedio por factor ADMINISTRACIÓN .....	116
<i>Figura 56.</i> Calificación promedio por práctica lean empresas cuadrante I .....	118
<i>Figura 57.</i> Calificación promedio por práctica lean empresas cuadrante II.....	121
<i>Figura 58.</i> Calificación promedio por práctica lean empresas cuadrante III .....	124

<i>Figura 59.</i> Comparativo calificación promedio por Práctica lean Cuadrante I, II y III.....	130
<i>Figura 60.</i> Ruta de mejoramiento para las EPL .....	131
<i>Figura 61.</i> Diagrama de dispersión Ranking Lean Vs. Ranking DEA.....	153

## Lista de tablas

Tabla 1. <i>Definiciones de Lean Manufacturing</i> .....	22
Tabla 2. <i>Tipos de desperdicios o Mudas</i> .....	24
Tabla 3. <i>Inventario Bovino y Total predios Ganaderos por Departamento</i> .....	32
Tabla 4. <i>División del Oriente Antioqueño en Zonas</i> .....	34
Tabla 5. <i>Total predios y Bovinos por Municipios del Oriente Antioqueño</i> .....	35
Tabla 6. <i>Empresas que elaboran productos lácteos por municipio</i> .....	36
Tabla 7. <i>Investigaciones Lean Manufacturing en Empresas Procesadoras de Leche</i> .	46
Tabla 8. <i>Investigaciones Análisis Envolverte de Datos en Empresas Procesadoras de Leche</i> .....	53
Tabla 9. <i>Variables o criterios lean</i> .....	59
Tabla 10. <i>Cálculo de la muestra</i> .....	61
Tabla 11. <i>Nuevo Cálculo de la muestra</i> .....	61
Tabla 12. <i>Nuevos parámetros cálculo de la muestra</i> .....	62
Tabla 13. <i>Interpretación Índice de Correlación de Pearson</i> .....	67
Tabla 14. <i>Caracterización EPL de la muestra</i> .....	99
Tabla 15. <i>Categorización EPL de la muestra</i> .....	103
Tabla 16. <i>Calificación promedio obtenida por práctica Lean</i> .....	104
Tabla 17. <i>Calificación promedio por práctica lean para EPL del cuadrante I</i> .....	117
Tabla 18. <i>Factores sobresalientes de las prácticas Lean Cuadrante I</i> .....	118
Tabla 19. <i>Calificación promedio por práctica lean para EPL del cuadrante II</i> .....	120
Tabla 20. <i>Factores críticos de las prácticas Lean Cuadrante II</i> .....	121
Tabla 21. <i>Calificación promedio por práctica lean para EPL del cuadrante III</i> .....	123
Tabla 22. <i>Factores críticos de las prácticas Lean Cuadrante III</i> .....	124
Tabla 23. <i>Comparativo calificación promedio por Práctica lean Cuadrante I, II y III</i> .....	129
Tabla 24. <i>Acciones de mejora para las EPL ubicadas en el cuadrante III – Contrapeso</i> .....	131

Tabla 25. <i>Acciones de mejora para las EPL ubicadas en el cuadrante II – Vulnerables</i> .....	134
Tabla 26. <i>Acciones de mejora para las EPL ubicadas en el cuadrante I – Desafiante</i> .....	136
Tabla 27. <i>Resultados modelo BCC-I primera corrida</i> .....	138
Tabla 28. <i>Resultados modelo BCC-O primera corrida</i> .....	138
Tabla 29. <i>Resultados modelo NCN-I-V primera corrida</i> .....	139
Tabla 30. <i>Proyección obtenida modelo NCN-I-V primera corrida</i> .....	140
Tabla 31. <i>Resultados modelo NCN-O-V primera corrida</i> .....	141
Tabla 32. <i>Proyección obtenida modelo NCN-O-V primera corrida</i> .....	142
Tabla 33. <i>Resultados modelo BCC-I segunda corrida</i> .....	143
Tabla 34. <i>Resultados modelo BCC-O segunda corrida</i> .....	144
Tabla 35. <i>Resultados modelo NCN-I-V segunda corrida</i> .....	145
Tabla 36. <i>Proyección obtenida modelo NCN-I-V segunda corrida</i> .....	145
Tabla 37. <i>Resultados modelo NCN-O-V segunda corrida</i> .....	147
Tabla 38. <i>Proyección obtenida modelo NCN-O-V segunda corrida</i> .....	147
Tabla 39. <i>Resultados modelo AR-O-V</i> .....	149
Tabla 40. <i>Recomendación general EPL estudiadas</i> .....	151
Tabla 41. <i>Raking Lean Vs. Ranking DEA</i> .....	152
Tabla 42. <i>Cálculo del índice de correlación de Spearman</i> .....	153

## **Lista de anexos**

Anexo A. Instrumento de aplicación y respuestas .....	167
---	-----

## 1. Introducción

El sector lácteo colombiano es sumamente importante dado que aporta según cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural el 0.83% del PIB del total de la economía. En el departamento de Antioquia y en especial en la subregión del Oriente antioqueño esta realidad no es ajena representando esta subregión el 21,60% del número total de predios ganaderos del departamento de Antioquia y el 15,17% del total de bovinos.

En el presente trabajo se pretende evaluar el estado de aplicación de prácticas Lean en empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, así como su eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA), para esto se inició con la construcción del estado del arte y el marco teórico, buscando conocer referentes teóricos a nivel internacional, nacional o local que hayan evaluado la implementación de prácticas o de herramientas Lean en empresas procesadoras lácteas o evaluaran el nivel de eficiencia mediante la técnica de Análisis Envolvente de datos (DEA) y las teorías que soportan el desarrollo de esta investigación. Posterior a esto, se hizo un levantamiento de la población de empresas procesadoras de leche en la subregión del Oriente Antioqueño, se diseñó un instrumento de aplicación que permitiera conocer el estado de implementación de prácticas Lean en dichas empresas así como recolectar la información necesaria para evaluar el nivel de eficiencia de las mismas mediante el Análisis Envolvente de Datos. Una vez recolectada la información a través del instrumento, se determinó para cada empresa y para la muestra estudiada el estado de implementación de prácticas Lean, categorizándolas e identificando las principales debilidades para las cuales se generó un plan de mejoramiento. Sumado al análisis anterior, se evaluó la eficiencia técnica de las empresas que participaron en el estudio, generando igualmente acciones de mejora derivada de las principales ineficiencias detectadas. Por último se realizó un estudio de correlación entre los resultados obtenidos con la categorización de las prácticas Lean y el Análisis Envolvente de Datos, generando las conclusiones de este estudio y expresando los posibles trabajos futuros que se puedan desarrollar.

## 2. Justificación y descripción del problema

Según cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para el año 2013 el sector lácteo en Colombia generó el 0,83% del PIB del total de la economía del país, así como más de 700.000 empleos directos, de los cuales las empresas procesadoras de leche aportan más de 15.000 empleos, representando esta cifra el 20% del total de empleos en el sector agropecuario, ubicándose en el segundo puesto por debajo del café, lo cual refleja la importancia de este sector en la economía nacional y en la generación de empleo.

El sistema Lean, o Lean Manufacturing, está basado en su totalidad en el Sistema de Fabricación de Toyota (TPS). Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno y otros responsables de Toyota, en los años 30, implementaron una serie de innovaciones en sus líneas de modo que facilitaran tanto la continuidad en el flujo de material como la flexibilidad a la hora de fabricar distintos productos. Esto se hizo aún más necesario a finales de la Segunda Guerra Mundial, cuando surgió la necesidad de fabricar pequeños lotes de una gran variedad de productos. Surgió así el TPS ("Toyota Production System"). El TPS se fundamenta en la optimización de los procesos productivos mediante la identificación y eliminación de despilfarros (MUDA en japonés, o WASTE en inglés), y el análisis de la cadena de valor, para finalmente conseguir un flujo de material estable y constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que sea necesario. (Valencia, D, & Plazas, J., 2010).

Según Rivera, L. (2013), En el medio colombiano y latinoamericano se han escuchado desde hace algo más de veinte años palabras claves que se identifican con Lean Manufacturing, como Justo a Tiempo, Calidad Total, Mantenimiento Productivo Total (TPM), entre otras. En diferentes momentos se han publicado libros y conferencistas y consultores han divulgado estos temas, siguiendo la tendencia estadounidense de las modas gerenciales ("managerial fads"); estas modas han hecho más daño que provecho porque no se ha generado un cambio de mentalidad duradero, una constancia que permita ver resultados sostenibles en estas implementaciones.

Lo anterior se ve reflejado en el estudio realizado por Arrieta, J., Muñoz, J., Salcedo, A., Sossa, S. (2011), en el cual se realizó una revisión de literatura de la aplicación de técnicas Lean en la industria colombiana, en el cual se encontraron 53 tesis y trabajos de grado relacionados con la utilización de técnicas lean en la industria colombiana. En este estudio se puede evidenciar que todos los trabajos encontrados están centrados en la aplicación de herramientas Lean para la resolución de un problema puntual de las empresas en las cuales se desarrollaron; sin embargo, no se evidencia que estos trabajos se enfocaran en evaluar el estado de implementación de estas técnicas en un sector en particular.

En una revisión más reciente se encontraron dos tesis de maestría que realizan un estudio del estado de implementación de técnicas o prácticas Lean: Implementación de Lean Manufacturing en el sector hotelero de la ciudad de Medellín (Arango, J. 2015) y Evaluación del estado de la aplicación de prácticas de mejoramiento continuo en las micro y pequeñas empresas de Productos de Panadería de Medellín (Quesada, M. 2015).

Los Tratados de Libre Comercio que Colombia ha firmado en los últimos años con los Estados Unidos, la Unión Europea y otros países, ponen en evidencia la debilidad del sector lácteo, el cual presenta bajos índices de productividad y competitividad, a nivel internacional incluido el eslabón productivo o de transformación del sector (Pérez, A, Garcia, C, Herrera C. 2015).

A pesar de lo anterior, ninguna de las investigaciones anteriores se centra en la evaluación del estado de implementación de prácticas Lean en las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño ni en la medición de su eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA), lo cual abre la posibilidad para realizar dicha evaluación permitiendo establecer recomendaciones para el mejoramiento de la productividad y competitividad de las empresas vinculadas al sector estudiado.

### **3. Preguntas de investigación**

1. ¿Cuáles son las prácticas Lean implementadas en mayor grado en las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño?.
2. ¿Existe una correlación entre el grado de implementación de prácticas Lean y el nivel de eficiencia organizacional en la empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño?.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la implementación de prácticas Lean en empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, así como su eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA).

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar el estado de aplicación de prácticas asociadas a herramientas Lean que utilizan las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, mediante la aplicación de un instrumento diseñado para tal fin.
2. Caracterizar las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño en cuanto a la aplicación de técnicas asociadas a herramientas Lean objeto de esta investigación.
3. Determinar el nivel de productividad y eficiencia técnica de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño mediante el uso de un modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA).
4. Establecer la relación entre la caracterización de la aplicación de técnicas Lean y el nivel de eficiencia de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, mediante la comparación de los resultados obtenidos.
5. Establecer recomendaciones de mejora para la implementación de prácticas de manufactura esbelta y rendimiento de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño.

## **5. Marco Teórico**

El marco teórico del presente trabajo de grado, está dividido en 3 temas principales, los cuales son: Lean Manufacturing en el numeral 5.1, caracterización del sector lácteo en el numeral 5.2 y Análisis Envoltorio de Datos (DEA) en el numeral 5.3. Cada uno de estos temas se amplía en los numerales enunciados previamente, cubriendo todo el sustento teórico que el trabajo de grado requiere.

### **5.1 Lean Manufacturing**

En 1913 Ford construyó el complejo industrial de Highland Park, en el cual se producían vehículos con altísima eficiencia. Muchos de los aportes que se hicieron en esa planta cambiaron costumbres manufactureras de raíz, tales como las partes intercambiables, la estandarización del trabajo y la línea de ensamblaje. Sin embargo, esta línea produjo el mismo vehículo (sin grandes modificaciones ni opciones) durante 19 años, lo que evitaba cambios en la línea (alistamientos) y permitía aplicar los principios clásicos de la fina división del trabajo y la especialización de los operadores. El mercado mundial cambiaría después de la segunda guerra mundial, con clientes demandando mayores opciones y mayor variedad de productos en cantidades más pequeñas.

Al otro lado del Océano Pacífico estaba Japón, en el lado perdedor de la guerra. La infraestructura industrial estaba en ruinas. Había estrictas restricciones de crédito, espacio y acceso a materias primas. En el plan de reconstrucción industrial una empresa de la familia Toyota (Toyota Automatic Loom Works, fabricante de equipos para producción de telas) propuso crear una filial para producir automotores (Toyota Motor Company). Al acercarse al Ministerio de Industria y a los principales bancos recibieron la noticia que serían apoyados pero con ciertas condiciones, siendo la más importante que la empresa debería producir una amplia gama de vehículos (desde vehículos compactos de pasajeros para uso particular hasta camiones medianos para uso comercial) en las pequeñas cantidades que el mercado Japonés necesitaría, además, no tendrían acceso a recursos para comprar materias

primas, como acero y carbón, ni espacios para almacenarlas. Entonces, la infraestructura gigantesca y dedicada, ultra eficiente de Ford no tenía aplicación para ellos, que tendrían que ser capaces de producir en lotes más pequeños y con mayor variedad de productos. Es así, como en Toyota cambiaron el énfasis de la optimización del trabajo en cada máquina o estación de trabajo para lograr un mejor y más continuo flujo del producto a través de todo el proceso. La implementación de algunas ideas de sentido común como: la asignación de recursos dimensionados correctamente al volumen de producción (“right-sizing”), mejorar las capacidades de auto-monitoreo de los equipos para asegurar la calidad (Jidoka), cambiar la distribución física de los equipos para utilizar celdas enfocadas en familias de partes o productos (Sistemas Flexibles), reducir el tiempo de producción perdido en el cambio de una referencia a otra (SMED) y el uso de kanbans para coordinar el flujo de producción tipo Pull entre estaciones de trabajo sucesiva, y entre la compañía y sus proveedores, entre otras.

Con el paso del tiempo Taiichi Ohno (reconocido como el padre del TPS) y algunos otros ingenieros de Toyota (muy importante entre ellos Shigeo Shingo) sistematizaron sus aprendizajes y encontraron que los principios rectores de Lean Manufacturing son el mejoramiento continuo y la constante búsqueda de formas para reducir todas las clases de desperdicio (Rivera, L. 2013).

Tal como la producción en masa fue el sistema de producción del siglo XX, Lean Manufacturing, el cual se enfoca en la reducción de desperdicios en el sistema de producción, ha sido anunciado como el sistema de producción del siglo XXI. A pesar que el fabricante de automóviles japonés Toyota fuera el pionero del concepto, el término Lean Manufacturing, o simplemente “Lean”, fue acuñado en el año 1990 por 3 investigadores del Instituto tecnológico de Massachusetts (MIT) (Srivastava, H & Sharma, R. 2010).

En su artículo: “Lean Manufacturing: literature review and research issues”, Bhamu, J & Singh, S. (2010), y luego de la obra fundamental la máquina que cambio el mundo (Womack et al., 1990), se ha presentado una evolución del concepto de Lean Manufacturing, algunos de los cuales se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** *Definiciones de Lean Manufacturing*

<b>Autor</b>	<b>Definición de Lean Manufacturing</b>
Womack et al. (1990)	Lean es un proceso dinámico de cambio impulsado por un conjunto sistemático de principios y mejores prácticas dirigidas a la mejora continua. Lean Manufacturing combina las mejores características de la masa y producción artesanal.
Womack and Jones (1994)	Producción ajustada se puede definir como una alternativa integrada al modelo de producción, ya que combina herramientas distintivas, métodos y estrategias en el desarrollo de productos, administración de suministros y gestión de operaciones en un conjunto coherente.
Liker's (1996)	Una filosofía que cuando se implementa reduce el tiempo desde el pedido del cliente hasta la entrega mediante la eliminación de las fuentes de desperdicio en el flujo de producción.
Cox and Blackstone (1998)	La producción ajustada es una filosofía de producción que hace hincapié en la minimización de la cantidad de todos los recursos (incluyendo tiempo) utilizado en las diferentes actividades de la empresa. Implica identificar y eliminar los que no añaden valor a las actividades en el diseño, producción, gestión de la cadena de suministro, y trato con los clientes.
Naylor et al. (1999)	Esbelta significa el desarrollo de una cadena de valor para eliminar todos los desperdicios, incluyendo el tiempo, y para garantizar una programación nivelada.
Alukal (2003)	Lean es una filosofía de fabricación que reduce el tiempo de espera entre un pedido del cliente y el envío de los productos o partes a través de la eliminación de todas las formas de residuos. Lean ayuda a las empresas a reducir costos, tiempos de ciclo e innecesarios, actividades que no

---

	añaden valor, lo que resulta en una empresa más competitiva, ágil, y que responda al mercado.
Worley (2004)	La manufactura esbelta se define como la eliminación sistemática de los residuos por todos los miembros de la organización de todas las áreas de la cadena de valor.
Taj and Berro (2006)	Lean significa "fabricación sin desperdicios". El enfoque Lean se centra en la reducción sistemática de residuos (Muda) en la cadena de valor.
Taj and Morosan (2011)	Un enfoque multidimensional que consiste en la producción con cantidad mínima de residuos (JIT), flujo continuo e ininterrumpido (Diseño Celular), equipo en buen estado (TPM), sistema de calidad bien establecido (TQM), fuerza de trabajo bien entrenada y empoderada (HRM) que tiene un impacto positivo en las operaciones / rendimiento competitivo (calidad, costo, velocidad, respuesta y flexibilidad).
Alves et al. 2012	La producción esbelta se evidencia como un modelo en el que las personas asumen un papel de pensadores y su participación promueve la mejora continua y ofrece a las empresas la agilidad para hacer frente a las demandas del mercado y los cambios en el entorno de hoy y mañana.

---

Fuente: lean manufacturing: literature review and research issues”, Bhamu, J & Singh, S. (2010)

Como se observa en la tabla 1, el concepto de manufactura esbelta ha evolucionado desde una concepción enfocada solamente a mejoras en los procesos productivos, a un concepto que involucra a todos los miembros de la empresa en las distintas áreas de esta, así como a los diferentes actores de la cadena de suministro desde los proveedores hasta los clientes. Por otra parte, se puede encontrar como similitud en casi todos los conceptos, que la manufactura esbelta se enfoca en la reducción de los desperdicios o Mudas como se conoce en Japón (ver tabla 2); sin embargo, la manufactura esbelta concibe otros dos tipos

de desperdicios conocidos como: Muras (irregularidades, tiempos muertos) y Muris (sobrecargas, exceso, cuellos de botella).

**Tabla 2.** *Tipos de desperdicios o Mudras*

<b>Desperdicio</b>	<b>Definición</b>
Sobreproducción	La producción de artículos antes o en mayores cantidades de las que necesita el cliente. Producir más temprano o más de lo necesario genera otros desperdicios, como el exceso de personal, el almacenamiento y los costos de transporte debido al exceso de inventario. El inventario puede ser físico del inventario o una cola de la información.
Tiempos de espera	Los trabajadores simplemente sirven como vigilantes para una máquina automatizada, o tienen que esperar la próxima etapa de procesamiento, herramientas, suministro, pieza, etc., o simplemente están sin trabajo a causa de falta de inventario, retrasos en el procesamiento, tiempo muerto del equipo, y cuellos de botella.
Transporte	Mover producto en proceso (WIP) de un lugar a otro en un proceso, incluso si es sólo una corta distancia. O tener que mover materiales, partes o productos terminados dentro o fuera de almacenamiento o entre procesos.
Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto	La adopción de medidas que no sean necesarios para procesar las partes. Ineficiente procesamiento debido a una mala herramienta o al diseño del producto, provocando movimientos innecesarios y producción defectuosa. El desperdicio se genera cuando se suministra productos de mayor calidad que la necesaria. A veces el "trabajo" adicional se hace para cubrir el exceso de tiempo en lugar de gastarlo en espera.

---

Exceso de inventario	El exceso de materia prima, producto en proceso (WIP), o producto terminado causan mayores tiempos de espera, obsolescencia, daño en los bienes, costos de transporte y almacenamiento y demoras. También, el inventario extra esconde problemas como desequilibrios de producción, retrasos en las entregas de los proveedores, defectos, tiempo muerto del equipo, y tiempos de preparación largos.
Movimientos innecesarios	Cualquier movimiento que tiene que realizar el empleado durante su trabajo que no agrega valor a las partes, como coger, buscar, apilar piezas, herramientas, etc. Además, caminar es desperdicio.
Defectos	Producción de piezas defectuosas o correcciones. Retrabajos, residuos, sustitución de la producción, y la inspección significa un desperdicio de manejo, tiempo y esfuerzo.
No utilización de la creatividad de los empleados	La pérdida de tiempo, ideas, habilidades, mejoras y oportunidades de aprendizaje por no participar o escuchar a sus empleados.

---

Fuente: The Toyota Way Fieldbook. Liker, J & Meier, D. (2006)

El pensamiento Lean es el antídoto que se propone para atacar los desperdicios relacionados anteriormente mediante el uso de los 5 principios de Lean:

- **Especificar valor.** El Valor puede ser definido solamente por el cliente final. El valor está distorsionado en las organizaciones preexistentes, especialmente por los ingenieros y expertos. Añaden complejidad que no es de interés para el cliente.
- **Identificar la cadena de valor.** El flujo de valor son todas las acciones necesarias para llevar un producto al cliente.

- **Flujo.** Crear el flujo de los pasos de creación de valor. Elimine los departamentos que ejecutan un proceso de una sola tarea en grandes lotes.
- **Halar.** Deje que el cliente hale el producto de usted. Vender uno, hacer uno.
- **Perseguir la perfección.** No hay fin para el proceso de reducir el tiempo, el espacio, el costo y los errores. (Womack, J & Jones, D. 1996).

### 5.1.1 Herramientas Lean

A continuación se presentan las principales herramientas asociadas a la manufactura esbelta:

**Cinco eses (5s):** las 5s, es un método definido como «orden y limpieza», es decir, dirigido a poner en orden el puesto de trabajo (sección, cadenas, oficinas), son el punto de partida operativo para cualquier empresa que quiera implementar con éxito el Sistema de Producción de Toyota (TPS). El nombre «5s», deriva de las iniciales de cinco palabras japonesas, Seiri (separar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar/comunicar) y Shitsuke (disciplina), que indican las cinco fases de implementación de un programa 5s. (Galgano, A. 2006).

**SMED:** por su sigla significa Single Minute Exchange Die, y es una técnica que pretende eliminar el concepto de lote de fabricación reduciendo al máximo el tiempo de preparación de máquinas y materiales. El SMED habla de reducir el tiempo de cambio a un solo minuto, este tiempo de cambio comprende el tiempo empleado desde el momento en que se fabricó la última pieza buena de la serie anterior, hasta el momento en el que se fabrica la primera pieza buena de la serie entrante. Es decir, se incluyen también en el todas las operaciones necesarias para el transporte y puesta a punto de los materiales y las de ajuste de la máquina. (Alonso, G. Á. 2009).

**Poka Yoke:** Poka Yoke significa libre de defectos y es una herramienta para alcanzar un estado de cero defectos y eventualmente eliminar las inspecciones de calidad. También está definido como métodos a prueba de fallas, a prueba de errores. (Hiroyuki, H. 1991).

**VSM:** el mapa de flujo de valor o Value Stream Map (VSM), fue una técnica desarrollada por Toyota, en la cual, se representa de forma muy visual la situación actual y la ideal a alcanzar para un sistema productivo a convertir en una implantación Lean, incluyendo los grandes flujos: el de las operaciones de la secuencia del proceso, el de los materiales y productos y el de información (el otro gran flujo, el de personal, no interviene en el VSM). (Cuatrecasas, L. 2009).

**TPM:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) adopta cómo filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El Mantenimiento Productivo Total ha recogido también los conceptos relacionados con el Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT) y el Mantenimiento Basado en las Condiciones (MBC). El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento. Por otra parte, el MBC trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo. (Lefcovich, M. 2009).

**Heijunka:** palabra japonesa que significa: “trabaje llano y nivelado”, es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente, mediante la producción de lotes pequeños de muchos modelos, libres de cualquier defecto, en periodos cortos de tiempo con cambios rápidos, conectando toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes. (Rajadell, M & Sánchez, J. 2010).

**Kanban:** sistema de reabastecimiento visual que conecta los procesos de suministro y consumo que existe a través de toda la cadena de valor. Kanban en japonés significa tarjeta, la cual contiene información sobre: ¿qué es lo que se va a producir?, ¿qué procesos se van a utilizar? y ¿de qué manera se va a transportar?. (Alcaraz, J, Olmos, G & Escamilla, M. 2012).

**Kaizen:** el Kaizen se originó en Japón y es el producto de la suma de una variada serie de instrumentos, metodologías y herramientas desarrolladas a través del tiempo en numerosas empresas, dentro de un marco filosófico común, en el cual, se acentúa la necesidad de la mejora continua basada en el trabajo en equipo y la utilización de las habilidades y conocimientos del personal involucrado. (Garza, E. 2006).

**Fabrica Visual:** es una herramienta de mejoramiento continuo que busca de una manera sencilla que cualquier persona en la organización e inclusive ajena a esta pueda determinar con una sola mirada, sin preguntarle a nadie, sin tener que consultar en un computador que es lo que ocurre en la empresa o en el sitio de trabajo, como cumple sus metas, que rendimientos se están logrando. (Greif, M. 1993).

**Justo a tiempo (JIT):** filosofía para operar una compañía que incluye el establecimiento de relaciones de entendimiento y de trabajo con proveedores, previendo un cuidadoso monitoreo de la calidad y el flujo de trabajo, y asegurando que los productos sean fabricados únicamente conforme se van necesitando. (Nahmias, S. 2014).

**Control Estadístico de Proceso (CEP):** el control estadístico de proceso implica el uso de métodos estadísticos para valorar y analizar las variaciones de un proceso. Los métodos incluyen simplemente mantener registros de los datos de producción, histogramas, análisis de capacidad del proceso y gráficas de control. (Groover, M. 2007).

## 5.2 Sector lechero

### 5.2.1 Sector lechero a nivel mundial

A nivel mundial, Colombia ocupa una posición importante en cuanto a producción de leche, ocupando para el año 2009 la posición 21 a nivel mundial y la cuarta posición en Latinoamérica después de Brasil, México y Argentina (Figura 1).

Pais	1999	2009	Variación 1999 - 2009
Estados Unidos de América	73.804.000	85.859.410	16%
India	32.636.000	45.140.000	38%
China	7.514.185	36.115.665	381%
Federación de Rusia	32.000.592	32.325.809	1%
Brasil	19.661.220	28.501.088	45%
Alemania	28.334.212	28.430.464	0%
Francia	24.892.000	23.340.980	-6%
Nueva Zelandia	10.881.408	16.544.707	52%
Reino Unido	15.014.000	13.236.500	-12%
Polonia	12.284.365	12.447.173	1%
Italia	11.895.300	12.000.000	1%
Pakistán	7.890.000	11.985.000	52%
Turquía	8.966.000	11.583.313	29%
Países Bajos	11.174.000	11.468.570	3%
Ucrania	13.140.000	11.363.500	-14%
México	8.877.314	10.737.988	21%
Argentina	10.649.200	10.500.000	-1%
Australia	10.178.000	9.388.000	-8%
Canadá	8.164.000	8.213.300	1%
Japón	8.459.694	7.909.488	-7%
Colombia	5.733.840	7.545.142	32%
Irán (República Islámica del)	4.403.000	6.850.504	56%
Belarús	4.740.800	6.549.100	38%
España	6.300.000	6.293.342	0%

*Figura 1. Producción Mundial de Leche*

Cifra en miles de litros

Fuente: Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea Colombiana. Consejo Nacional Lácteo (2010).

### 5.2.2 Sector lechero a nivel colombiano

A nivel colombiano, el sector lácteo según cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, para el año 2013 generó el 0,83% del PIB del total de la economía del país, así como más de 700.000 empleos directos, de los cuales las empresas procesadoras de leche aportan más de 15.000 empleos, representando esta cifra el 20% del total de empleos en el sector agropecuario, ubicándose en el segundo puesto por debajo del café. Este sector está conformado principalmente por diferentes actores articulados desde el productor hasta el consumidor final, los cuales se muestran en la figura 2.

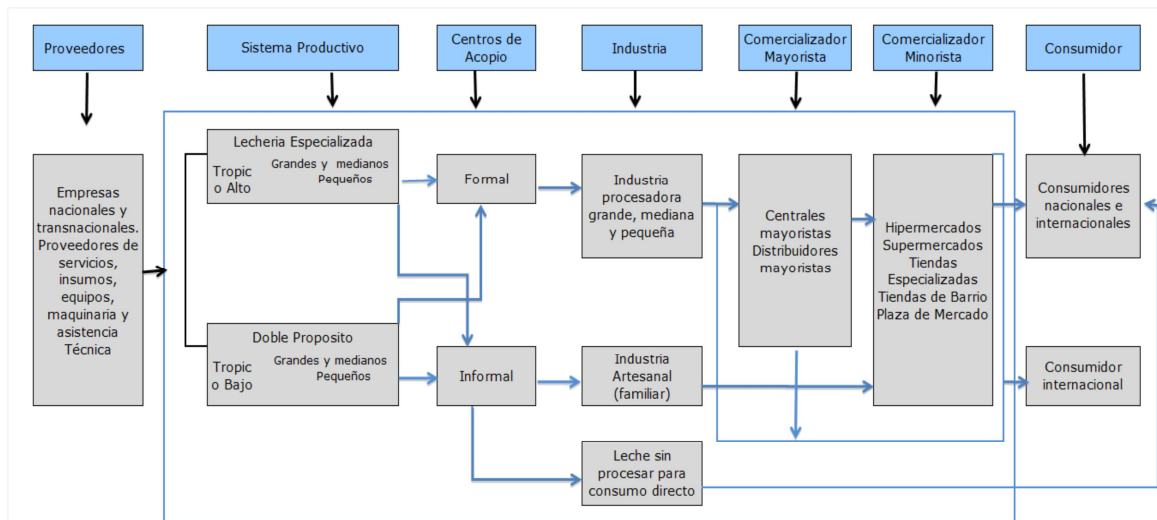
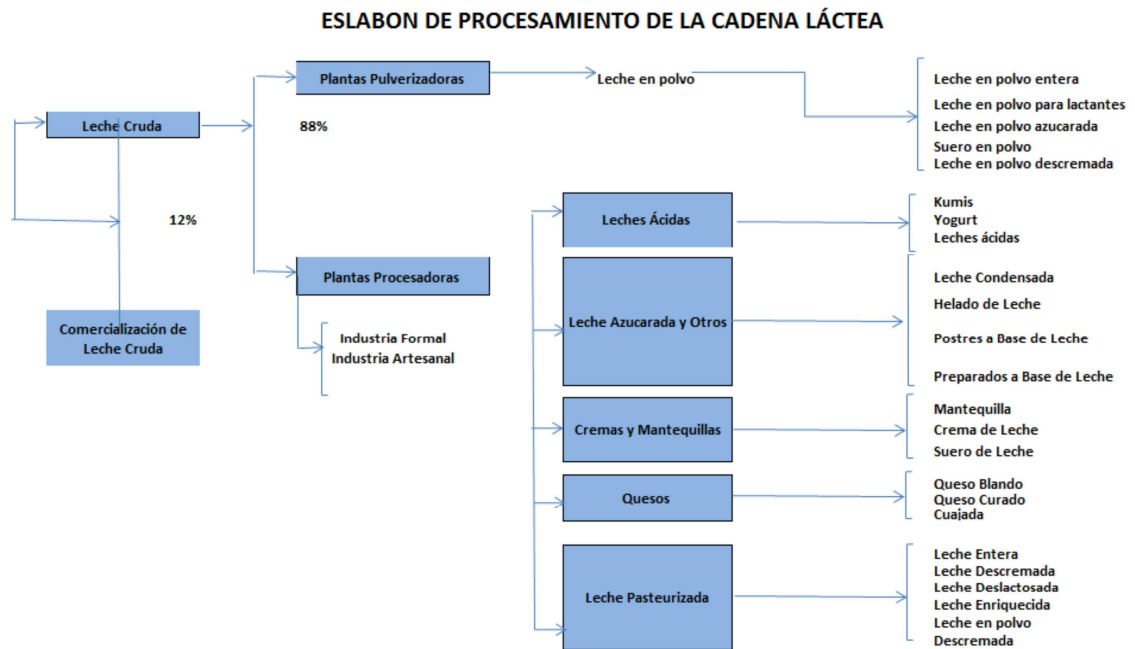


Figura 2. Eslabones de la Cadena Láctea Colombiana

Fuente: Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea Colombiana. Consejo Nacional Lácteo (2010).

Según el análisis de mercado de la leche y derivados lácteos en Colombia (2008-2012) elaborado por la Superintendencia de Industria y Comercio, el eslabón del sistema productivo tal como se ve en la figura 2 está conformado por un sistema de lechería especializada, el cual está desarrollado por ganaderos ubicados en el trópico alto, es decir, los departamentos o regiones más frías y con mayor altitud que se dedican de forma exclusiva a razas lecheras, este sistema es responsable del 40% de la producción nacional, mientras que el sistema de doble propósito está conformado por ganaderos ubicados en el trópico bajo conformado por los departamentos más calientes y de baja altitud como los de la Costa Norte Colombiana, cuya actividad principal es la producción de leche, pero con la venta de terneros como actividad subsidiaria, este sistema es responsable del 60% restante de la producción nacional.

El segundo eslabón es el industrial, el cual produce una amplia gama de productos lácteos, derivados de la leche o derivados lácteos, y están caracterizados por ser totalmente privado, con una importante participación de inversión extranjera y participación del sector solidario. (Figura 3).

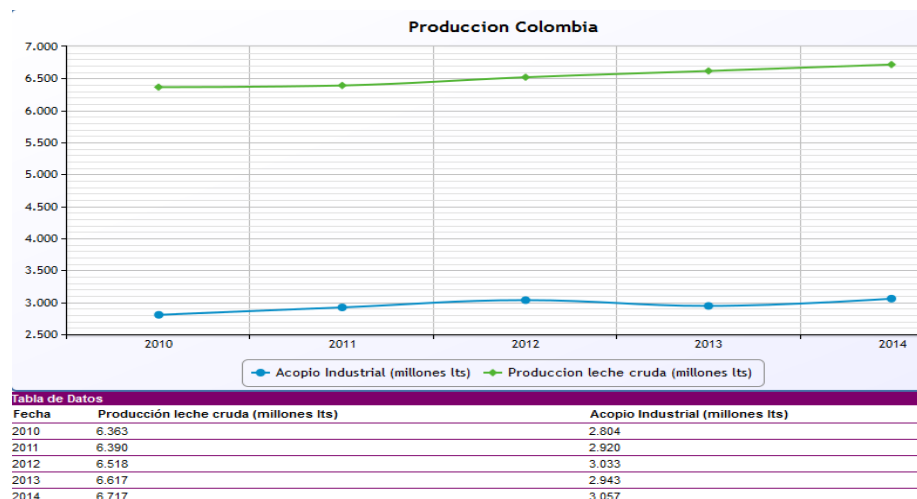


*Figura 3.* Eslabón procesamiento de la Cadena Láctea

Fuente: Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea Colombiana. Consejo Nacional Lácteo (2010).

Por último se tiene el eslabón de comercialización, que dado lo altamente perecedero del producto y los altos costos de transporte, esta se realiza a nivel interno para suplir la demanda de los procesadores del producto y consumo por parte de la población. Esta función es realizada por intermediarios, los cuales pueden ser mayoristas o minoristas.

Según la Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN), en Colombia para el año 2014 se contaba con cerca de 497.000 predios, más de 22.5 millones de cabezas de ganado y una producción de más de 6.700 millones de litros de leche, sin embargo, y a pesar de esta producción el sector industrial solo acopia o compra a los productores de leche un porcentaje equivalente al 45,5% para el año 2014, lo cual genera una gran posibilidad de crecimiento en este sector dado principalmente por la disponibilidad de materia prima. Lo anterior se ve reflejado en la figura 4.



*Figura 4. Producción de Leche Vs. Acopio Industrial*

Fuente: <http://64.64.23.54/DOC/drawStatWidgetFilter.jsp>. Consultado el 18/02/2016

### 5.2.3 Sector lechero a nivel de Antioquia

A nivel departamental según FEDEGAN, para el año 2014 el departamento de Antioquia ocupó el primer lugar en inventario bovino con más de 2.5 millones de cabezas de ganado (11.2% del total nacional) y el segundo lugar después del departamento de Cundinamarca en número de predios ganaderos con más de 57.000 predios (11.56% del total nacional) (Ver tabla 3), lo que evidencia la importancia de este sector en cuanto a la generación de empleo y como dinamizador de la economía departamental.

**Tabla 3. Inventario Bovino y Total predios Ganaderos por Departamento**

Departamento	Inventario Bovino	Total Predios ganaderos
Amazonas	1,952	183
Antioquia	2,543,153	57,476
Arauca	1,037,000	9,739
Archipiélago de San Andrés	1,428	448
Atlántico	227,438	5,732
Bolívar	923,303	12,526
Boyacá	745,216	52,979

Caldas	353,065	8,651
Caquetá	1,294,718	12,936
Casanare	1,935,800	14,535
Cauca	263,592	17,014
Cesar	1,368,308	12,373
Choco	130,132	1,891
Córdoba	1,947,543	26,750
Cundinamarca	1,102,821	58,850
Guainía	4,193	71
Guaviare	278,072	3,268
Huila	417,864	15,034
La Guajira	296,341	4,626
Magdalena	1,276,856	11,875
Meta	1,674,144	13,423
Nariño	379,422	42,181
Norte de Santander	449,459	18,996
Putumayo	188,066	7,408
Quindío	78,687	2,516
Risaralda	101,808	3,781
Santander	1,405,340	37,367
Sucre	896,747	14,159
Tolima	581,243	17,686
Valle del Cauca	461,859	10,940
Vaupés	1,043	67
Vichada	226,670	1,527
Nacional	22,593,283	497,008

Fuente: <http://64.64.23.54/DOC/drawStatWidgetFilter.jsp>. Consultado el 18/02/2016

#### 5.2.4 Sector lechero a nivel del Oriente Antioqueño

El Oriente Antioqueño es una de las 9 subregiones en las que se divide el departamento de Antioquia, es la segunda subregión más poblada del departamento después del Valle de Aburrá, y le sigue a esta en importancia económica (Gobernación de Antioquia, 2012).

El Oriente Antioqueño, está conformado por 23 municipios, los cuales se agrupan en 4 zonas por sus características socio-económicas, culturales y físico-naturales así (tabla 4):

**Tabla 4.** *División del Oriente Antioqueño en Zonas*

<b>Altiplano</b>	<b>Embalses</b>	<b>Páramo</b>	<b>Bosques</b>
Carmen de Viboral	Alejandría	Sonsón	Cocorná
El Retiro	Concepción	Nariño	San Francisco
Santuario	El Peñol	Argelia	San Luis
Guarne	Granada	Abejorral	
La Ceja	Guatapé		
La Unión	San Carlos		
Marinilla	San Rafael		
Rionegro			
San Vicente			

Fuente: Elaboración propia

Según el perfil subregional de la subregión del Oriente Antioqueño, elaborado por el Dirección de Planeación Departamental (2012), la subregión cuenta con una amplia gama de actividades económicas, entre las que se tienen: agropecuarias (cultivo de hortalizas, tubérculos y leguminosas, explotación avícola, porcícola y lechera, producción de flores, entre otras), agroindustriales, industriales, mineras, comerciales y turismo. Sin embargo, son las dos primeras las que ocupan una importancia relevante ya que permiten la subsistencia de gran parte de la población. A pesar de lo anterior, la vocación agrícola se está desplazando hacia la ganadería, en especial hacia la producción lechera. Este cambio de vocación se debe a condiciones adversas de otras actividades y a las favorables del sector pecuario. En las adversas se tiene las plagas que cada vez son más comunes y elevan los costos de la producción agrícola, el alto costo de los insumos, la incertidumbre de los precios y debilidades en el mercadeo de productos. En las condiciones favorables se tienen un fácil manejo del ganado, existe una venta de leche segura, se paga cumplidamente y se cuenta con pastos nativos de muy buena calidad. Este fenómeno se ve reflejado en el número total de predios ganaderos y el total de bovinos de la subregión (ver tabla 5), los cuales representan el 21,60% y el 15,17% del total del departamento de Antioquia.

**Tabla 5.** *Total predios y Bovinos por Municipios del Oriente Antioqueño*

<b>Municipio</b>	<b>Total Predios ganaderos</b>	<b>Total Bovinos</b>
ABEJORRAL	1,353	25,958
ALEJANDRIA	238	3,222
ARGELIA	379	4,835
CARMEN DE VIBORAL	910	12,344
COCORNÁ	415	6,180
CONCEPCIÓN	300	5,604
EL PEÑOL	809	45,838
EL RETIRO	167	2,844
GRANADA	721	5,904
GUARNE	170	7,124
GUATAPE	96	5,946
LA CEJA	54	5,656
LA UNION	344	32,462
MARINILLA	124	1,788
NARIÑO	1,393	102,947
RIONEGRO	938	12,702
SAN CARLOS	452	14,619
SAN FRANCISCO	200	3,058
SAN LUIS	213	11,814
SAN RAFAEL	269	7,332
SAN VICENTE	858	5,719
SANTUARIO	878	6,927
SONSON	1,137	55,169
<b>TOTAL</b>	<b>12,418</b>	<b>385,992</b>

Fuente: <http://64.64.23.54/DOC/drawStatWidgetFilter.jsp>. Consultado el 18/02/2016

Esta dinámica en la producción láctea, ha permitido que la subregión cuente a enero de 2016 según cifras de la Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño con 19 empresas dedicadas a la elaboración de productos lácteos, las cuales se encuentran ubicadas en los diferentes municipios de la subregión (ver tabla 6).

**Tabla 6.** *Empresas que elaboran productos lácteos por municipio*

<b>Municipio</b>	<b>Número de Empresas</b>
Rionegro	5
La Ceja	4
Carmen de Viboral	3
Guarne	3
La Unión	2
El Retiro	1
Guatapé	1
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Fuente: Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño (2016)

### 5.3 Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El Análisis Envolvente de Datos surge del trabajo de Farrell (1957), el cual estaba interesado en encontrar mejores métodos y modelos para medir la productividad. De este trabajo se encuentra la fórmula siguiente, como la definición dada por Farrell al concepto de productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción Creada}}{\text{Recurso Consumido}} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}}$$

Sin embargo, este tipo de cociente como medida de la eficiencia relativa no funciona cuando se tienen más de una entrada y salida. Esto se puede solucionar generalizando la fórmula anterior como sigue:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{suma de salidas}}{\text{suma de entradas}}$$

El problema de la fórmula anterior es la falta de homogeneidad dimensional en las entradas y las salidas y es aquí donde aparece el concepto de entrada y salida virtual, es decir, la agregación de las salidas y las entradas escaladas mediante un peso ponderador para que el resultado sea adimensional y por tanto independiente de la escala utilizada, así la fórmula anterior queda de la siguiente forma:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{suma ponderada de salidas}}{\text{suma ponderada de entradas}}$$

La productividad obtenida de la fórmula anterior de forma aislada no proporciona ninguna referencia de cómo se están utilizando los recursos, es aquí donde aparece el término de eficiencia relativa, en la cual cada DMU (Unidad Tomadora de Decisión) se compara con la mejor en términos de productividad y aquella que obtenga el valor de la unidad se considera eficiente y aquellas que obtengan un valor por debajo de la unidad serán catalogadas como no eficiente. En la figura 5 se expresa este concepto (Tineo, J. 2008):

$h_j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_m y_{mj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_n x_{nj}} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}$	<p><b>Donde:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>j</b> índice asociado a la DMUs</li> <li><b>r</b> índice asociado a las Salidas</li> <li><b>i</b> índice asociado a las Entradas</li> <li><b>s</b> número de Salidas</li> <li><b>m</b> número de Entradas</li> <li><b>h<sub>j</sub></b> eficiencia relativa de la DMU j</li> <li><b>u<sub>r</sub></b> peso asociado a la Salida r (r = 1, 2, ..., m)</li> <li><b>v<sub>i</sub></b> pesos asociado a la Entrada i (i = 1, 2, ..., n)</li> <li><b>y<sub>rj</sub></b> valor de la Salida r en la DMU j</li> <li><b>x<sub>ij</sub></b> valor de la Entrada r en la DMU j</li> </ul>
---	--

Figura 5. Fórmula de eficiencia relativa

Fuente: Tineo, J. 2008

De la figura 5, la forma de determinar los mejores conjuntos de pesos para las salidas y para las entradas de cada DMU constituye el núcleo analítico de la metodología DEA. De esta manera, asumiendo la hipótesis que a mayor producción mayor eficiencia, la eficiencia de la DMU j se obtendrá maximizando el cociente que mide la eficiencia de dicha DMU y restringiendo el proceso de optimización a que la eficiencia de todas y cada una de las DMU sea menor o igual que la unidad.

El Análisis Envolvente de Datos (DEA por su sigla en inglés), es una técnica no paramétrica, que permite evaluar la eficiencia de un grupo de Unidades Tomadoras de

Decisión (DMU por su sigla en inglés), las cuales convierten múltiples entradas en múltiples salidas. Una DMU es eficiente, si y solo si, no es posible incrementar las cantidades de producto manteniendo fijas las cantidades de insumos utilizadas, ni es posible disminuir las cantidades de insumos empleadas sin alterar las cantidades de producto obtenidas. (Cooper, W, Seiford, L, Zhu, J. 2004).

Esta técnica presenta múltiples ventajas y desventajas en su utilización (Blasco, O, Coll, V. 2006). Dentro de las ventajas se tiene:

- Caracteriza cada una de las Unidades mediante una única puntuación de eficiencia (relativa).
- Al proyectar cada Unidad ineficiente sobre la envolvente eficiente destaca áreas de mejora para cada una de las Unidades.
- La no consideración por DEA de la aproximación alternativa e indirecta de especificar modelos estadísticos y hacer inferencias basadas en el análisis de residuos y coeficientes de los parámetros.
- Posibilidad de ajustarse a variables exógenas e incorporar variables categóricas.
- Capacidad de manejar situaciones de múltiples inputs y outputs expresados en distintas unidades de medida.
- DEA por ser una técnica no paramétrica, no supone ninguna forma funcional entre los inputs y outputs, ni supone una distribución de la ineficiencia.
- DEA determina la frontera de mejor práctica e identifica las DMU ineficientes de tal forma que cada una de ellas es comparada con una DMU eficiente o combinación de DMU eficientes. En consecuencia, facilita la identificación de fuentes y cantidades de ineficiencia y permite establecer un plan (inputs y outputs objetivos) eficiente para la DMU ineficiente. DEA optimiza la medida de eficiencia de cada DMU en relación con las otras DMU.

Dentro de las debilidades del análisis envolvente de datos (DEA) se tiene:

- Por ser una aproximación determinística no tiene en cuenta influencias sobre el proceso productivo de carácter aleatorio e imposible de controlar, ni la incertidumbre (errores de medida o introducción incorrecta de datos, entre otras).

- Si se trabaja con un número reducido de DMUs, se presenta un alto grado de agregación respecto de las categorías de los inputs y outputs, además, la omisión de un input u output importante puede redundar en resultados sesgados.
- DEA proporciona medidas de eficiencia relativas, es decir, como se están haciendo las cosas de una DMU en comparación con su conjunto de referencia. DEA no proporciona una medida de eficiencia absoluta, es decir, no compara una DMU con un máximo teórico.

### 5.3.1 Caracterización de los modelos DEA

Los modelos DEA, se pueden caracterizar básicamente en función de lo siguiente:

- El tipo de medida de la eficiencia en radiales y no radiales.
- La orientación del modelo: orientado a los inputs (entradas), orientado a los outputs (salidas) y orientado a los input-output.

Los modelos orientados a las entradas son aquellos que dado el nivel de salidas, busca la máxima reducción proporcional en las entradas mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. En este modelo, una DMU no es eficiente si es posible disminuir cualquier entrada sin alterar sus salidas.

Los modelos orientados a las salidas son aquellos que dado el nivel de entradas, buscan el máximo incremento proporcional de las salidas permaneciendo dentro de las fronteras de posibilidades de producción. En este sentido una DMU no puede ser caracterizada eficiente si es posible incrementar cualquier salida sin incrementar ninguna entrada y sin disminuir ninguna otra salida. (Tineo, J. 2008).

Los modelos orientados a los input-output son aquellos en los que tanto inputs como outputs son controlables, que buscan simultáneamente la reducción input y expansión output equiproporcional y que dan lugar a medidas de eficiencia “hiperbólica”. En este caso se mide la distancia hacia la frontera a lo largo de la

hipérbola que pasa por el proceso productivo que representa a la unidad evaluada. (Blasco, O, Coll, V. 2006).

- La tipología de los rendimientos a escala: rendimiento a escala constante, creciente y decreciente.

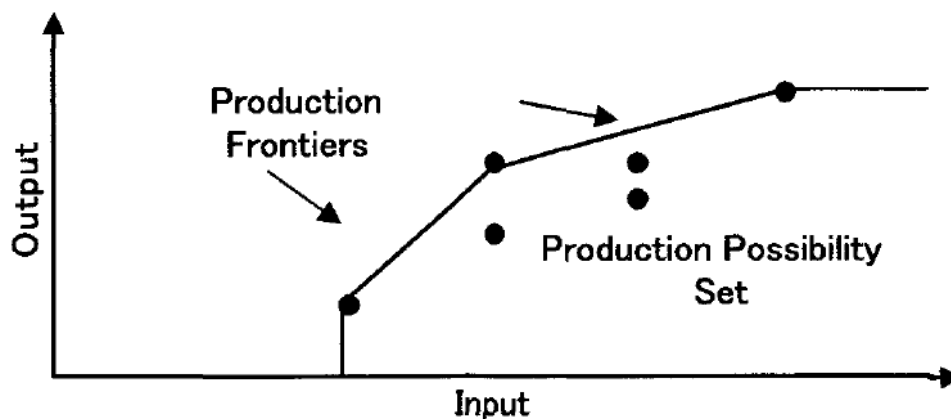
Rendimiento a Escala Constante: el Incremento Porcentual (IP) de los productos (salidas) es igual al IP de los insumos (entradas).

Rendimiento a Escala Creciente: el IP de los productos (salidas) es mayor que el IP de los insumos (entradas).

Rendimientos a Escalas Decrecientes: el IP de los productos obtenidos (salidas) es menor que el IP de los insumos empleados (entradas). (Blasco, O, Coll, V. 2006).

### **5.3.2 Modelo BCC**

El modelo BCC fue propuesto por los autores Banker, Charnes, Cooper, de los cuales obtiene su nombre. Es un modelo que tiene su frontera de producción abarcada por la envolvente convexa de las DMU existentes. La frontera tiene segmentos lineales y característica cóncava, la cual se muestra en la figura 6, que conlleva a retornos de escala variable caracterizado por: a) incrementos de retornos de escala que ocurren en el primer segmento lineal seguido por b) decrecimientos de retornos de escala en el segundo segmento y c) retorno de escala constante que ocurre en el punto donde la transición del primero al segundo segmento ocurre. (Cooper, W, Seiford, L, Tone, K. 2007).



*Figura 6.* Frontera de producción modelo BCC

Fuente: Cooper, W, Seiford, L, Tone, K (2007)

El modelo BCC, dependiendo su orientación se divide en 2: modelo BCC orientado a las entradas (BB-I) o modelo BCC orientado a las salidas (BCC-O). Estos modelos se exponen a continuación.

### ***5.3.2.1 Modelo BBC-I***

Un modelo BCC orientado a las entradas es aquel que dado el nivel de salidas, busca la máxima reducción proporcional en las entradas mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. En este modelo, una DMU no es eficiente si es posible disminuir cualquier entrada sin alterar sus salidas. El modelo matemático que se utiliza en BCC-I se muestra en la figura 7.

<i>Primal</i>	<i>Dual</i>
minimizar $h_z$	maximizar $h_z = \sum_{r=1}^s u_r y_{rz} + w_z$
s.a.:	s.a.:
$\sum_{f=1}^n y_{jf} \lambda_f - S^o = y_{rz}$	$\sum_{i=1}^m v_i x_{iz} = 1$
$h_z x_{iz} - \sum_{f=1}^n x_{if} \lambda_f - S^i = 0, \quad \forall f = 1, \dots, n$	$\sum_{r=1}^s u_r y_{rf} - \sum_{i=1}^m v_i x_{if} + w_z \leq 0, \quad \forall f = 1, \dots, n$
$\sum_{f=1}^n \lambda_f = 1$	$u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s$
$\lambda_f \geq 0, \quad S^o \geq 0, \quad S^i \geq 0$	$v_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$
	$w_z$ no restringida

Figura 7. Modelo matemático BCC-I

Fuente: Guzmán, I. 2005

### 5.3.2.2 Modelo BCC-O

Un modelo BCC orientado a las salidas es aquel que dado el nivel de entradas, buscan el máximo incremento proporcional de las salidas permaneciendo dentro de las fronteras de posibilidades de producción. En este sentido, una DMU no puede ser caracterizada eficiente si es posible incrementar cualquier salida sin incrementar ninguna entrada y sin disminuir ninguna otra salida. El modelo matemático que se utiliza en BCC-O se muestra en la figura 8.

<i>Primal</i>	<i>Dual</i>
maximizar $h_z$	minimizar $h_z = \sum_{r=1}^s v_r x_{rz} + w_z$
s.a.:	s.a.:
$\sum_{f=1}^n x_{if} \lambda_f + S^i = x_{iz}$	$\sum_{i=1}^m u_i y_{iz} = 1$
$h_z y_{rz} - \sum_{f=1}^n y_{rf} \lambda_f + S^o = 0, \quad \forall f = 1, \dots, n$	$-\sum_{r=1}^s u_r y_{rf} + \sum_{i=1}^m v_i x_{if} + w_z \geq 0, \quad \forall f = 1, \dots, n$
$\sum_{f=1}^n \lambda_f = 1$	$u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s$
$\lambda_f \geq 0, \quad S^o \geq 0, \quad S^i \geq 0$	$v_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$
	$w_z$ no restringida

Figura 8. Modelo matemático BCC-O

Fuente: Guzmán, I. 2005

Tanto para el modelo matemático BCC-I y BCC-O, en el primal  $\lambda$  es una variable no negativa que determina las ponderaciones del conjunto de empresas de referencia respecto de la empresa evaluada ( $DMU_z$ ) para un determinado plan productivo ( $x_{iz}$   $y_{rz}$ ). A partir de la función objetivo del primal se obtiene el valor máximo/mínimo del factor de intensidad  $h_z$  que propone un aumento/reducción radial de todos los outputs/inputs para dicha unidad económica. En cuanto a las variables  $S^o$  y  $S^i$  son variables de holgura del primal (slacks) que matemáticamente permiten eliminar las desigualdades originalmente plantadas en el modelo, y que desde el punto de vista productivo ponen de manifiesto la ocasional variación de inputs/outputs de una determinada DMU ineficiente que permita su proyección sobre la frontera eficiente, con independencia de la variación equiproporcional de factores/productos requerida por el factor de intensidad  $h_z$ . Para el caso de la orientación a las salidas, el valor del índice de eficiencia ( $\eta$ ) se corresponderá con el recíproco escalar ( $h_z$ ) obtenido al resolver el problema de programación lineal, dada la relación inversa del modelo ( $\eta = 1/h_z$ ).

En cuanto al modelo dual, las variables  $u_r$  y  $v_i$  corresponden respectivamente a los “pesos” de los outputs/inputs aplicados para conseguir maximizar/minimizar el índice de eficiencia, reflejando dichas ponderaciones la importancia relativa de las variables en el cálculo de las medidas de rendimiento, lo que implicaría que aquellos factores que obtengan ponderaciones bajas o nulas podrían eliminarse, contribuyendo de esta forma a la mejora de los modelos, aunque se polemiza sobre esta cuestión para el caso de supresión de variables que se consideran teóricamente fundamentales para el cálculo de la eficiencia de las DMUs. La variable  $w_o$  consecuencia de la restricción  $\sum \lambda z = 1$  del primal que limita las posibilidades de producción, es indicativa de los rendimientos de escala:  $w_o > 0$ , rendimientos decrecientes;  $w_o < 0$ , rendimientos crecientes;  $w_o = 0$ , rendimientos constantes.

De acuerdo a los valores obtenidos respecto al escalar  $h$  y los slacks, se considera que una DMU es eficiente si satisface las dos condiciones siguientes: el escalar  $h$  es igual a la unidad y todas las variables de holgura son cero (Guzmán, I. 2005).

### 5.3.2.3 Variables no controlables

Los modelos presentados anteriormente están concebidos bajo la premisa que se pueden controlar todas las variables, es decir, se puede aumentar o disminuir la cantidad de input/output. Sin embargo, existen factores que intervienen en el proceso productivo que no son controlables por el tomador de decisión, por lo tanto, no pueden ser variados a discreción de éste. Esto conduce a considerar la posibilidad de realizar una partición de los inputs y outputs, al distinguir entre las variables controlables (C) y no controlables (NC) de tal forma que: (Blasco, O, Coll, V. 2006).

$$X = X_c \cup X_{nc}, X_c \cap X_{nc} = \emptyset \quad (\text{inputs})$$

$$Y = Y_c \cup Y_{nc}, Y_c \cap Y_{nc} = \emptyset \quad (\text{outputs})$$

### 5.3.2.4 Método Assurance Region

En los pesos óptimos ( $v_i^*$ ,  $u_j^*$ ) de los modelos DEA con DMUs ineficientes, se pueden observar muchos ceros – lo que demuestra que la DMU tiene una debilidad en la variable correspondiente comparado con otra (eficiente) DMU. Grandes diferencias entre los pesos de una variable a otra pueden ser también una preocupación. Estas preocupaciones condujeron al desarrollo de la región de seguridad la cual impone restricciones a la magnitud relativa de los pesos de las variables especiales. Por ejemplo, se puede añadir una restricción al radio de los pesos para los inputs 1 y 2 como sigue:

$$L_{1,2} \leq v_2 / v_1 \leq U_{1,2}$$

Donde  $L_{1,2}$  y  $U_{1,2}$  son límites inferior y superior que el radio  $v_2 / v_1$  puede asumir. El nombre assurance región (AR) viene de esta restricción la cual limita la región de los pesos a un área especial. Generalmente, la medición de la eficiencia mediante DEA se agrava con la adición de estas restricciones y una DMU que previamente fue caracterizada como eficiente puede subsecuentemente ser encontrada como ineficiente después que esas restricciones son impuestas. (Cooper, W, Seiford, L, Tone, K. 2007).

## **6. Estado del Arte**

Derivado de la revisión de la literatura existente en relación a la aplicación de Lean Manufacturing y Análisis Envolverte de Datos (DEA) en empresas procesadoras de leche se presentan las tablas 7 y 8, en las cuales se relaciona una descripción en relación al año, país, título de la investigación, autor(es), herramienta o modelo utilizado y descripción del método y resultados obtenidos. Sin embargo, cabe resaltar que no se encontró ningún estudio que combine la utilización de Lean Manufacturing con el Análisis Envolverte de Datos, como herramientas para caracterizar el sector lechero, específicamente las empresas procesadoras de leche, salvo las dos investigaciones mencionadas en la justificación y descripción del problema de este trabajo, que están centradas en la empresas panificadoras de la ciudad de Medellín (Antioquia) y el sector hotelero en la misma ciudad.

**Tabla 7.** *Investigaciones Lean Manufacturing en Empresas Procesadoras de Leche*

<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Descripción</b>
Reino Unido	2008	Value stream mapping: A dairy industry prospective	Melvin, A., Baglee, D	VSM	El estudio referido se desarrolló en una planta de procesamiento de Yoghurt ubicada en el Reino Unido. El estudio pretendía la identificación en la cadena de suministro de posibles desperdicios, principalmente, aquellos relacionados con el consumo de energía, para lo cual se empleó la herramienta de VSM mediante visita a la planta y entrevistas para la captura de información necesaria para el estudio. El diagnóstico inicial arrojó los siguientes problemas: no mantenimiento de temperatura adecuada a lo largo de la cadena, errores técnicos con la maquinaria de llenado y empaque, así como la codificación de la fecha, inapropiada distribución en planta y movimientos repetitivos en el área de almacenamiento. Para esta problemática se proponen varias soluciones como son: instalación de cortinas y puertas automáticas en las áreas para evitar las fluctuaciones de temperatura, que lo operarios asistan en el mantenimiento menor de la maquinaria y utilizar software especializado para mejorar la distribución en planta de la empresa.
Colombia	2012	Propuesta de mejoramiento a través de metodología lean y un programa de planeación de materiales para el	Juliana Andrea Guarguati Ariza	Poka Yoke, 5'S y TPM	Se inició con el diagnóstico actual de la línea de producción de yogures, utilizando un análisis de tiempo y diagramas de procesos, flujo y VSM. Posterior a esto, se generaron las ideas de mejora, las cuales estaban relacionadas con 3 herramientas lean: Poka Yoke, 5'S y TPM. La propuesta a través de Poka Yoke y TPM era establecer un sistema

---

		proceso de yogurt de la empresa Lácteos Superior			automático de llenado de las garrafas de yogurt, el cual se realiza manualmente, además mediante capacitación en mantenimiento autónomo establecer un procedimiento para que el operario pueda hacer limpieza y mantenimiento a la máquina envasadora. Por último, la propuesta de 5'S, está enfocada a la operación de empaque de yogurt promocional, y está enfocada a diseñar un puesto de trabajo ergonómico que permita la realización de esta labor más fácilmente por el operario encargado. Estas propuestas generan beneficios superiores a los costos de implementación para la empresa, por lo que se sugiere que se implementen.
Perú	2014	Agregando valor en una planta procesadora de lácteos	Robert Sutil Ureta, Luis Urbina Cruz, José Villavicencio Cardenas	VSM	Este trabajo se realizó en una planta de producción de mantequilla. Se inició con un diagnóstico utilizando la herramienta de Mapa de Flujo de Valor (VSM por su sigla en inglés), donde el objetivo futuro era la reducción del plazo de entrega de producción. Posterior a esto, se identificaron los problemas más relevantes utilizando la técnica de tormenta de ideas y se evaluaron sus causas utilizando los cinco porqués, diagrama causa-efecto y matriz de ponderación. Se propone un plan de mejoramiento enfocado a establecer una programación adecuada de producción, implementar un programa de pedido a la planta abastecedora de crema de leche, optimizar los tiempos de valor agregado y disminuir las mermas. Derivado de este plan de mejoramiento los beneficios para la empresa se traducirían principalmente, en la reducción de los tiempos muertos por paradas de

---

---

Turquía	2015	Maintenance management and lean manufacturing practices in a firm which produces dairy products	Seher Arslankaya, Hatice Atay	TPM	<p>línea por falta de materia prima en el proceso diseñado para trabajar en forma continua, generando un potencial de ahorro anual del 13% del costo de la carga fabril por los conceptos de mano de obra improductiva y utilización de equipos, y del 1% con respecto al material de empaque. Además, la reducción de las mermas de mantequilla a lo largo del proceso de producción, aplicando mejoras en la distribución de planta, generará un potencial ahorro anual bruto del 4% por este concepto.</p> <p>Finalmente, la implementación de las mejoras, generará la recuperación del 18% de la venta anual debido al cumplimiento del programa maestro de producción (no roturas de stock).</p> <p>El artículo propone la implementación de una técnica de lean Manufacturing como es el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa Güneş Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti, ubicada en Turquía. La empresa comenzó operaciones en 1964, con una capacidad de 5 toneladas y solo un producto que era el yogurt, para 2015 ya procesaba entre 120 y 150 toneladas y su oferta de productos pasó a incluir queso blanco, quesos locales, mantequilla, crema, queso crema y mozzarella entre otros.</p> <p>El diagnóstico actual de la empresa en cuanto a mantenimiento era que no existía un plan de mantenimiento y este se limitaba a solucionar las averías presentadas, las cuales eran reportadas por los operarios al personal de mantenimiento; sin embargo, este sistema era telefónico y no quedaba registro de</p>
---------	------	---	-------------------------------	-----	---

---

---

					<p>las averías ni de los inventarios de repuestos, así como la no disponibilidad del personal de mantenimiento en muchos casos. El estudio propuso un sistema computarizado de mantenimiento soportado en un ERP comercial el cual permite el reporte de averías, el control de las ordenes de mantenimiento y el control de los inventarios de repuestos y piezas. Este sistema permite la reducción del tiempo de reparación y por ende aumenta el tiempo productivo de las máquinas y reduce costos asociados a paros.</p>
India	2014	Implementing Lean in a Small Scale Ice Cream Manufacturing Industry	B. Abideen Ahamed, Dr. R. Raju	VSM	<p>La investigación es aplicada en una empresa productora de helados premium en pequeña escala que está buscando expandir su sistema de producción, el cual necesita flexibilidad para hacer frente a las expectativas de los clientes y la competencia. En el estudio se utilizó como herramienta el Value Stream Map (VSM), para determinar las operaciones que no adicionaban valor. Para lo anterior, se analizó el inventario actual, proveedores, flujo de información y sistema de producción, encontrando un lead time de 15 días desde el proveedor hasta el cliente y un tiempo total de valor añadido de 188 minutos. Luego de este análisis, implementaron algunas acciones de mejora entre las que se tienen: muchos de los procesos productivos fueron agrupados en celdas de trabajo y el personal adicional fue redirigido a los procesos que requerían disminuir su tiempo de ciclo, el inventario en la línea de montaje fue reemplazado</p>

---

---

					por stock de seguridad que permite evitar retrasos en la entrega al cliente. Luego de implementar estas mejoras se construyó un VSM del estado futuro encontrando que el lead time se redujo a 7 días y el tiempo total de valor añadido pasó a 145 minutos.
Ecuador	2012	El proceso productivo y su incidencia en el desperdicio de materia prima en la Industria Láctea Parmalat del Ecuador S.A	Daniela Alexandra Mena Toapanta	5´S, Justo a tiempo, Kanban, Jidoka	La investigación se desarrolla en la Industria Láctea Parmalat de Ecuador S.A, cuya problemática se centra en su proceso productivo, con una maquinaria obsoleta y una subactividad del personal, ocasionando niveles mínimos de productividad dado el uso ineficiente de los recursos con los que se cuenta. La investigación desarrolla una propuesta de mejora presentada a la empresa para su aprobación que combina varias herramientas de manufactura esbelta como son: 5´S (se estableció un protocolo de implementación y verificación de condiciones de orden y aseo en todas las áreas de producción, Kanban (se diseñó un sistema de tarjetas para movimiento de materiales desde la bodega y en el proceso productivo), Jidoka (se establecieron estándares de comparación y verificación de calidad del producto), JIT (se analizaron los niveles de inventario y flujos del proceso).
Venezuela	2011	Las Pequeñas y Medianas Empresas Agroalimentarias en Venezuela y el Desarrollo	Edyamira R. Cardozo, Carlos Rodríguez y Wilfredo Guaita	5s	La investigación se realizó en 45 pequeñas y medianas empresas productoras de queso guayanés telita, ubicadas en dos municipios del estado Bolívar (Venezuela) y tenía por objeto identificar el estado de aplicación del concepto de 5s, asociadas en los siguientes grupos: i) protección del ambiente; manejo

---

---

		<p>Sustentable: Enfoque basado en los Principios de Manufactura Esbelta</p>			<p>de los residuos; ii) creación y mantenimiento de áreas de trabajo limpias y seguras; iii) capacitación y difusión de esta cultura; iv) procesos de autorregulación; y v) aplicación de buenas prácticas de producción alimentaria. Los resultados generados mediante la aplicación de un cuestionario a las empresas objeto del estudio son los siguientes: todas la empresas contienen rasgos de explotación familiar y no se observaron factores vinculados a los principios de producción esbelta, no se encontraron aspectos relacionados con mantenimiento y organización de puestos de trabajo, capacitación y difusión de esta cultura y procesos de autorregulación.</p>
Ecuador	2015	<p>Propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma para el proceso de envasado de la leche en funda. caso: Lácteos San Antonio C.A. sucursal Cuenca</p>	<p>Adrián Oswaldo Vásquez Vanegas</p>	Six Sigma	<p>El proyecto se desarrolla en la empresa Lácteos San Antonio C.A. sucursal Cuenca, específicamente se analizó la variabilidad del proceso de llenado de leche UHT, la cual trae consecuencias negativas a la empresa por sobrellenado de producto. Luego del análisis de dicho problema mediante herramientas como diagrama causa-efecto, 5 porqués se concluyó que las principales causas de la variabilidad estaban asociadas a la destreza de los operarios, la demora en la asistencia técnica por el proveedor de la máquina, así como el retraso en la entrega de los repuestos de la misma, que impide cumplir con el programa de mantenimiento. Derivado de esta problemática se estableció un plan de mejora enmarcado en capacitación a los operarios en la calibración de la máquina envasadora, así como los ajustes en el</p>

---

---

					volumen de llenado mientras se surte de material de empaque la máquina. Estas recomendaciones de mejora arrojan ahorros a la empresa cercanos a los 9 mil dólares al mes al evitar el excesivo sobre llenado en el producto final.
Chile	2014	Propuesta de Desarrollo de un Plan de Apoyo a la Gestión de Operaciones de una Planta Láctea, basado en la metodología DAMAWAY	Paulina Andrea Quezada Sepúlveda	VSM, 5s	El proyecto se desarrolló en la planta de Danone Chile S.A, especialmente en la zona de envasado de producto. El proyecto pretende la implementación de la metodología DAMAWAY, la cual es adoptada por la empresa Danone a nivel mundial, y en ella se utilizó la herramienta de VSM para realizar el diagnóstico inicial del área de trabajo, además de la herramienta de 5'S tanto a nivel productivo como administrativo con el fin de organizar las áreas de trabajo, entre otras actividades asociadas a dicha metodología como son: zonning y QCDDM (la cual consta de procesos que incorporan mejora continua y control de ésta en Q (Quality), C (Costs), D (Delivery) relacionado a la Eficiencia Operacional, M (Motivation).). El proyecto generó una propuesta de implementación de estas herramientas, la cual debería ser adoptada por la empresa.

---

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8.** *Investigaciones Análisis Envolvente de Datos en Empresas Procesadoras de Leche*

<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Modelo</b>	<b>Descripción</b>
India	2000	Efficiency and Productivity Analysis of Cooperative Dairy Plants in Haryana and Punjab States of India	Satbir Singh, Euan Fleming and Tim Coelli	BCC-I	El estudio se realizó en la provincia de Punjab y Haryana, India, utilizando 13 cooperativas de plantas lecheras. Se utilizó un modelo BCC orientado a las entradas, con las siguientes variables de entrada: materia prima, horas laborales, capital y otras entradas (costos de producción), y una variable de salida: cantidad de productos lácteos fabricados. Los resultados obtenidos muestran que solo se obtuvo una eficiencia promedio de 91.2%, lo cual expresa que existe un margen de mejoramiento para todas las empresas estudiadas, además se puede generar reducción de costos en un 37%. El estudio también propone que la privatización no es la solución al problema encontrado, sino que los gerentes de las empresas y los políticos deben enfocar sus esfuerzos en mejores políticas públicas para mejorar la demanda y la oferta de leche y productos lácteos.
China	2010	Empirical Study on Production Efficiency of Dairy Products Processing Industry in Heilongjiang Province Based on DEA Model	Li Cui Xia	CCR-I	El estudio se realizó en la provincia de Heilongjiang, China, en la industria de procesamiento lácteo entre los años 2003 y 2007, utilizando un modelo CCR orientado a las entradas. Las variables de entrada utilizadas fueron: leche cruda, personal y activos de la empresa, como variables de salida se tienen: producción de productos lácteos y valor de la empresa. Dentro de los resultados se encontró que solamente el año 2007 fue eficiente y el 2003 el menos eficiente, lo que demuestra que la eficiencia ha aumentado año tras año en las empresas de la

---

					provincia. Como conclusión de este trabajo se encontró que el nivel de productividad del sector es bajo, principalmente por la falta de innovación tecnológica, lo que no permite una adecuada transformación de las entradas en salidas, además este trabajo servirá como insumo para la toma de decisiones que permitan mejorar esta situación.
Argentina	2011	Análisis de la eficiencia de las empresas lecheras de Corrientes	José Alberto Gallardo, Gricela Alicia Rohde, Carmen Rescala	BCC-I	Se realizó un estudio en una empresa lechera representativa de la provincia de Corrientes, Argentina. Para esto se utilizó un modelo BCC orientado a inputs ya que eran las variables controlables, además se tenían rendimientos variables a escala. Para el modelo se utilizó con variable de entrada los vientres totales y de salida los litros de leche y vientres en ordeño. Se compararon distintos años (DMUs) bajo este modelo encontrando como resultado que los años 2004 y 2008 fueron más eficientes que los años 2005, 2006 y 2007.
Colombia	2011	Medición de la eficiencia técnica relativa de las fincas asociadas a Coounión en Guasca Cundinamarca	Wilson Oviedo G, Gloria Rodríguez L.	CCR-I	El estudio se realizó en el municipio de Guasca, Cundinamarca en 12 fincas asociadas en la cooperativa Coounión. Para el estudio se utilizó un modelo CCR a escala constante y orientado a las entradas, pudiendo maximizar las salidas reduciendo el valor de las entradas. En el estudio se utilizaron 6 variables, las cuales fueron combinadas en dos modelos: el primer modelo utilizó como variables de entrada nutrición, mantenimiento y ordeño y como variable de salida la producción de leche, y el segundo modelo combino como variables de entrada

---

---

India	2013	Efficiency and Total Factor Productivity Growth in Indian Dairy Sector	Ramphul Ohlan	CCR-I, BCC-I	<p>nutrición y mantenimiento y variables de salida carne y crías. Dentro de los resultados del estudio se tiene que en el modelo 1, 6 de las 12 fincas resultaron con eficiencia igual al 100% (DMU 2, 7, 8, 10, 11, 12), mientras que en modelo 2 solo son 2 (DMU 6 y 11), lo cual permite concluir que muchas de las fincas son eficientes en el manejo de sus recursos para producir leche pero no ocurre lo mismo para la producción de carne y crías. De igual forma, al hacer parte de una cooperativa se pueden extender las mejores prácticas de las fincas eficientes a aquellas que no lo son, con el fin que alcancen la frontera de eficiencia.</p>
					<p>La investigación busca conocer los niveles de eficiencia de la industria láctea de India en el período de 1980-2008. El estudio utilizó la comparación de los modelos CCR y BCC orientados ambos a las entradas. Bajo esta comparación, si existe una diferencia en la eficiencia técnica obtenida en los dos modelos para un mismo DMU, permite inferir que se tiene ineficiencia de escala. La información para el estudio fue obtenida de fuentes secundarias, y las variables utilizadas fueron: el capital fijo, capital de trabajo, mano de obra, materia prima y combustible. Los resultados obtenidos muestran que para el período estudiado, se tiene una eficiencia de escala promedio del 81%, es decir, que en términos generales el sector lácteo estudiado es ineficiente a escala. Por otra parte, la eficiencia técnica es del 72%, es decir, que existe una ineficiencia del 28%, lo que representa que se pudieran reducir los insumos</p>

---

---

					hasta en un 28% sin afectar el nivel de salidas de producto terminado.
Polonia	2013	Efficiency of the production scale of Polish dairy companies based on Data Envelopment Analysis	Joanna Baran	CCR-I, BCC-I	La investigación se realizó para evaluar la eficiencia técnica de las compañías de procesamiento de leche de Polonia en el período de 1999-2010. El estudio comparó los resultados obtenidos mediante la comparación de los modelos BBC y CCR orientados a las entradas. Las variables utilizadas fueron: de entrada (costos laborales, valor de activos fijos, costo de materia prima y consumo de energía) y de salida ventas totales. Los resultados obtenidos arrojaron que en el período de estudio el índice de eficiencia de escala muestra un aumento del 80 al 96%, lo anterior se puede explicar en el aumento de los procesos de fusión o adquisición que se desarrollaron en el país.

---

Fuente: Elaboración propia

Derivado de la revisión del estado del arte, se presentan dichos resultados gráficamente en las figuras 9 y 10, la cuales muestran el número de estudios encontrados por las diferentes herramientas Lean y los modelos de Análisis Envolventes de Datos en los diferentes países. Por ejemplo, en la figura 9 para el caso del Reino Unido se tiene una investigación que utiliza la herramienta VSM en su estudio, y así se interpretaría para los demás países; de igual forma en la figura 10, para el caso de India se encontraron dos estudios que utilizan el modelo BCC-I y uno que utiliza el modelo CCR-I, de igual forma se interpretaría para los demás países que se muestran en la figura.

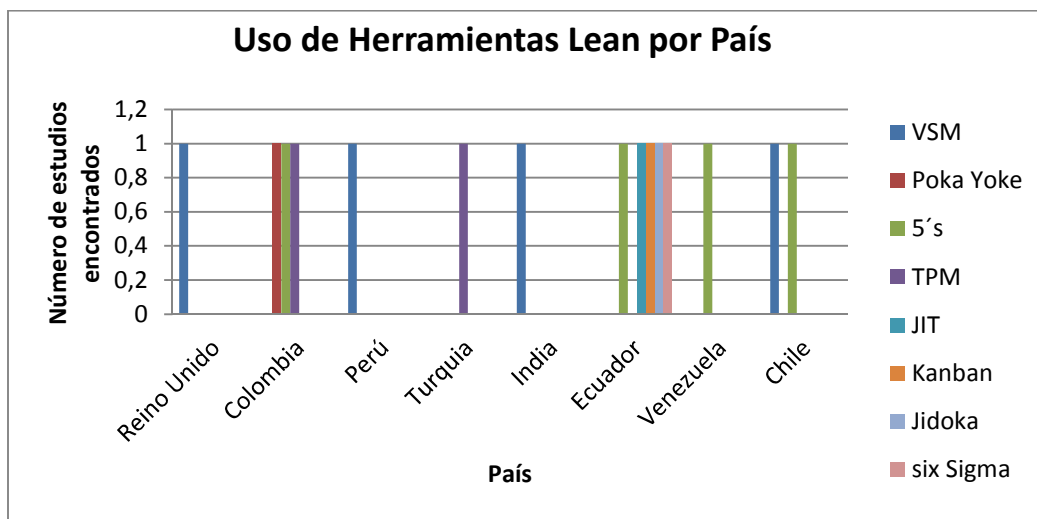


Figura 9. Uso de Herramientas Lean por País

Fuente: elaboración propia

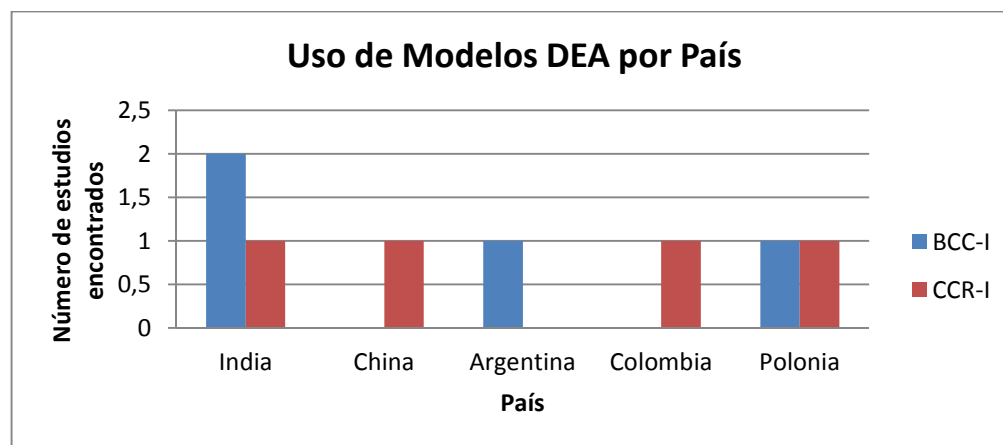


Figura 10. Uso de Modelos DEA por País

Fuente: elaboración propia

## **7. Metodología**

### **7.1 Tipo de investigación**

#### **7.1.1 Descriptiva y correlacional**

Investigación descriptiva porque busca analizar el sector lácteo del Oriente Antioqueño, en específico las empresas procesadoras de leche, con el fin de conocer el estado de aplicación de técnicas lean, su eficiencia y las características del sector, además correlacional porque se intenta conocer la relación que existe entre el estado de implementación de prácticas Lean y el nivel de eficiencia obtenida mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA).

### **7.2 Método de investigación**

#### **7.2.1 Inductivo**

El método es inductivo dado que se partió del análisis de la población de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño para concluir sobre dicha población en lo relacionado con el estado de implementación de técnicas lean y la eficiencia de dichas empresas.

Para alcanzar el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos y dar respuesta a las preguntas de investigación se utilizó la siguiente metodología:

1. Identificar el estado de aplicación de prácticas asociadas a herramientas lean que utilizan las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, mediante la aplicación de un instrumento diseñado para tal fin.

Para el desarrollo de este objetivo se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- **Primarias:** en estas fuentes se tiene la aplicación de un instrumento (cuestionario) con preguntas derivadas de las categorías de análisis asociadas a la implementación de herramientas lean en las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, así como preguntas transversales enfocadas a conocer el sistema administrativo que posee la empresa, con el fin de complementar los análisis derivados de la aplicación de las herramientas lean. Las categorías de análisis serán determinadas con la información establecida en el marco teórico

El cuestionario diseñado tiene 59 preguntas (Ver anexo A), en el cual se muestra inicialmente las preguntas asociadas a cada una de las herramientas Lean utilizadas y posteriormente se muestran las respuestas de cada una de las preguntas formuladas. El instrumento presentado está soportado en el trabajo realizado por Quesada, M. (2015), en el cual se aplicó un instrumento similar al propuesto en 86 mipymes del sector de panificación de la ciudad de Medellín, permitiendo validar el tipo de preguntas aplicadas en dicho estudio. Las categorías o variables asociadas a estas se muestran en la tabla 9:

**Tabla 9.** Variables o criterios lean

<b>Código</b>	<b>Variable o criterio</b>
<b>POKA YOKE</b>	Calidad sin defectos
<b>TPM</b>	Mantenimiento Productivo Total
<b>KAIZEN</b>	Mejoramiento continuo
<b>FVISUAL</b>	Fabrica visual
<b>SMED</b>	Tiempo de alistamiento
<b>VSM</b>	Mapa de la cadena de valor
<b>5S</b>	Organización puesto de trabajo
<b>CEP</b>	Control estadístico de procesos
<b>JIT</b>	Justo a tiempo
<b>HEIJUNKA</b>	Producción nivelada
<b>ADMN</b>	Administración

Fuente: elaboración propia

El cuestionario contiene preguntas cerradas con una escala de respuesta de 1, 3 o 5 en escala de Likert (Likert, R. 1932). Esta escala permite determinar el grado de implementación de la herramienta lean en la empresa con el fin de poder calcular el factor

de posicionamiento, el cual se explicará más adelante; la clasificación de esta escala es la siguiente:

5: Aplicación de la herramienta o variable, de 80-100% en todos los procesos o áreas de la empresa.

3: Aplicación de la herramienta o variable, de 50 -79% en algunos procesos o áreas de la empresa.

1: Aplicación de la herramienta o variable, de 0 - 49% en algunos o ningún, proceso o área de la empresa.

### 7.3 Población y tamaño de muestra

Para la identificación de la población de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, se adquirió la base de datos relacionada con el CIU 1040. Procesamiento de productos lácteos, en la Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño a enero de 2016, encontrando 19 empresas registradas en esta categoría, las cuales se pueden ver en la tabla 6. Estas 19 empresas configuran la población total de las Empresas Procesadoras de Leche en el Oriente Antioqueño, las cuales son el objeto de estudio de esta investigación.

Con el fin de calcular la muestra, se utilizó la fórmula que sigue para población finita, utilizando los siguientes parámetros (Spiegel, M., Stephens, L. 2001). :

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N: tamaño de la población, para esta investigación son 19 empresas

p: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio, en este caso se trabajará con un  $p = 0.5$ , asumiendo que un 50% de la población utilizan técnicas o herramientas lean.

q: proporción de individuos que no poseen en la población la característica de estudio, para este caso se trabajará con un  $q = 0.5$ , asumiendo que un 50% de la población no utilizan técnicas o herramientas lean.

Z: es una constante que depende del nivel de confianza, en esta investigación se trabajará con un nivel de confianza del 95%, al cual le corresponde un  $Z = 1.96$ .

e: error muestral deseado. Se trabajará con un error del 10%.

Derivado de los parámetros anteriores se calcula la muestra con la que se trabajaría. Los resultados del cálculo de la muestra se presentan en la tabla 10.

**Tabla 10.** *Cálculo de la muestra*

Población	19
p	0.5
q	0.5
Z (95%)	1.96
e	0.10
n	16

Fuente: elaboración propia

Inicialmente sin importar el tamaño de la muestra calculada, se envió por correo electrónico el instrumento de aplicación al total de la población de empresas, no obteniendo respuesta por estas. Posteriormente, se inició contacto telefónico con las empresas identificadas en la población objeto de estudio, encontrando que 5 empresas no existían a la fecha de contacto o no cumplían con las condiciones dado su objeto para participar en este estudio, lo cual generó que se recalculara la muestra del estudio bajo los mismos parámetros anteriores. Los resultados de la nueva muestra se presentan en la tabla 11.

**Tabla 11.** *Nuevo Cálculo de la muestra*

Población	14
p	0.5
q	0.5
Z (95%)	1.96

e	0.10
n	12

Fuente: elaboración propia

A la nueva población se les siguió contactando vía telefónica con el fin de agendar citas con los gerentes o jefes de producción para el diligenciamiento del instrumento, sin embargo, solo fue posible aplicar el instrumento a 10 empresas de las 14 que componen la nueva población, lo que genera que se tengan que recalcular los parámetros que se utilizaron previamente. Los nuevos parámetros utilizados se presentan en la tabla 12.

**Tabla 12.** *Nuevos parámetros cálculo de la muestra*

Población	14
p	0.5
q	0.5
Z (90%)	1.645
e	0.15
n	10

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos se organizaron y graficaron en el programa Microsoft Excel por cada una de las variables de análisis, y en caso que no sea posible se utilizaría otro software como es el caso de Statgraphics.

- **Secundarias:** material con información del sector en gremios, federaciones, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño, Superintendencia de Industria y Comercio, FAO, entre otras.
2. Caracterizar las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño en cuanto a la aplicación de técnicas asociadas a herramientas Lean objeto de esta investigación.

Para desarrollar este objetivo se consideraron dos criterios de evaluación:

1. Calificación o desarrollo de prácticas lean, estimado a partir de la sumatoria de las calificaciones dadas a cada una de las preguntas del instrumento, las cuales dan cuenta del nivel de conocimiento e implementación de prácticas lean en las empresas estudiadas.
2. Factor de posicionamiento (FP): determina el grado de implementación de prácticas lean en las empresas. El FP es calculado con la siguiente fórmula (Marín, R. 2000):

$$FP = \frac{(1 * \text{Nro de preguntas}=5) + (0,5 * \text{Nro de preguntas}=3) - (1 * \text{Nro de preguntas}=1)}{\text{Número de preguntas totales}}$$

El factor de posicionamiento está basado en los valores asignados a las respuestas de las preguntas del instrumento (1, 3 o 5), y su valor oscila entre -100 y +100. Un resultado positivo implica que las empresas tienen un alto grado de implementación efectiva de prácticas lean, en caso contrario, un valor negativo implicaría que las empresas tienen dificultades en la implementación de prácticas lean.

De acuerdo a los estudios realizados por Seibel, S (2004) y Arrieta, J., Botero, V., Romano, M (2011), el cruce de estos criterios en un plano cartesiano, permitirá clasificar a las empresas en uno de cuatro cuadrantes, los cuales se pueden observar en la figura 11:

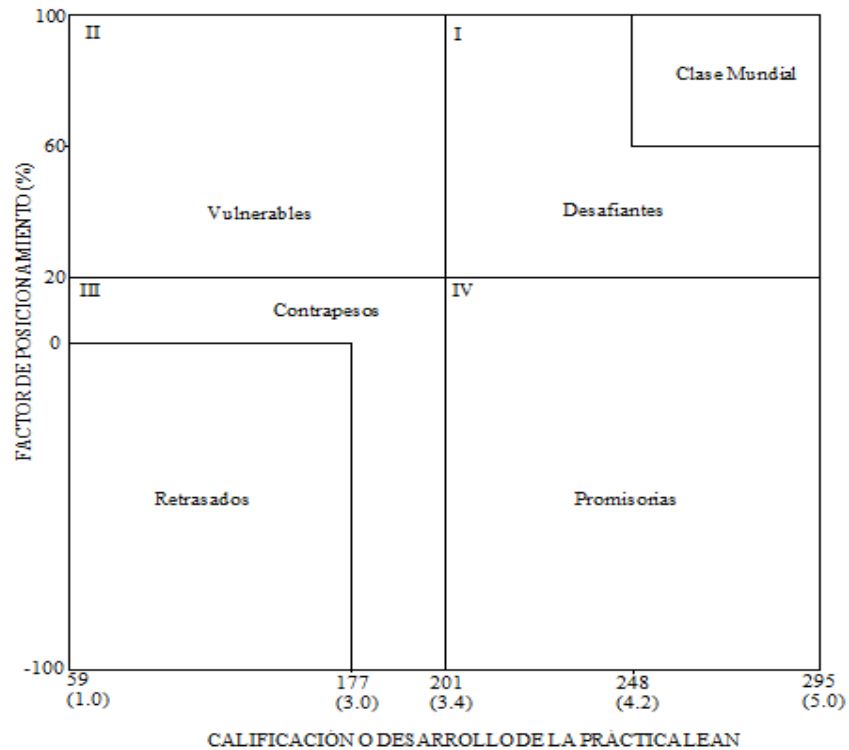


Figura 11. Cuadrantes o sectores por factor de posicionamiento y desarrollo de prácticas Lean

Estos cuatro cuadrantes se describen así:

**Cuadrante I- Desafiantes:** la empresa ubicada en este sector es aquella que obtiene en la implementación de prácticas Lean una nota superior a 3.4, y un factor de posicionamiento igual o superior al 60% (mínimo esperado).

Dentro de este cuadrante se tienen las empresas de clase mundial, las cuales tienen una calificación mayor o igual a 4.2 en la implementación de prácticas lean, y un factor de posicionamiento mayor o igual al 80%. Lo anterior significa que tienen una excelencia operacional y presentan condiciones muy favorables para competir en mercados internacionales.

**Cuadrante II - Vulnerables:** son aquellas empresas que tienen factor de posicionamiento entre 60 y 100% y una calificación en implementación de prácticas lean entre 1,0 y 3,4. En estos casos, el tema que preocupa es que no hayan implementado bien

las técnicas de mejoramiento de procesos que los procedimientos de la manufactura esbelta requiere.

**Cuadrante III - Contrapesos:** son aquellas que tienen un FP menor al 60% y una calificación en implementación de prácticas lean menor a 3.4. Este tipo de empresas ha iniciado la aplicación de técnicas de mejoramiento.

Dentro de este cuadrante se tienen las empresas denominadas retrasadas, con un FP menor al 50% y una calificación en implementación de prácticas lean menor a 3.0. Las empresas ubicadas en este sector deben realizar muchos trabajos para cambiar y mejorar sus procesos productivos y administrativos.

**Cuadrante IV - Promisorias:** tienen una calificación en implementación de prácticas lean superior a 3.4 y un FP menor al 60%. Estas cifras indican que la empresa está trabajando e implementando técnicas de mejoramiento. En este caso, los resultados de desempeño todavía no son los más satisfactorios, o aún no los han empezado a evaluar profundamente. Sin embargo, estas empresas tienen un futuro promisorio si continúan con sus programas de mejora.

3. Determinar el nivel de productividad y eficiencia técnica de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño mediante el uso de un modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Para el logro de este objetivo, lo primero es determinar las variables relevantes de entrada que tienen que ver con el consumo de recursos por parte de cada una de las DMUs seleccionadas (en este proyecto, las DMUs serán las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño) e igualmente determinar las variables relevantes de salida que impactan sobre los resultados que se obtiene de cada una de dichas DMU's.

Posterior a la selección de las dos clases de variables (entrada y salida), se estableció la unidad de medida de cada una.

A continuación se definió el número de variables a utilizar, siguiendo la regla propuesta por Cooper, Seiford and Tone (2006), la cual es:

$$n \geq \max ( I*O, 3(I+O))$$

Donde,

n: Número de DMUs

I: Inputs (Variables de entrada)

O: Outputs (Variables de salida)

Para esta investigación dado que se tiene 10 DMUs, el número máximo de variables según la regla anterior sería 3, sin embargo, utilizar 4 variables no afectaría la estabilidad del modelo y los resultados generados.

Con toda la información anterior, las variables fueron incluidas en el instrumento diseñado para evaluar el estado de aplicación de técnicas lean definido en el objetivo específico 1, con el fin que en un solo instrumento se logre capturar toda la información necesaria.

4. Establecer la relación entre la caracterización de la aplicación de técnicas lean y el nivel de eficiencia de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, mediante la comparación de los resultados obtenidos.

Para el desarrollo de este objetivo se utilizó un análisis de correlación. Este análisis de correlación intenta medir la fuerza de la relación entre dos variables (en la investigación fué la clasificación de las empresas procesadoras de leche por utilización de técnicas Lean y la clasificación por el Análisis Envolvente de Datos), por medio de un número que recibe el nombre de coeficiente de correlación o coeficiente de correlación de Pearson. Este coeficiente muestra la asociación lineal entre dos variables X y Y; este coeficiente se estima como sigue (Walpole, R. 1992):

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Dónde:

$S_{xy}$ : covarianza de (X,Y)

$S_x$  y  $S_y$ : desviaciones típicas de las distribuciones

El resultado que se obtiene con este índice se muestra en la tabla 13:

**Tabla 13. Interpretación Índice de Correlación de Pearson**

<b>Valor del Coeficiente de Correlación de Pearson</b>	<b>Grado de correlación entre las variables</b>
<b>r = 0</b>	Ninguna correlación
<b>r = 1</b>	Correlación positiva perfecta
<b>0 &lt; r &lt; 1</b>	Correlación positiva
<b>r = -1</b>	Correlación negativa perfecta
<b>-1 &lt; r &lt; 0</b>	Correlación negativa

Fuente: elaboración propia

Además de índice de correlación de Pearson, se utilizó el índice de correlación de rangos de Spearman, el cual es un método no paramétrico para medir la correlación de dos variables X y Y, solo que en lugar de usar valores precisos de las variables o cuando dicha precisión no está disponible, los datos son ordenados por rangos de 1 a N, de acuerdo con su importancia, tamaño, etc. Si X y Y se ordenan de esta manera, el coeficiente de correlación de rangos o fórmula de Spearman para correlación de rangos (como se conoce), está dada por: (Spiegel, M & Stephens, L. 2001).

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

Dónde:

D: diferencia entre los rangos de los valores correspondientes X y Y.

N: número de pares de valores (X, Y) en los datos.

Este índice de correlación se interpreta de la misma manera que el índice de correlación de Pearson (Ver tabla 13).

5. Establecer recomendaciones de mejora para la implementación de prácticas de manufactura esbelta y rendimiento de las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño

Basado en los resultados obtenidos al desarrollar los objetivos anteriores, y con la información suministrada por las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, se seleccionaron las variables más críticas, las cuales serán las que obtengan una menor calificación de desempeño según la escala usada y una menor eficiencia técnica como resultado del Análisis Envolvente de Datos, con el fin de proponer acciones de mejora de sus procesos productivos como administrativos, permitiendo en caso de ser aplicadas un aumento de la productividad de este sector del Oriente Antioqueño.

## 8. Resultados

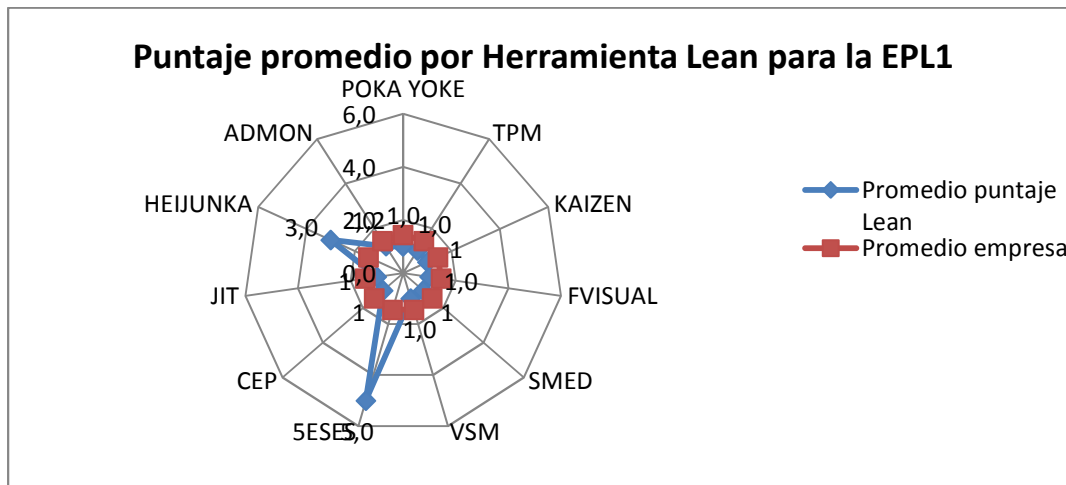
### 8.1 Análisis lean

#### 8.1.1 Análisis Lean por empresa.

##### *8.1.1.1 Empresa procesadora de leche 1 (EPL1).*

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL1, se presenta la figura 12. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL1, en la cual se muestra el promedio puntaje lean, el cual es la sumatoria de la nota obtenida por cada una de las preguntas de la herramienta Lean dividida el número total de preguntas de dicha herramienta (por ejemplo para la EPL1 para la herramienta Poka Yoke obtuvo una sumatoria para todas las preguntas de 4 dividido el número de preguntas de la herramienta que es 4 da como resultado un promedio de 1) y el promedio empresa, el cual es la sumatoria del puntaje de todas las preguntas del instrumento dividido 59 que son el total de preguntas (por ejemplo para la EPL1 la sumatoria de los puntajes de las preguntas fue 85 dividido el número total de preguntas 59 da como resultado un promedio para la empresa de 1.44). Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido en la mayoría de las herramientas es bajo (puntaje igual a 1), lo que se explica en el tipo de empresa que es unipersonal, por lo que la persona encargada del área de producción desarrolla todas las actividades del proceso. Las herramientas Heijunka y 5s, presentan puntajes promedios de 3 y 5 respectivamente, superiores al promedio de la empresa que es 1.44, generado por los resultados medios o altos en algunas variables de dichas herramientas, dado que la empresa tiene la capacidad de producir en lotes pequeños y con más de una referencia en dichos lotes, a su vez, el cumplimiento en las variables de orden y aseo relacionadas con las 5s es fundamental para garantizar la inocuidad del producto final. En relación al factor de Administración, se identifica que el único punto desarrollado a nivel medio (puntaje de 3) es la delimitación y designación de las áreas de inventario, sin embargo, la EPL1 no tiene definidos factores básicos de direccionamiento estratégico como son: misión, visión, valores y principios, así como factores de costeo, capacitación, ergonomía y vigilancia del entorno en relación a los

clientes, proveedores y competencia, lo que no garantiza las condiciones mínimas para poder soportar la implementación de otras herramientas Lean como VSM, TOC entre otras.



*Figura 12.* Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL1

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 13. En esta, todas las herramientas menos 5s y Heijunka y el factor de Administración muestran un resultado de -100, lo cual confirma el bajo grado de implementación de estas herramientas Lean, confirmándose esto en el factor de posicionamiento de la empresa que se sitúa en 5.64%.

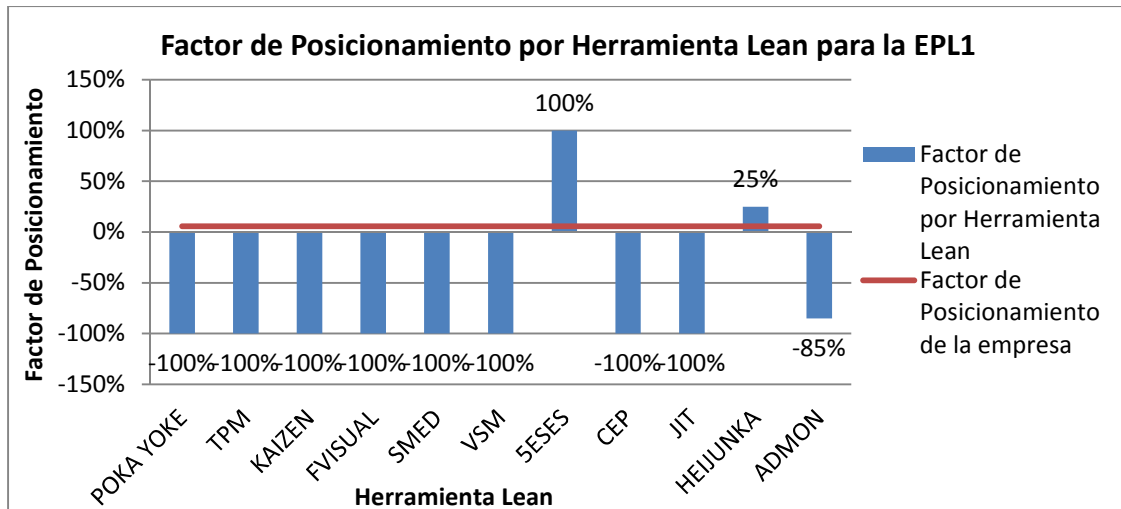


Figura 13. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL1

Fuente: elaboración propia

Como consecuencia de los resultados anteriores, se presenta en la figura 14 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. En este caso la EPL1, presenta un puntaje Lean de 85 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 5.64%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante III – contrapeso y levemente por encima del sector de retrasadas.

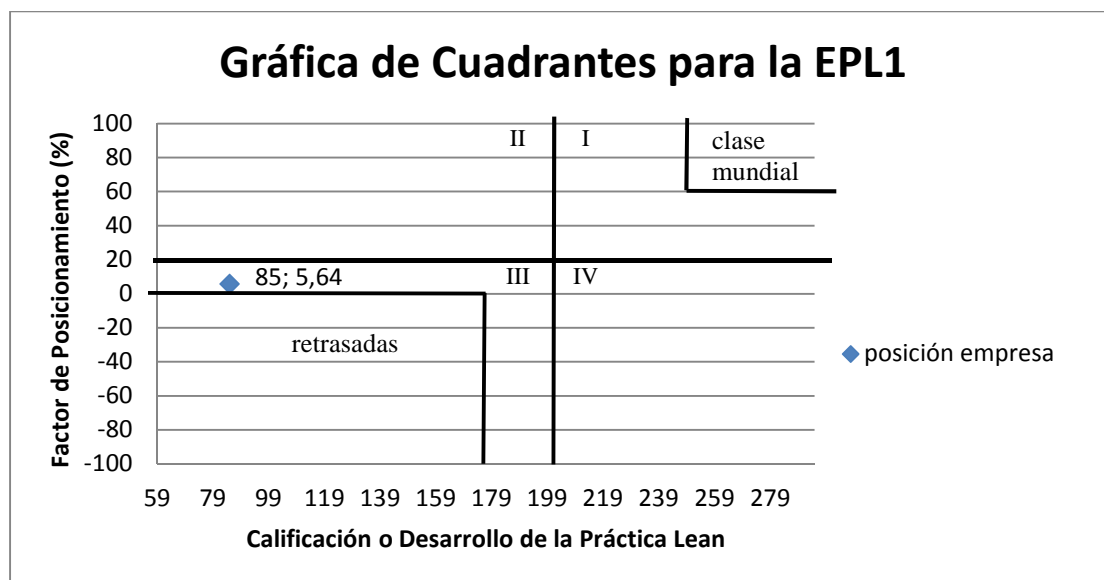


Figura 14. Gráfica de Cuadrantes para la EPL1

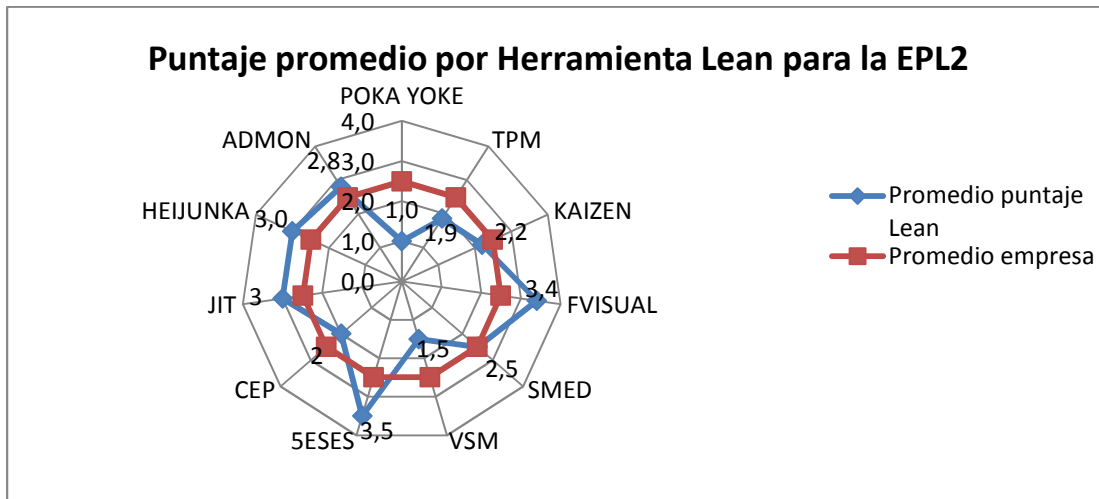
Fuente: elaboración propia

### ***8.1.1.2 Empresa procesadora de leche 2 (EPL2).***

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL2, se presenta la figura 15. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL2, en la cual se muestra el promedio puntaje lean, y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Poka Yoke, TPM, Kaizen, SMED, VSM y Control Estadístico de Proceso es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 2.49. Lo anterior, se explica en el bajo grado de identificación de los errores en el proceso productivo y la no implementación de inspecciones que eviten que los errores lleguen al producto final, un sistema de mantenimiento no estandarizado y no controlado, enfocado principalmente en la corrección y no en la prevención de fallas, un sistema de mejoramiento no implementado en su totalidad, en el cual, no se tiene configurado totalmente un programa de incentivos y de participación de todos los empleados, un sistema productivo (equipos y dispositivos) no adaptable a cambios en la demanda, falta de documentación de los procesos con su respectiva medición de tiempos y la falta de implementación de control estadístico del proceso con la respectiva capacitación a los empleados en resolución de problemas, lo cual no facilita el análisis y la toma de decisiones sobre los fallos en el proceso productivo presentados.

Las herramientas Fabrica Visual, 5s, Justo a Tiempo y Heijunka, así como el Factor de Administración, presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, generado principalmente por la implementación de información visual entre ella mapas, alertas y demarcaciones que permiten ahorrar tiempo en el proceso productivo, evitar accidentes y facilitar la reducción de producto defectuoso, la implementación de controles de orden y aseo dada la naturaleza de la empresa, lo que asegura la inocuidad del producto final, la selección en la mayoría de los casos de proveedores certificados, así como la flexibilidad de los equipos para producir en lotes pequeños, la polivalencia de los empleados, que permite su movilidad entre operaciones del proceso, así como un desarrollo administrativo centrado en un direccionamiento estratégico definido, la ergonomía en los puestos de trabajo, el costeo de los desperdicios y una estructura que facilita la

comunicación, son factores que apoyan y facilitan que se continúe con la implementación de estrategias que ayuden a un mayor grado de desarrollo de aquellas herramientas que obtuvieron una calificación baja.



*Figura 15.* Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL2

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean, los cuales se muestran en la figura 16. En esta, todas las herramientas menos Fábrica Visual, 5s y Justo a Tiempo obtuvieron notas superiores a 0, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 21,49%, lo que evidencia un grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.

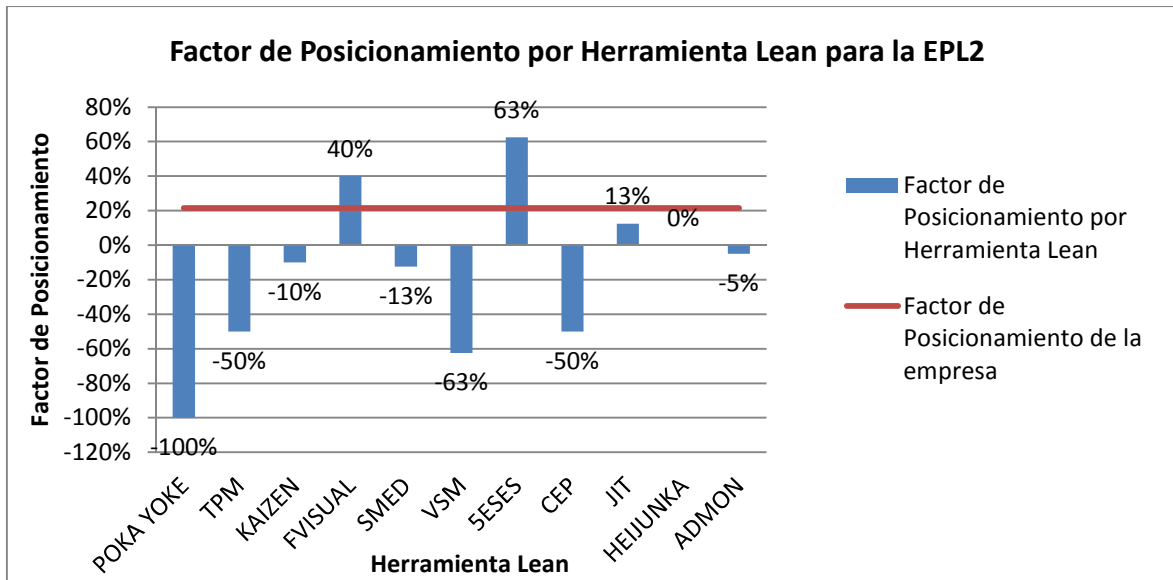


Figura 16. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL2

Fuente: elaboración propia

Como consecuencia de los resultados anteriores, se presenta en la figura 17 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. En este caso la EPL2 presenta un puntaje Lean de 147 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 21,49%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante II – vulnerables, sin embargo, su FP está levemente por encima de 20% que la separa del cuadrante III – contrapesos, lo cual para este caso puede indicar que la empresa no haya implementado bien las técnicas de mejoramiento de procesos que los procedimientos de manufactura esbelta requiere.

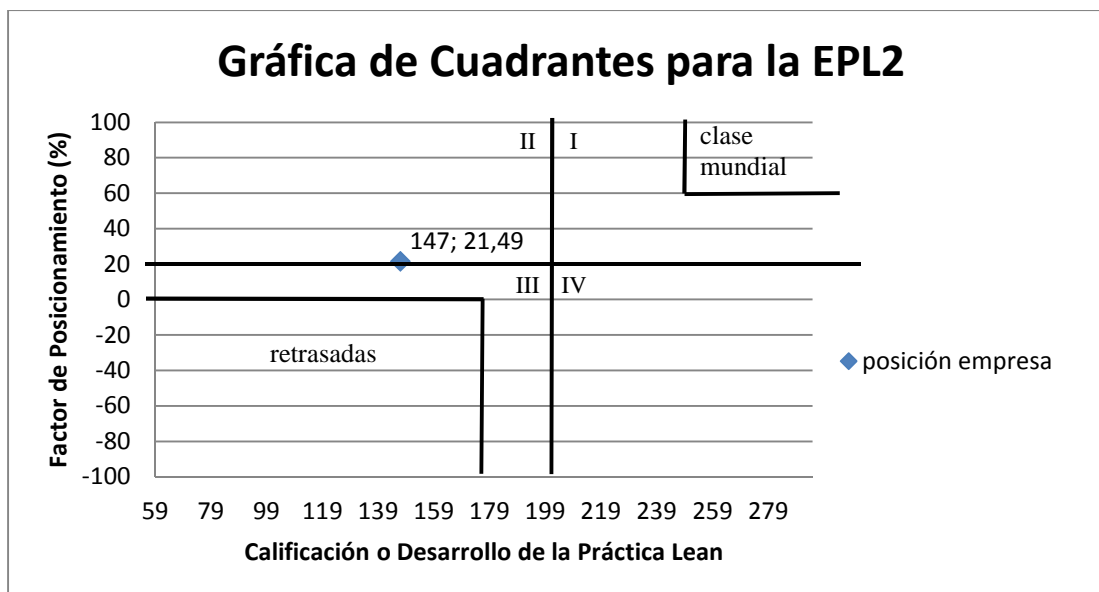


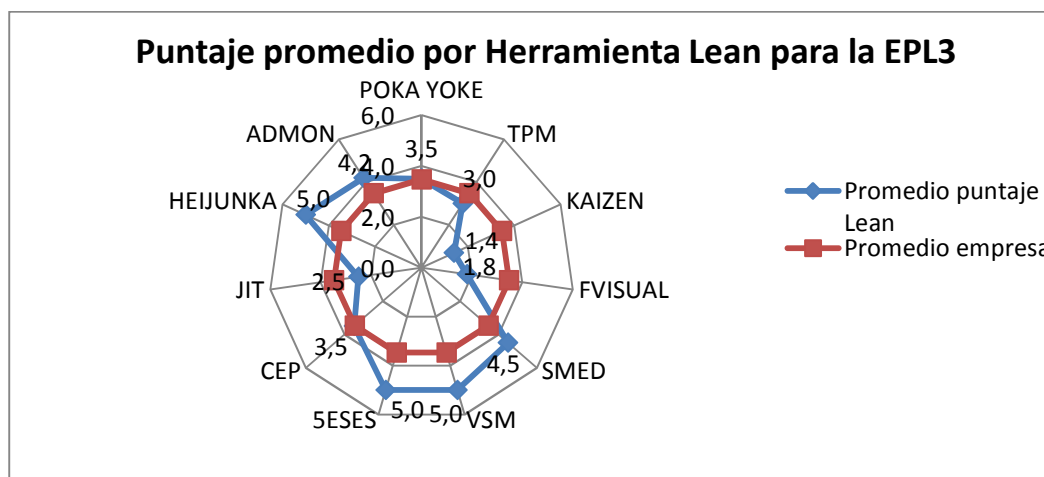
Figura 17. Gráfica de Cuadrantes para la EPL2

Fuente: elaboración propia

### 8.1.1.3 Empresa procesadora de leche 3 (EPL3).

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL3, se presenta la figura 18. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL3, en la cual se muestra el promedio puntaje lean, y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas TPM, Kaizen, fabrica Visual y Justo a Tiempo es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 3.47. Lo anterior, se explica en la no utilización de indicadores para el control del proceso de mantenimiento, la falta de capacitación al personal para realizar mantenimientos básicos y autónomos a los equipos, un sistema de mejoramiento en el cuál no se tiene la cultura de control, falta de ideas de mejora por parte de los empleados y bajo índice de implementación de las mismas por parte de la empresa, sumado a un sistema de motivación y recompensa poco desarrollado, inexistente sistema de indicación visual y de señalización, así como no contar con proveedores certificados, comunicación con proveedores y clientes solo de forma telefónica, así como sistemas de resurtido de materia prima e insumos verbales, que no permite hacer control y seguimiento a las cantidades utilizadas.

Las herramientas Poka Yoke, SMED, VSM, 5s, Control Estadístico de Proceso, Heijunka y el Factor de Administración, presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, derivado principalmente de la identificación de los errores y fallos principales del proceso productivo y la implementación de dispositivos que eviten dichos fallos sumado a inspecciones de calidad durante el proceso, contar con maquinaria adaptable a los requerimientos de la demanda, así como dispositivos que ayudan al cambio rápido de referencias soportado en la capacitación de los empleados en este aspecto, tener un estudio de métodos y tiempo en el proceso productivo que permite estandarizar las operaciones del mismo, sistema de orden y aseo soportado en el uso de listas y planillas de chequeo, así como contar con herramientas y equipos que facilitan la limpieza, sistema de control estadístico del proceso sumado a la capacitación constante de los empleados en técnicas de resolución de problemas, lo que genera que el porcentaje de producto defectuoso sea bajo, capacidad de producir en pequeños lotes y más de una referencia por lote y polivalencia de sus empleados. Todas estas ventajas se soportan además en un sistema administrativo que tiene definido su direccionamiento estratégico, que vigila su entorno a nivel de competidores, clientes, tendencias, entre otras y que involucra a todo el personal para el establecimiento de sus objetivos.



*Figura 18.* Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL3

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tienen los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 19. En esta, todas las herramientas menos Kaizen, Fabrica Visual y Justo a Tiempo obtuvieron notas superiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 36.19%, lo que evidencia un grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.

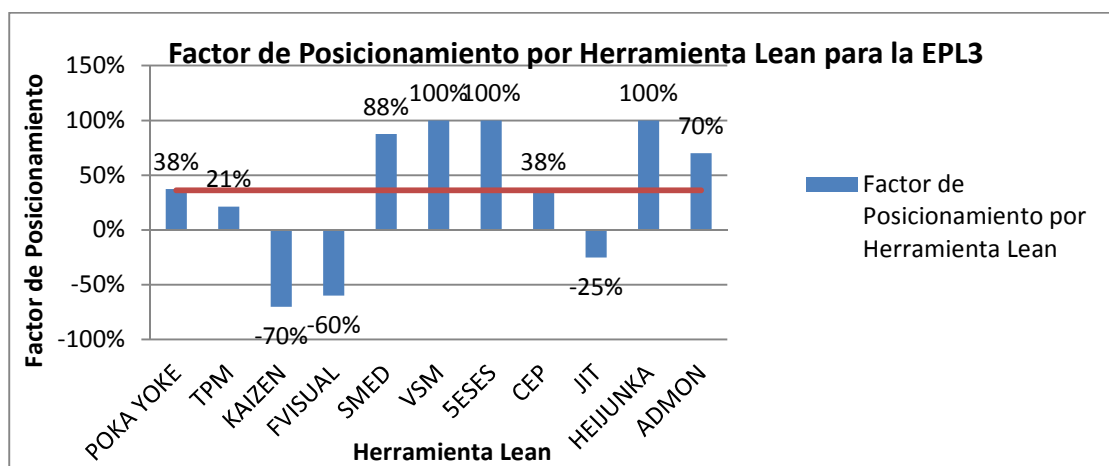


Figura 19. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL3

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 20 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. En este caso la EPL3 presenta un puntaje Lean de 205 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 36.19%, lo cual ubica la empresa en el cuadrante I – desafiantes, sin embargo, el puntaje Lean es levemente superior a 201 que es el que lo separa del cuadrante II – vulnerables, lo cual para este caso la empresa debe consolidar las estrategias necesarias para consolidarse en el cuadrante I.

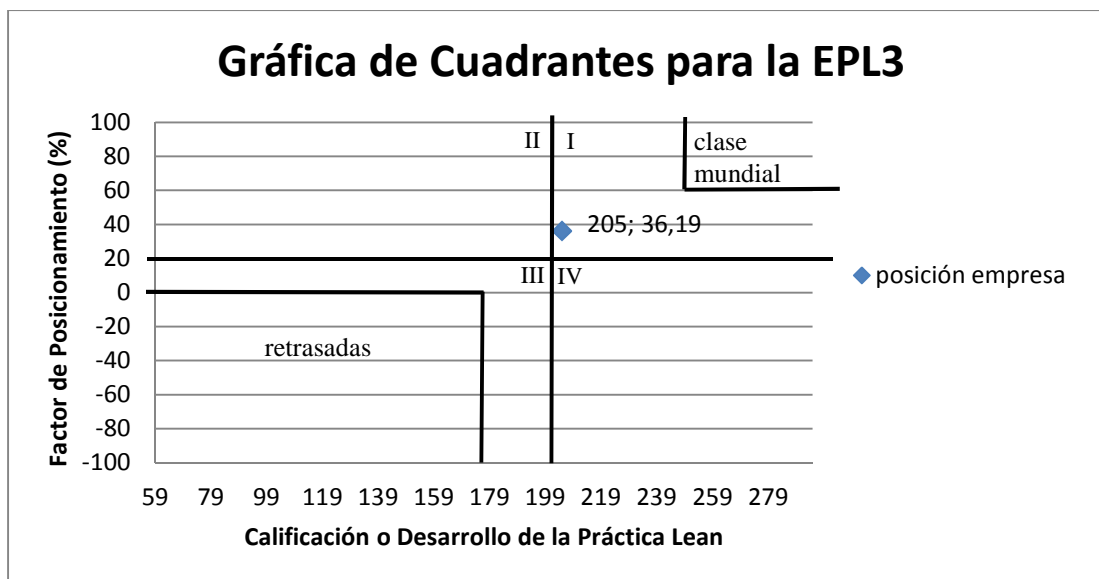


Figura 20. Gráfica de Cuadrantes para la EPL3

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.1.4 Empresa procesadora de leche 4 (EPL4).

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL4, se presenta la figura 21. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL4, en la cual se muestra el promedio puntaje lean y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Poka Yoke, TPM, Kaizen, Fabrica Visual, SMED, 5s y Control Estadístico de Proceso es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 3.14. Lo anterior, se explica en la no identificación y documentación de los errores y fallos y la no utilización de dispositivos automáticos para detección de los mismos, la no implementación de un programa de mantenimiento centrado en la prevención y no contar con indicadores para su control, un programa de mejoramiento continuo no estructurado, en el cual la participación de todos los empleados es casi nula, la no utilización de información visual (estándares, indicadores, etiquetas, marcas, entre otras) dificulta que los empleados conozcan el desempeño de su proceso, la no medición de los tiempos de cambio de referencia no permite tomar decisiones al respecto, condiciones ambientales de ruido y calor no controladas por parte de la empresa y la no implementación de toma de datos para realizar el control estadístico del proceso lo que impide la toma de decisiones con información real.

Las herramientas VSM, Heijunka, Justo a Tiempo y el factor de Administración, presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, derivado principalmente de la documentación de sus procesos así como contar con un sistema efectivo de comunicación a lo largo de su cadena logística (desde el proveedor hasta el cliente), el tener un planta de producción flexible para diferentes tamaños de lote, contar con polivalencia en los empleados y poder producir más de una referencia por lote, así como contar con un sistema administrativo que tiene definido se planeación estratégica (misión, visión, principios y valores), un análisis permanente del mercado (clientes, proveedores, competidores), involucramiento de los líderes de proceso en la toma de decisiones, así como el costeo de los desperdicios, son factores que permiten continuar con la implementación de otras prácticas Lean al interior de la empresa.

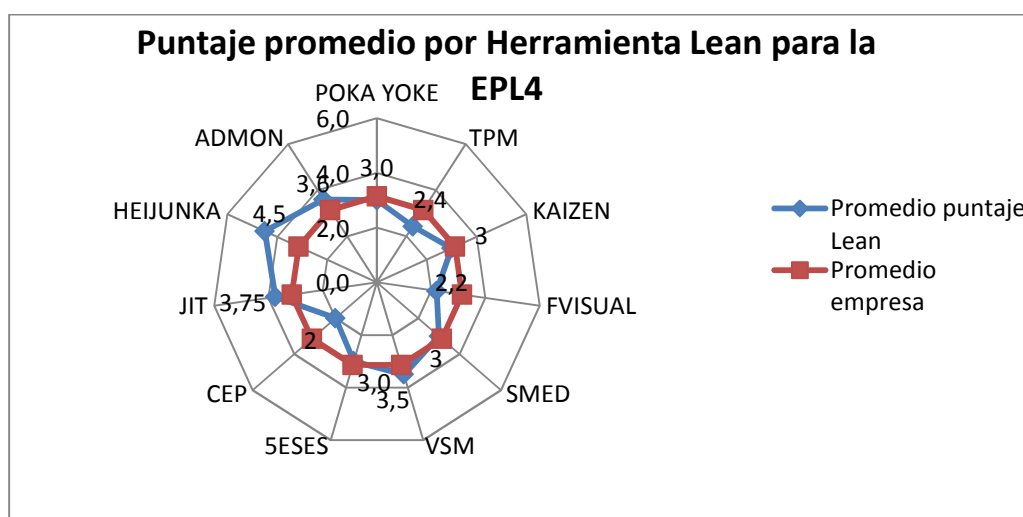


Figura 21. Puntaje por herramienta lean para la EPL4

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 22. En esta, todas las herramientas menos TPM, Fabrica Visual y Control Estadístico de Proceso obtuvieron notas superiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 31.19%, lo que evidencia un grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.

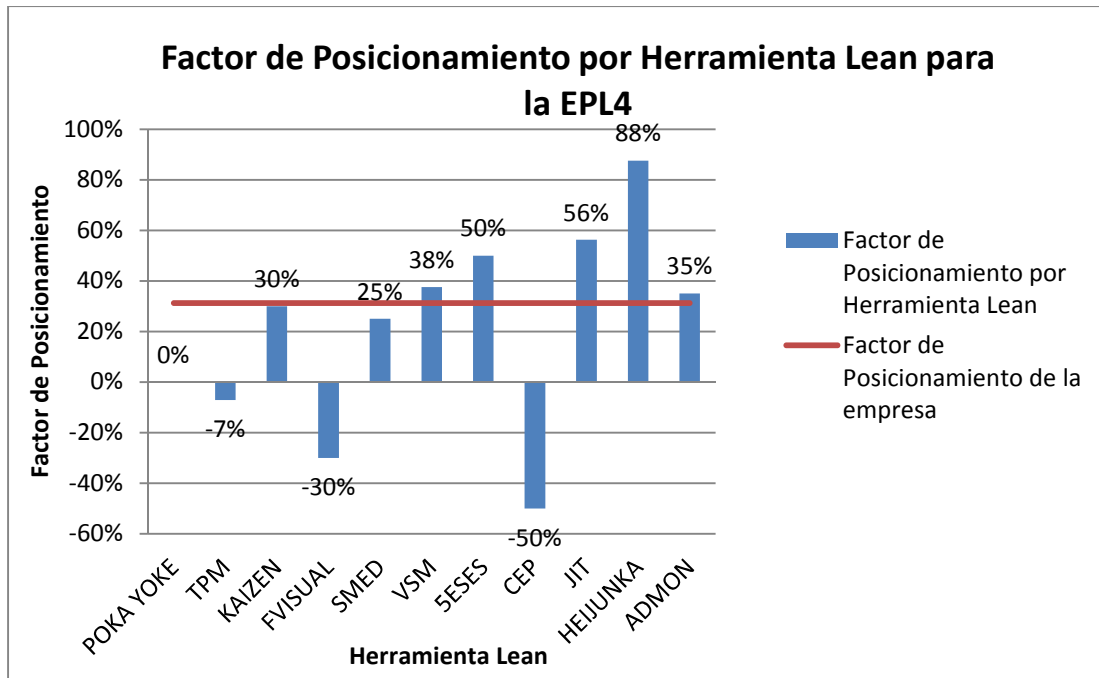
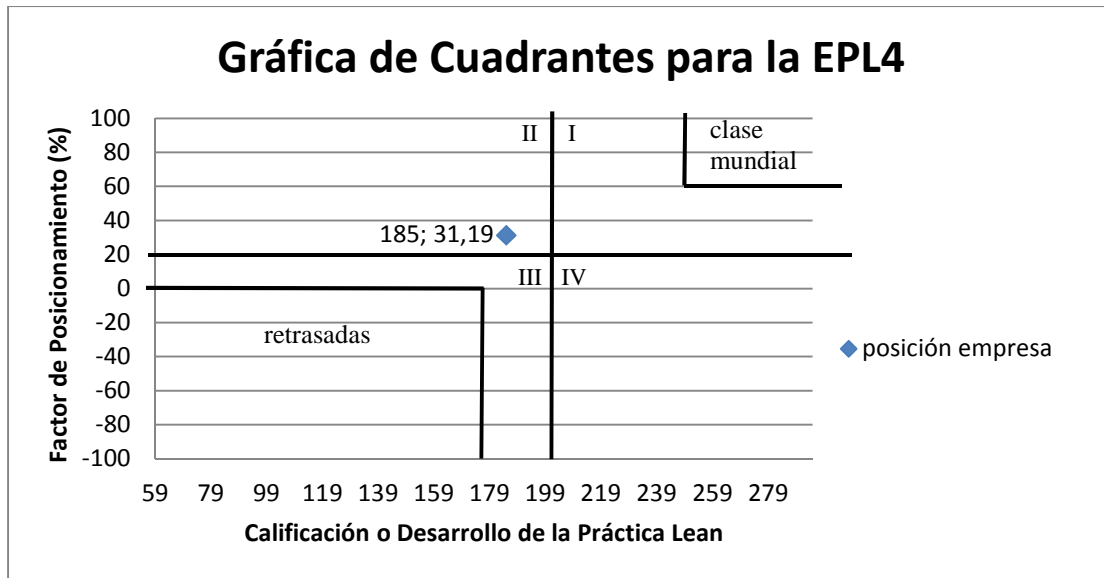


Figura 22. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL4

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 23 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuadrantes definidos en la metodología. En este caso la EPL4 presenta un puntaje Lean de 185 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 31.19%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante II – vulnerables, lo que indica que es posible que no se hayan implementado correctamente las técnicas de mejoramiento de procesos que los procedimientos de Manufactura Esbelta requieren.



*Figura 23.* Gráfica de Cuadrantes para la EPL4

Fuente: elaboración propia

#### **8.1.1.5 Empresa procesadora de leche 5 (EPL5).**

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL5, se presenta la figura 24. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL5 y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Poka Yoke, Fabrica Visual, SMED y Justo a Tiempo es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 3.98. Lo anterior, se debe a que la empresa no tiene documentados los errores y fallos del proceso productivo, no cuenta con información visual como mapas, colores, etiquetas, entre otros, así como no contar con indicadores visuales que faciliten la toma de decisiones, equipos no adaptables a los cambios de la demanda, dispositivos que no facilitan el cambio rápido de referencia, un sistema de comunicación con proveedores y cliente solo personal, y no posee un sistema de tarjetas visuales para el reabastecimiento y control del proceso e inventarios.

Las herramientas TPM, Kaizen, VSM, 5s, Control Estadístico de Proceso, Heijunka y el factor de Administración, presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, derivado principalmente de la estructuración de un sistema de mantenimiento preventivo con capacitación de los operarios para hacer reparaciones sencillas, planes de

mejoramiento con participación de los empleados y un sistema de motivación y compensación asociado, se han identificado las actividades que no agregan valor, además de contar con un sistema de orden y aseo dada la naturaleza de la empresa que garantiza la inocuidad de los alimentos, un sistema estadístico del proceso que permite la toma de decisiones y la resolución de problemas por parte de los empleados, la empresa tiene un sistema flexible y polivalencia en los empleados, soportado todo lo anterior en un sistema administrativo que ha definido su planeación estratégica y cuenta con la participación de todos los empleados en la toma de decisiones y el reconocimiento de su entorno a nivel de clientes, competidores y proveedores, además de otras variables que pueden afectar su posicionamiento en el mercado.

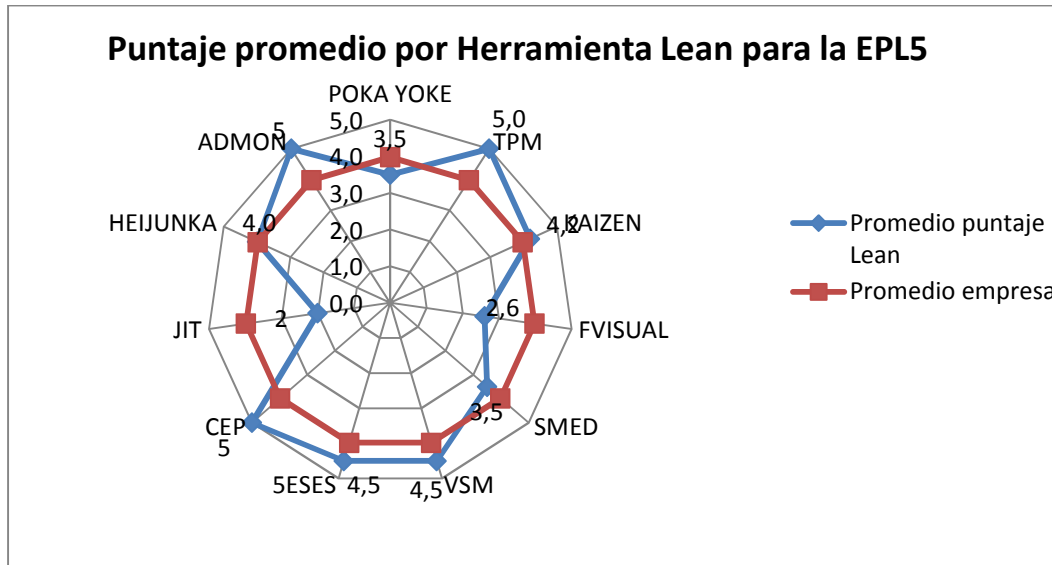
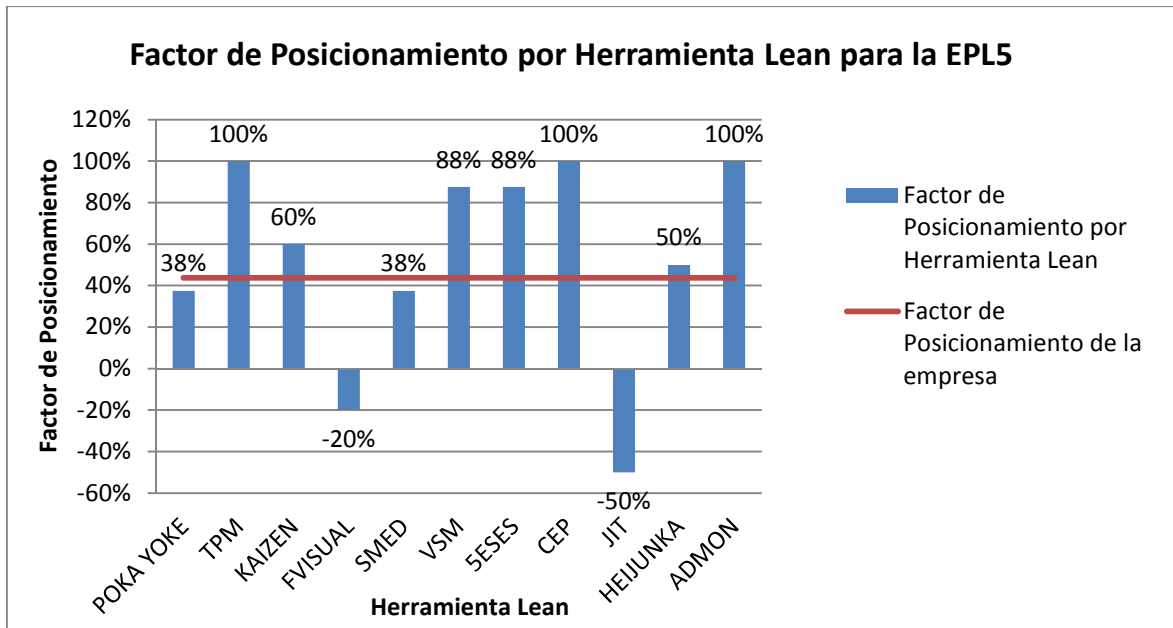


Figura 24. Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL5

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 25. En esta, todas las herramientas menos Fabrica Visual y Justo a Tiempo obtuvieron notas superiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 43.78%, lo que evidencia un grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.



*Figura 25.* Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL5

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 26 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. Para este caso la EPL5 presenta un puntaje Lean de 235 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 43.78%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante I – desafiantes, lo cual evidencia el alto grado de implementación de prácticas Lean al interior de la empresa.

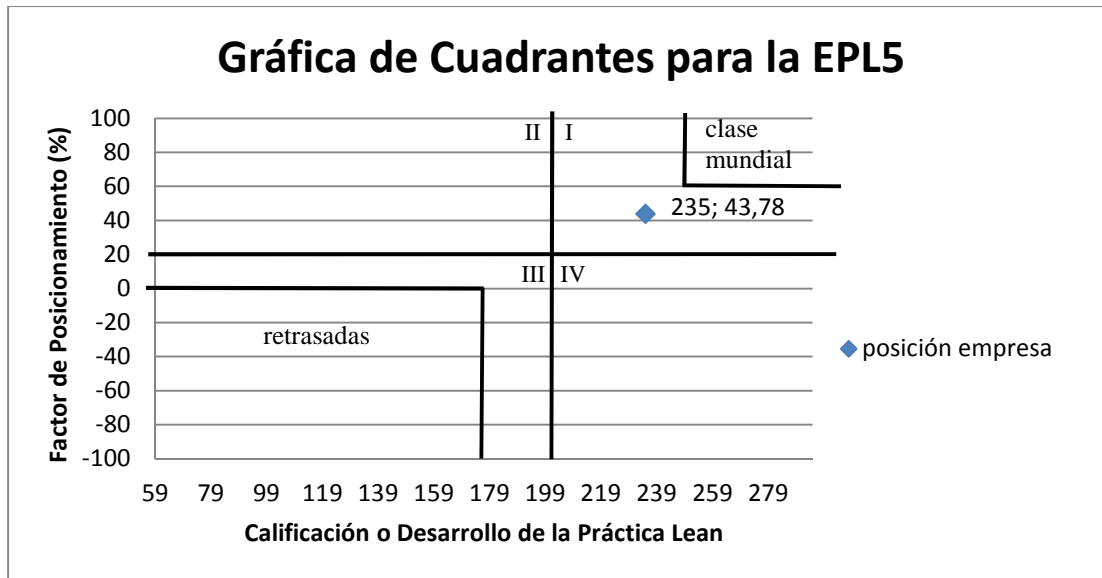


Figura 26. Gráfica de Cuadrantes para la EPL5

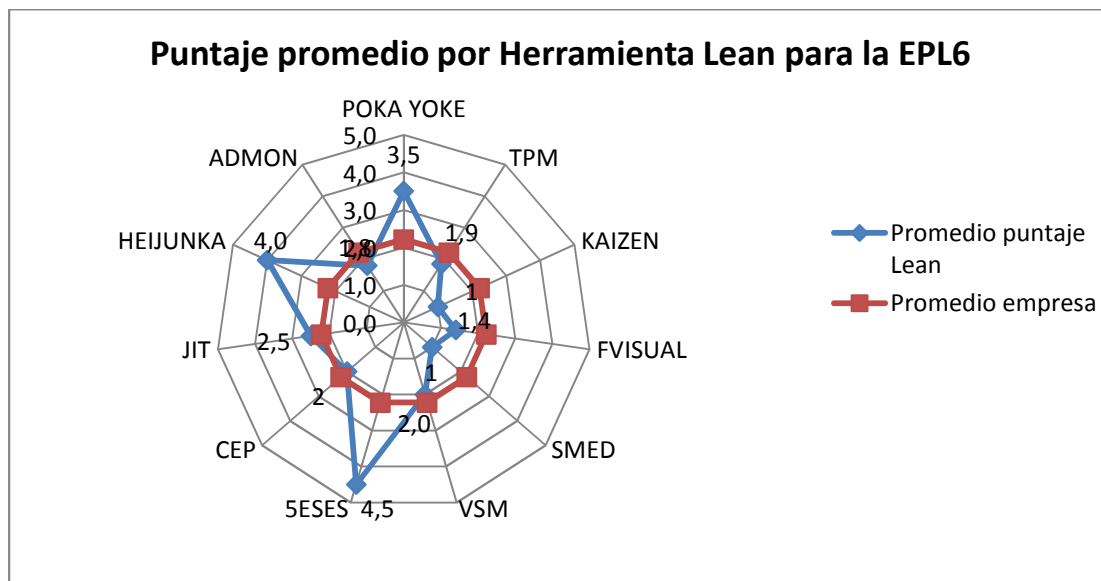
Fuente: elaboración propia

#### 8.1.1.6 Empresa procesadora de leche 6 (EPL6).

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL6, se presenta la figura 27. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL6 y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas TPM, Kaizen, Fabrica Visual, SMED, VSM, Control Estadístico de Proceso y el factor de Administración es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 2.22. Lo anterior, se debe a que la empresa no desarrolla actividades de mantenimiento preventivo sumado a no contar con una actitud hacia el mantenimiento productivo total que evite los defectos y la variabilidad del producto, no cuenta con un programa de mejoramiento continuo, con equipos de trabajo en los distintos procesos productivos ni un sistema de incentivos asociado, no se posee un sistema de indicadores ni información visual para todos los empleados que facilite el análisis y la toma de decisiones oportuna, no se tiene un estudio de métodos y tiempo ni operaciones adaptables a los cambios de la demanda, no hay un sistema de comunicación efectivo a lo largo de su cadena logística, no se cuenta con un sistema de control estadístico que facilite la toma de decisiones ni se capacita al personal en técnicas de resolución de problemas así como no contar con un sistema de planeación estratégica ni vigilancia del entorno, de igual

forma la estructura organizativa no permite una comunicación fluida y asertiva entre los distintos niveles de la organización.

Las herramientas Poka Yoke, 5s, Justo a Tiempo y Heijunka, presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, derivado principalmente a que se cuenta con la identificación y documentación de los errores y fallos, además se cuenta con controles de calidad en el proceso productivo, la empresa cuenta con un programa de orden y aseo, así como herramientas que facilitan dicha labor, se cuenta además con un sistema de producción por módulos de producción y con capacidad de producir lotes pequeños y más de una referencia por lote de acuerdo a los requerimientos de la demanda.

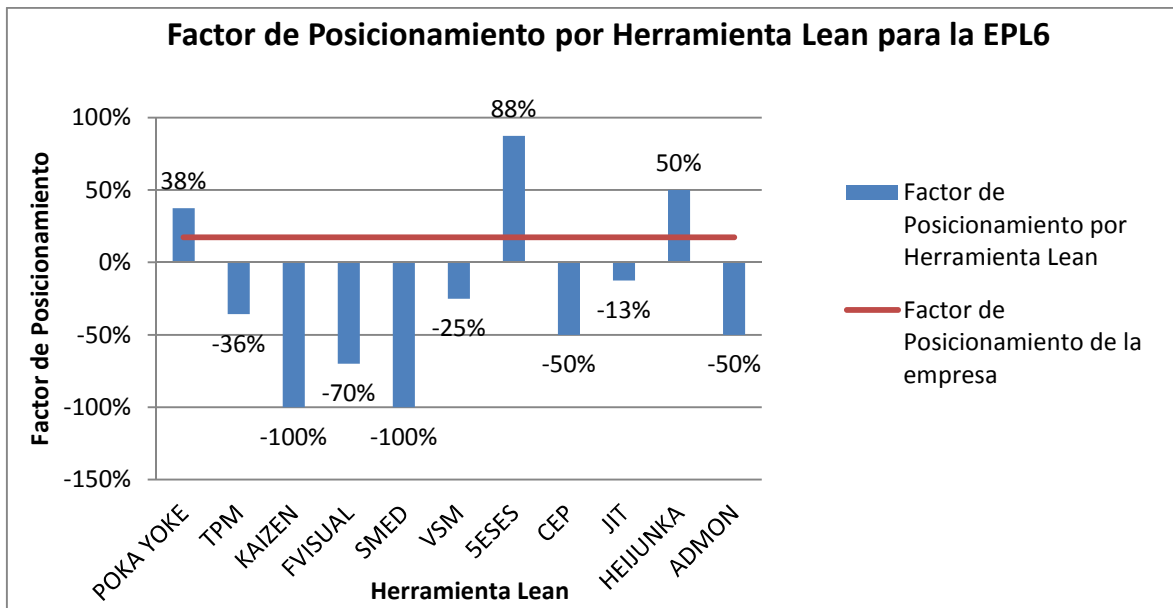


*Figura 27.* Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL6

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtiene de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 28. En esta, todas las herramientas menos Poka Yoke, 5s y Heijunka obtuvieron notas inferiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 17.41%, lo que

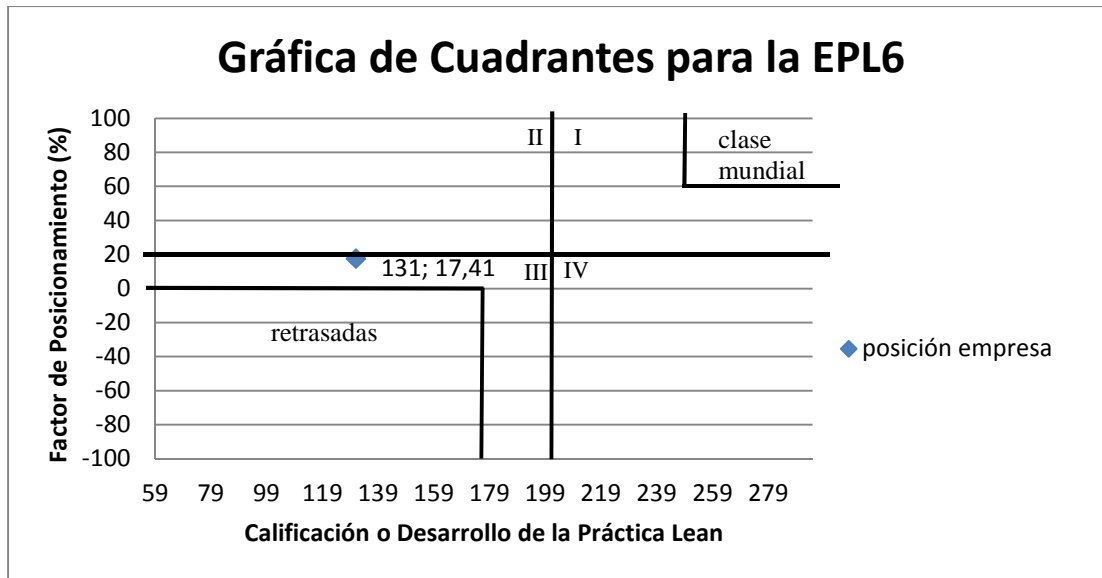
evidencia un bajo grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.



*Figura 28.* Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL6

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 29 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. Para este caso, la EPL6 presenta un puntaje Lean de 131 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 17.41%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante III – contrapesos, lo cual evidencia que apenas se está iniciando un nivel de implementación de técnicas de mejoramiento y de prácticas Lean.



*Figura 29.* Gráfica de Cuadrantes para la EPL6

Fuente: elaboración propia

#### **8.1.1.7 Empresa procesadora de leche 7 (EPL7).**

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL7, se presenta la figura 30. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL7, en la cual se muestra el promedio puntaje lean y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Kaizen, SMED, Control Estadístico de Proceso, Justo a Tiempo y el Factor de Administración es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 3.37. Lo anterior, se debe a que la empresa no cuenta con un programa de mejoramiento continuo donde se incentive a los empleados en la generación de ideas de mejoramiento, no se cuenta con mejoras en la disposición del área de trabajo ni dispositivos que faciliten el cambio rápido de referencia, no se capacita a los empleados en técnicas de resolución de problemas, no se cuenta con un sistema de comunicación electrónica con los proveedores y clientes que facilite y agilice la misma, así como no contar con un sistema visual de tarjetas para el reabastecimiento de inventarios y de materia prima al proceso, adicionalmente a nivel administrativo no se cuenta con un costeo del producto defectuoso, puestos de trabajo ergonómicos ni se involucra a todo el personal en la toma de decisiones.

Las herramientas Poka Yoke, TPM, Fabrica Visual, VSM, 5s y Heijunka, presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, derivado principalmente a que la empresa tiene identificado los errores y fallos del proceso y cuenta con dispositivos e inspecciones en todo el proceso que evitan la ocurrencia de los mismos, se cuenta con sistema de mantenimiento preventivo y con capacitación a los empleados, con departamentos de apoyo enfocados en el aumento de la eficiencia y la reducción de las perdidas en los procesos productivos y administrativos, a su vez se cuenta con un sistema de información visual como mapas, señales, colores y estándares al alcance de todo el personal lo que permite la toma de decisiones y permite la disminución de accidentes, la empresa cuenta con un estudio de métodos y tiempo, se cuenta con un sistema de orden y aseo implementado y con dispositivos que facilitan esta actividad, así como empleados polivalentes y la capacidad de producir en lotes pequeños y más de una referencia por lote.

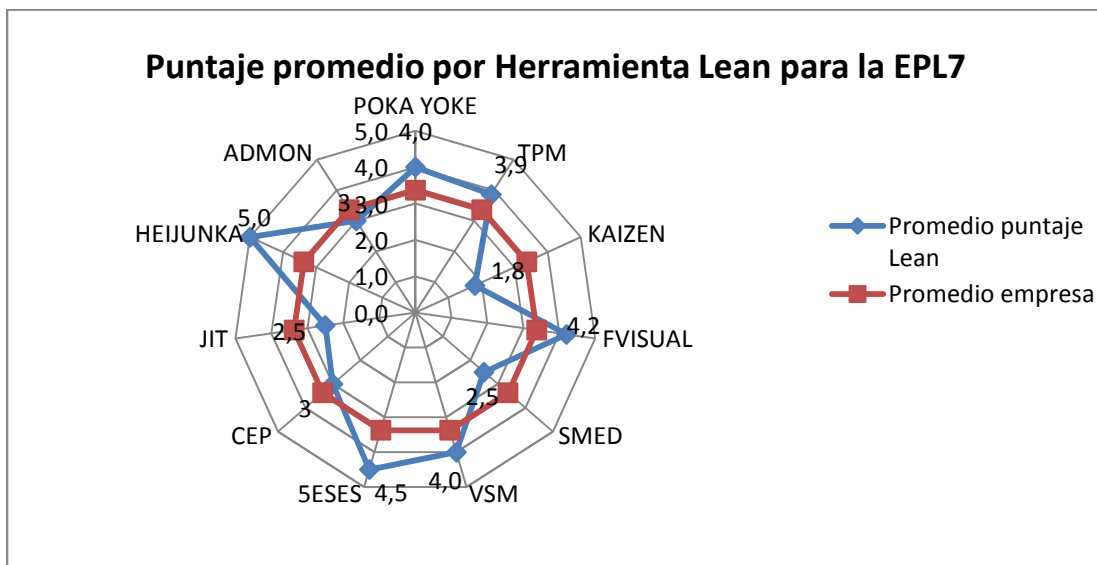


Figura 30. Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL7

Fuente: elaboración propia

En concordancia con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 31. En esta, todas las herramientas menos Kaizen, SMED y Justo a Tiempo obtuvieron notas iguales o superiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de

la empresa 34.63%, lo que evidencia un alto grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.

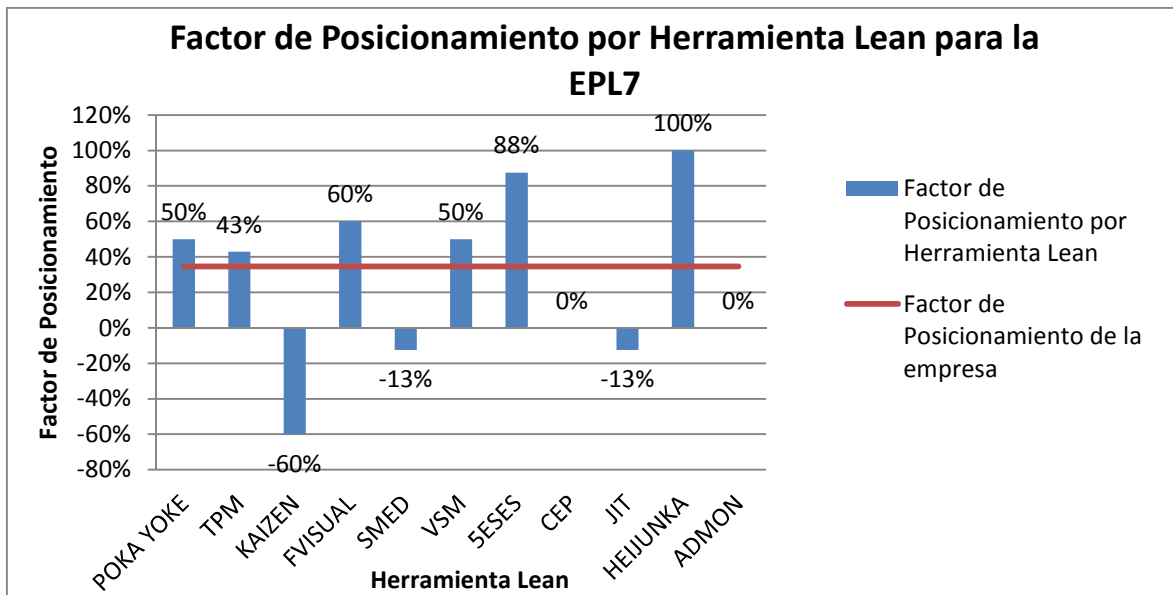
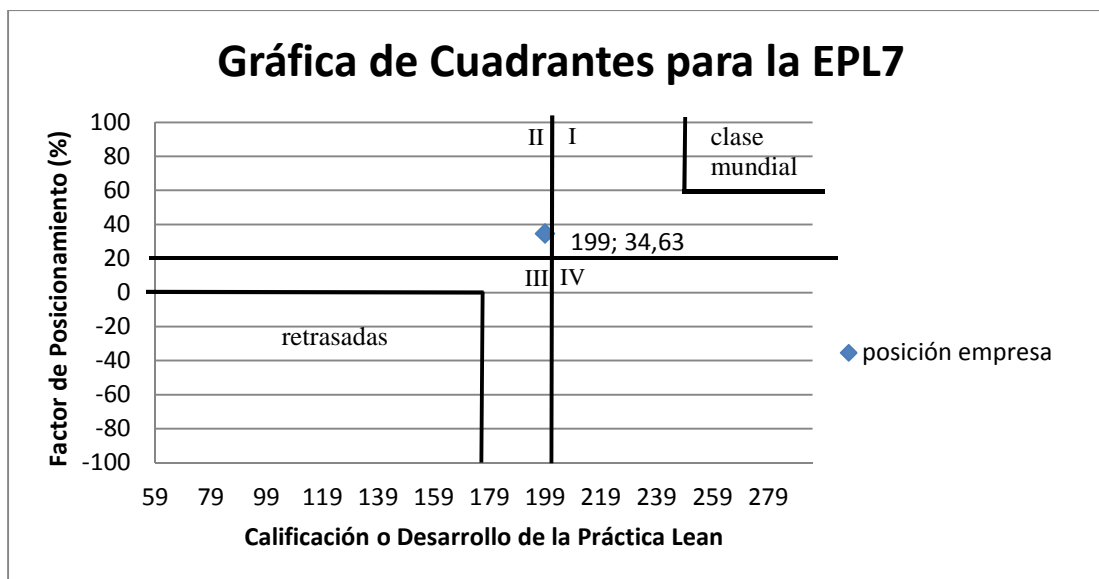


Figura 31. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL7

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 32 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. Para este caso, la EPL7 presenta un puntaje Lean de 199 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 34.63%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante II – vulnerables, sin embargo, esta posición está muy cerca del límite del cuadrante que es 201, por lo que si la empresa desarrolla algunos de los aspectos más débiles podría pasar al cuadrante I.



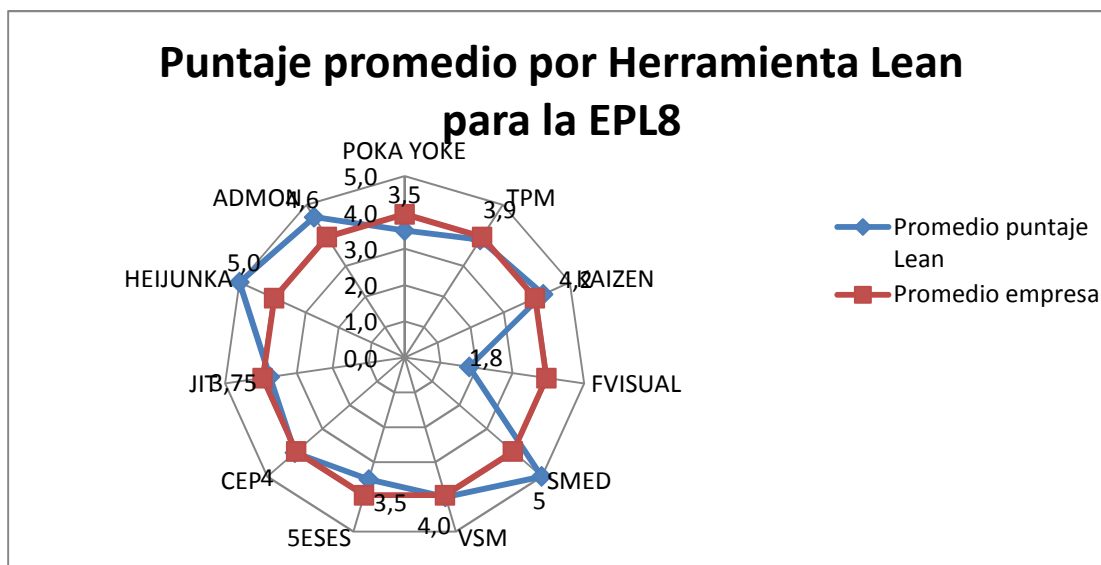
*Figura 32. Gráfica de Cuadrantes para la EPL7*

Fuente: elaboración propia

#### **8.1.1.8 Empresa procesadora de leche 8 (EPL8).**

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL8, se presenta la figura 33. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL8, en la cual se muestra el promedio puntaje lean y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Poka Yoke, TPM, Fabrica Visual, 5s y Justo a Tiempo es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 3.95. Lo anterior, se debe a que la empresa no cuenta con sistemas y dispositivos autónomos que eviten la ocurrencia de errores de forma autónoma, los empleados no son capacitados en mantenimiento productivo total ni en inspecciones sencillas que eviten producción defectuosa, no se tiene estandarizada la gestión de mantenimientos en todos sus centros de trabajo, ni con información visual como mapas, etiquetas e indicadores, no se cuenta con controles visuales ni estándares actualizados de proceso, listas de chequeo que facilitan las actividades de orden y limpieza ni mecanismos o herramientas que facilitan la limpieza y el orden, además de no contar con sistemas visuales de tarjetas que faciliten actividades de reabastecimiento de materia prima o transporte de producto.

Las herramientas Kaizen, SMED, VSM, Control Estadístico de Proceso, Heijunka y el Factor de Administración presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, debido principalmente a que la empresa cuenta con planes de motivación, compensación y sugerencias para sus empleados, se cuenta con estudio de métodos y tiempo sobre los cuales se toman decisiones y mecanismos para facilitar el cambio de referencias de forma rápida, se tienen estandarizados y documentados todos los procesos y se cuenta con un sistema de comunicación efectivo a lo largo de la cadena logística (desde proveedores hasta clientes), la empresa está certificada en BPM y se capacita en resolución de problemas a sus empleados, además, los empleados son polivalentes en el área de producción y se cuenta con flexibilidad de producir más de una referencia por lote de producción y en lotes pequeños así como contar con un sistema administrativo que tiene conocimiento en manufactura esbelta, se evalúan los costos de producción, se posee un direccionamiento estratégico al tener definida la misión, visión y objetivos estratégicos y se evalúa permanentemente el entorno para la toma de decisiones.



*Figura 33.* Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL8

Fuente: elaboración propia

En relación con los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 34. En esta, todas las herramientas menos Fabrica Visual obtuvieron notas superiores a cero,

siendo el factor de posicionamiento de la empresa 43.31%, lo que evidencia un alto grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.

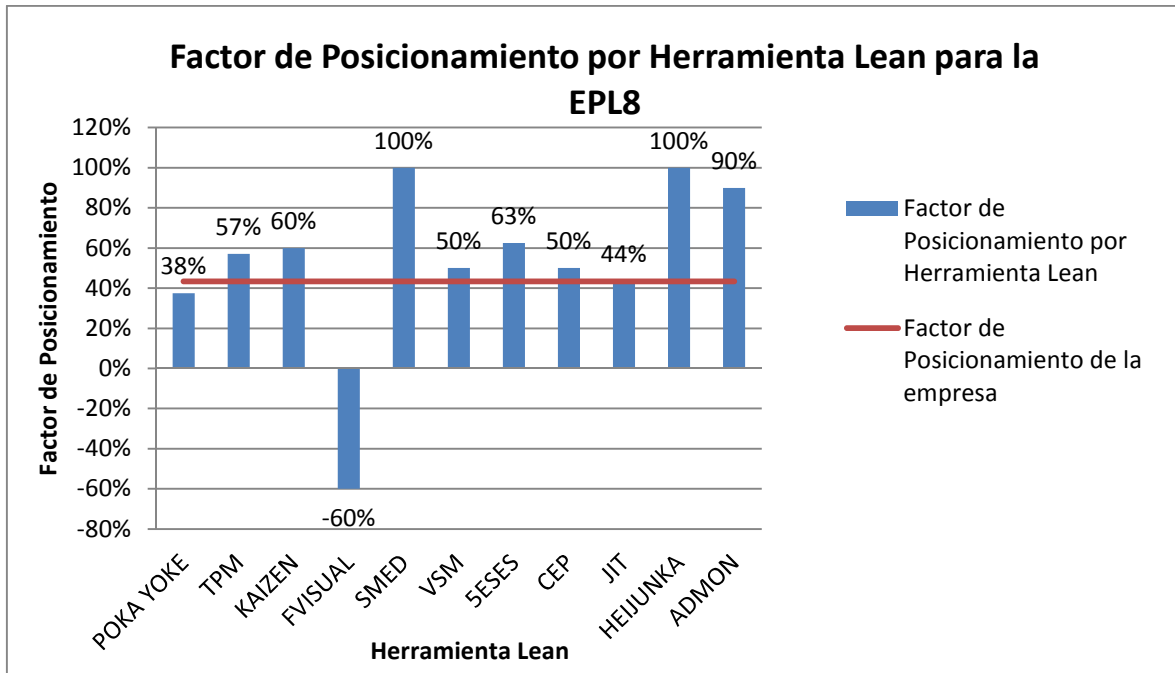


Figura 34. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL8

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 35 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. Para este caso la EPL8 presenta un puntaje Lean de 233 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 43.31%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante I – desafiantes, lo que indica un alto grado de implementación de prácticas Lean al interior de la empresa.

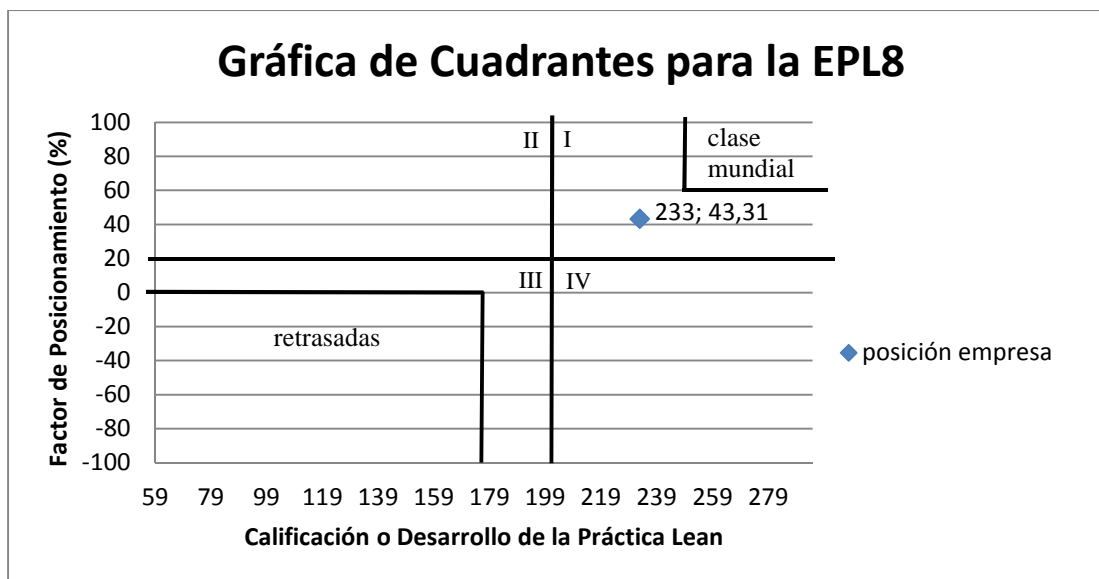


Figura 35. Gráfica de Cuadrantes para la EPL8

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.1.9 Empresa procesadora de leche 9 (EPL9).

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL9, se presenta la figura 36. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL9, en la cual se muestra el promedio puntaje lean y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Fabrica Visual, SMED, Justo a Tiempo y el Factor de Administración es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 4.15. Lo anterior, se debe a que la empresa no cuenta con indicadores visuales en su proceso productivo lo que no permite la toma de decisiones con base en estos, así como controles visuales que permitan el resurtido de inventarios de materia prima e insumos, la empresa no cuenta con un estudio de tiempo de cambio de referencias y no posee dispositivos o mecanismos que faciliten el cambio rápido de referencia, no se cuenta con intercambio electrónico de información con proveedores ni con tarjetas que permitan el control de la producción, a su vez, no se capacita en producción sin desperdicios a los empleados ni se les autoriza para la toma de decisiones en su puesto de trabajo que permita la eliminación de los mismos, además de no evaluar el costo de los desperdicios y no se cuenta con el área de inventario cerca del área donde se necesita.

Las herramientas Poka Yoke, TPM, Kaizen, VSM, 5s, Control Estadístico de Proceso y Heijunka presentan puntajes promedios por encima del promedio de la empresa, debido a que la empresa conoce los defectos del proceso productivo, así como tener mecanismos, dispositivos e inspecciones que evitan la ocurrencia de los mismos, se cuenta con personal capacitado continuamente en mantenimiento productivo total y un programa de mantenimiento preventivo y correctivo con empleados que tiene autonomía para actuar de forma sencilla en inspecciones a la maquinaria, se cuenta además con un programa de mejoramiento continuo con planes de motivación, compensación y participación de todos los empleados, un sistema de comunicación efectivo a todos los niveles y la documentación y estandarización de todos sus procesos, se cuenta con acciones de limpieza, orden y aseo, la empresa está en proceso de certificación en HACCP y cuentan con empleados polivalentes y la capacidad de producir en lotes pequeños.

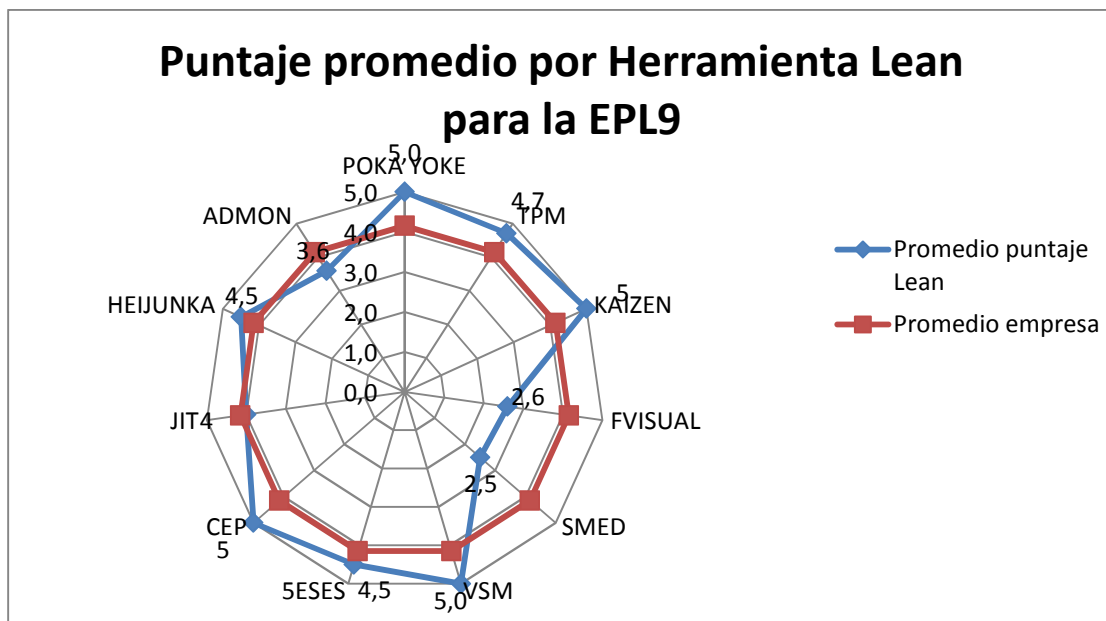


Figura 36. Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL9

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 37.

En esta, todas las herramientas menos Fabrica Visual y SMED obtuvieron notas superiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 46.36%, lo que evidencia un alto grado de implementación eficaz en la mayoría de las herramientas estudiadas.

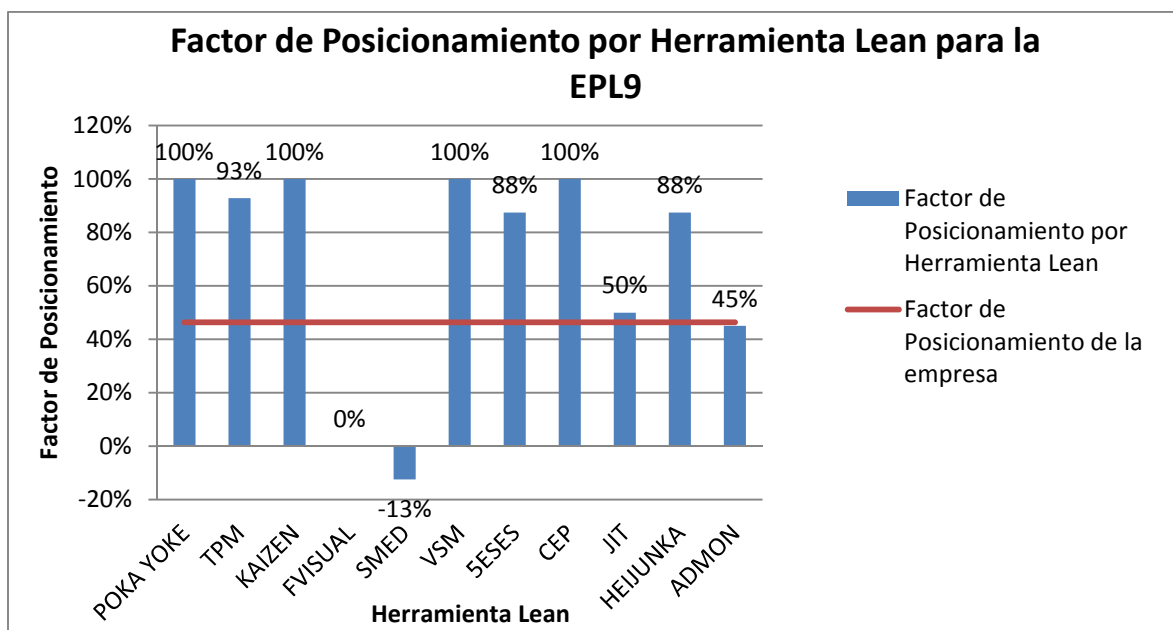


Figura 37. Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL9

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 38 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. Para este caso la EPL9 presenta un puntaje Lean de 245 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 46.36%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante I – desafiantes, lo que indica un alto grado de implementación de prácticas Lean al interior de la empresa.

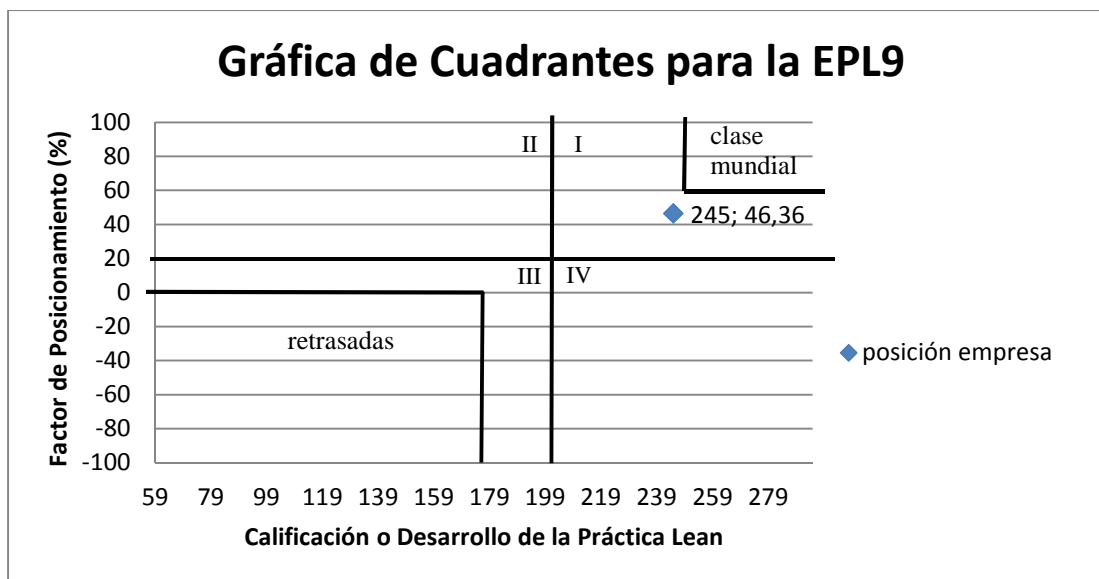


Figura 38. Gráfica de Cuadrantes para la EPL9

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.1.10 Empresa procesadora de leche 10 (EPL10).

Derivado de la aplicación del instrumento en la EPL10, se presenta la figura 39. Puntaje promedio por herramienta Lean para la EPL10, en la cual se muestra el promedio puntaje lean y el promedio empresa. Para esta empresa, el puntaje promedio obtenido para las herramientas Kaizen, Fabrica Visual, y Justo a Tiempo es inferior al promedio de la empresa que se sitúa en 2.97. Lo anterior, se debe a que la empresa no cuenta con un programa de participación donde todos los trabajadores expresen sus ideas de mejora para los procesos, no se tiene un sistema de indicadores visuales a la vista de todos los empleados como mapas, colores, entre otros, lo anterior no permite que estos indicadores sean la base de la toma de decisiones y control de la gestión, por otra parte el intercambio de información con clientes y proveedores a lo largo de la cadena logística no se realiza de forma electrónica, además no se cuenta con tarjetas que permita controlar el sistema de producción.

Las herramientas Poka Yoke, TPM, SMED, VSM, 5s, Control Estadístico de Procesos, Heijunka y el factor de Administración presentan puntajes promedios por encima del

promedio de la empresa, debido a que la empresa conoce todos los defectos de su proceso productivo y cuenta con dispositivos que eviten la ocurrencia de los mismos sumado a controles de calidad a través de inspecciones, a su vez la empresa capacita a los empleados en mantenimiento productivo total y posee actividades de mantenimiento preventivo y correctivo orientadas a la eliminación de las averías, los equipos de la empresa son adaptables a los cambios de la demanda y se cuenta con mejoras en la disposición de los mismos que permite disminuir los tiempos de alistamiento apoyado en un estudio de métodos y tiempos, además la empresa ha identificado las actividades que no agregan valor y cuenta con un programa de orden y limpieza implementado con listas de chequeo y con dispositivos que facilitan estas tareas, se cuenta además con la capacidad de producir más de una referencia por lote de producción, así como producir en lotes pequeños. Lo anterior se soporta en un sistema administrativo que tiene establecida la misión, visión y objetivos estratégicos, con conocimiento de su entorno en relación a proveedores, clientes, tendencias y con una estructura organizacional que facilita la comunicación.

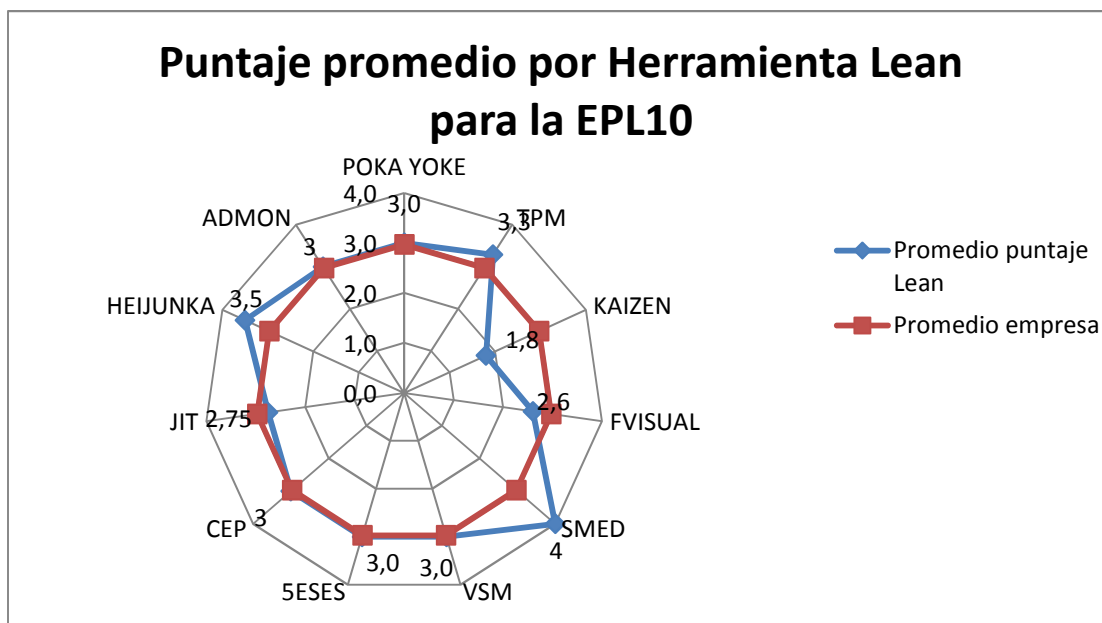
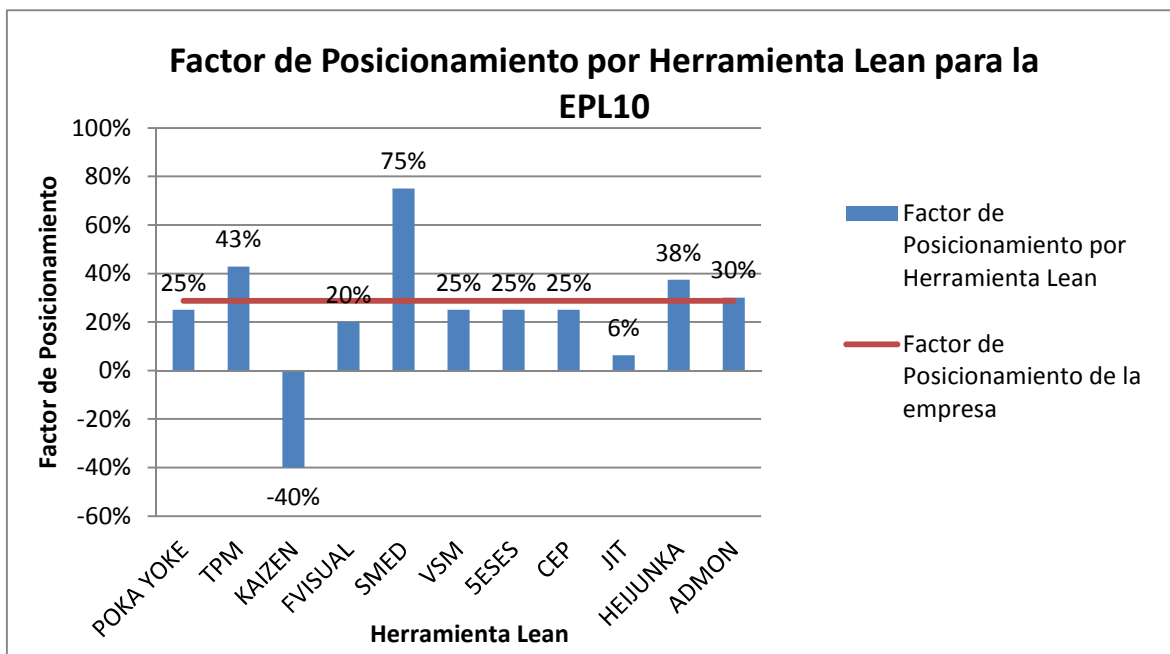


Figura 39. Puntaje promedio por herramienta lean para la EPL10

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se tiene los factores de posicionamiento por herramienta Lean (el cual se obtienen de aplicar la fórmula de factor de posicionamiento a

los resultados de cada una de las herramientas Lean), los cuales se muestran en la figura 40. En esta, todas las herramientas menos Kaizen obtuvieron notas superiores a cero, siendo el factor de posicionamiento de la empresa 28.75%, lo que evidencia un avance en la implementación eficaz de la mayoría de las herramientas estudiadas.



*Figura 40.* Factor de posicionamiento por herramienta lean para la EPL10

Fuente: elaboración propia

Derivado de los resultados anteriores, se presenta en la figura 41 el posicionamiento de la empresa en uno de los cuatro cuadrantes definidos en la metodología. Para este caso la EPL10 presenta un puntaje Lean de 175 puntos de 295 posibles y un factor de posicionamiento asociado de 28.75%, lo cual ubica a la empresa en el cuadrante II – vulnerable, lo que indica que es posible que no se hayan implementado correctamente las técnicas de mejoramiento de proceso que los procedimientos de Manufactura Esbelta requieren.

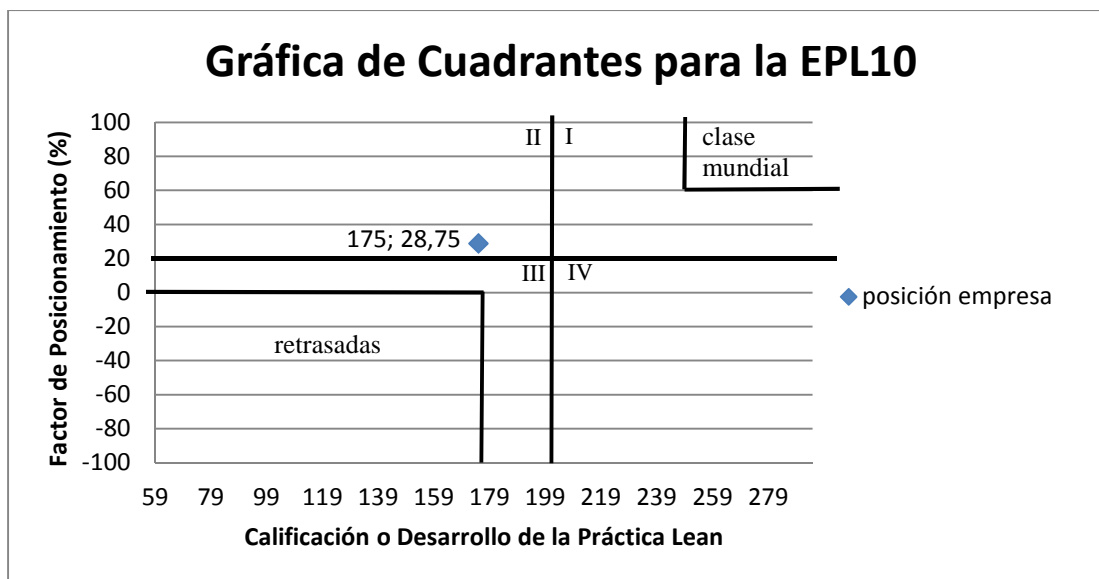


Figura 41. Gráfica de Cuadrantes para la EPL10

Fuente: elaboración propia

## 8.1.2 Análisis Lean para la muestra

### 8.1.2.1 Caracterización de la Empresas Procesadoras de Leche de la Muestra.

Una vez analizada la información en relación a la aplicación de prácticas Lean por parte de las Empresas Procesadoras de Leche (EPL), se presenta en la tabla 14, la información que permite caracterizar a las empresas en relación al tipo de productos, si terceriza o no y el sistema productivo con el que cuenta cada una.

**Tabla 14.** Caracterización EPL de la muestra

<b>Empresa</b>	<b>Tipo de Empresa</b>	<b>Terceriza</b>	<b>Sistema de Producción</b>	<b>Productos</b>
EPL1	microempresa	no	continuo	queso, suero, queso crema
EPL2	pequeña	no	repetitivo por lote	yogurt, quesos, queso dulce, leche condensada, arequipe

EPL3	microempresa	no	repetitivo por lote	mantequilla, yogurt, quesos, crema de leche, arequipe
EPL4	pequeña	50%	repetitivo por lote	leche condensada, arequipe
EPL5	microempresa	no	continuo	arequipe
EPL6	pequeña	10%	bajo pedido	leche líquida, mantequilla, yogurt, quesos, crema de leche
EPL7	microempresa	no	continuo	yogurt, quesos, queso crema
EPL8	microempresa	no	bajo pedido	mantequilla, yogurt, quesos, arequipe
EPL9	pequeña	no	continuo	mantequilla, yogurt, quesos, crema de leche, suero, arequipe, queso crema
EPL10	mediana	no	continuo	leche líquida, mantequilla, yogurt, quesos, crema de leche, suero, arequipe

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior, y según la ley 590 del 2000 el 100% de las EPL son Mipymes (micros, pequeñas y medianas empresas), toda vez que cuentan con menos de 200 trabajadores, sin embargo, predominan las microempresas con el 50% de la muestra y luego las pequeñas empresas con el 40% siendo solo el 10% de la muestra mediana empresa. Esta situación tiene una serie de ventajas dado que las Mipymes cuentan con mayor proximidad a los clientes permitiendo identificar nuevos nichos de mercado y adaptarse a ellos, además, dado su tamaño existe unidad en la parte administrativa lo que permite la rápida toma de decisiones y la cercanía entre esta y los operarios lo que permite disminuir los conflictos al interior de la empresa. Por otra parte las Mipymes también enfrentan una serie de desventajas entre las cuales se tienen problemas de financiación, costos más altos dado que no se aprovecha la economía de escala, retraso tecnológico y menor cualificación técnica de todo el personal. Se observa además, que solo el 20% de las EPL terceriza producción, es decir, que producen para distintas marcas teniendo la ventaja

de ocupar su capacidad productiva, esto demuestra que las EPL o no conocen esta figura para obtener mayores ventas o simplemente prefieren posicionar su marca asegurando la recordación en el nicho del mercado al cual dirigen sus productos.

Analizando el sistema productivo de las EPL, se puede encontrar que el 50% maneja un sistema productivo continuo, el 30% repetitivo por lote y el 20% bajo pedido, lo anterior se explica en las características del perecibilidad del producto, el cual no permite almacenar producto en proceso.

Por último, en cuanto a la gama de productos, las EPL encuestadas producen tanto leche líquida y los diferentes derivados lácteos más tradicionales tales como: quesos, arequipe, crema de leche, yogures y mantequilla, pero ninguna de las empresas encuestadas produce leche en polvo.

#### ***8.1.2.2 Descripción general de los resultados de la muestra.***

Posterior al análisis individual para cada una de las EPL de la muestra estudiada, se tiene la figura 42, la cual presenta de manera consolidada la posición de la muestra analizada en cada uno de los cuadrantes y el promedio de la misma. En esta, se puede observar que 4 de las EPL estudiadas que representan el 40% de la muestra se encuentran en el cuadrante I - Desafiantes, esto quiere decir que son empresas que tienen prácticas que permiten demostrar la implementación satisfactoria de las herramientas Lean estudiadas. En el cuadrante II – Vulnerable, se posicionan 4 empresas que representan igualmente el 40% de la muestra, en estas empresas preocupa que no hayan implementado de manera correcta las técnicas de mejoramiento de procesos que las herramientas de manufactura esbelta requieren. En el cuadrante III – Contrapeso se ubicó el restante 20% que corresponde a 2 empresas, sin caer en la categoría de retrasadas, estas empresas deben realizar de manera general muchos trabajos para cambiar y mejorar sustancialmente sus procesos productivos y administrativos. En el cuadrante IV - promisorias no se ubicó ninguna empresa de la muestra estudiada. De igual forma, en la figura 43 se muestra el promedio de la muestra estudiada, el cual obtuvo un puntaje Lean de 184 puntos de 259

posibles y un factor de posicionamiento de 30.88% ubicándolo en el cuadrante II – Vulnerable. Por otra parte, se presenta la tabla 15, la cual resume y muestra de forma descendente de mayor a menor el puntaje Lean y el Factor de Posicionamiento de cada una de las EPL estudiadas y el cuadrante en el que se ubican.

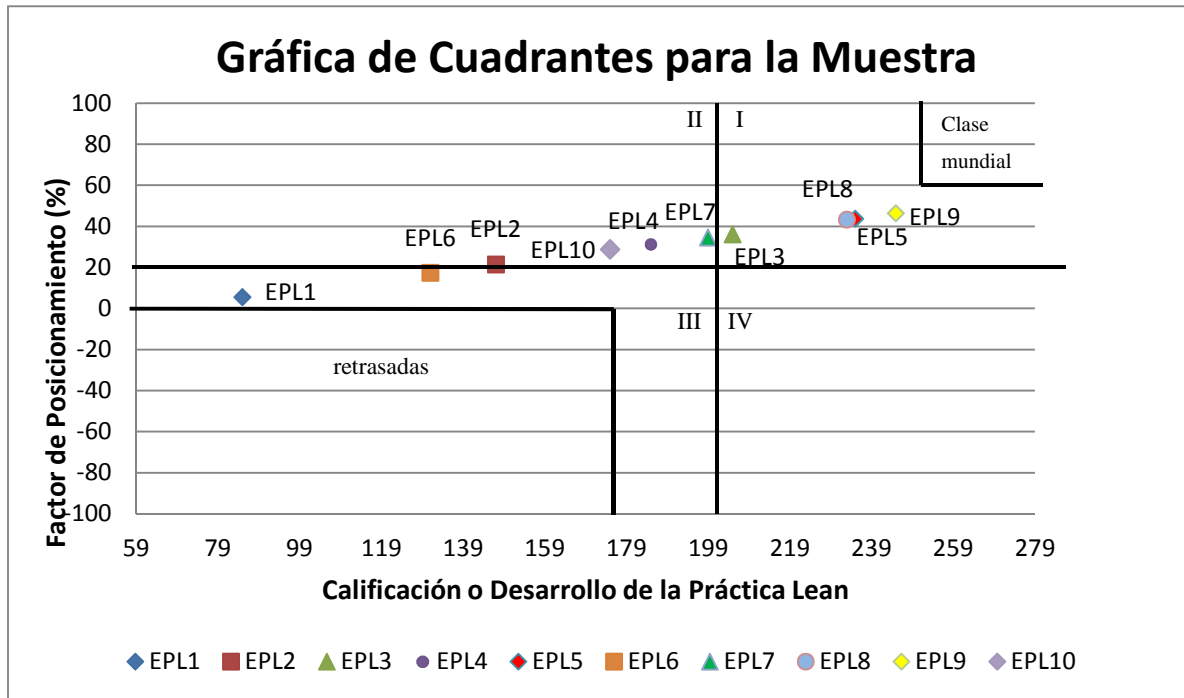


Figura 42. Gráfica de Cuadrantes para la muestra

Fuente: elaboración propia

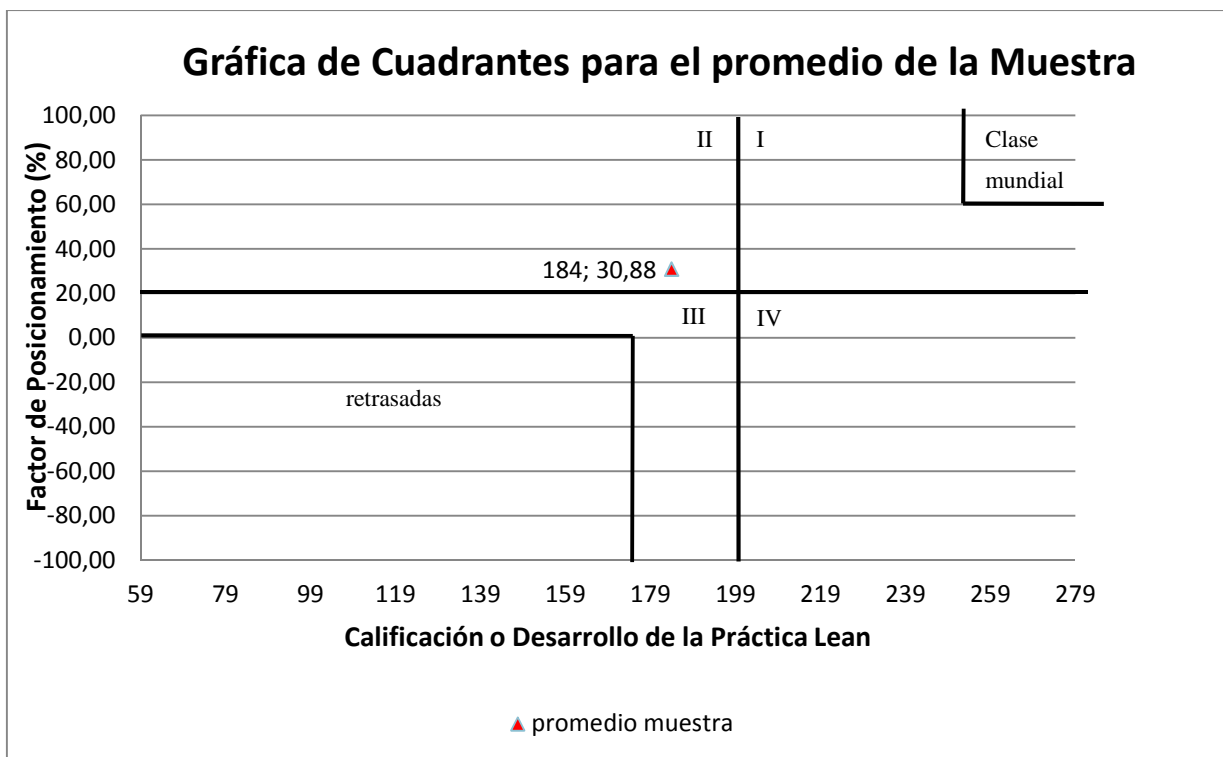


Figura 43. Gráfica de Cuadrantes para el promedio de la muestra

Fuente: elaboración propia

Tabla 15. Categorización EPL de la muestra

Posición	Empresa	Puntaje Lean	Factor de Posicionamiento	Cuadrante	Categoría
1	EPL9	245	46.36	I	Desafiante
2	EPL5	235	43.78	I	Desafiante
3	EPL8	233	43.31	I	Desafiante
4	EPL3	205	36.19	I	Desafiante
5	EPL7	199	34.63	II	Vulnerable
6	EPL4	185	31.19	II	Vulnerable
7	EPL10	175	28.75	II	Vulnerable
8	EPL2	147	21.49	II	Vulnerable
9	EPL6	131	17.41	III	Contrapeso
10	EPL1	85	5.64	III	Contrapeso

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.2.3 Análisis individual de las prácticas Lean objeto de estudio.

Para generar el análisis individual por cada una de las prácticas lean, se utilizará la siguiente escala presentada en la metodología:

Calificación de 1 – 2.9: grado bajo de implementación

Calificación de 3.0 – 4.2: grado medio de implementación

Calificación de 4.3 – 5.0: grado alto de implementación

En la tabla 16 se muestra para cada una de las prácticas lean evaluadas el valor promedio para la muestra estudiada.

**Tabla 16.** *Calificación promedio obtenida por práctica Lean*

<b>PRÁCTICA LEAN</b>	<b>CALIFICACIÓN PROMEDIO OBTENIDA</b>
HEIJUNKA	4.2
5ESES	4.1
VSM	3.4
ADMON	3.3
POKAYOKE	3.1
TPM	3.1
CEP	3.1
SMED	3.0
JIT	2.8
KAIZEN	2.6
FVISUAL	2.4

Fuente: elaboración propia

Para una mejor visualización de estos resultados se presenta la figura 44, en la cual se puede apreciar que las prácticas de Kaizen, Fabrica Visual y Justo a Tiempo (JIT) se encuentran en grado bajo de implementación, además las prácticas de Poka Yoke,

Mantenimiento Productivo Total (TPM), SMED y Control Estadístico de Proceso (CEP) a pesar de estar en grado medio, sus calificaciones están muy cercanas al límite inferior de este rango, lo cual permite inferir que su implementación ha sido muy limitado a pocas áreas de las empresas.

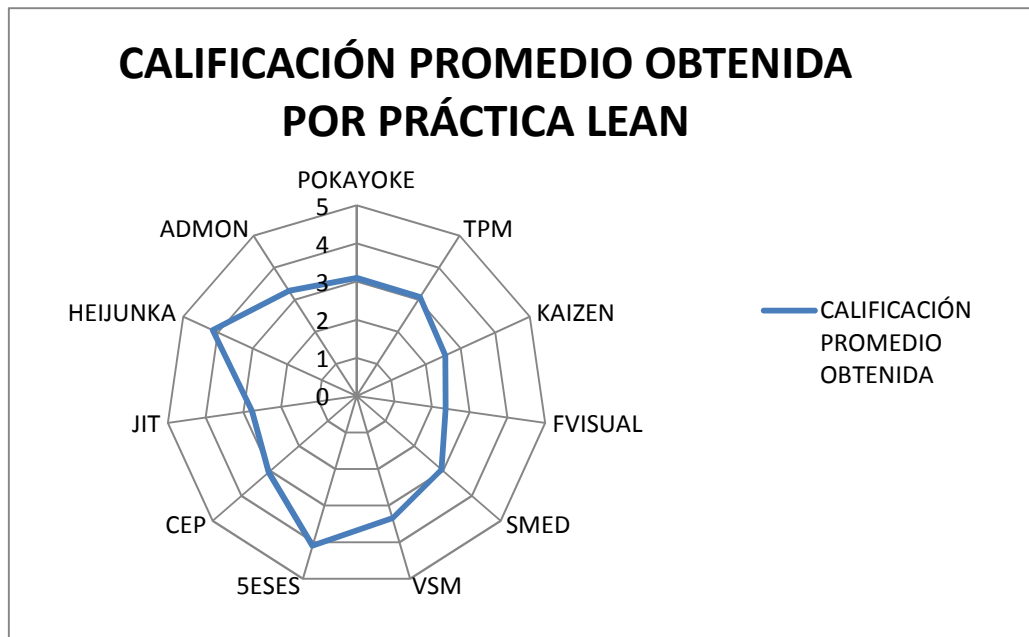


Figura 44. Calificación promedio obtenida por práctica Lean

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4 Descripción por cada factor de la práctica Lean estudiada.

A continuación se hará un análisis por cada uno de los factores que componen las prácticas Lean estudiadas, analizando aquellos que presentan una menor calificación.

##### 8.1.2.4.1 POKA YOKE (Calidad sin defectos).

En la figura 45 se presenta la calificación obtenida por cada uno de los factores estudiados en la práctica Poka Yoke. En este caso el 50% de las variables analizadas se encuentra en grado medio de implementación y el 50% restante en grado bajo, siendo el de menor calificación el relacionado a que en el 80% de las empresas estudiadas no tienen

documentados todos los errores y fallas en todos los procesos productivos además de sus causas, a su vez el 40% de las EPL declara no contar con dispositivos autónomos instalados en las máquinas que eviten la ocurrencia de dichos errores.

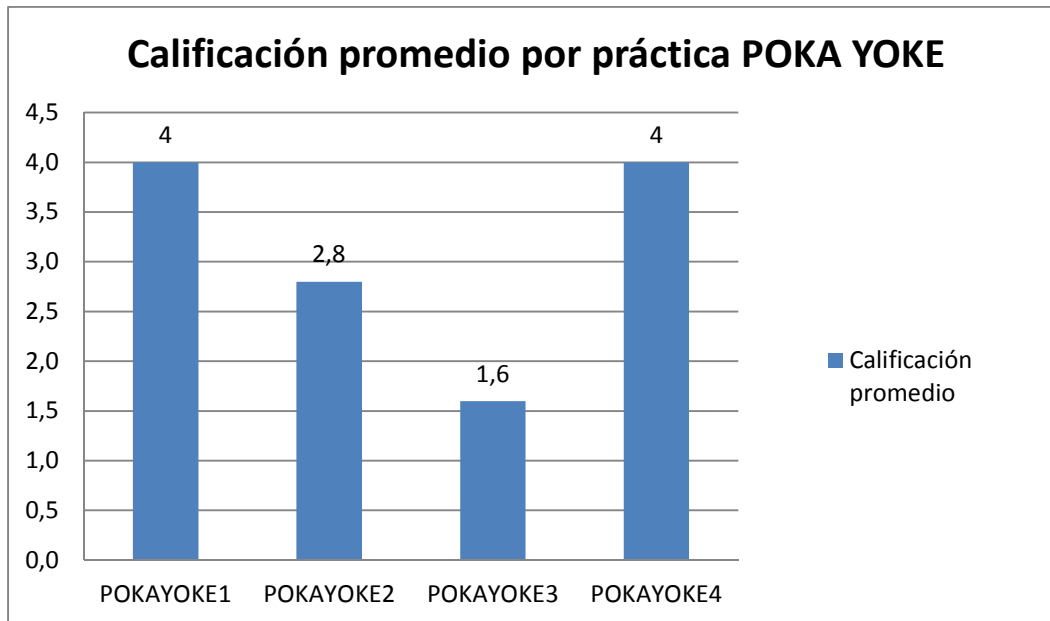
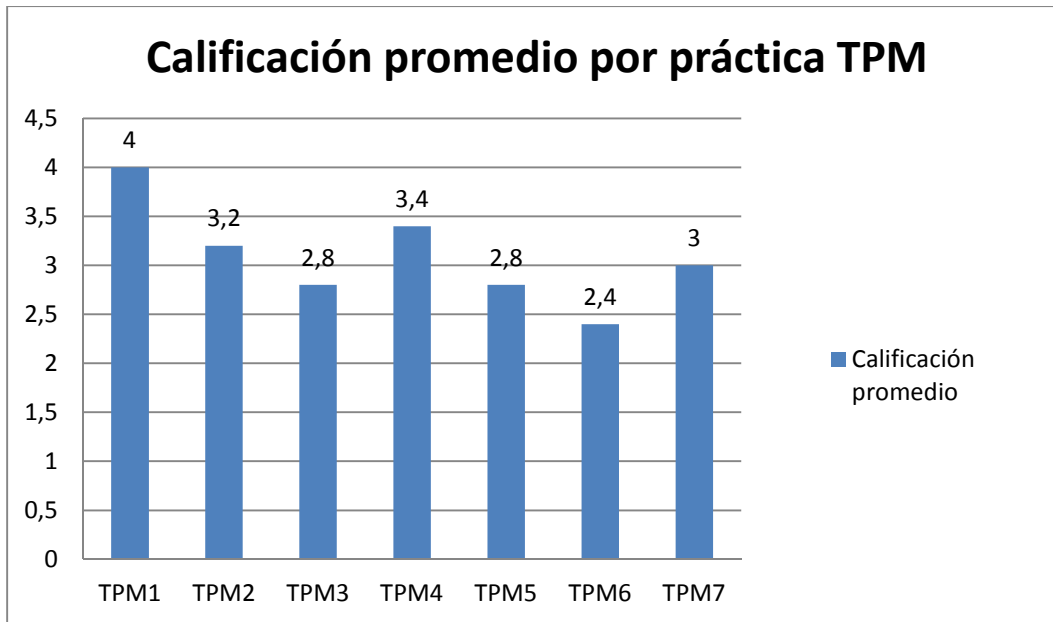


Figura 45. Calificación promedio por práctica POKA YOKE

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

En la figura 46 se presenta la calificación promedio por cada uno de los factores analizados en la práctica TPM. En este caso, el factor asociado a que las EPL adoptan desde su mantenimiento productivo total una actitud enfocada a la calidad donde el “cero defectos es factible” obtiene la menor calificación y está presente en el 60% de las empresas estudiadas, le siguen con igual calificación la estandarización de la gestión de mantenimiento en los centros de trabajo, la cual se verifica y actualiza contantemente y la capacitación a los operarios para que hagan actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas, las cuales se presentan en el 40 y 30% respectivamente de las EPL encuestadas.

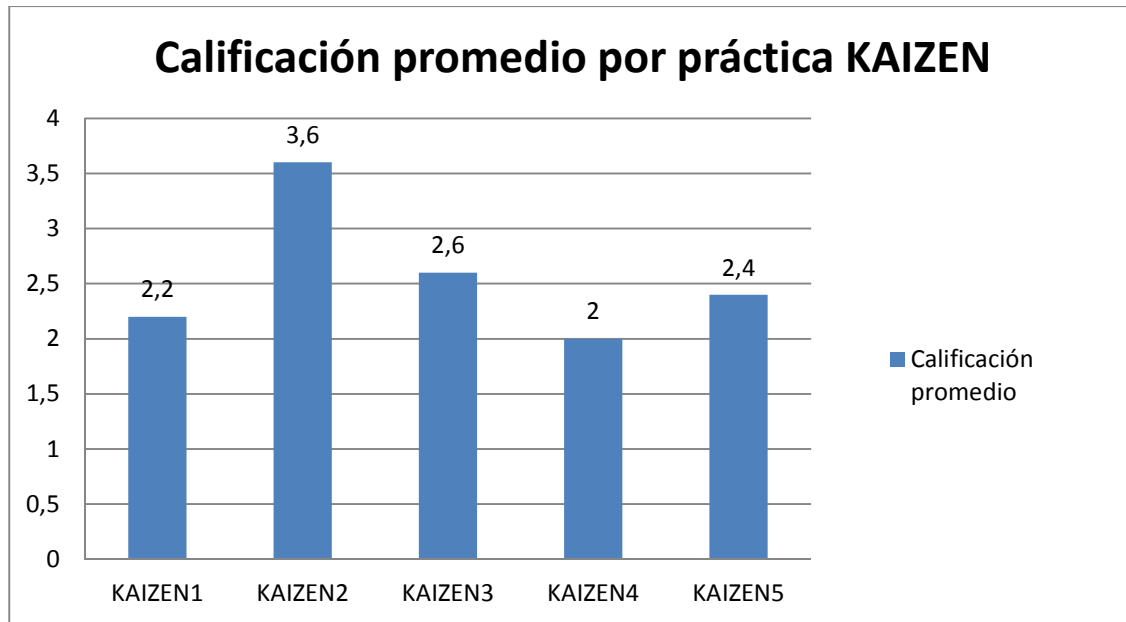


*Figura 46.* Calificación promedio por práctica TPM

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.3 *Mejoramiento Continuo (KAIZEN).*

Se presenta en la figura 47 las calificaciones obtenida para los factores asociadas a la práctica de KAIZEN. En este caso, el 80% de los factores evaluados presentan un bajo grado de implementación, siendo en su orden el número de ideas de mejora recibida anualmente por los trabajadores, no contar con programa de mejoramiento continuo con equipos que se reúnen periódicamente, la baja o nula implementación de las ideas generadas por los trabajadores y no contar con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de los procesos o contar con el pero no se utilizado por los trabajadores.

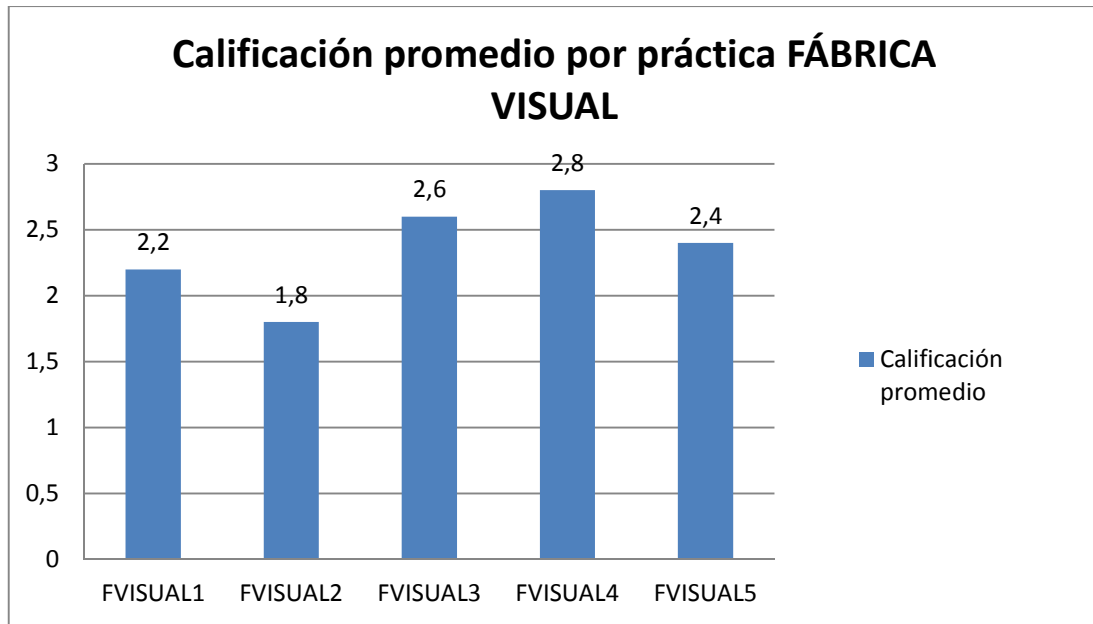


*Figura 47. Calificación promedio por práctica KAIZEN*

Fuente: elaboración propia

#### *8.1.2.4.4 Fabrica Visual (FVISUAL).*

En esta práctica el 100% de los factores evaluadores están en bajo grado de implementación (ver figura 48), siendo el más crítico y presente en el 70% de las empresas encuestadas el asociado a que no se cuenta con indicadores visuales actualizados al alcance y vista de todo el personal, donde se muestre los resultados financieros, de producción, mantenimiento, mejoramiento, seguridad y calidad. Seguido de este factor se presenta que las EPL no cuentan con información visual como mapas, indicadores y estándares que son la base del control de los procesos.

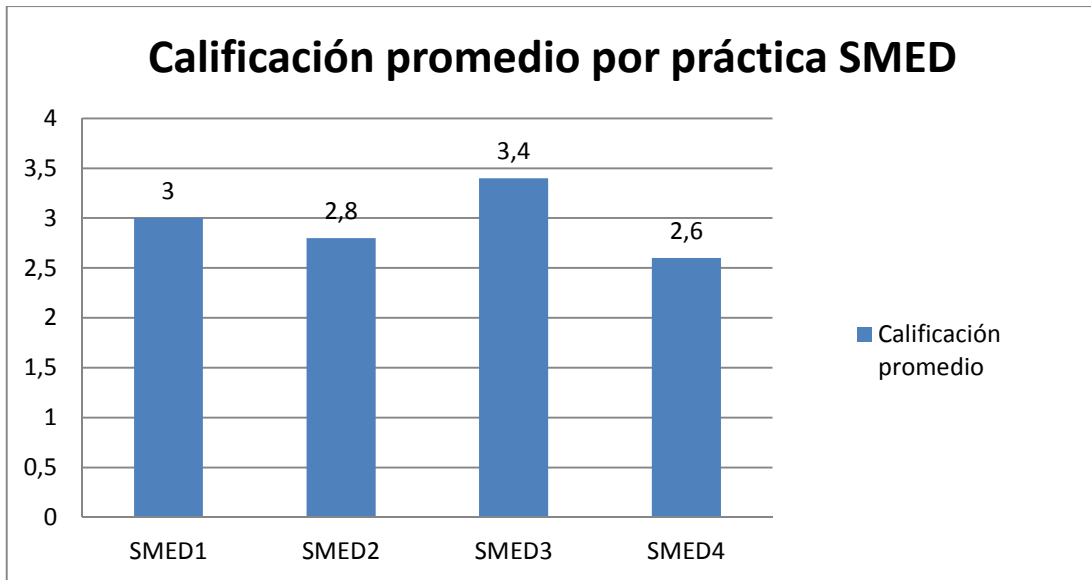


*Figura 48.* Calificación promedio por práctica FABRICA VISUAL

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.5 *Tiempo de alistamiento (SMED).*

La figura 49 muestra la calificación para los factores evaluadores asociados a la práctica de SMED. En esta práctica el 50% de los factores presentan un bajo grado de implementación, los cuales están asociados a que no se cuenta en todos los procesos con dispositivos o mecanismos que ayuden al cambio de todas las referencias, productos o tamaños, así como no contar con equipos, máquinas y operaciones que sean adaptables a los cambios en la demanda.

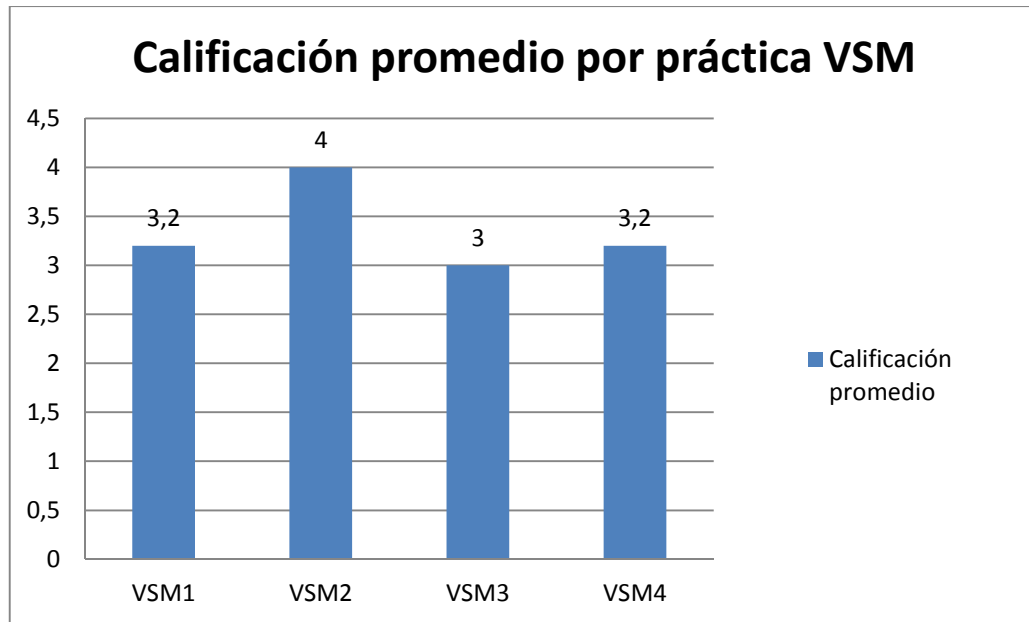


*Figura 49. Calificación promedio por práctica SMED*

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.6 Mapa de la cadena de valor (VSM).

Como se observa en la figura 50, la práctica de VSM tiene el 100% de sus factores en grado medio de implementación, sin embargo, el factor asociado a que las EPL estudiadas cuentan con un estudio de métodos y tiempo en su proceso productivo está en el límite inferior del rango medio, debido a que el 40% de las empresas no cuentan con dicho estudio o cuentan con él pero no es utilizado para la toma de decisiones.

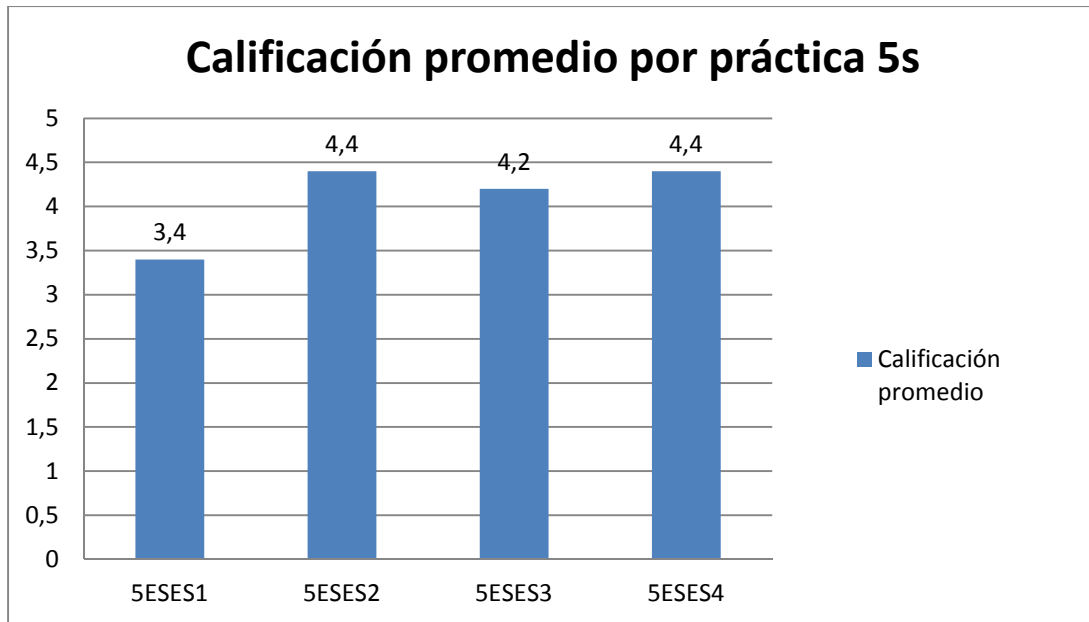


*Figura 50.* Calificación promedio por práctica VSM

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.7 Organización puesto de trabajo (5s).

En la figura 51, se muestra la calificación promedio para los factores asociados a la práctica 5s, en este caso el 75% de los factores estudiados presenta una calificación de alto grado de implementación, solo un factor presenta un grado medio de implementación y es el relacionado al entorno del trabajo que se encuentra inmaculadamente limpio y ordenado, además el ordenamiento y limpieza de los puestos de trabajo, los niveles de ruido, calor y aire están por debajo de los mínimos exigidos por las normas de trabajo. Los resultados anteriores son consistentes con el tipo de empresa evaluada, dado que las mismas deben garantizar las condiciones de limpieza y orden de sus instalaciones para demostrar la inocuidad de los alimentos que producen.

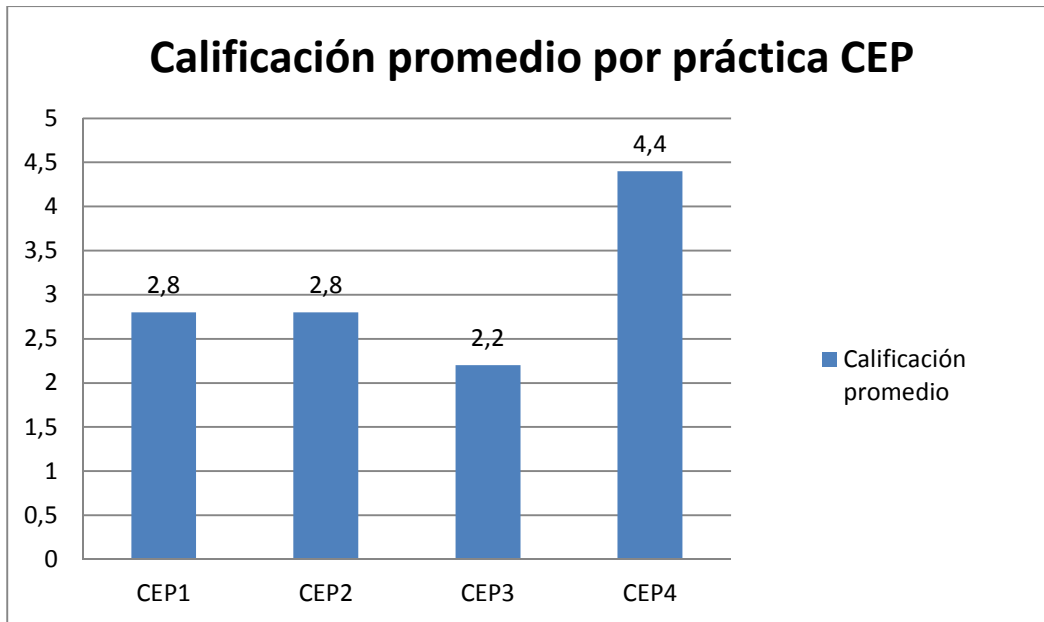


*Figura 51.* Calificación promedio por práctica 5 s

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.8 Control estadístico de procesos (CEP).

Los factores asociados al Control Estadístico del Proceso se muestran en la figura 52. En este caso el 75% de los factores evaluados presentan una calificación baja y solo uno presenta un alto grado de implementación. Los factores más críticos son los relacionados con la certificación de los procesos bajo un Sistema de Gestión de Calidad, ambiental, BPM o HACCP, así como la implementación del control estadístico en los procesos de la empresa y la capacitación constante a los empleados en técnicas y herramientas de solución de problemas.

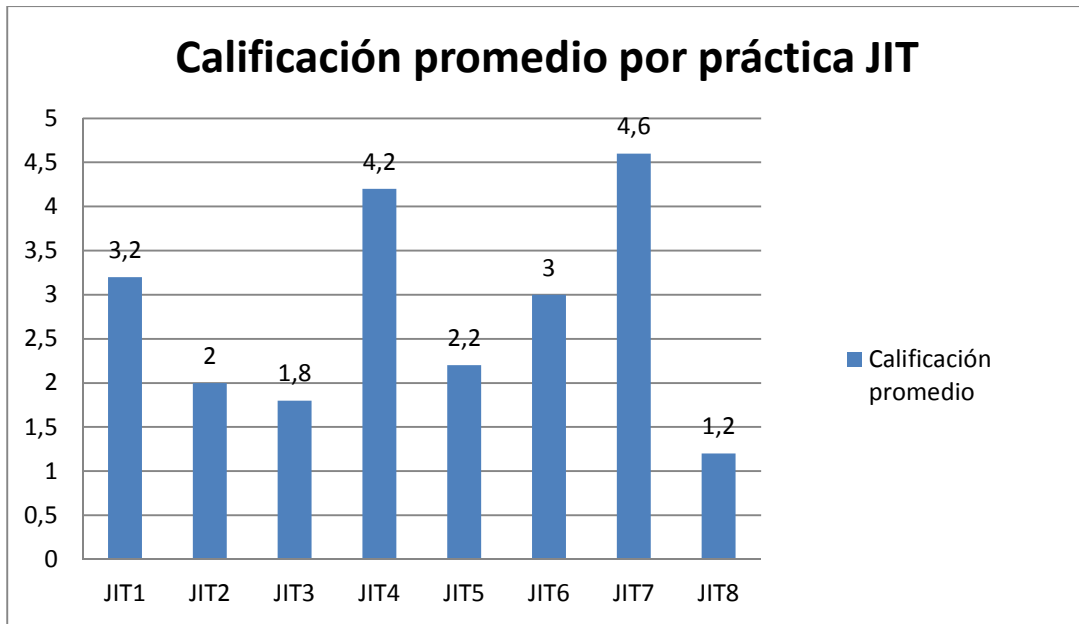


*Figura 52.* Calificación promedio por práctica CEP

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.9 *Justo a Tiempo (JIT).*

En la figura 53, se observa que 4 factores que representan el 50% de los estudiados tienen un bajo grado de implementación, 2 que representan el 25% tienen un grado medio de implementación y el 25% restante un alto grado de implementación. Los factores más críticos en su orden son los siguientes: las línea de producción de la empresa se controla mediante tarjetas para los requerimientos tanto para transporte como para producción, la comunicación con los clientes y los proveedores no se realiza de forma electrónica y no se tienen establecidos sistemas visuales o tarjetas con información para realizar reabastecimiento de materia prima o insumos requeridos en las estaciones de trabajo.

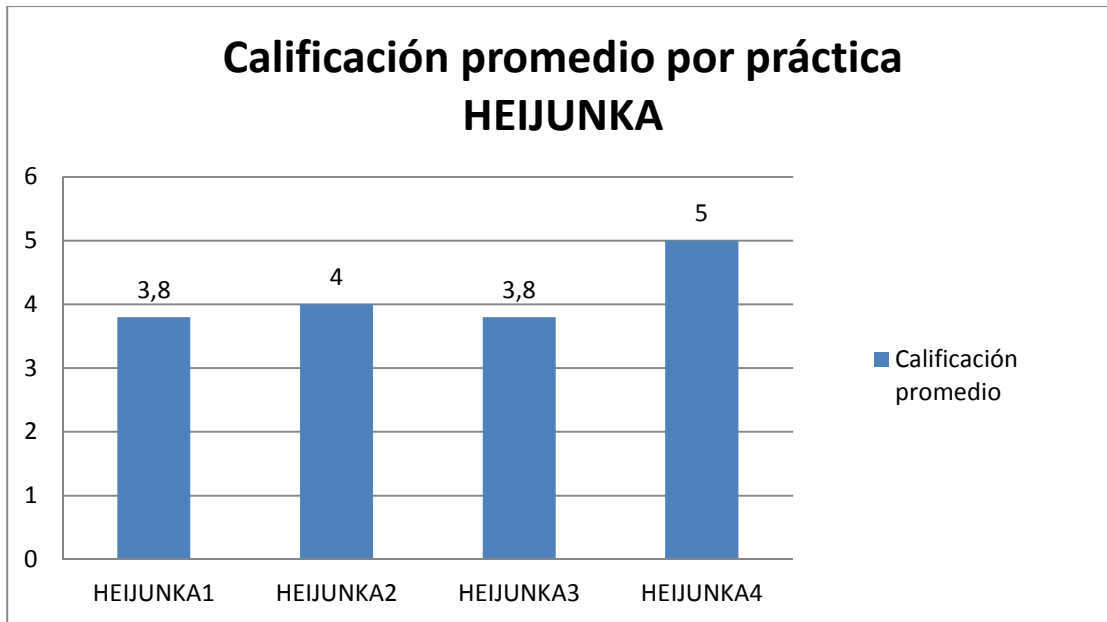


*Figura 53.* Calificación promedio por práctica JIT

Fuente: elaboración propia

#### *8.1.2.4.10 Producción nivelada (HEIJUNKA).*

En esta práctica el 50% de los factores estudiados presenta un grado medio de implementación y el restante 50% un grado alto de implementación (ver figura 54). Aquellos factores que presentan una calificación menor son aquellos relacionados a los tiempos de producción de un lote se mantienen constantes teniendo en cuenta los cambios en la demanda y contar con capacidad de producir más de una referencia dentro de un lote de producción.



*Figura 54.* Calificación promedio por práctica JIT

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.4.11 Administración (ADMÓN).

En relación al factor de administración, el cual es transversal a las demás prácticas estudiadas, las empresas tienen un bajo grado de implementación en 3 de ellos, lo que representa el 30% de los factores estudiados y un grado medio en los restantes 7 que representan el 70% restante (ver figura 55). Los factores que poseen más debilidad son aquellos relacionados al conocimiento que tienen las empresas del tema de manufactura esbelta o producción sin desperdicios, la poca capacitación o entrenamiento a los empleados en temas de producción sin desperdicios y la autorización que tienen estos para tomar acciones en sus puestos de trabajo que propendan por la eliminación o reducción de los desperdicios.



*Figura 55.* Calificación promedio por factor ADMINISTRACIÓN

Fuente: elaboración propia

#### ***8.1.2.5 Análisis de la muestra por Cuadrantes.***

Una vez realizado el análisis por cada uno de los factores asociados a las prácticas lean, se presenta en análisis por grupos de empresas de acuerdo a su ubicación en cada uno de los 4 cuadrantes relacionados en la metodología. Para este caso y según se muestra en la tabla 15, 4 empresas procesadoras de leche se ubican en el cuadrante I – Desafiante, 4 en el cuadrante II – Vulnerables y 2 en el cuadrante III – contrapeso, cabe mencionar que ninguna empresa se ubica en el cuadrante IV – promisorias ni en los rangos adicionales de retrasadas y clase mundial. En este caso, se presenta para las empresas del cuadrante I los factores que mejor puntuación obtienen y para los demás cuadrantes los que menor puntuación obtienen, toda vez que se debe establecer los factores claves en lo que las empresas ubicadas en los cuadrantes II y III deben mejorar para poder ascender al cuadrante I.

### 8.1.2.5.1 Análisis para el cuadrante I.

Las empresas procesadoras de leche ubicadas en el cuadrante I corresponden a las EPL3, EPL5, EPL8 y EPL9, que representan el 40% de la muestra estudiada. De estas empresas el 75% corresponden a microempresas y el 25% restante es una pequeña empresa. La calificación promedio obtenida por estas empresas en cada una de las prácticas estudiadas se presenta en la tabla 17, de igual forma estos resultados se muestran en un gráfico de radar en la figura 56, donde se evidencia que las prácticas de VSM, 5s, Control estadístico de Procesos (CEP), Heijunka y el factor de Administración presentan un alto grado de implementación, las prácticas de Poka Yoke, Kaizen, SMED, Justo a Tiempo (JIT) un grado medio de implementación y solo la práctica de Fabrica visual un grado bajo de implementación.

**Tabla 17.** Calificación promedio por práctica lean para EPL del cuadrante I

<b>práctica lean</b>	<b>Calificación promedio obtenida</b>
VSM	4,6
HEIJUNKA	4,6
5SESES	4,4
CEP	4,4
ADMON	4,4
TPM	4,1
POKA YOKE	3,9
SMED	3,9
KAIZEN	3,7
JIT	3,1
FVISUAL	2,2

Fuente: elaboración propia

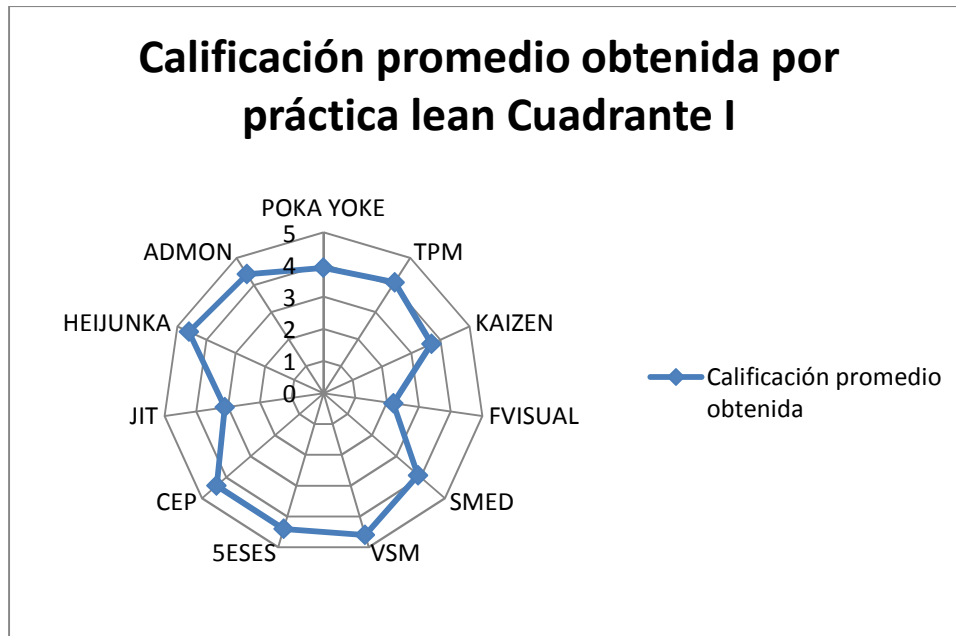


Figura 56. Calificación promedio por práctica lean empresas cuadrante I

Fuente: elaboración propia

Profundizando en cada uno de los factores asociados a las prácticas lean estudiadas y que presentan un grado alto de implementación, se identifican los factores que en mayor grado de implementación permiten posicionar a estas empresas en el cuadrante I – desafiantes (ver tabla 18).

**Tabla 18.** Factores sobresalientes de las prácticas Lean Cuadrante I

Práctica lean	Factor evaluado	Calificación promedio
VSM2	Existe un sistema de comunicación efectivo, desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.	5
VSM4	Se ha identificado las actividades u operaciones que agregan valor al producto.	5
CEP4	Se conoce el porcentaje de producto defectuoso al final del ciclo de producción.	5
HEIJUNKA1	Los tiempos de producción de un lote permanecen constantes, teniendo en cuenta los cambios en la	5

---

	demanda.	
HEIJUNKA2	El personal del área de producción es polivalente (está capacitado para realizar más de una actividad dentro del proceso productivo).	5
HEIJUNKA4	Se tiene capacidad de producir en lotes pequeños para mejorar la respuesta de los proveedores y hacia los clientes.	5
ADMON2	La estructura organizacional facilita la comunicación y acceso entre la alta dirección y la parte operativa.	5
ADMON6	Para la toma de decisiones, a nivel gerencial, se consulta a los colaboradores más cercanos, y se les involucra para plantear propuestas para el logro de objetivos.	5
ADMON10	Se tiene conocimiento de su entorno (competidores, tendencias, tecnología, comportamiento de la demanda, etc.). Toma decisiones con esta información.	5
VSM1	Se tiene estandarizados y documentados, todos sus procesos desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.	4,5
5S2	Se tienen listas de chequeo para la clasificación, limpieza y orden en el puesto de trabajo, las cuales se aplican diariamente.	4,5
5S3	Se implementan acciones para la clasificación, limpieza y orden, en el puesto de trabajo, como filosofía de trabajo, diariamente.	4,5
5S4	Se cuenta con mecanismos, herramientas, equipos, que facilitan las labores de clasificación, limpieza y orden.	4,5
CEP2	Los empleados son capacitados de forma constante, en técnicas y herramientas de solución de problemas.	4,5
ADMON3	Se realiza para el personal capacitación en los temas de	4,5

---

	producción sin desperdicio.	
ADMON8	Se tiene establecido cuál es su misión, visión, objetivos estratégicos y operacionales.	4,5

Fuente: Elaboración propia

#### 8.1.2.5.2 *Análisis para el cuadrante II.*

El cuadrante II – Vulnerable está conformado al igual que el cuadrante I por 4 empresas procesadoras de leche: EPL2, EPL4, EPL7 y EPL10 que representan el 40% de la muestra estudiada. Las empresas de este cuadrante están representadas por: 1 microempresa, 2 pequeñas empresas y 1 mediana empresa. La calificación promedio para las prácticas lean estudiadas se muestran en la tabla 19 y gráficamente en la figura 57, donde se evidencia que las prácticas que menores calificaciones promedio y un bajo grado de implementación son: Poka Yoke, TPM, Kaizen y Control Estadístico de Proceso.

**Tabla 19.** *Calificación promedio por práctica lean para EPL del cuadrante II*

<b>práctica lean</b>	<b>Calificación promedio obtenida</b>
HEIJUNKA	4
5S	3,5
FVISUAL	3,1
ADMON	3,1
SMED	3
VSM	3
JIT	3
TPM	2,9
POKA YOKE	2,8
CEP	2,5
KAIZEN	2,2

Fuente: elaboración propia

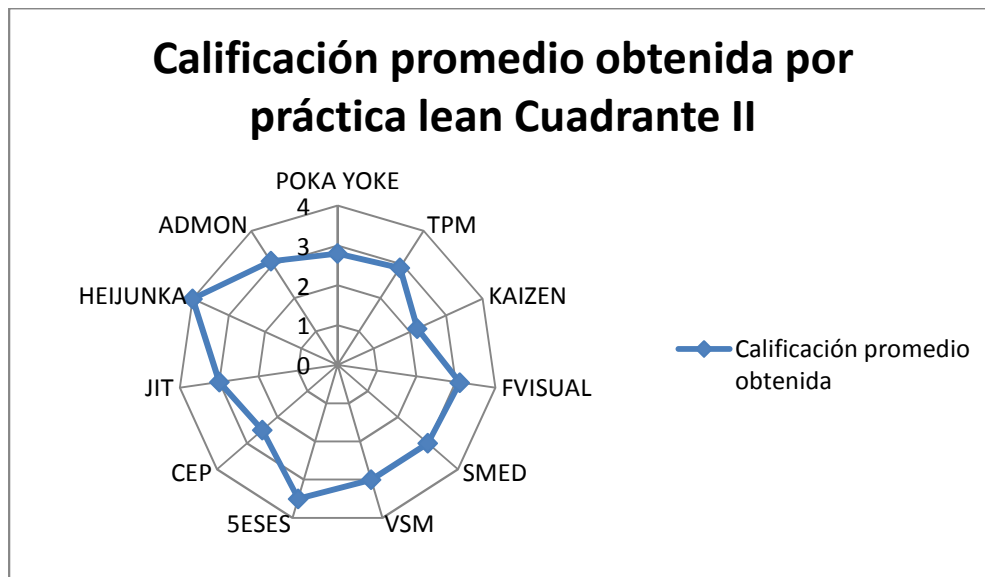


Figura 57. Calificación promedio por práctica lean empresas cuadrante II

Fuente: elaboración propia

Profundizando en los factores asociados a las prácticas identificadas como de bajo grado de implementación se presenta la tabla 20.

**Tabla 20.** Factores críticos de las prácticas Lean Cuadrante II

Práctica lean	Factor evaluado	Calificación promedio
POKAYOKE2	No se tienen instalados en sus procesos y máquinas dispositivos que evitan la ocurrencia de errores en la fabricación, de manera autónoma.	2,5
TPM3	No se tiene estandarizada la gestión de mantenimiento en sus centros de trabajo, los cuales verifica y actualiza constantemente	2,5
TPM5	No se tienen operarios capacitados en realizar actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas para que esta no genere producción defectuosa.	2,5

---

CEP1	No se tiene implementado el control estadístico de calidad en sus procesos.	2,5
KAIZEN1	No se desarrollan programas de mejoramiento continuo y cuenta con varios equipos, en todas las áreas los cuales realizan reuniones mínimo semanalmente para la mejora de sus procesos productivos.	2
KAIZEN3	No se cuenta con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de sus procesos y productos. Todos los empleados participan, activamente, en este programa.	2
CEP2	Los empleados no son capacitados de forma constante, en técnicas y herramientas de solución de problemas.	2
KAIZEN4	No se sabe cuántas ideas de mejora se reciben por trabajador anualmente.	1,5
KAIZEN5	No se conoce el porcentaje de implementación de las ideas de mejora o sugerencias aportadas por los operarios.	1,5
POKAYOKE3	No se tienen documentados los errores y fallas, que se presentan en todos los procesos productivos, y sus causas.	1
TPM6	No se adopta alguna actitud desde su mantenimiento productivo total, enfocado en la calidad, en el que establezca condiciones en el equipo en un punto donde el "cero defecto" es factible reduciendo la variabilidad en las piezas.	1
CEP3	No están certificadas en Sistema de Gestión de Calidad, ambiental, BPM, HACCP o algún otro sistema.	1

---

Fuente: elaboración propia

### 8.1.2.5.3 Análisis para el cuadrante III.

El cuadrante III – Contrapeso está conformado por el 20% restante de la muestra estudiada, es decir, las empresas procesadoras de leche EPL1 y EPL6. Las empresas de este cuadrante están representadas por 1 microempresa y 1 pequeña empresa. La calificación promedio para las prácticas lean para las empresas de este cuadrante se muestran en la tabla 21 y en un gráfico de radar en la figura 58, evidenciando que las prácticas con mayores debilidades en su implementación son: Poka Yoke, TPM, Kaizen, Fabrica Visual, SMED, VSM, Control Estadístico de Proceso, Justo a Tiempo y el factor de administración, es decir, que el 81,81% de las prácticas lean están en un grado bajo de implementación.

**Tabla 21.** *Calificación promedio por práctica lean para EPL del cuadrante III*

<b>práctica lean</b>	<b>Calificación promedio obtenida</b>
5S	4,8
HEIJUNKA	3,5
POKA YOKE	2,3
JIT	1,8
VSM	1,5
CEP	1,5
ADMON	1,5
TPM	1,4
FVISUAL	1,2
KAIZEN	1
SMED	1

Fuente: elaboración propia

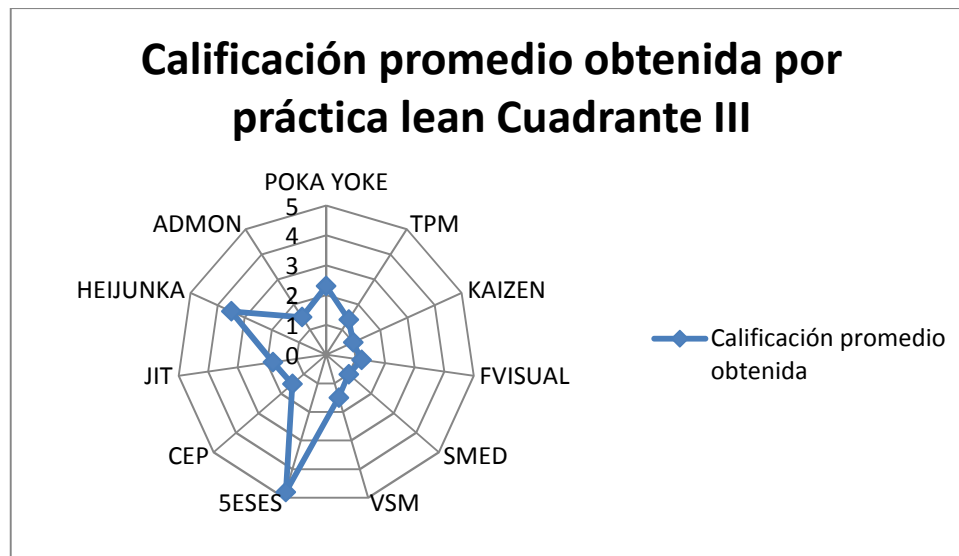


Figura 58. Calificación promedio por práctica lean empresas cuadrante III

Fuente: elaboración propia

Profundizando en los factores asociados a las prácticas lean que reportan un bajo grado de implementación se presenta la tabla 22.

**Tabla 22.** Factores críticos de las prácticas Lean Cuadrante III

Práctica lean	Factor evaluado	Calificación promedio
POKA YOKE2	No se tienen instalados en sus procesos y máquinas dispositivos que evitan la ocurrencia de errores en la fabricación, de manera autónoma.	2
TPM1	Los empleados no son capacitados de forma constante en mantenimiento productivo total.	2
TPM2	No se controla la gestión de mantenimiento con indicadores, diariamente en las áreas o centros de trabajo.	2
TPM5	No se tienen operarios capacitados en realizar actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas para que esta no genere producción	2

---

	defectuosa.	
FVISUAL5	No se tienen establecidos controles visuales o de información para el resurtido de los inventarios de materia prima o insumos.	2
VSM1	No se tienen estandarizados y documentados, todos sus procesos desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.	2
VSM4	No se ha identificado las actividades u operaciones que agregan valor al producto.	2
JIT1	Los proveedores de la empresa no están certificados y no son de absoluta confianza en la entrega de sus productos, o en la prestación de su servicio.	2
JIT2	El intercambio de información que se realiza con los proveedores no es realizado vía electrónica.	2
ADMON7	Los puestos de trabajo, no están diseñados ergonómicamente y ofrecen al empleado seguridad para realizar sus labores.	2
POKA YOKE3	No se tienen documentados los errores y fallas, que se presentan en todos los procesos productivos, y sus causas.	1
TPM3	No se tiene estandarizada la gestión de mantenimiento en sus centros de trabajo, los cuales verifican y actualiza constantemente.	1
TPM4	No se tiene actividades de mantenimiento preventivo, predictivo (se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación), correctivo o un programa formal de mantenimiento productivo total orientadas a la eliminación de averías.	1
TPM6	No se adopta alguna actitud desde su mantenimiento	1

---

---

	<p>productivo total, enfocado en la calidad, en el que establezca condiciones en el equipo en un punto donde el "cero defecto" es factible reduciendo la variabilidad en las piezas.</p>	
TPM7	<p>No se tiene en sus departamentos de apoyo un lineamiento de eliminación de pérdidas en los procesos administrativos y eficiencia, en cuanto a, participación de sus miembros, productividad, el mantenimiento y búsqueda de clientes.</p>	1
KAIZEN1	<p>No se desarrolla programas de mejoramiento continuo y cuenta con varios equipos, en todas las áreas los cuales realizan reuniones mínimo semanalmente para la mejora de sus procesos productivos.</p>	1
KAIZEN2	<p>No se tienen planes de motivación y compensación, tanto económicos y materiales, para las ideas y sugerencias de mejoramiento, más rentables.</p>	1
KAIZEN3	<p>No se cuenta con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de sus procesos y productos. Todos los empleados participan, activamente, en este programa.</p>	1
KAIZEN4	<p>No se sabe cuántas ideas de mejora se reciben por trabajador anualmente.</p>	1
KAIZEN5	<p>No se conoce cuál es el porcentaje de implementación de las ideas de mejora o sugerencias aportadas por los operarios.</p>	1
FVISUAL1	<p>No se cuenta con información visual que emplee técnicas llamativas como: mapas, colores, etiquetas, indicadores de límites, marcas, luces y símbolos; que le permita ahorrar tiempo y esfuerzo para reducir anomalías.</p>	1

---

---

FVISUAL2	No se tienen indicadores visuales actualizados al alcance y vista del personal, en los cuales se presentan los resultados financieros, de producción, de mantenimiento, de mejoramiento, de seguridad y de calidad.	1
FVISUAL3	Los indicadores visuales no son la base del control de gestión que se realiza en la organización.	1
FVISUAL4	No se tienen actualizados los estándares de sus procesos (equipos, insumos, método de producción, lugar de proceso) y productos, a la vista de los operadores.	1
SMED1	No se conoce y mide periódicamente los tiempos de cambio, de todas las referencias. Toma decisiones con base en estos tiempos.	1
SMED2	No se tienen equipos, máquinas y operaciones adaptables a los cambios de la demanda.	1
SMED3	No se han implementado mejoras en cuanto la disposición del área de trabajo y capacitación de los empleados, para la disminución del tiempo de alistamiento.	1
SMED4	No se tienen dispositivos o mecanismos que facilitan el cambio de todas las referencias, producto o tamaño.	1
VSM2	No existe un sistema de comunicación efectivo, desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.	1
VSM3	No se cuenta con un estudio de métodos y tiempo en su proceso productivo.	1
CEP1	No se tiene implementado el control estadístico de calidad en sus procesos.	1
CEP2	Los empleados no son capacitados de forma constante, en técnicas y herramientas de solución de	1

---

---

	problemas.	
CEP3	La empresa no está certificada en Sistema de Gestión de Calidad, ambiental, BPM, HACCP o algún otro sistema.	1
JIT3	La comunicación con los clientes no es realizada de forma electrónica.	1
JIT5	No se tienen establecidos sistemas visuales o tarjetas con información para realizar el reabastecimiento de materia prima o insumos requeridos en las estaciones de trabajo del proceso de producción.	1
JIT6	No se realiza balanceo de líneas para la asignación de sus productos a sus trabajadores y máquinas.	1
JIT8	Las líneas de producción de la empresa no se controlan por medio del uso de tarjetas con los requerimientos tanto para el transporte como para la producción.	1
ADMON1	No se tiene conocimiento de manufactura esbelta o sin desperdicio, sus técnicas y herramientas.	1
ADMON2	La estructura organizacional no facilita la comunicación y acceso entre la alta dirección y la parte operativa.	1
ADMON3	La empresa no realiza para el personal capacitación en los temas de producción sin desperdicio.	1
ADMON4	Los empleados no han sido capacitados, entrenados y están autorizados para tomar decisiones en su puesto de trabajo, que favorezcan la eliminación y/o minimización de desperdicios, en el proceso. Son autónomos y pueden detener la planta.	1
ADMON5	No se evalúa el costo de los desperdicios.	1
ADMON6	Para la toma de decisiones, a nivel gerencial, no se consulta a los colaboradores más cercanos, y se les	1

---

	involucra para plantear propuestas para el logro de objetivos.	
ADMON10	No se tiene conocimiento de su entorno (competidores, tendencias, tecnología, comportamiento de la demanda, etc.). Toma decisiones con esta información.	1

Fuente: elaboración propia

#### 8.1.2.5.4 Comparativo entre Cuadrantes.

Una vez realizado el análisis de las empresas pertenecientes a la muestra por cada uno de los cuadrantes en los cuales se ubicaban, se presenta en la tabla 23 el comparativo de la nota promedio para cada una de las prácticas Lean estudiadas para los cuadrantes I, II y III. Estos resultados se presentan gráficamente en la figura 59.

**Tabla 23.** Comparativo calificación promedio por Práctica lean Cuadrante I, II y III

práctica lean	Calificación promedio obtenida Cuadrante I	Calificación promedio obtenida Cuadrante II	Calificación promedio obtenida Cuadrante III
POKA YOKE	3,9	2,8	2,3
TPM	4,1	2,9	1,4
KAIZEN	3,7	2,2	1
FVISUAL	2,2	3,1	1,2
SMED	3,9	3	1
VSM	4,6	3	1,5
5S	4,4	3,5	4,8
CEP	4,4	2,5	1,5
JIT	3,1	3	1,8
HEIJUNKA	4,6	4	3,5
ADMON	4,4	3,1	1,5

Fuente: elaboración propia

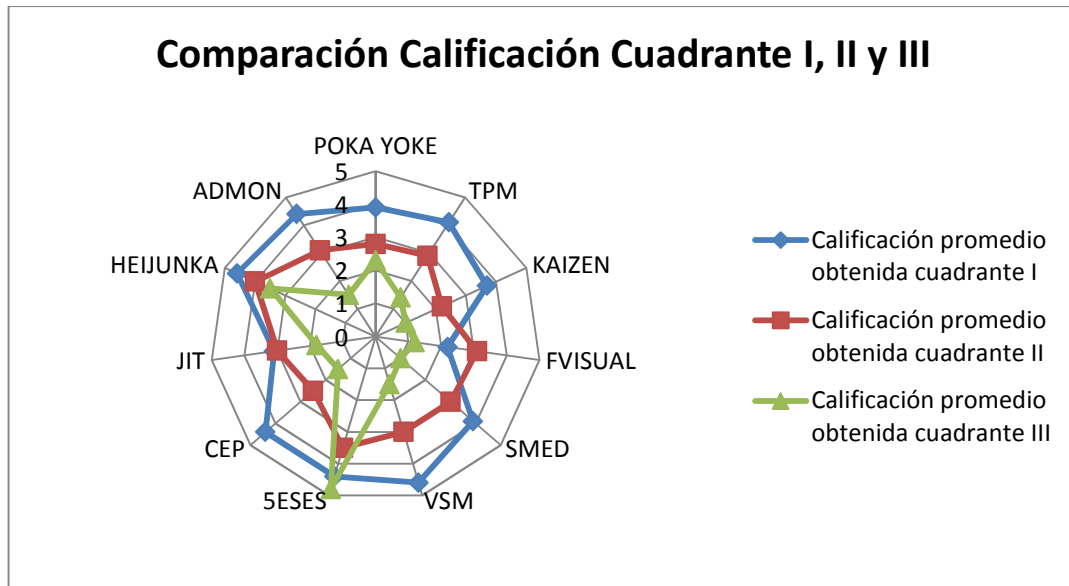


Figura 59. Comparativo calificación promedio por Práctica lean Cuadrante I, II y III

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 23 y la figura 59, en todas las prácticas Lean estudiadas salvo en 5s entre cuadrante I y III y Fabrica Visual entre cuadrante I y II, en los demás casos las empresas procesadoras de leche ubicadas en el cuadrante I – Desafiante tienen mejores notas promedio en los factores asociados a estas prácticas, lo anterior permitirá establecer recomendaciones de mejora derivadas de las prácticas que posean mayores diferencias, dado que al lograr una mayor puntuación en las mismas se generará el mejoramiento en la ubicación de los cuadrantes establecidos.

### 8.1.3 Recomendaciones de mejora en la implementación de prácticas lean en las Empresas Procesadoras de Leche

Derivado de los análisis de los apartados anteriores donde se identifican los factores asociados a las prácticas Lean sobresalientes para el cuadrante I y críticos para el cuadrante II y III se presenta en la figura 60, la ruta de mejoramiento que deberían seguir las empresas procesadoras de leche. La ruta está determinada para que las empresas ubicadas en el cuadrante III puedan subir al cuadrante II y de este al cuadrante I y por último a la categoría

de clase mundial que debería ser el fin último de las organizaciones, al ser competitivas a nivel no solo local, regional, nacional sino internacional.

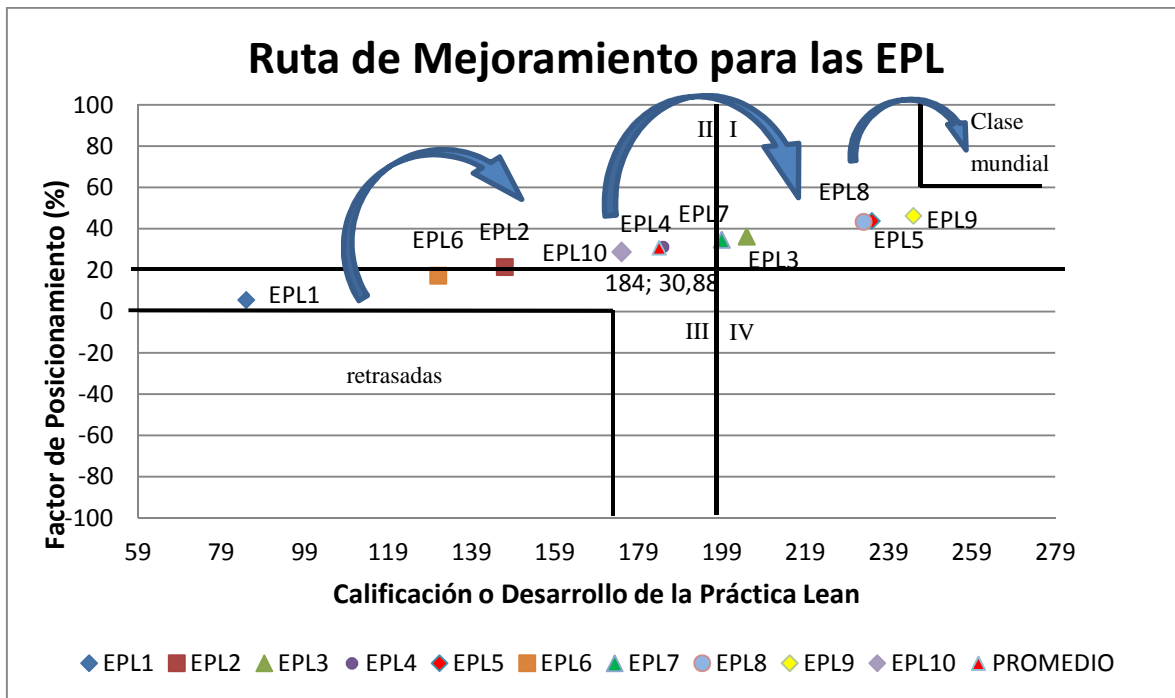


Figura 60. Ruta de mejoramiento para las EPL

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con las prácticas identificadas como de bajo grado de implementación en la tabla 22 para las EPL ubicadas en el cuadrante III – Contrapeso, se muestra en la tabla 24 las acciones de mejora propuestas para estas prácticas, que permitan que estas empresas puedan salir de este cuadrante y migrar hacia cuadrantes superiores como el II o el I.

**Tabla 24.** Acciones de mejora para las EPL ubicadas en el cuadrante III – Contrapeso

Práctica Lean	Acción de mejora propuesta
POKAYOKE	Documentar los errores y fallos que se presentan en el proceso productivo e identificar sus causas. Establecer en los procesos productivos o las máquinas dispositivos automáticos que permitan detectar y evitar que los errores identificados se presenten.

---

TPM	<p>Establecer un plan de mantenimiento para toda la maquinaria y equipos, el cual incluya actividades de mantenimiento preventivo según sea el caso, el cual se ejecute de manera periódica y se controle mediante indicadores con metas y responsables asignados.</p> <p>Capacitar a todo el personal para que sea capaz de realizar actuaciones sencillas de mantenimiento en la maquinaria, con el fin de evitar que los paros por fallas afecten la programación de producción.</p>
KAIZEN	<p>Establecer un programa de mejoramiento continuo que involucre a toda la empresa y que tengan una fase de recepción, evaluación e implementación de las ideas viables. Este programa debe tener asociado un plan de motivación tanto por la generación de las ideas de mejora como por la implementación de las mismas, que permita que los empleados continúen participando del mismo en beneficio de la empresa.</p>
FVISUAL	<p>Establecer los estándares e indicadores del proceso productivo en cuanto a los equipos y los productos.</p> <p>Establecer los indicadores de gestión de la empresa en materia financiera, de mercadeo, mantenimiento y demás áreas que manejen.</p> <p>Designar un área de la empresa de fácil acceso y a la vista de todos los empleados donde se publiquen en tiempo real los resultados de los indicadores establecidos utilizando colores, figuras llamativas, lo que permitirá tomar decisiones más oportunas para lograr las metas propuestas.</p> <p>Establecer un sistema de tarjetas (kanban) que facilite el resurtido de materia prima o insumos.</p>

---

---

SMED	<p>Establecer un estudio de métodos y tiempos haciendo énfasis en el tiempo para cambio de referencias.</p> <p>Establecer células de producción con equipos que puedan variar el volumen de producción que permitan responder más fácilmente a los cambios de la demanda.</p>
VSM	<p>Documentar todos los procesos tanto de producción como administrativos de las empresas, que permita soportar un proceso de certificación.</p> <p>Establecer un sistema de comunicación mediante intercambio electrónico de datos (EDI) desde los proveedores hasta el cliente final.</p>
CEP	<p>Establecer un sistema de control estadístico del proceso, en el cual se determine los valores de control del proceso y del producto, así como los márgenes de tolerancia permitidos que permitan asegurar la calidad del producto.</p> <p>Capacitar a todos los empleados en técnicas de análisis y resolución de problemas, que permitan intervenir los problemas presentados a causa de desviaciones en los parámetros de control.</p>
JIT	<p>Establecer un programa de planeación y programación de producción basado en los pedidos de los clientes que permita balancear tanto las líneas de producción como los operarios asociados a las mismas para evitar sobrecargas.</p> <p>Iniciar un proceso de certificación de proveedores que asegure las condiciones de calidad, cantidad y tiempo en las entregas de los mismos.</p>

---

ADMON	<p>Capacitar a todo el personal en temas de manufactura esbelta y las herramientas y prácticas que la componen.</p> <p>Establecer canales de comunicación más ágiles entre la parte administrativa y de producción, así como involucrar a los distintos actores en la toma de decisiones.</p> <p>Empoderar a los distintos empleados en la toma de decisiones en sus puestos de trabajo, que permitan que estos paren la producción cuando detecten que la calidad del producto se ve afectada.</p> <p>Evaluar los costos de producción y de desperdicios asociados al proceso productivo, lo cual permitirá tomar medidas para la reducción de los mismos.</p> <p>Evaluar los puestos de trabajo para determinar las condiciones de ergonomía y seguridad de los mismos y tomar las acciones necesarias para el mejoramiento de estos.</p> <p>Realizar de manera permanente un estudio del entorno que incluya clientes, proveedores, competidores, tecnología y otras variables en el que opera la empresa, con el fin de tomar a tiempo las decisiones que permitan el sostenimiento y la competitividad de la empresa en el mercado.</p>
-------	--

Fuente: elaboración propia

Siguiendo con la ruta de mejoramiento propuesta, se presenta en la tabla 25 las acciones de mejora propuestas para las empresas ubicadas en el Cuadrante II – Vulnerables, las cuales permitirán que estas mejoren las prácticas Lean más débiles y puedan aumentar su posición al cuadrante I o empresas de clase mundial.

**Tabla 25.** *Acciones de mejora para las EPL ubicadas en el cuadrante II – Vulnerables*

<b>Práctica Lean</b>	<b>Acción de mejora propuesta</b>
POKAYOKE	Documentar los errores y fallos que se presentan en el proceso productivo e identificar sus causas.

---

	<p>Establecer en los procesos productivos o las máquinas dispositivos automáticos que permitan detectar y evitar que los errores identificados se presenten.</p>
TPM	<p>Establecer un plan de mantenimiento para toda la maquinaria y equipos, el cual incluya actividades de mantenimiento preventivo según sea el caso, el cual se ejecute de manera periódica y se controle mediante indicadores con metas y responsables asignados.</p> <p>Capacitar a todo el personal para que sea capaz de realizar actuaciones sencillas de mantenimiento en la maquinaria, con el fin de evitar que los paros por fallas afecten la programación de producción.</p>
KAIZEN	<p>Establecer un programa de mejoramiento continuo que involucre a toda la empresa y que tengan una fase de recepción, evaluación e implementación de las ideas viables. Este programa debe tener asociado un plan de motivación tanto por la generación de las ideas de mejora como por la implementación de las mismas, que permita que los empleados continúen participando del mismo en beneficio de la empresa.</p>
CEP	<p>Establecer un sistema de control estadístico del proceso, en el cual se determine los valores de control del proceso y del producto, así como los márgenes de tolerancia permitidos que permitan asegurar la calidad del producto.</p> <p>Capacitar a todos los empleados en técnicas de análisis y resolución de problemas, que permitan intervenir los problemas presentados a causa de desviaciones en los parámetros de control.</p>

Por último se presenta en la tabla 26 las acciones de mejora que deberían seguir las empresas ubicadas en el cuadrante I – Desafiante para poder ascender a la categoría de clase mundial.

**Tabla 26.** *Acciones de mejora para las EPL ubicadas en el cuadrante I – Desafiante*

<b>Práctica Lean</b>	<b>Acción de mejora propuesta</b>
FVISUAL	<p>Establecer los estándares e indicadores del proceso productivo en cuanto a los equipos y los productos.</p> <p>Establecer los indicadores de gestión de la empresa en materia financiera, de mercadeo, mantenimiento y demás áreas que manejen.</p> <p>Designar un área de la empresa de fácil acceso y a la vista de todos los empleados donde se publiquen en tiempo real los resultados de los indicadores establecidos utilizando colores figuras llamativas, lo que permitirá tomar decisiones más oportunas para lograr las metas propuestas.</p>

Fuente: elaboración propia

## **8.2 Análisis Envolvente de Datos (DEA)**

Con el fin de complementar los resultados obtenidos mediante el análisis de la aplicación de prácticas lean en las empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño, se utilizó la técnica de análisis envolvente de datos (DEA) con el fin de conocer la eficiencia de las empresas estudiadas y posteriormente poder establecer si existe una correlación entre los resultados obtenidos previamente y los obtenidos mediante DEA.

Para obtener los niveles de eficiencia de las EPL estudiadas mediante DEA se presentan 3 corridas. La primera corrida contempló un modelo BCC enfocado a entradas y salidas como modelo inicial, lo que arrojó que la variable número de máquinas era las más ineficiente dado que su peso es cero para todas las EPL, es decir, el modelo seleccionado

descarta dicha variable, lo cual afecta la confianza en los resultados de eficiencia generados, por lo cual se corrieron nuevamente dichos modelos pero agregando la restricción que la variable número de máquinas era no controlada, es decir, no se puede tomar ninguna decisión sobre esta variable, pero a pesar de esta restricción el peso de la variable número de máquinas sigue siendo cero en la mayoría de las EPL estudiadas. Posterior a estos resultados se realizó una segunda corrida cambiando la variable capital invertido por litros de leche procesados y al igual que los resultados obtenidos en la primera corrida la variable número de máquinas es la más ineficiente con pesos iguales a cero, es decir, que independiente de la combinación de variables utilizadas esta variable sigue siendo muy ineficiente en las empresas estudiadas y es por lo anterior que se realiza la tercera corrida con la mismas variables de la corrida anterior, estableciendo una región de seguridad para las variables utilizadas y es aquí donde la variable número de máquinas obtiene valores diferentes de cero en casi todos los casos y se considera el mejor modelo utilizado con una confianza mayor en las eficiencias obtenidas para las EPL estudiadas.

### **8.2.1 Primera corrida**

En la primera corrida se utilizó un modelo BCC, este modelo es el más adecuado a los datos con los que se cuenta toda vez que no existe homogeneidad en los mismos. Para esta corrida se utilizó el modelo tanto orientado a la entrada como a la salida, sin embargo, dado las características de las empresas encuestadas un modelo orientado a la entrada no es muy procedente dado el impacto que esto tendría principalmente en la mano de obra que ocupa. Las variables que se utilizaron para aplicar el Análisis Envoltente de Datos (DEA) fueron seleccionadas previa revisión de literatura y revisadas y validadas por un docente investigador experto en el tema. Las variables utilizadas en esta primera corrida son:

VARIABLES DE ENTRADA: número de empleados, capital invertido y número de máquinas

VARIABLE DE SALIDA: utilidad bruta

Este número de variables es superior a la regla establecida en la metodología, sin embargo, dado que es muy cercana a la cantidad de DMU's utilizadas no afecta la

estabilidad del modelo. Los resultados obtenidos en los primeros modelos utilizados BCC-I y BCC-O se presentan en las tablas 27 y 28.

**Tabla 27.** Resultados modelo BCC-I primera corrida

Rank	DMU	Score	Weight		
			V(1)	V(2)	V(3)
			NúmeroEmp	CapInvertido	NumMaquinas
1	EPL9	1	1	0	0
1	EPL1	1	0	0.0000002	0
1	EPL5	1	0.1111111111	0	0
4	EPL8	0.9599669	0	6.67E-08	0
5	EPL2	0.8181782	0	0.0000004	0
6	EPL3	0.4466227	9.09E-02	0	0
7	EPL6	0.4319664	0.125	0	0
8	EPL7	0.2965682	0.125	0	0
9	EPL4	0.2727261	6.67E-02	0	0
10	EPL10	8.86E-02	1.46E-03	1.06E-08	0

Fuente: elaboración propia

**Tabla 28.** Resultados modelo BCC-O primera corrida

Rank	DMU	Score	Weight		
			V(1)	V(2)	V(3)
			NúmeroEmp	CapInvertido	NumMaquinas
1	EPL9	1	1.56122449	0	0
1	EPL1	1	0	0.00000044	0
1	EPL5	1	0.273214286	0	0
4	EPL8	0.9580834	0	0.00000044	0
5	EPL2	0.7142816	0	1.47E-06	0
6	EPL3	0.4236004	0.227678571	0	0
7	EPL6	0.4127763	0.496753247	0	0
8	EPL10	0.3125	0.136607143	0	0

9	EPL7	0.2634729	6.67E-02	0	0
10	EPL4	0.1724136	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Posterior a correr estos modelos, y ante el resultado que la variable número de máquinas es la más ineficiente dado que en los dos modelos su peso es cero, se decidió correr los modelos con variable no controlable número de máquinas, es decir, se impuso la condición que no se tiene control o no se puede tomar decisión sobre esta variable. Los resultados obtenidos con los modelos NCN-I-V (modelo de variable no controlable orientado a las entradas) y NCN-O-V (modelo de variable no controlable orientado a las salidas) se muestran en las tablas 29, 30, 31 y 32. Estos modelos no arrojan los pesos de las variables, sin embargo, la proyección propuesta de las variables de entrada y salida permite concluir que no son adecuados a los propósitos de este estudio ya que supone reducciones drásticas en el número de empleados y el capital invertido y aumentos exagerados en la utilidad bruta generada.

**Tabla 29.** *Resultados modelo NCN-I-V primera corrida*

Rank	DMU	Score
1	EPL9	1
1	EPL1	1
1	EPL5	1
4	EPL8	0.9599669
5	EPL2	0.8181782
6	EPL3	0.4466227
7	EPL6	0.4319664
8	EPL7	0.2965682
9	EPL4	0.2727261
10	EPL10	8.86E-02

Fuente: elaboración propia

**Tabla 30.** *Proyección obtenida modelo NCN-I-V primera corrida*

<b>No.</b>	<b>DMU I/O</b>	<b>Score Data</b>	<b>Projection</b>	<b>Difference</b>	<b>%</b>
1	EPL1	1			
	(I)NúmeroEmp	1	0.9999964	0	0.00%
	(I)CapInvertido	2900000	2899978.8	0	0.00%
	(O)UtilidadBruta	1750000	1750000	0	0.00%
2	EPL2	0.8181782			
	(I)NúmeroEmp	50	4.0908838	-45.909116	-91.82%
	(I)CapInvertido	5000000	4090890.9	-909109.09	-18.18%
	(O)UtilidadBruta	5000000	5000000	0	0.00%
3	EPL3	0.4466227			
	(I)NúmeroEmp	9	4.0196042	-4.9803958	-55.34%
	(I)CapInvertido	120000000	6588214.1	-113411786	-94.51%
	(O)UtilidadBruta	10000000	10000000	0	0.00%
4	EPL4	0.2727261			
	(I)NúmeroEmp	32	4.0908838	-27.909116	-87.22%
	(I)CapInvertido	15000000	4090890.9	-10909109	-72.73%
	(O)UtilidadBruta	5000000	5000000	0	0.00%
5	EPL5	1			
	(I)NúmeroEmp	3	2.9999747	0	0.00%
	(I)CapInvertido	2500000	2499981.8	0	0.00%
	(O)UtilidadBruta	1500000	1500000	0	0.00%
6	EPL6	0.4319664			
	(I)NúmeroEmp	11	4.7516304	-6.2483696	-56.80%
	(I)CapInvertido	20000000	7482331.8	-12517668	-62.59%
	(O)UtilidadBruta	12000000	12000000	0	0.00%
7	EPL7	0.2965682			

	(I)NúmeroEmp	8	2.3725454	-5.6274546	-70.34%
	(I)CapInvertido	40000000	4576449.4	-35423551	-88.56%
	(O)UtilidadBruta	5500000	5500000	0	0.00%
8	EPL8	0.9599669			
	(I)NúmeroEmp	8	7.679735	-0.320265	-4.00%
	(I)CapInvertido	60000000	11058802	-48941198	-81.57%
	(O)UtilidadBruta	20000000	20000000	0	0.00%
9	EPL9	1			
	(I)NúmeroEmp	15	15	0	0.00%
	(I)CapInvertido	20000000	20000000	0	0.00%
	(O)UtilidadBruta	40000000	40000000	0	0.00%
10	EPL10	8.86E-02			
	(I)NúmeroEmp	70	6.2021499	-63.79785	-91.14%
	(I)CapInvertido	85000000	7531182	-77468818	-91.14%
	(O)UtilidadBruta	12500000	12500000	0	0.00%

Fuente: elaboración propia

**Tabla 31.** Resultados modelo NCN-O-V primera corrida

Rank	DMU	Score
1	EPL9	1
2	EPL1	0.9999944
3	EPL5	0.9999733
4	EPL8	0.9580834
5	EPL2	0.7142816
6	EPL3	0.4236004
7	EPL6	0.4127763
8	EPL10	0.3125
9	EPL7	0.2634729
10	EPL4	0.1724136

Fuente: elaboración propia

**Tabla 32.** *Proyección obtenida modelo NCN-O-V primera corrida*

<b>No.</b>	<b>DMU I/O</b>	<b>1/Score Data</b>	<b>Projection</b>	<b>Difference</b>	<b>%</b>
1	EPL1	1.0000056			
	(I)NúmeroEmp	1	1	0	0
	(I)CapInvertido	2900000	2899983.2	0	0
	(O)UtilidadBruta	1750000	1750009.8	0	0
2	EPL2	1.400008			
	(I)NúmeroEmp	50	4.7142729	-45.28573	-0.9057
	(I)CapInvertido	5000000	5000000	0	0
	(O)UtilidadBruta	5000000	7000040	2000040	0.4
3	EPL3	2.3607153			
	(I)NúmeroEmp	9	9	0	0
	(I)CapInvertido	120000000	12671412	-1.07E+08	-0.8944
	(O)UtilidadBruta	10000000	23607153	13607153	1.3607
4	EPL4	5.800008			
	(I)NúmeroEmp	32	11.571416	-20.42858	-0.6384
	(I)CapInvertido	15000000	15000000	0	0
	(O)UtilidadBruta	5000000	29000040	24000040	4.8
5	EPL5	1.0000267			
	(I)NúmeroEmp	3	2.9999871	0	0
	(I)CapInvertido	2500000	2500000	0	0
	(O)UtilidadBruta	1500000	1500040	40	0
6	EPL6	2.4226199			
	(I)NúmeroEmp	11	11	0	0
	(I)CapInvertido	20000000	15114269	-4885731	-0.2443
	(O)UtilidadBruta	12000000	29071438	17071438	1.4226
7	EPL7	3.7954563			

	(I)NúmeroEmp	8	8	0	0
	(I)CapInvertido	40000000	11449983	-28550017	-0.7138
	(O)UtilidadBruta	5500000	20875010	15375010	2.7955
8	EPL8	1.0437505			
	(I)NúmeroEmp	8	8	0	0
	(I)CapInvertido	60000000	11449983	-48550017	-0.8092
	(O)UtilidadBruta	20000000	20875010	875009.82	0.0438
9	EPL9	1			
	(I)NúmeroEmp	15	15	0	0
	(I)CapInvertido	20000000	20000000	0	0
	(O)UtilidadBruta	40000000	40000000	0	0
10	EPL10	3.2			
	(I)NúmeroEmp	70	15	-55	-0.7857
	(I)CapInvertido	85000000	20000000	-65000000	-0.7647
	(O)UtilidadBruta	12500000	40000000	27500000	2.2

Fuente: elaboración propia

### 8.2.2 Segunda corrida

Una vez analizado que los resultados obtenidos en la primera corrida no fueron concluyentes sobre la eficiencia de las EPL estudiadas, se corrieron los mismos modelos pero realizando un cambio en las variables de entrada, quedando estas así:

VARIABLES DE ENTRADA: número de empleados, litros de leche, número de máquinas

VARIABLE DE SALIDA: utilidad bruta

Los resultados obtenidos en estos modelos (BCC-I, BCC-O, NCN-I-V, NCN-O-V) se muestran en las tablas 33, 34, 35, 36, 37 y 38. Para los dos últimos modelos se utilizó como variable no controlable al igual que en la primera corrida el número de máquinas.

**Tabla 33.** Resultados modelo BCC-I segunda corrida

	Weight
--	--------

<b>Rank</b>	<b>DMU</b>	<b>Score</b>	<b>V(1)</b>	<b>V(2)</b>	<b>V(3)</b>
			<b>NúmeroEmp</b>	<b>LitrosLeche</b>	<b>NumMaquinas</b>
1	EPL9	1	0.94993894	1.95551E-05	0
1	EPL1	1	0	0.000125	0
1	EPL8	1	0.111111111	0	0
1	EPL5	1	0.002073193	6.60694E-06	0.018339107
5	EPL2	0.4476344	0	0.000666667	0
6	EPL3	0.4466227	0.090909091	0	0
7	EPL6	0.4319664	0.125	0	0
8	EPL7	0.2965682	0.119001919	3.83877E-06	0
9	EPL10	0.1786785	0.066666667	0	0
10	EPL4	0.0744666	0	2.22222E-05	0

Fuente: elaboración propia

**Tabla 34.** Resultados modelo BCC-O segunda corrida

<b>Rank</b>	<b>DMU</b>	<b>Score</b>	<b>Weight</b>		
			<b>V(1)</b>	<b>V(2)</b>	<b>V(3)</b>
			<b>NúmeroEmp</b>	<b>LitrosLeche</b>	<b>NumMaquinas</b>
1	EPL9	1	1.447483642	2.97974E-05	0
1	EPL1	1	0	0.000336364	0
1	EPL8	1	0.273214286	0	0
1	EPL5	1	0	0	0
5	EPL3	0.4236004	0	0.001121212	0
6	EPL6	0.4127763	0.227678571	0	0
7	EPL2	0.4021935	0.496753247	0	0
8	EPL10	0.3577303	0.119001919	3.83877E-06	0
9	EPL7	0.2634729	0.066666667	0	0
10	EPL4	0.125	0	3.67816E-05	0

Fuente: elaboración propia

**Tabla 35.** *Resultados modelo NCN-I-V segunda corrida*

<b>Rank</b>	<b>DMU</b>	<b>Score</b>
1	EPL9	1
1	EPL1	1
1	EPL8	1
1	EPL5	1
5	EPL2	0.4476344
6	EPL3	0.4466227
7	EPL6	0.4319664
8	EPL7	0.2965682
9	EPL10	0.1786785
10	EPL4	0.0691729

Fuente: elaboración propia

**Tabla 36.** *Proyección obtenida modelo NCN-I-V segunda corrida*

<b>No.</b>	<b>DMU I/O</b>	<b>Score Data</b>	<b>Projection</b>	<b>Difference</b>	<b>%</b>
1	EPL1	1			
	(I)NúmeroEmp	1	0.9999966	0	0
	(I)LitrosLeche	2560	2559.9912	0	0
	(O)UtilidadBruta	1750000	1750000	0	0
2	EPL2	0.4476344			
	(I)NúmeroEmp	50	3.94592	-46.05408	-0.9211
	(I)LitrosLeche	8000	3581.075	-4418.925	-0.5524
	(O)UtilidadBruta	5000000	5000000	0	0
3	EPL3	0.4466227			
	(I)NúmeroEmp	9	4.0196042	-4.980396	-0.5534
	(I)LitrosLeche	105000	14086.273	-90913.73	-0.8658
	(O)UtilidadBruta	10000000	10000000	0	0
4	EPL4	0.0691729			
	(I)NúmeroEmp	32	2.2135338	-29.78647	-0.9308
	(I)LitrosLeche	85800	5935.0375	-79864.96	-0.9308
	(O)UtilidadBruta	5000000	5000000	0	0
5	EPL5	1			

	(I)NúmeroEmp	3	2.9999741	0	0
	(I)LitrosLeche	1500	1499.9939	0	0
	(O)UtilidadBruta	1500000	1500000	0	0
6	EPL6	0.4319664			
	(I)NúmeroEmp	11	4.7516304	-6.24837	-0.568
	(I)LitrosLeche	100000	16880.522	-83119.48	-0.8312
	(O)UtilidadBruta	12000000	12000000	0	0
7	EPL7	0.2965682			
	(I)NúmeroEmp	8	2.3725454	-5.627455	-0.7034
	(I)LitrosLeche	75000	7799.2145	-67200.79	-0.896
	(O)UtilidadBruta	5500000	5500000	0	0
8	EPL8	1			
	(I)NúmeroEmp	8	8	0	0
	(I)LitrosLeche	12500	12500	0	0
	(O)UtilidadBruta	20000000	20000000	0	0
9	EPL9	1			
	(I)NúmeroEmp	15	15	0	0
	(I)LitrosLeche	56000	56000	0	0
	(O)UtilidadBruta	40000000	40000000	0	0
10	EPL10	0.1786785			
	(I)NúmeroEmp	70	5.972947	-64.02705	-0.9147
	(I)LitrosLeche	45000	8040.5345	-36959.47	-0.8213
	(O)UtilidadBruta	12500000	12500000	0	0

Fuente: elaboración propia

**Tabla 37.** *Resultados modelo NCN-O-V segunda corrida*

<b>Rank</b>	<b>DMU</b>	<b>Score</b>
1	EPL9	1
1	EPL8	1
3	EPL1	0.9999948
4	EPL5	0.9999932
5	EPL3	0.4236004
6	EPL6	0.4127763
7	EPL2	0.4021935
8	EPL10	0.3577303
9	EPL7	0.2634729
10	EPL4	0.125

Fuente: elaboración propia

**Tabla 38.** *Proyección obtenida modelo NCN-O-V segunda corrida*

<b>No.</b>	<b>DMU</b>	<b>1/Score</b>	<b>Projection</b>	<b>Difference</b>	<b>%</b>
	<b>I/O</b>	<b>Data</b>			
1	EPL1	1.0000052			
	(I)NúmeroEmp	1	1	0	0
	(I)LitrosLeche	2560	2560	0	0
	(O)UtilidadBruta	1750000	1750009.2	0	0
2	EPL2	2.4863657			
	(I)NúmeroEmp	50	5.9545223	-44.04548	-0.8809
	(I)LitrosLeche	8000	8000	0	0
	(O)UtilidadBruta	5000000	12431828	7431828.4	1.4864
3	EPL3	2.3607153			
	(I)NúmeroEmp	9	9	0	0
	(I)LitrosLeche	105000	33097.155	-71902.84	-0.6848
	(O)UtilidadBruta	10000000	23607153	13607153	1.3607
4	EPL4	8			
	(I)NúmeroEmp	32	15	-17	-0.5312

	(I)LitrosLeche	85800	56000	-29800	-0.3473
	(O)UtilidadBruta	5000000	40000000	35000000	7
5	EPL5	1.0000068			
	(I)NúmeroEmp	3	2.9999768	0	0
	(I)LitrosLeche	1500	1500	0	0
	(O)UtilidadBruta	1500000	1500010.2	0	0
6	EPL6	2.4226199			
	(I)NúmeroEmp	11	11	0	0
	(I)LitrosLeche	100000	40731.441	-59268.56	-0.5927
	(O)UtilidadBruta	12000000	29071438	17071438	1.4226
7	EPL7	3.7954563			
	(I)NúmeroEmp	8	8	0	0
	(I)LitrosLeche	75000	29280.013	-45719.99	-0.6096
	(O)UtilidadBruta	5500000	20875010	15375010	2.7955
8	EPL8	1			
	(I)NúmeroEmp	8	8	0	0
	(I)LitrosLeche	12500	12500	0	0
	(O)UtilidadBruta	20000000	20000000	0	0
9	EPL9	1			
	(I)NúmeroEmp	15	15	0	0
	(I)LitrosLeche	56000	56000	0	0
	(O)UtilidadBruta	40000000	40000000	0	0
10	EPL10	2.7954023			
	(I)NúmeroEmp	70	13.229885	-56.77011	-0.811
	(I)LitrosLeche	45000	45000	0	0
	(O)UtilidadBruta	12500000	34942529	22442529	1.7954

Fuente: elaboración propia

### 8.2.3 Tercera corrida

Por último, dado los resultados obtenidos previamente se corrió un modelo Assurance Region (AR-O-V), en el cual se estipuló los siguientes valores que limitan los pesos de las variables a criterio de un docente investigador experto en el tema:

2	(I)NúmeroEmp	(I)NumMaquinas	4
1	(I)NumMaquinas	(I)LitrosLeche	2

Lo anterior indica que la variable Número de empleados tendrá un peso de 2 a 4 veces el número de máquinas y la variable número de máquinas tendrá un peso de 1 a 2 veces la variable litros de leche. Los resultados obtenidos con este modelo se muestran en la tabla 39.

**Tabla 39.** Resultados modelo AR-O-V

Rank	DMU	Score	Weight		
			V(1)	V(2)	V(3)
			NúmeroEmp	LitrosLeche	NumMaquinas
1	EPL9	1	0.007650753	0.000956344	0.001912688
1	EPL8	1	0.000671689	0.000335845	0.000335845
1	EPL5	1	8.92144E-18	0	0
4	EPL1	0.5389173	0	1.45221E-20	0
5	EPL2	0.3972592	0.002238964	0.001119482	0.001119482
6	EPL10	0.3570795	2.01228E-17	0	0
7	EPL6	0.3	0	0	0
8	EPL3	0.25	0.00063593	7.94913E-05	0.000158983
9	EPL7	0.1375	9.18527E-05	1.14816E-05	2.29632E-05
10	EPL4	0.125	7.35463E-05	3.67732E-05	3.67732E-05

Fuente: elaboración propia

En las diferentes corridas realizadas, la constante común fue que el número de máquinas presenta una ineficiencia muy grande en su número, obteniéndose en todos los modelos que su valor o peso sea cero, excepto en el Assurance región (AR-O-V) en el cual se forzó el modelo bajo ciertas condiciones para que tomara esta variable arrojando pesos diferentes de cero para 6 DMU estudiadas, que es el mejor resultado obtenido en las tres corridas. En este caso la EPL5, EPL8 y EPL9 obtuvieron una eficiencia de 1, resultado similar al obtenido bajo el estudio de prácticas Lean.

#### **8.2.4 Recomendaciones de mejora derivadas del Análisis Envolvente de Datos (DEA)**

Derivado de la aplicación de las 3 corridas presentadas anteriormente, se sugieren en términos generales algunas recomendaciones de mejora que permitan el aumento de la eficiencia técnica de las EPL evaluadas:

- Se recomienda generar un plan de intervención en el número de máquinas con las que cuentan las EPL evaluadas que permita un mayor aprovechamiento de las mismas ya sea aumentando la cantidad de litros de leche procesados o la tercerización de la capacidad instalada, toda vez que en las 3 corridas fue la variable más ineficiente y fue excluida en 2 de las 3 corridas, lo que se confirma en las proyecciones que arroja el modelo utilizado en el cual se sugiere reducir el número de máquinas de las EPL ineficientes.
- Para las 7 EPL encontradas como ineficientes bajo el modelo Assurance Region, el modelo seleccionado recomienda que en 4 de ellas se aumente la cantidad de empleados y en las restantes 3 se reduzca la cantidad de empleados, lo anterior, aunque tiene un impacto positivo en el aspecto social no es así para estas empresas, que deberán aumentar sus gastos asociados a nómina. Se recomienda en este aspecto mantener las plantas de empleados con las que se cuenta actualmente, pero sumado a un plan que permita el mayor uso de estos en términos de aumento de la cantidad de litros de leche procesados y utilización de la maquinaria disponible.

- El modelo seleccionado sugiere para las 7 EPL encontradas como ineficientes el aumento de la utilidad bruta generada en valores extremos que oscilan entre el 85% y el 700%. Lo anterior, es imposible de conseguir en el corto plazo y más por empresas tan pequeñas, sin embargo, se debe establecer un plan a largo plazo que permita posicionar los productos de estas empresas en el mercado aumentando sus ventas y por ende la utilidad bruta obtenida, lo anterior apalancará mayores niveles de producción generando consigo el mayor aprovechamiento de los recursos humanos y físicos con los que se cuenta y aumentando así la eficiencia de las mismas.
- A nivel de cada una de las variables analizadas en el modelo seleccionado se presenta la tabla 40, que resume para cada una de las EPL que se debe hacer en relación a cada una de las variables estudiadas:

**Tabla 40.** *Recomendación general EPL estudiadas*

<b>EPL</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADOS</b>	<b>LITROS DE LECHE</b>	<b>NÚMERO DE MÁQUINAS</b>
<b>1</b>	augmentar	disminuir	augmentar
<b>2</b>	disminuir	augmentar	disminuir
<b>3</b>	augmentar	disminuir	disminuir
<b>4</b>	disminuir	disminuir	disminuir
<b>5</b>	igual	igual	igual
<b>6</b>	augmentar	disminuir	disminuir
<b>7</b>	augmentar	disminuir	disminuir
<b>8</b>	igual	igual	igual
<b>9</b>	igual	igual	igual
<b>10</b>	disminuir	augmentar	disminuir

Fuente: elaboración propia

Los resultados presentados en la tabla anterior, muestran las recomendaciones del modelo DEA utilizado en relación al óptimo para el aumento de la utilidad bruta dado que está enfocado a las salidas. En este caso, por ejemplo en la EPL1 se recomienda aumentar el

número de empleados, disminuir el número de litros de leche y aumentar el número de máquinas utilizadas, con el fin que esta EPL pueda lograr su nivel óptimo de eficiencia en relación a las EPL encontradas como eficientes, de igual forma se analizan los resultados para las demás EPL.

### 8.3 Análisis de Correlación entre los resultados Lean Vs Resultados DEA

Posterior a tener los resultados obtenidos tanto por la medición de las prácticas Lean y los resultados arrojados por el modelo DEA seleccionado, se realizó un análisis de correlación lineal de Pearson, donde se comparan las posiciones obtenidas por las EPL entre las dos metodologías. En la tabla 41, se muestran los resultados obtenidos bajo las dos metodologías y se observa que existe una concordancia para 3 de las EPL estudiadas. De igual forma, en la figura 61, se muestra el diagrama de dispersión para las parejas de datos del ranking de cada EPL, donde en el eje X está la posición obtenida por los resultados de Lean y en el eje Y los resultados obtenidos por DEA.

**Tabla 41.** *Raking Lean Vs. Ranking DEA*

<b>Posición</b>	<b>Ranking Lean</b>	<b>Posición</b>	<b>Ranking DEA</b>
1	EPL9	1	EPL9
2	EPL5	2	EPL5
3	EPL8	3	EPL8
4	EPL3	4	EPL1
5	EPL7	5	EPL2
6	EPL4	6	EPL10
7	EPL10	7	EPL6
8	EPL2	8	EPL3
9	EPL6	9	EPL7
10	EPL1	10	EPL4

Fuente: elaboración propia

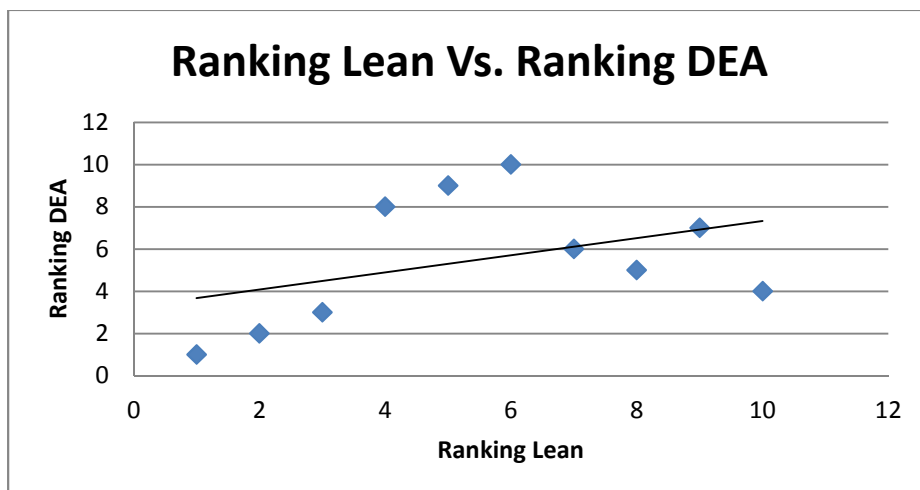


Figura 61. Diagrama de dispersión Ranking Lean Vs. Ranking DEA

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos previamente dan como resultado una correlación de Pearson o lineal de 0.4060, el cual según la tabla 13 muestra una correlación lineal positiva entre los resultados obtenidos por Lean y DEA dado que está ubicado entre 0 y 1.

Por otra parte, se realizó la medición del índice de correlación de Spearman. Los resultados para este índice se muestran en la tabla 42.

**Tabla 42.** Cálculo del índice de correlación de Spearman

EPL	Posición Lean (X)	Posición DEA (Y)	D (X - Y)	D <sup>2</sup>
EPL1	10	4	6	36
EPL2	8	5	3	9
EPL3	4	8	-4	16
EPL4	6	10	-4	16
EPL5	2	2	0	0
EPL6	9	7	2	4
EPL7	5	9	-4	16
EPL8	3	3	0	0
EPL9	1	1	0	0
EPL10	7	6	1	1
			$\sum D^2$	98

Fuente: elaboración propia

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

$$r_s = 1 - \frac{6 * (98)}{10 * (100 - 1)}$$

$$r_s = 0.4060$$

El resultado anterior es igual al índice de correlación de Pearson e indica que existe una correlación positiva entre las dos variables analizadas.

## 9. Conclusiones

- En términos generales, el 80% de las Empresas Procesadoras de Leche del Oriente Antioqueño estudiadas se ubican en los cuadrantes I y II y solo el 20% se ubica en el cuadrante III. A nivel de las prácticas asociadas a las herramientas Lean estudiadas, ninguna presenta un grado alto de implementación, las asociadas a Poka Yoke, TPM, SMED, VSM, CEP y Administración presentan un grado medio de implementación, estando muchas de ellas en el límite inferior, y las asociadas a Kaizen, Fabrica Visual y JIT presentan un grado bajo de implementación. Lo anterior refleja que aunque se tienen ciertas prácticas desarrolladas, estas no fueron implementadas debidamente o los resultados que generan no son los esperados con su implementación.
- Existe una diferencia marcada entre las EPL que obtuvieron los mayores puntajes y posición en la gráfica de cuadrantes (EPL9 y EPL5) en relación a las que obtuvieron menores puntajes (EPL6 y EPL1). Esta diferencia radica en que las primeras tienen mayor desarrollo en la implementación de prácticas Lean asociadas a las herramientas TPM (capacitación y gestión mediante un programa de mantenimiento preventivo y correctivo), Kaizen (programa de mejoramiento que incluye ideas de los trabajadores), VSM (se tiene identificadas las actividades que agregan valor, además de contar con procesos documentados y con estudio de métodos y tiempos), CEP (se lleva un control estadístico del proceso que reduce el porcentaje de producto defectuosos, además de estar certificados en alguna de las normas de calidad e higiene) y el factor de Administración (se cuenta con una comunicación a través de los diferentes niveles de la organización, con capacitación permanente de los empleados, vigilancia del entorno y toma de decisiones que incluye a los trabajadores).
- Existe una relación entre la posición obtenida por las EPL que obtuvieron mayores puntajes y posición en la gráfica de cuadrantes con sus características, es decir, las EPL que obtuvieron los mayores puntajes tienen menos de 15 empleados y menos de 8 máquinas (EPL9, EPL5, EPL8 y EPL3). Por el contrario, las EPL que tienen mayor

número de empleados y maquinas obtuvieron posiciones inferiores en sus puntajes Lean y por ende en la gráfica de cuadrantes (EPL4, EPL10 y EPL2).

- Mediante la aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) a las empresas encuestadas, se pudo evidenciar que la variable número de máquinas es la más ineficiente de todas, siendo excluida en la mayoría de los modelos utilizados, teniendo que establecer una región de seguridad para esta variable con el fin que pudiera ser tenida en cuenta en el modelo assurance region. De igual forma, los resultados que genera dicho modelo indica que solo el 30% de las empresas encuestadas son eficientes y el restante 70% no lo son, es decir, en la mayoría de las EPL estudiadas el número de máquinas no está siendo utilizado a su máxima capacidad o el mayor número de horas disponibles, lo que no permite maximizar la utilidad bruta generada por estas empresas.
- Existe un índice de correlación positivo entre la implementación de prácticas Lean y la eficiencia técnica obtenidas por las Empresas Procesadoras de Leche del Oriente Antioqueño estudiadas, es decir, que las empresas que obtuvieron mayores puntajes por la implementación de prácticas Lean desarrollaron mayores índices de eficiencia técnica.

## **10. Trabajos futuros**

El presente trabajo de grado permitió mediante al metodología empleada diagnosticar una muestra de empresas procesadoras de leche del Oriente Antioqueño tanto en la implementación de prácticas asociadas a las herramientas Lean estudiadas como en la medición de la eficiencia técnica de dichas empresas. La metodología empleada se puede extender a empresas procesadoras de leche de otras subregiones del departamento de Antioquia u otras regiones del país, con el fin de identificar las mejores prácticas utilizadas por las empresas estudiadas y realizar proyectos de intervención en aquellas que se encuentren más rezagadas en la implementación, midiendo la evolución en la calificación obtenida por estas empresas. Para lo anterior, se puede considerar la incorporación de otros cuantificadores diferentes a la escala de Likert utilizada en esta metodología, recategorizar algunas de las preguntas asociadas a las herramientas utilizadas, ajustar las respuestas de las preguntas formuladas así como incluir nuevas variables como los gastos operativos para la utilización del Análisis Envolvente de Datos (DEA).

Adicional a lo anterior, y evidenciado la importancia que tiene la parte administrativa en la implementación de prácticas asociadas a las herramientas Lean estudiadas, se sugiere establecer proyectos que permitan implementar un modelo de Lean Management o Administración Lean.

## 11. Referencias

- Información cadena láctea 2015. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: [http://sioc.minagricultura.gov.co/templates/sioc\\_cadenas/docs/5828\\_13.pdf](http://sioc.minagricultura.gov.co/templates/sioc_cadenas/docs/5828_13.pdf). Consultado el 17 de enero de 2015.
- Valencia, D, & Plazas, J. (2010). Análisis de la implementación de lean manufacturing en las pymes colombianas. Ponencia presentada en XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. São Carlos, Brasil.
- Rivera L. (2013). Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing. Revista Heurística. Volumen 15, 91-106.
- Arrieta, J., Muñoz, J., Salcedo, A., Sossa, S. (2011). Implementación lean manufacturing en la industria colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado. Ponencia presentada en Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011). Medellín, Colombia.
- Arango, J. (2015). Implementación de lean manufacturing en el sector hotelero de la ciudad de Medellín. Disponible en: <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/7499>. Consultado el 21 de noviembre de 2015
- Quesada, M. (2015). Evaluación del estado de la aplicación de prácticas de mejoramiento continuo en las micro y pequeñas empresas de Productos de Panadería de Medellín. Disponible en:

<http://bdigital.eafit.edu.co:8080/bdng/query/single.xsp?idregistro=2564240>.

Consultado el 15 de enero de 2016.

- Srivastava, H & Sharma, R. (2010). Lean Manufacturing Process Implementation and Their Case Study. Disponible en: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1635731](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1635731). Consultado el 19 de enero de 2016.
- Bhamu, J., Singh, S. (2010). Lean manufacturing: literature review and research issues". Disponible en: [www.emeraldinsight.com/0144-3577.htm](http://www.emeraldinsight.com/0144-3577.htm). Consultado el 18 de enero de 2016.
- Womack, J., Jones, D. and Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York, NY.
- Liker, J., Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. New York. Estados Unidos. Mc Graw Hill.
- Womack, J., Jones, D. (1996). *Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, Estados Unidos. Simon & Schuster, Inc.
- Galgano, A. (2006). Las tres revoluciones: caza del desperdicio. Doblar la productividad con LEAN production. España: Ediciones Díaz de Santos. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/bibliopolitecnicojicsp/reader.action?docID=10149752&ppg=64>. Consultado el 25 de enero de 2016.
- Alonso, G. Á. (2009). *Conceptos de organización industrial*. España: Marcombo. Disponible en: <http://site.ebrary.com/lib/bibliopolitecnicojicsp/reader.action?docID=10352907&ppg=6>. Consultado el 25 de enero de 2016.

- Hirano Hiroyuki (1991). Tecnologías para el cero defectos; inspecciones en la fuente y el sistema poka yoke. Portland, USA. Productivity Pres, p xi.
- Cuatrecasas, A. L. (2012). Procesos en flujo flexible Lean. España: Ediciones Díaz de Santos. Disponible en:  
<http://site.ebrary.com/lib/bibliopolitecnicojicsp/reader.action?docID=11046250&ppg=42>. Consultado el 25 de enero de 2016.
- Lefcovich, M. (2009). TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial. Argentina: El Cid Editor | apuntes. Disponible en:  
<http://site.ebrary.com/lib/bibliopolitecnicojicsp/reader.action?docID=10307046&ppg=3>. Consultado el 25 de enero de 2016.
- Rajadell, M & Sanchez, J. (2010). Lean manufacturing. La evidencia de una necesidad. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos.
- Alcaraz, J, Olmos, G & Escamilla, M. (2012). Parámetros de Éxito y Fracaso al Implantar un Sistema Kanban. Disponible en:  
[http://www.academia.edu/8862520/Par%C3%A1metros\\_de\\_%C3%89xito\\_y\\_Fracaso\\_al\\_Implantar\\_un\\_Sistema\\_Kanban](http://www.academia.edu/8862520/Par%C3%A1metros_de_%C3%89xito_y_Fracaso_al_Implantar_un_Sistema_Kanban). Consultado el 25 de enero de 2016.
- Garza, E. (2006). Kaizen, una mejora continua. México: Red Ciencia UANL. Disponible en:  
<http://site.ebrary.com/lib/bibliopolitecnicojicsp/reader.action?docID=10113676&ppg=3>. Consultado el 25 de enero de 2016.
- Greif, M. (1993). La fábrica visual: Métodos visuales para mejorar la productividad, Nueva York, Estados Unidos. Productivity Press.
- Nahmias, S. (2014). Análisis de la producción y las operaciones. México D.F, México. Mc Graw Hill/Interamericana Editores SA.

- Groover, M. (2007). Fundamentos de manufactura moderna. México DF, México. McGraw-Hill Interamericana.
- Acuerdo de competitividad de la cadena láctea colombiana. Consejo Nacional Lácteo. Disponible en: <http://www.cnl.org.co/images/docs/Acuerdo%20de%20Competitividad%20Cadena%20L%C3%A1ctea%202010.pdf>. Consultado el 17 de enero de 2016.
- Análisis de mercado de la leche y derivados lácteos en Colombia (2008-2012). Superintendencia de Industria y Comercio. Disponible en: [http://www.sic.gov.co/drupal/recursos\\_user/documentos/promocion\\_competencia/Estudios\\_Economicos/Estudios\\_Economicos/Estudio\\_Sectorial\\_Leche1.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudios_Economicos/Estudio_Sectorial_Leche1.pdf). Consultado el 17 de enero de 2016.
- Oriente Antioqueño. Gobernación de Antioquia. Disponible en: <http://antioquia.gov.co/index.php/registrar/7184-sobre-el-orient>. Consultado el 31 de enero de 2016
- Perfil subregional Oriente Antioqueño. Gobernación de Antioquia. Disponible en: [http://antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/perfiles\\_subregionales/menu.html](http://antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/perfiles_subregionales/menu.html). Consultado el 31 de enero de 2016.
- Farrel, M. (1957). The Measurement of Productivity Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A., 120(3).
- Tineo, J. (2008). Análisis Envolvente de Datos para estimar la eficiencia relativa de grupos de investigación. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
- Cooper, W., Seiford, L., Zhu, J. (2004). Handbook on Data Envelopment Analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers. 592 p.

- Blasco, O, Coll, V. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos introducción a los modelos básicos. Disponible en: [http://www.academia.edu/6896366/EVALUACION\\_DE\\_LA\\_EFICIENCIA\\_MEDIANTE\\_EL\\_ANALISIS\\_ENVOLVENTE\\_DE\\_DATOS\\_INTRODUCCI%C3%93N\\_A\\_LOS\\_MODELOS\\_B%C3%81SICOS](http://www.academia.edu/6896366/EVALUACION_DE_LA_EFICIENCIA_MEDIANTE_EL_ANALISIS_ENVOLVENTE_DE_DATOS_INTRODUCCI%C3%93N_A_LOS_MODELOS_B%C3%81SICOS). Consultado el 01 de febrero de 2016.
- Likert, R (1932). A technique for the measurement of attitudes. Archives of Psychology, Vol 22-140. 55.
- Marín, R. (2000). Almacén de Clase Mundial. Universidad Pontificia Bolivariana. Primera Edición. Medellín.
- Seibel, S. (2004). Desarrollo de un modelo de benchmarking basado en un sistema productivo de clase mundial para evaluación de prácticas y desempeño de la industria exportadora brasilera. Tesis Doctorar en Ingeniería. Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Arrieta, J., Botero, V., Romano, M (2011). Benchmarking sobre manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. Journal of Economics, Finance and Administrative Science, vol. 15, núm. 28, junio, 2010, pp. 141-171.
- Cooper, W., Seiford, L., Tone, K. (2006), Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA Solver Software and References. Springer, New York.
- Walpole, R. (1992). Probabilidad y estadística. México D.F, México. Mc Graw Hill / Interamericana de México S.A.

- Spiegel, M., Stephens, L. (2001). Estadística. México D.F, México. Mc Graw Hill / Interamericana de Editores.
- Melvin, A., Baglee, D. (2008). Value stream mapping: A dairy industry prospective. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/4368906\\_Value\\_stream\\_mapping\\_A\\_dairy\\_industry\\_prospective](https://www.researchgate.net/publication/4368906_Value_stream_mapping_A_dairy_industry_prospective). Consultado el 15 de febrero de 2016.
- Guarguati, J. (2012). Propuesta de mejoramiento a través de metodología lean y un programa de planeación de materiales para el proceso de yogurt de la empresa Lácteos Superior. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/15068/1/GuarguatiArizaJulianaAndrea2012.pdf>. Consultado el 28 de noviembre de 2015.
- Sutil, R., Urbina, L., Villavicencio, J. (2014). Agregando valor en una planta procesadora de lácteos. Sinergia e Innovación, 2(1), 251-273.
- Arslankaya, S., Atay, H. (2015). Maintenance management and lean manufacturing practices in a firm which produces dairy products. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815052234>. Consultado el 15 de febrero de 2016.
- Abideen, B., Raju, R. (2014). Implementing Lean in a Small Scale Ice Cream Manufacturing Industry . Disponible en: [http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/ICRTEM/ME/Volume 3/ISORME076.pdf?id=7622](http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/ICRTEM/ME/Volume%203/ISORME076.pdf?id=7622). Consultado el 07 de marzo de 2016.
- Mena, D. (2012). El proceso productivo y su incidencia en el desperdicio de materia prima en la Industria Láctea Parmalat del Ecuador S.A. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3318/1/29%20o.e..pdf>. Consultado el 08 de marzo de 2016.

- Cardozo, E., Rodríguez, C., Guaita, W. (2011). Las Pequeñas y Medianas Empresas Agroalimentarias en Venezuela y el Desarrollo Sustentable: Enfoque basado en los Principios de Manufactura Esbelta .Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v22n5/art06.pdf>. Consultado el 19 de marzo de 2016.
- Vásquez, A. (2015). Propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma para el proceso de envasado de la leche en funda. caso: Lácteos San Antonio C.A. sucursal Cuenca. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23323/1/TESIS.pdf>. Consultado el 23 de marzo de 2016.
- Quezada, P. (2014). Propuesta de Desarrollo de un Plan de Apoyo a la Gestión de Operaciones de una Planta Láctea, basado en la metodología DAMAWAY. Disponible en: <http://repositorio.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/429/1/Quezada%20Sep%C3%BAveda,%20Paulina%20Andrea.pdf>. Consultado el 24 de marzo de 2016.
- Ohlan, R. (2013). Efficiency and Total Factor Productivity Growth in Indian Dairy Sector. Disponible en: [http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/155486/2/3\\_Ohlan.pdf](http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/155486/2/3_Ohlan.pdf). Consultado el 25 de marzo de 2016.
- Baran, J. (2013). Efficiency of the production scale of Polish dairy companies based on Data Envelopment Analysis. Disponible en: <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-2ac466c5-85c8-4fbb-8cbc-8569d896df8d>. Consultado el 26 de marzo de 2016
- Singh, S., Fleming, E., Coelli, T. (2000). Efficiency and productivity analysis of cooperative dairy plants in Haryana and Punjab states of India. Disponible en:


<https://core.ac.uk/download/files/153/6372672.pdf>. Consultado el 16 de febrero de 2016.

- Cui, L. (2010). Empirical study on production efficiency of dairy products processing industry in Heilongjiang province based on DEA model. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.unal.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5623027>. Consultado el 16 de febrero de 2016.
- Gallardo, J., Rohde, G., Rescala, C. (2011). Análisis de la eficiencia de las empresas lecheras de Corrientes. Disponible en: [http://www5.uva.es/trim/TRIM/TRIM2\\_files/LECHERAS.pdf](http://www5.uva.es/trim/TRIM/TRIM2_files/LECHERAS.pdf). Consultado el 10 de febrero de 2016.
- Oviedo, W., Rodríguez, G. (2011). Medición de la eficiencia técnica relativa de las fincas asociadas a Coounión en Guasca Cundinamarca. Revista MVZ Córdoba, 16(2), 2616-2627. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v16n2/v16n2a20.pdf>. Consultado el 14 de febrero de 2016.
- Cooper, W, Seiford, L, Tone, K. (2007). Data Envelopment Analysis. A comprehensive text with models applications, references and DEA Solver Software. New York, Estados Unidos. Springer Science + Business Media.
- Guzmán, I (2005). Predicción de resultados empresariales versus medidas no paramétricas de eficiencia técnica: evidencia para pymes de la región de Murcia. Disponible en: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/sieterem/68.pdf>. Consultado el 01 de septiembre de 2016.
- Ley 590, 2000. Diario oficial de la Republica de Colombia. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=12672>. Consultado el 15 de agosto de 2016.

- Pérez, A, García, C, Herrera, C. (2015). Análisis de la competitividad del subsector lechero de los pequeños y medianos productores frente al TLC con la Unión Europea. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/10117/1010199841-2015.pdf?sequence=4>. Consultado el 16 de noviembre de 2016.

## Anexos

## Anexo A. Instrumento de aplicación y respuestas

		<b>INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>			
Nombre de la empresa:		<b>LINEAS DE PRODUCTO</b> (marque con una X)		<b>INFORMACIÓN DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA</b>	
Municipio:		Leche líquida		Número de empleados	
Fecha:		Leche en polvo		Capital invertido para producción mensual (pesos)	
<b>SISTEMA PRODUCTIVO</b> (marque con una X)		Mantequilla		Número de litros consumidos por mes	
Continuo		Bajo pedido		Número de máquinas	
Repetitivo en lote		lineal		Ventas netas mensuales (pesos)	
<b>LA EMPRESA</b> (marque con una X)		Crema de leche		Utilidad Bruta (pesos)	
		%			
Produce marca propia					
Terceriza			Otro, cual		

<b>CUESTIONARIO</b>				
<b>CÓDIGO</b>	<b>VARIABLE O CRITERIO</b>	<b>PREGUNTA</b>		<b>RESPUESTA</b>
POKA YOKE	Calidad sin defectos	POKA YOKE1	La empresa conoce al detalle, los defectos y fallas que se presentan y pueden presentarse en los procesos productivos.	
		POKA YOKE2	La empresa tiene instalado en sus procesos y máquinas dispositivos que evitan la ocurrencia de errores en la fabricación, de manera autónoma.	
		POKA YOKE3	La empresa tiene documentado los errores y fallas, que se presentan en todos los procesos productivos, y sus causas.	
		POKA YOKE4	La empresa tiene establecidas inspecciones y controles de calidad en su proceso productivo.	
TPM	Mantenimiento Productivo Total	TPM1	Los empleados son capacitados de forma constante en mantenimiento productivo total.	
		TPM2	La empresa controla la gestión de mantenimiento con indicadores, diariamente en las áreas o centros de trabajo.	
		TPM3	La empresa tiene estandarizada la gestión de mantenimiento en sus centros de trabajo, los cuales verifica y actualiza constantemente.	

		TPM4	La empresa tiene actividades de mantenimiento preventivo, predictivo (se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación), correctivo o un programa formal de mantenimiento productivo total orientadas a la eliminación de averías.	
		TPM5	La empresa tiene operarios capacitados en realizar actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas para que esta no genere producción defectuosa.	
		TPM6	La empresa adopta alguna actitud desde su mantenimiento productivo total, enfocado en la calidad, en el que establezca condiciones en el equipo en un punto donde el "cero defecto" es factible reduciendo la variabilidad en las piezas.	
		TPM7	La empresa tiene en sus departamentos de apoyo un lineamiento de eliminación de pérdidas en los procesos administrativos y eficiencia, en cuanto a participación de sus miembros, productividad, el mantenimiento y búsqueda de clientes.	
KAIZEN	Mejoramiento continuo	KAIZEN1	La empresa desarrolla programas de mejoramiento continuo y cuenta con varios equipos, en todas las áreas los cuales realizan reuniones mínimo semanalmente para la mejora de sus procesos productivos.	
		KAIZEN2	La empresa tiene planes de motivación y compensación, tanto económicos y materiales, para las ideas y sugerencias de mejoramiento, más rentables.	

		KAIZEN3	La empresa cuenta con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de sus procesos y productos. Todos los empleados participan, activamente, en este programa.	
		KAIZEN4	Cuántas ideas de mejora se reciben por trabajador anualmente?.	
		KAIZEN5	Cuál es el porcentaje de implementación de las ideas de mejora o sugerencias aportadas por los operarios.	
FVISUAL	Fábrica visual	FVISUAL1	La empresa cuenta con información visual que emplee técnicas llamativas como: mapas, colores, etiquetas, indicadores de límites, marcas, luces y símbolos; que le permita ahorrar tiempo y esfuerzo para reducir anomalías.	
		FVISUAL2	La empresa tiene indicadores visuales actualizados al alcance y vista del personal, en los cuales se presentan los resultados financieros, de producción, de mantenimiento, de mejoramiento, de seguridad y de calidad.	
		FVISUAL3	Los indicadores visuales son la base del control de gestión que se realiza en la organización.	
		FVISUAL4	La empresa tiene actualizados los estándares de sus procesos (equipos, insumos, método de producción, lugar de proceso) y productos, a la vista de los operadores.	
		FVISUAL5	La empresa tiene establecidos controles visuales o de información para el resurtido de los inventarios de materia prima o insumos.	

SMED	Tiempo de alistamiento	SMED1	La empresa conoce y mide periódicamente los tiempos de cambio, de todas las referencias. Toma decisiones con base en estos tiempos.	
		SMED2	Se tienen equipos, máquinas y operaciones adaptables a los cambios de la demanda.	
		SMED3	Se han implementado mejoras en cuanto a la disposición del área de trabajo y capacitación de los empleados, para la disminución del tiempo de alistamiento.	
		SMED4	Se tienen dispositivos o mecanismos que facilitan el cambio de todas las referencias, producto o tamaño.	
VSM	Mapa de la cadena de valor	VSM1	La empresa tiene estandarizados y documentados, todos sus procesos desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.	
		VSM2	Existe un sistema de comunicación efectivo, desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.	
		VSM3	La empresa cuenta con un estudio de métodos y tiempo en su proceso productivo.	
		VSM4	La empresa ha identificado las actividades u operaciones que agregan valor al producto.	
5S	Organización puesto de trabajo	5S1	El entorno de trabajo de la empresa se encuentra imaculadamente limpio y ordenado. Existe un ordenamiento y limpieza constante del puesto de trabajo, los niveles de ruido, calor y el aire están por debajo de los mínimos exigidos por las normas de trabajo.	
		5S2	La empresa tiene listas de chequeo para la clasificación, limpieza y orden en el puesto de trabajo, las cuales se aplican diariamente.	

		5S3	La empresa implementa acciones para la clasificación, limpieza y orden, en el puesto de trabajo, como filosofía de trabajo, diariamente.	
		5S4	La empresa cuenta con mecanismos, herramientas, equipos, que facilitan las labores de clasificación, limpieza y orden.	
CEP	Control estadístico de procesos	CEP1	Se tiene implementado el control estadístico de calidad en sus procesos.	
		CEP2	Los empleados son capacitados de forma constante, en técnicas y herramientas de solución de problemas.	
		CEP3	La empresa está certificada en Sistema de Gestión de Calidad, ambiental, BPM, HACCP o algún otro sistema.	
		CEP4	Cuál es el porcentaje de producto defectuoso al final del ciclo de producción.	
JIT	Justo a tiempo	JIT1	Los proveedores de la empresa están certificados y son de absoluta confianza en la entrega de sus productos, o en la prestación de su servicio.	
		JIT2	En la empresa el intercambio de información que se realiza con los proveedores es realizado vía electrónica.	
		JIT3	La comunicación con los clientes es realizada de forma electrónica.	
		JIT4	La productos fabricados por la empresa se elaboran usando módulos de producción.	
		JIT5	Se tienen establecidos sistemas visuales o tarjetas con información para realizar el reabastecimiento de materia prima o insumos requeridos en las estaciones de trabajo del	

			proceso de producción.	
		JIT6	La empresa realiza balanceo de líneas para la asignación de sus productos a sus trabajadores y máquinas.	
		JIT7	Los equipos son flexibles y facilitan la producción en lotes pequeños.	
		JIT8	Las líneas de producción de la empresa se controla por medio del uso de tarjetas con los requerimientos tanto para el transporte como para la producción.	
HEIJUNKA	Producción nivelada	HEIJUNKA1	Los tiempos de producción de un lote permanecen constantes, teniendo en cuenta los cambios en la demanda.	
		HEIJUNKA2	El personal del área de producción es polivalente (está capacitado para realizar más de una actividad dentro del proceso productivo).	
		HEIJUNKA3	Se tiene la capacidad de producir más de una referencia dentro de un lote de producción.	
		HEIJUNKA4	La empresa tiene capacidad de producir en lotes pequeños para mejorar la respuesta de los proveedores y hacia los clientes.	
ADMON	administración	ADMON1	La organización tiene conocimiento de manufactura esbelta o sin desperdicio, sus técnicas y herramientas.	
		ADMON2	La estructura organizacional facilita la comunicación y acceso entre la alta dirección y la parte operativa.	
		ADMON3	La empresa realiza para el personal capacitación en los temas de producción sin desperdicio.	

	ADMON4	Los empleados han sido capacitados, entrenados y están autorizados para tomar decisiones en su puesto de trabajo, que favorezcan la eliminación y/o minimización de desperdicios en el proceso. Son autónomos y pueden detener la planta.	
	ADMON5	La empresa evalúa el costo de los desperdicios.	
	ADMON6	Para la toma de decisiones, a nivel gerencial, se consulta a los colaboradores más cercanos, y se les involucra para plantear propuestas para el logro de objetivos.	
	ADMON7	Los puestos de trabajo, están diseñados ergonómicamente y ofrecen al empleado seguridad para realizar sus labores.	
	ADMON8	La empresa tiene establecido cuál es su misión, visión, objetivos estratégicos y operacionales.	
	ADMON9	Las áreas para el almacenamiento del inventario, están designadas y bien identificadas, cerca al área donde se necesitan.	
	ADMON10	La empresa tiene conocimiento de su entorno (competidores, tendencias, tecnología, comportamiento de la demanda, etc.). Toma decisiones con esta información.	

CÓDIGO	PREGUNTA	RESPUESTAS
POKA YOKE	POKA YOKE1	Cinco (5). La empresa conoce al detalle todos los defectos y fallas que se presentan y pueden presentarse en los procesos productivos.
		Tres (3). La empresa conoce al detalle algunos de los defectos y fallas que se presentan y pueden presentarse en los procesos productivos.
		Uno (1). La empresa no conoce al detalle los defectos y fallas que se presentan y pueden presentarse en los procesos productivos.
	POKA YOKE2	Cinco (5). La empresa tiene instalados en todos sus procesos y máquinas dispositivos que evitan la ocurrencia de errores en la fabricación, de manera autónoma.
		Tres (3). La empresa solamente tiene instalados dispositivos a prueba de errores en las máquinas más importantes de su sistema productivo.
		Uno (1). La empresa no tiene ningún mecanismo o dispositivo a prueba de errores.
	POKA YOKE3	Cinco (5). La empresa tiene documentados todos los errores y fallas que se presentan en los procesos productivos, y sus causas.
		Tres (3). La empresa tiene documentados todos los errores y fallas de algunos procesos productivos. O, algunos errores y fallas que se presentan en todos los procesos productivos, y sus causas.
		Uno (1). La empresa no tiene documentados los errores ni fallas que se presentan, o ha iniciado la documentación, pero se encuentra en una etapa muy incipiente de este proceso.
	POKA YOKE4	Cinco (5). La empresa tiene establecidas inspecciones y controles de calidad en todas las operaciones de su proceso productivo realizado por los operarios.
		Tres (3). La empresa tiene establecidas inspecciones y controles de calidad en algunas operaciones de su proceso productivo y esta es realizada por los operarios o un supervisor.
		Uno (1). La empresa no tiene establecidas inspecciones y controles de calidad en su proceso productivo.
TPM	TPM1	Cinco (5). Todos los empleados son capacitados de forma constante en mantenimiento productivo total.
		Tres (3). Solo los empleados de los centros de trabajo más críticos son capacitados de manera constante en mantenimiento productivo total, o, todos los empleados son capacitados pero no de manera constante.

	<p>Uno (1). La empresa no capacita en mantenimiento productivo total, el operario realiza estas labores por iniciativa y con conocimiento propio.</p>
TPM2	<p>Cinco (5). La empresa controla la gestión de mantenimiento con indicadores, diariamente en todas sus áreas o centros de trabajo.</p>
	<p>Tres (3). La empresa controla la gestión de mantenimiento con indicadores, diariamente en algunas de sus áreas o centros de trabajo.</p>
	<p>Uno (1). La empresa no controla la gestión de mantenimiento con indicadores, diariamente en todas sus áreas o centros de trabajo.</p>
TPM3	<p>Cinco (5). La empresa tiene estandarizada la gestión de mantenimiento en todos sus centros de trabajo, los cuales verifica y actualiza constantemente.</p>
	<p>Tres (3). La empresa tiene estandarizada la gestión de mantenimiento en algunos de sus centros de trabajo, los cuales verifica y actualiza constantemente.</p>
	<p>Uno (1). La empresa no tiene estandarizada la gestión de mantenimiento en sus centros de trabajo.</p>
TPM4	<p>Cinco (5). La empresa tiene actividades de mantenimiento preventivo, predictivo (se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación), correctivo o un programa formal de mantenimiento productivo total orientados a la eliminación de averías en todos sus centros de trabajo.</p>
	<p>Tres (3). La empresa tiene actividades de mantenimiento preventivo, predictivo (se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación), correctivo o un programa formal de mantenimiento productivo total orientados a la eliminación de averías en sus centros de trabajo más críticos.</p>
	<p>Uno (1). La empresa no tiene actividades de mantenimiento preventivo, predictivo o un programa formal de mantenimiento productivo total en sus centros de trabajo.</p>
TPM5	<p>Cinco (5). Todos los operarios están capacitados para realizar actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas para que esta no genere producción defectuosa.</p>
	<p>Tres (3). Algunos de los operarios están capacitados para realizar actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas para que esta no genere</p>

		<p>producción defectuosa.</p> <p>Uno (1). Ninguno de los operarios está capacitado en realizar actuaciones sencillas y operaciones de inspección en las máquinas para que esta no genere producción defectuosa.</p>
	TPM6	<p>Cinco (5). La empresa adopta en todos sus procesos alguna actitud desde su mantenimiento productivo total, enfocado en la calidad, en el que establezca condiciones en el equipo en un punto donde el "cero defecto" es factible reduciendo la variabilidad en las piezas.</p> <p>Tres (3). La empresa adopta en algunos de sus procesos la actitud desde su mantenimiento productivo total, enfocado en la calidad, en el que establezca condiciones en el equipo en un punto donde el "cero defecto" es factible reduciendo la variabilidad en las piezas.</p> <p>Uno (1). La empresa no adopta en sus procesos la actitud desde su mantenimiento productivo total, enfocado en la calidad, en el que establezca condiciones en el equipo en un punto donde el "cero defecto" es factible reduciendo la variabilidad en las piezas.</p>
	TPM7	<p>Cinco (5). La empresa tiene en todos sus departamentos de apoyo un lineamiento de eliminación de pérdidas en los procesos administrativos y eficiencia, en cuanto a, participación de sus miembros, productividad, el mantenimiento y búsqueda de clientes.</p> <p>Tres (3). La empresa tiene en algunos de sus departamentos de apoyo un lineamiento de eliminación de pérdidas en los procesos administrativos y eficiencia, en cuanto a, participación de sus miembros, productividad, el mantenimiento y búsqueda de clientes.</p> <p>Uno (1). La empresa no tiene en sus departamentos de apoyo un lineamiento de eliminación de pérdidas en los procesos administrativos y eficiencia, en cuanto a, participación de sus miembros, productividad, el mantenimiento y búsqueda de clientes.</p>
KAIZEN	KAIZEN1	<p>Cinco (5). La empresa desarrolla programas de mejoramiento continuo y cuenta con varios equipos en todas las áreas, los cuales realizan reuniones mínimo semanalmente para la mejora de todos sus procesos productivos.</p> <p>Tres (3). La empresa desarrolla programas de mejoramiento continuo y cuenta con varios equipos en algunas áreas, los cuales realizan reuniones mínimo quincenalmente para la mejora de algunos sus procesos productivos.</p>

	Uno (1). La empresa no desarrolla programas de mejoramiento continuo para la mejora de sus procesos productivos.
KAIZEN2	Cinco (5). La empresa tiene planes de motivación y compensación, tanto económicos y materiales, para todas las ideas y sugerencias de mejoramiento, más rentables.
	Tres (3). La empresa tiene planes de motivación y compensación, tanto económicos y materiales, para algunas de las ideas y sugerencias de mejoramiento, más rentables.
	Uno (1). La empresa no tiene planes de motivación y compensación para las ideas y sugerencias de mejoramiento.
KAIZEN3	Cinco (5). La empresa cuenta con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de sus procesos y productos. Todos los empleados participan, activamente, en este programa.
	Tres (3). La empresa cuenta con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de sus procesos y productos. Algunos empleados participan, activamente, en este programa.
	Uno (1). La empresa no cuenta con un programa de participación y sugerencias para el mejoramiento de sus procesos y productos.
KAIZEN4	Cinco (5). En la empresa todos los trabajadores tienen más de 12 ideas de mejoramiento por año, como mínimo, por trabajador una mensual.
	Tres (3). En la empresa los trabajadores tienen dos ideas de mejoramiento por año, una cada seis meses.
	Uno (1). En la empresa no se tiene establecido un sistema de ideas de mejora.
KAIZEN5	Cinco (5). La empresa tiene una tasa de implementación entre el 80% y 100% de las ideas de mejora o sugerencias que los empleados aportan para el mejoramiento.
	Tres (3). La empresa tiene una tasa de implementación entre el 40% y 80% de las ideas de mejora o sugerencias que los empleados aportan para el mejoramiento.
	Uno (1). La empresa solamente implementa menos del 40% de las ideas de mejora o sugerencias que los empleados aportan para el mejoramiento.

FVISUAL	FVISUAL1	Cinco (5). La empresa cuenta con toda la información visual que emplea técnicas llamativas como: mapas, colores, etiquetas, indicadores de límites, marcas, luces y símbolos; que le permita ahorrar tiempo y esfuerzo para reducir anomalías.
		Tres (3). La empresa cuenta con alguna información visual que emplea técnicas llamativas como: mapas, colores, etiquetas, indicadores de límites, marcas, luces y símbolos; que le permita ahorrar tiempo y esfuerzo para reducir anomalías.
		Uno (1). La empresa no cuenta con información visual que le permita ahorrar tiempo y esfuerzo para reducir anomalías.
	FVISUAL2	Cinco (5). La empresa tiene indicadores visuales actualizados al alcance y vista de todo el personal, en los cuales se presentan los resultados financieros, de producción, de mantenimiento, de mejoramiento, de seguridad y de calidad y toma decisiones con base en estos.
		Tres (3). La empresa tiene indicadores visuales actualizados al alcance y vista de algunas personas, en los cuales se presentan los resultados financieros, de producción, de mantenimiento, de mejoramiento, de seguridad y de calidad, pero no toma decisiones con estos.
		Uno (1). La empresa no tiene indicadores visuales actualizados.
	FVISUAL3	Cinco (5). Los indicadores visuales siempre son la base del control de gestión que se realiza en la organización.
		Tres (3). Los indicadores visuales son en algunos casos la base del control de gestión que se realiza en la organización.
		Uno (1). Los indicadores visuales no son la base del control de gestión que se realiza en la organización.
	FVISUAL4	Cinco (5). La empresa tiene actualizados los estándares de todos sus procesos (equipos, insumos, método de producción, lugar de proceso) y productos, a la vista de los operadores.
		Tres (3). La empresa tiene actualizados los estándares de algunos de sus procesos (equipos, insumos, método de producción, lugar de proceso) y productos, a la vista de los operadores.
		Uno (1). La empresa no tiene actualizados, los estándares de sus procesos.

	FVISUAL5	<p>Cinco (5). La empresa tiene establecidos controles visuales o de información para el resurtido de los inventarios de todas las materias primas o insumos.</p> <p>Tres (3). La empresa tiene establecidos controles visuales o de información para el resurtido de los inventarios de algunas de las materias primas o insumos.</p> <p>Uno (1). La empresa no tiene establecidos controles visuales o de información para el resurtido de los inventarios.</p>
SMED	SMED1	<p>Cinco (5). La empresa conoce y mide periódicamente los tiempos de cambio, de todas las referencias. Toma decisiones con base en estos tiempos.</p>
		<p>Tres (3). La empresa conoce y mide periódicamente los tiempos de cambio, de algunas de las referencias y toma decisiones con base en estos tiempos. O, La empresa conoce y mide periódicamente los tiempos de cambio, de todas las referencias, pero no toma decisiones con base en estos tiempos. O, la empresa conoce o mide periódicamente los tiempos de cambio.</p>
		<p>Uno (1). La empresa no conoce, ni mide periódicamente los tiempos de cambio de referencia. Solo se cuenta con el método de producción.</p>
SMED	SMED2	<p>Cinco (5). La empresa tiene equipos pequeños, flexibles, y grandes y específicos que le permiten responder a toda cantidad que la demanda solicite.</p>
		<p>Tres (3). La empresa tiene equipos pequeños y flexibles pero se ve obligada a usar equipos grandes y de alta capacidad de producción para elaborar demandas pequeñas por la falta de equipos más flexibles.</p>
		<p>Uno (1). La empresa no tiene equipos que tengan una capacidad variable de producción lo que la lleva a fabricar más de lo demandado para poder usar eficientemente los equipos.</p>
SMED	SMED3	<p>Cinco (5). Se ha implementado mejoras en cuanto la disposición de toda área de trabajo y capacitación a todos los empleados, para la disminución del tiempo de alistamiento.</p>
		<p>Tres (3). Se ha implementado mejoras en cuanto la disposición de algunas área de trabajo y capacitación a algunos empleados, para la disminución del tiempo de alistamiento.</p>
		<p>Uno (1). No se han implementado mejoras en cuanto la disposición del área de trabajo y capacitación a los empleados, para la disminución del tiempo de</p>

		alistamiento.
	SMED4	Cinco (5). Se tienen y utilizan dispositivos o mecanismos que facilitan el cambio de todas las referencias, producto o tamaño.
		Tres (3). Se tienen dispositivos o mecanismos que facilitan el cambio de todas las referencias, producto o tamaño pero no se utilizan.
		Uno (1). No se tienen dispositivos o mecanismos que facilitan el cambio de todas las referencias, producto o tamaño.
VSM	VSM1	Cinco (5). La empresa tiene estandarizados y documentados, todos sus procesos desde el proveedor hasta el cliente/consumidor final.
		Cinco (3). La empresa tiene estandarizados al menos el 50% de sus procesos. O se tiene todo estandarizado pero no documentados.
		Uno (1). La empresa está en una etapa muy incipiente de este proceso.
	VSM2	Cinco (5). La empresa tiene un proceso multifuncional e integrado entre diferentes áreas para el desarrollo de nuevos productos y está soportado por una estructura de comunicación eficaz.
		Tres (3). La empresa está en la construcción de un proceso multifuncional e integrado entre diferentes áreas para el desarrollo de nuevos productos.
		Uno (1). La empresa no tiene un proceso multifuncional e integrado entre las diferentes áreas para el desarrollo de nuevos productos y no existe comunicación entre ellas. El proceso de diseño recae sobre una sola área y esta decide y domina la estructura.
	VSM3	Cinco (5). La empresa cuenta con un estudio de métodos y tiempo en su proceso productivo y lo utiliza para la toma de decisiones.
		Cinco (3). La empresa cuenta con un estudio de métodos y tiempo en su proceso productivo y no lo utiliza.
		Uno (1). La empresa no cuenta con un estudio de métodos y tiempo en su proceso productivo.
	VSM4	Cinco (5). La empresa ha identificado las actividades u operaciones que agregan valor al producto y ha tomado acciones con aquellas que no agregan valor.
		Cinco (3). La empresa ha identificado las actividades u operaciones que agregan valor al producto, pero no ha tomado acciones con las que no agregan valor.

		Uno (1). La empresa no ha identificado las actividades u operaciones que agregan valor al producto.
5S	5S1	Cinco (5). El entorno de trabajo de la empresa se encuentra inmaculadamente limpio y ordenado. Existe un ordenamiento y limpieza constante en todos los puestos de trabajo, los niveles de ruido, calor y el aire están por debajo de los mínimos exigidos por las normas de trabajo.
		Tres (3). El entorno de trabajo de la empresa se encuentra inmaculadamente limpio y ordenado. Existe un ordenamiento y limpieza constante en algunos de los puestos de trabajo, los niveles de ruido, calor y el aire están por debajo de los mínimos exigidos por las normas de trabajo.
		Uno (1). El entorno de trabajo de la empresa no se encuentra inmaculadamente limpio y ordenado. No existe un ordenamiento y limpieza constante en todos los puestos de trabajo, los niveles de ruido, calor y el aire no están por debajo de los mínimos exigidos por las normas de trabajo.
	5S2	Cinco (5). La empresa tiene listas de chequeo para la clasificación, limpieza y orden en todos los puestos de trabajo, las cuales se aplican diariamente.
		Tres (3). La empresa tiene listas de chequeo para la clasificación, limpieza y orden en algunos puestos de trabajo, las cuales se aplican diariamente.
		Uno (1). La empresa no tiene listas de chequeo para la clasificación, limpieza y orden en el puesto de trabajo, las cuales se aplican diariamente.
	5S3	Cinco (5). La empresa implementa acciones para la clasificación, limpieza y orden, en todos los puestos de trabajo, como filosofía de trabajo, diariamente.
		Tres (3). La empresa implementa acciones para la clasificación, limpieza y orden, en algunos puestos de trabajo, como filosofía de trabajo, diariamente.
		Uno (1). La empresa no implementa acciones para la clasificación, limpieza y orden, en el puesto de trabajo, como filosofía de trabajo, diariamente.
	5S4	Cinco (5). La empresa cuenta con mecanismos, herramientas, equipos, que facilitan todas las labores de clasificación, limpieza y orden.
		Tres (3). La empresa cuenta con algunos mecanismos, herramientas, equipos, que facilitan algunas de las labores de clasificación, limpieza y orden.

		Uno (1). La empresa no cuenta con mecanismos, herramientas, equipos, que facilitan las labores de clasificación, limpieza y orden.
CEP	CEP1	Cinco (5). La empresa tiene implementado en todos sus procesos productivos y productos, herramientas del control estadístico de calidad para su evaluación y control.
		Tres (3). La empresa aplica el control estadístico de la calidad solo a una pequeña gama de procesos y productos.
		Uno (1). La empresa no aplica ningún control estadístico de calidad para la evaluación y mejora de sus procesos y productos.
	CEP2	Cinco (5). Todos los empleados son capacitados de forma constante, en técnicas y herramientas de solución de problemas. Las utilizan frecuentemente para la toma de acciones de mejora.
		Tres (3). Solo los empleados de los centros de trabajo más críticos, son capacitados de manera constante en técnicas y herramientas de solución de problemas. O, todos los empleados son capacitados pero no de manera constante. O, todos son capacitados pero no las utilizan frecuentemente para la toma de acciones de mejora.
		Uno (1). La empresa no capacita en técnicas y herramientas de solución de problemas.
	CEP3	Cinco (5). La empresa está certificada en al menos unos de los sistemas
		Tres (3). La empresa está en proceso de certificación de al menos uno de los sistemas
		Uno (1). La empresa no está certificada o en proceso de certificación
	CEP4	Cinco (5). La tasa de producto defectuoso está entre 0 y 20%
		Tres (3). La tasa de producto defectuoso está entre 20 y 50%
		Uno (1). La tasa de producto defectuoso es mayor al 50%
JIT	JIT1	Cinco (5). Todos los proveedores de la empresa están certificados y son de absoluta confianza en la entrega de sus productos, o en la prestación de su servicio.
		Tres (3). Algunos de los proveedores de la empresa están certificados y son de absoluta confianza en la entrega de sus productos, o en la prestación de su servicio.

	Uno (1). Ninguno de los proveedores de la empresa está certificado y son de absoluta confianza en la entrega de sus productos, o en la prestación de su servicio.
JIT2	Cinco (5). En la empresa el intercambio de información que se realiza con todos los proveedores es realizado vía electrónica.
	Tres (3). En la empresa el intercambio de información que se realiza con algunos de los proveedores es realizado vía electrónica.
	Uno (1). En la empresa no se realiza intercambio de información con los proveedores vía electrónica.
JIT3	Cinco (5). En la empresa toda la comunicación con los clientes se realiza de forma electrónica.
	Tres (3). En la empresa parte de la comunicación con los clientes es vía electrónica.
	Uno (1). En la empresa no se realiza comunicación con los clientes de forma electrónica.
JIT4	Cinco (5). Todos los productos fabricados por la empresa se elaboran usando módulos de producción.
	Tres (3). Algunos de los productos fabricados por la empresa se elaboran usando módulos de producción.
	Uno (1). Ninguno de los productos fabricados por la empresa se elaboran usando módulos de producción.
JIT5	Cinco (5). La empresa tiene establecidos sistemas visuales o tarjetas con información para realizar el reabastecimiento de todas las materias primas o insumos requeridos en todos los centros de trabajo del proceso de producción.
	Tres (3). La empresa tiene establecidos sistemas visuales o tarjetas con información para realizar el reabastecimiento de algunas de las materias primas o insumos requeridos en algunos de los centros de trabajo del proceso de producción.
	Uno (1). La empresa no tiene establecidos sistemas visuales o tarjetas con información para realizar el reabastecimiento de las materias primas o insumos requeridos en las estaciones de trabajo del proceso de producción.
JIT6	Cinco (5). La empresa realiza balanceo de líneas para la asignación de todos sus productos a sus trabajadores y máquinas.
	Tres (3). La empresa realiza balanceo de líneas para la asignación de algunos de sus productos a sus trabajadores y máquinas.

		Uno (1). La empresa no realiza balanceo de líneas para la asignación de todos sus productos a sus trabajadores y máquinas.
	JIT7	Cinco (5). Todos los equipos son flexibles y facilitan la producción en lotes pequeños.
		Tres (3). Algunos de los equipos son flexibles y facilitan la producción en lotes pequeños.
		Uno (1). Ninguno de los equipos es flexible y facilitan la producción en lotes pequeños.
	JIT8	Cinco (5). Todas las líneas de producción de la empresa se controlan por medio del uso de tarjetas con los requerimientos tanto para el transporte como para la producción.
		Tres (3). Algunas de las líneas de producción de la empresa se controlan por medio del uso de tarjetas con los requerimientos tanto para el transporte como para la producción.
		Uno (1). Ninguna de las líneas de producción de la empresa se controla por medio del uso de tarjetas con los requerimientos tanto para el transporte como para la producción.
HEIJUNKA	HEIJUNKA1	Cinco (5). Si permanecen más o menos constantes los tiempos de producción de un lote, teniendo en cuenta los cambios en la demanda.
		Tres (3). En algunos casos permanecen más o menos constantes los tiempos de producción de un lote, teniendo en cuenta los cambios en la demanda.
		Uno (1). No permanecen constantes los tiempos de producción de un lote, teniendo en cuenta los cambios en la demanda.
	HEIJUNKA2	Cinco (5). Todo el personal del área de producción es polivalente.
		Tres (3). Algunas personas del área de producción son polivalentes.
		Uno (1). Ninguna persona del área de producción es polivalente.
	HEIJUNKA3	Cinco (5). Se tiene siempre la capacidad de producir más de una referencia dentro de un lote de producción.
		Tres (3). Se tiene en algunos casos la capacidad de producir más de una referencia dentro de un lote de producción.
		Uno (1). No se tiene la capacidad de producir más de una referencia dentro de un lote de producción.

	HEIJUNKA4	<p>Cinco (5). Se tiene capacidad de producir en lotes pequeños, permitiendo la entrega de pequeñas cantidades por parte de los proveedores y la entrega a los clientes en pequeños lotes.</p> <p>Tres (3). Aunque se tiene capacidad de producir en lotes pequeños, no se hace con el fin de optimizar el uso de la maquinaria.</p> <p>Uno (1). No se tiene la capacidad de producir en pequeños lotes.</p>
ADMÓN	ADMÓN1	<p>Cinco (5). Más del 90% de todo el personal operativo y administrativo conoce y comprende el tema de manufactura esbelta, sus herramientas y técnicas.</p>
		<p>Tres (3). Del 50% al 90% del total del personal operativo y administrativo conoce y comprende el tema de manufactura esbelta, sus herramientas y técnicas.</p>
		<p>Uno (1). Menos del 50% del total del personal operativo y administrativo conoce y comprende el tema de manufactura esbelta, sus herramientas y técnicas.</p>
	ADMÓN2	<p>Cinco (5). La estructura organizacional facilita en todos los casos la comunicación y acceso entre la alta dirección y la parte operativa.</p>
		<p>Tres (3). La estructura organizacional facilita en algunos casos la comunicación y acceso entre la alta dirección y la parte operativa.</p>
		<p>Uno (1). La estructura organizacional no facilita la comunicación y acceso entre la alta dirección y la parte operativa.</p>
	ADMÓN3	<p>Cinco (5). La empresa realiza para todo el personal capacitación en los temas de producción sin desperdicio con una intensidad de 40 horas al año.</p>
		<p>Tres (3). La empresa realiza para algunas personas capacitación en los temas de producción sin desperdicio con una intensidad entre 30 y 40 horas al año.</p>
		<p>Uno (1). La empresa no realiza para el personal capacitación en los temas de producción sin desperdicio con una intensidad menor a 30 horas al año.</p>
	ADMÓN4	<p>Cinco (5). Todos los empleados han sido capacitados, entrenados y están autorizados para tomar decisiones en su puesto de trabajo, que favorezcan la eliminación y/o minimización de desperdicios en el proceso. Son autónomos y pueden detener la planta.</p>
		<p>Tres (3). Solo el supervisor y algunos pocos empleados tienen la autonomía de tomar decisiones en la planta, ante la presencia de alguno de los desperdicios en el</p>

	<p>proceso.</p> <p>Uno (1). La empresa no tiene empoderados a sus operarios para detener la planta, un proceso productivo, máquina o centro de trabajo cuando ocurren problemas de calidad o de mantenimiento.</p>
ADMON5	<p>Cinco (5). La empresa evalúa mensualmente lo que le cuesta el reproceso, los sobrantes, el inventario, la productividad de la mano de obra, la productividad del capital y la ineficiencia del proceso. Toma acciones de mejora.</p>
	<p>Tres (3). La empresa evalúa económicamente, como mínimo, de forma mensual algunos de los desperdicios anteriores mencionados y toma acciones de mejora. O, evalúa todos los desperdicios pero no toma acciones de mejora.</p>
	<p>Uno (1). La empresa no evalúa económicamente ninguno de los seis desperdicios mencionados.</p>
ADMON6	<p>Cinco (5). Para la toma de decisiones, a nivel gerencial, se consulta a los colaboradores más cercanos y se les involucra para plantear propuestas para el logro de objetivos.</p>
	<p>Tres (3). Para la toma de decisiones, a nivel gerencial, se consulta a los colaboradores más cercanos, tienen voz pero no voto.</p>
	<p>Uno (1). No se les consulta a los colaboradores más cercanos para la toma de decisiones a nivel gerencial.</p>
ADMON7	<p>Cinco (5). Todos los puestos de trabajo están diseñados ergonómicamente y ofrecen al empleado seguridad para realizar sus labores.</p>
	<p>Tres (3). Algunos de los puestos de trabajo están diseñados ergonómicamente y ofrecen al empleado seguridad para realizar sus labores. O, están diseñados ergonómicamente y no ofrecen seguridad, o viceversa.</p>
	<p>Uno (1). Ninguno de los puestos de trabajo está diseñado ergonómicamente u ofrecen al empleado seguridad para realizar sus labores.</p>
ADMON8	<p>Cinco (5). La empresa tiene establecido cuál es su misión, visión, objetivos estratégicos y operacionales.</p>
	<p>Tres (3). La empresa tiene establecido parcialmente su misión, visión, objetivos estratégicos y operacionales.</p>
	<p>Uno (1). La empresa no tiene establecido cuál es su misión, visión, objetivos estratégicos y operacionales.</p>
ADMON9	<p>Cinco (5). Todas las áreas para el almacenamiento del inventario están designadas y bien identificadas, cerca al área donde se necesitan.</p>

	Tres (3). Las áreas para el almacenamiento del inventario están cerca al área donde se necesitan, pero no están designadas o identificadas.
	Uno (1). No se cuentan con áreas designadas y bien identificadas para el almacenamiento del inventario, ni cerca al área donde se necesitan.
ADMON10	Cinco (5). La empresa conoce todo su entorno (competidores, tendencias, tecnología, comportamiento de la demanda, etc.) y toma decisiones con esta información.
	Tres (3). La empresa tiene conocimiento de algunos actores de su entorno (competidores, tendencias, tecnología, comportamiento de la demanda, etc.) y toma decisiones con esta información. O conoce todos los actores pero no toma decisión con esta información.
	Uno (1). La empresa no tiene conocimiento de su entorno (competidores, tendencias, tecnología, comportamiento de la demanda, etc.).