

# UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



## POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

MEJORA DE UN PROCESO DE CORTE DE PARTES  
AUTOMOTRICES UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA  
PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA

# T E S I S

PRESENTADA POR

**JESÚS MANUEL ESPINOZA SANDOVAL**

Desarrollada para cumplir con uno de los  
requerimientos parciales para obtener  
el grado de Maestro en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS  
M.C. GUILLERMO CUAMEA CRUZ

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

SEPTIEMBRE 2017

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

Hermosillo, Sonora a 22 de agosto de 2017

## JESUS MANUEL ESPINOZA SANDOVAL

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, otorgamos a usted nuestra aprobación de la fase escrita del examen de grado, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería.

Por tal motivo este jurado extiende su autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **MEJORA DE UN PROCESO DE CORTE DE PARTES AUTOMOTRICES UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE

M.C. Guillermo Cuamea Cruz  
Director de tesis y Presidente del jurado

Dr. Luis Felipe Romero Dessens  
Secretario del Jurado

Dra. Margarita Valenzuela Galván  
Vocal del Jurado

Dra. María de los Ángeles Navarrete  
Hinojosa  
Vocal del Jurado

Algeciras, Andalucía, España, a 31 de agosto de 2017

**JESUS MANUEL ESPINOZA SANDOVAL**

Con fundamento en el artículo 66, fracción III, del Reglamento de Estudios de Posgrado de la Universidad de Sonora, otorgo a usted mi aprobación de la fase escrita del examen profesional, como requisito parcial para la obtención del Grado de Maestro en Ingeniería.

Por tal motivo, como sinodal externo y vocal del jurado, extiendo mi autorización para que se proceda a la impresión final del documento de tesis: **MEJORA DE UN PROCESO DE CORTE DE PARTES AUTOMOTRICES UTILIZANDO MANUFACTURA ESBELTA PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA** y posteriormente efectuar la fase oral del examen de grado.

ATENTAMENTE



DR. JORGE SALGUERO GÓMEZ  
UNIVERSIDAD DE CADIZ, CAMPUS ALGECIRAS  
Sinodal Externo y Vocal del Jurado

## **RESUMEN**

La Manufactura Esbelta es una metodología aplicada de técnicas científicas y objetivas que hacen que en un proceso, las actividades que no añaden valor sean mínimas, resultando en reducción del tiempo de espera, tiempo en cola, y otros retrasos. En este trabajo, el objetivo principal es desarrollar y probar estrategias para eliminar o minimizar los desperdicios en una planta manufacturera de partes interiores, las cuales son enviadas a una ensambladora automotriz para la producción de automóviles. Los sistemas esbeltos se centran primero en buscar las operaciones que no aportan valor dentro de los procesos de producción e intentan eliminarlas. Este trabajo se centrará en la aplicación de algunas herramientas de Manufactura Esbelta como poka-yoke y rueda patrón para incrementar la eficiencia en el proceso de corte de partes interiores automotrices, a través de la eliminación de los desperdicios. Los medibles principales que se pretenden estudiar y mejorar, consisten en lograr una reducción de los costos generados por piezas defectuosas y disminuir el tiempo muerto en la estación de trabajo en estudio para aprovechar al máximo los recursos de la empresa. Para el logro de los objetivos se siguió una metodología de tres fases, donde los resultados obtenidos fueron benéficos para la empresa, lo que se tradujo en un ahorro significativo en los costos y aprovechamiento eficiente de los recursos.

## **ABSTRACT**

Lean Manufacturing is an applied methodology of scientific and objective techniques that reduce the activities that do not add value to the process, resulting in the reduction of waiting, and queue time, and other delays. In this paper, the develop and test strategies to eliminate or minimize waste in a manufacturing plant of automotive interior parts, which are sent to an automotive assembly plant for the production of automobiles are the main objectives. Lean systems focus at first on finding operations that do not bring value in the processes and intent to eliminate them. This project focused on the application of some lean manufacturing tools like poka-yoke and Pattern Wheel to increase efficiency on cutting automotive interior parts process, through the elimination of waste. A reduction of costs generated by defective parts and dead time in the work station under study are the main measures to be studied and improved in the company. A three-phases methodology was followed to achieve the objectives, in which the results obtained were beneficial to the company, resulting in significant savings in costs and efficient use of resources.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres María del Rosario Sandoval y Saúl Espinoza, por estar a mi lado alentándome en culminar esta etapa determinante en mi vida; por ser siempre mis guías y consejeros para lograr salir adelante ante cualquier dificultad u obstáculo que se me pudiera presentar; por siempre depositar su confianza en mí y por motivarme cada día con sus sabias palabras y consejos para que hoy pueda llegar al final de este gran camino lleno de enseñanzas y aprendizajes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quiero darle gracias a Dios por permitirme culminar con salud este proyecto tan importante en mi vida personal y profesional.

A mis padres, María del Rosario y Saúl por siempre ser mi motivación para salir adelante y hacerme ver que las metas y objetivos están para alcanzarse.

A mi hermano Saúl Alberto por ser esa persona ejemplo en mi vida desde pequeño, y ser ese soporte y motivador para lograr lo que me propongo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad Educativa (PFCE) por su apoyo económico.



# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
DEDICATORIAS .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
1. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1. Presentación .....	10
1.2. Planteamiento del Problema .....	12
1.3. Objetivo General .....	12
1.4. Objetivos Específicos .....	13
1.5. Hipótesis .....	13
1.6. Alcances y Delimitaciones .....	13
2. MARCO DE REFERENCIA .....	15
2.1. Manufactura Esbelta .....	15
2.1.1. Manufactura Esbelta en la Industria Automotriz .....	16
2.1.2. Aplicaciones de la Manufactura Esbelta (Casos de Estudio) .....	17
2.2. Six Sigma .....	18
2.3. Lean Six Sigma .....	19
2.4. Mejora Continua – Kaizen .....	20
2.4.1. Solución de problemas .....	26
2.5. Siete Desperdicios .....	28
2.5.1. Defectos .....	29
2.6. Gestión de la Cadena de Suministro .....	29
2.7. Justo a Tiempo .....	30
2.8. Gestión de la Calidad Total .....	30
2.9. Producción Nivelada .....	31

2.9.1. Heijunka .....	32
2.9.2. Rueda Patrón / Rueda de Ritmo .....	32
2.9.3. Kanban.....	33
3. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Estructura metodológica.....	35
3.1.1. Fase 1. Detección de oportunidades de mejora .....	36
3.1.2. Fase 2. Definir acciones de mejora y herramientas requeridas.....	39
3.1.3. Fase 3. Uso de las herramientas y evaluación de los resultados obtenidos .....	40
4. IMPLEMENTACIÓN.....	42
4.1. Fase 1. Detección de oportunidades de mejora .....	43
4.2. Fase 2. Definir acciones de mejora y herramientas requeridas .....	48
4.3. Fase 3. Uso de las herramientas y evaluación de los resultados obtenidos ....	53
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	60
5.1. Conclusiones.....	60
5.2. Recomendaciones.....	61
5.3. Trabajos Futuros.....	61
6. REFERENCIAS .....	62
7. ANEXOS .....	68
7.1. Anexo 01: Tabla con información relevante de los materiales .....	68
7.2. Anexo 02: Formato para calcular rueda patrón .....	70
7.3. Anexo 03: Diagrama de la Rueda Patrón .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Metodología propuesta .....	34
Figura 4.1. Area de enfoque del estudio.....	40
Figura 4.2. Rodillos utilizados como apoyo para el desdoble y corte de los lienzos de vinil en las medidas deseadas.....	42
Figura 4.3. Dado de corte utilizado en máquina cortadora .....	43
Figura 4.4. Defecto en vinil generado por doble golpe .....	44
Figura 4.5. Diagrama de Pastel para identificar el defecto que más se presenta .....	46
Figura 4.6. Diagrama de Ishikawa para detectar posibles causas .....	47
Figura 4.7. Tormenta de ideas para las posibles acciones de mejora.....	48
Figura 4.8. Situación actual que muestra el movimiento del material al momento de ser cortado .....	51
Figura 4.9. Corte realizado en el PAD de la máquina .....	52
Figura 4.10. Información relevante en formato de rueda patrón. ....	53
Figura 4.11. Formato para obtener tiempo de producción para cada material. ....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Costo promedio diario en piezas defectuosas de Agosto 2015 a Enero 2016. ....	45
Tabla 4.2. Costo promedio diario en piezas defectuosas de Febrero de 2015 a Mayo de 2015. ....	56

# 1. INTRODUCCIÓN

Para este trabajo, se ha decidido aplicar ciertas técnicas y herramientas de la filosofía de manufactura esbelta para lograr mejoras palpables principalmente en el desperdicio de los procesos de la planta en estudio, como defectos de calidad, mal aprovechamiento de los recursos e inventarios elevados, debido a que las pérdidas monetarias son muy altas. Además, en estos momentos la planta se encuentra en una etapa de transición de modelos, por lo que optimizar los procesos sería de gran ayuda para facilitar la inversión de nueva maquinaria y montaje de nuevas líneas de ensamble para seguir obteniendo la satisfacción del cliente y seguir compitiendo en este mercado tan cambiante.

## 1.1. Presentación

El presente proyecto de tesis se desarrollará en IAC Hermosillo, considerada la planta con mayor número de ventas a nivel Norte América, entre plantas hermanas. Provee de los interiores vehiculares a la Planta de Estampado y Ensamble Ford de Hermosillo. La planta IAC Hermosillo se divide en 6 unidades de negocio: moldeo, consolas, puertas, panel de instrumentos, laminación, y planta 2. Esta última cuenta con 102 empleados distribuidos en 5 áreas: corte y costura, secuenciado de tapetes, pilar B, soporte de package tray, y línea de ensamble final de package tray.

International Automotive Components (IAC) posee una amplia base de experiencia con los interiores de automóviles iconos como Stankiewicz, United Technologies, Automotive Industries y Masland Industries. Tiene más de 160 años de experiencia en tecnología automotriz de interiores. Fue construida a partir de las antiguas divisiones interiores globales de Lear y Collins & Aikman. El equipo IAC aprovecha su patrimonio y presencia global para proporcionar soluciones de partes interiores automotrices que ayudan a los clientes a diferenciar sus vehículos en los mercados existentes y emergentes de todo el mundo.

El área de corte cuenta con una máquina cortadora para proveer al área de costura de 52 números de partes diferentes. En el área de costura se tienen 5 líneas de producción de dos estaciones cada una. El área de secuenciado de tapetes se encarga de secuenciar las diferentes versiones en base al requerimiento del cliente externo. En esta área solo se organizan las secuencias de embarques de tapetes, no se produce. Estos tapetes vienen ya fabricados de Querétaro. Los productos pilar B y soporte de package tray se envían a la zona de Consolas, la cual se encarga de secuenciar estos productos en sus diferentes versiones de acuerdo al requerimiento del cliente externo. Por último, la línea de ensamble final cuenta con 5 estaciones para generar el producto terminado llamado package tray y poder enviarlo al cliente externo en base a los requerimientos mostrados en las pantallas de difusión de modelos.

En diciembre de 2014, la Planta 2 comenzó sus operaciones debido al arranque de nuevos procesos, ya que el espacio en la planta principal era insuficiente para soportar estas nuevas líneas de producción. Al momento de iniciar operaciones, la Planta 2 únicamente contaba con la línea de ensamble final de package tray y el secuenciado de tapetes. En ese tiempo solamente contaba con 24 trabajadores en su NTR (Número de Trabajadores Requeridos) y para agosto de 2015, por motivo del traslado de corte y costura, el número de trabajadores llegó a 102, aumentando cuatro veces el NTR.

Con el aumento del NTR también aumentó el índice de piezas defectuosas de la planta 2. Según registros históricos de la planta desde agosto de 2015 a febrero de 2016, el área de corte y costura contaba con costos anualizados aproximadamente de \$900.000 dólares en cuestión de piezas defectuosas, así como cuatro días en inventario con un valor aproximado de \$40.800 dólares, tanto en trabajo en proceso como en producto terminado. Por otro lado, en diciembre de 2014, antes del traslado del proceso de corte y costura a Planta 2, los costos anualizados eran de \$200.000 dólares aproximadamente y el inventario era solamente de dos horas, ya que los procesos eran justo a tiempo con el cliente externo.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

La zona de Planta 2 presenta un alto índice de piezas defectuosas en sus procesos provocando pérdidas monetarias, así como niveles elevados de inventarios, por lo cual se está afectando negativamente a la productividad de la empresa, ya que presenta más de \$900,000 dólares anuales de pérdidas debido a la producción de piezas defectuosas, las cuáles una vez pasando por el proceso de corte, es imposible recuperarlas si llegan a presentar un defecto de especificaciones y/o calidad.

Históricamente la Planta 2 presenta el tercer lugar en piezas defectuosas de toda la planta y los gastos más elevados en almacenamiento de trabajo en proceso y producto terminado. Entre las causas posibles detectadas por el equipo de trabajo involucrado a inicios de este proyecto (supervisores, líderes de celda, operadores y un servidor) son: no contar con un programa de producción confiable para verificar el nivel de inventarios que presentan y las piezas defectuosas se presentan por la falta de ajuste en los indicadores de las máquinas utilizadas en los diferentes procesos de corte, manufactura y ensamble, sin embargo, tal problema se ha atacado solamente mediante la aplicación de la herramienta de TPM, lo que no ha traído grandes resultados. La totalidad de los procesos en costura son manuales, y los materiales utilizados son principalmente vinil y piel.

## **1.3. Objetivo General**

Reducir los costos generados por piezas defectuosas y/o sobre inventarios mediante el desarrollo e implementación de una metodología de Manufactura Esbelta que contribuya al incremento en la eficiencia de las operaciones y productividad de la empresa.

## 1.4. Objetivos Específicos

- Analizar las herramientas de Manufactura Esbelta que mejor se adapten a los procesos en estudio.
- Desarrollar una metodología en base a herramientas de Manufactura Esbelta adaptada a los procesos.
- Implementar la metodología de Manufactura Esbelta desarrollada que permita reducir los costos que se están generando por piezas defectuosas y sobre inventarios.
- Evaluar el incremento en la productividad de la empresa, por resultado de la implementación de este proyecto.

## 1.5. Hipótesis

El análisis, desarrollo e implementación de la metodología en base a herramientas de Manufactura Esbelta, permitirá identificar y disminuir las piezas defectuosas, así como reducir los niveles de inventario, incrementando con esto la productividad de la empresa.

## 1.6. Alcances y Delimitaciones

El proyecto se enfocará en el área de corte y costura, debido a que presenta el índice más elevado de piezas defectuosas con el 95% del total de Planta 2, y presenta el nivel de inventario más alto entre las áreas de esta zona, alcanzando los cuatro días de inventario en trabajo en proceso y producto terminado.

## 1.7. Justificación

La empresa necesita reducir los defectos en las piezas producidas en el área de corte, así como reducir los niveles de inventarios que manejan actualmente. Con la disminución en las piezas defectuosas e inventarios, se reducirán los costos generados por estas razones y se aprovecharán mejor los recursos en los procesos, principalmente de materia prima, espacio, así como el recurso humano involucrado, incrementando de esta manera la productividad de la empresa.



Por último, esto permitirá a la empresa ser más competitiva en este mundo cambiante a través de la eliminación de desperdicios.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Manufactura Esbelta**

Para Villaseñor (2007), uno de los términos que más se escuchan dentro del ámbito empresarial es manufactura esbelta (ME). ME es una filosofía de producción, una manera de conceptualizar el proceso de producción, desde la materia prima o solicitud de compra hasta el producto terminado para satisfacer al cliente final.

La manufactura esbelta (Lean Manufacturing) es un conjunto de técnicas y herramientas que tienen su origen en el sistema de producción Toyota. Su objetivo es hacer eficientes los procesos mediante la reducción de desperdicios desde la materia prima hasta el producto final. Como consecuencia el proceso se hace más ágil, y la empresa es capaz de entregar productos de calidad a tiempo, con un costo menor, aumentando la satisfacción de sus clientes y a su vez incrementando el margen de utilidades. De acuerdo con, Mostafa, Dumrak y Soltan (2013), el concepto Lean es ampliamente aceptado tanto en sectores de manufactura como de servicios.

La manufactura esbelta se define como el proceso de transformar materias primas en productos de un valor más alto, utilizando solo actividades que agreguen valor. Esta transformación, requiere de una serie de actividades tales como, el diseño del producto, máquinas y herramientas, planeación de la producción, selección de materiales y proveedores, compras, manufactura, control de la producción, mantenimiento, ventas, mercadotecnia, distribución y servicio al cliente. De acuerdo con Kalpakjian y Schmid (2008) para que dichas actividades respondan a las demandas y tendencias actuales de la industria a la que pertenecen, es fundamental que un producto satisfaga e incluso supere los requisitos y expectativas, que el producto se manufacture a bajo costo, que la calidad se integre en cada etapa de transformación y que los sistemas de producción sean flexibles para adaptarse a los cambios del mercado.

Para Zhou (2012), la manufactura esbelta es la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en el proceso de transformación desde la perspectiva del cliente. La manufactura esbelta como una estrategia de negocio, se utiliza para mejorar la calidad y el servicio, eliminar los desperdicios, reducir el tiempo de manufactura y entrega y reducir los costos totales. El objetivo final de una organización esbelta es crear un proceso continuo de alta calidad, conservando solamente aquellas operaciones o actividades que agregan valor y ofrecer un servicio que satisfaga la demanda de los clientes.

El ex presidente de Toyota, Fujio Cho define desperdicio como “cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, horas de trabajo absolutamente esencial para la producción”. Cualquier cantidad que exceda el mínimo requerido se considera un desperdicio, porque se invierte esfuerzo y material en algo que no es necesario en ese momento (Chase 2010).

En este sentido, Mohammad y Jalham (2013), establecen que los sistemas actuales de manufactura están siendo impulsados por tres grandes fuerzas que son: 1) Las crecientes demandas de los clientes, incluyendo el valor del producto, su funcionalidad y personalización. 2) La globalización de los mercados y la competencia que reduce los ciclos de vida de los productos y 3) La aceleración de los cambios tecnológicos sumado a la rápida expansión de la información y tecnología de producción. De tal modo que la manufactura esbelta representa la oportunidad de mejorar las condiciones de competencia de las empresas, al eliminar en el proceso de transformación, aquellas actividades que no agregan valor, haciendo más eficiente y flexibles los procesos productivos para cumplir con las demandas y requerimientos del mercado.

### **2.1.1. Manufactura Esbelta en la Industria Automotriz**

Las aplicaciones de Lean Manufacturing han abarcado muchos sectores, incluidos el automotriz, electrónica, electrodomésticos, y la fabricación de productos de consumo (Murugesan et al. 2016). En la actualidad, el sector automotriz enfrenta importantes cambios sociales, económicos, tecnológicos y organizacionales que

están afectando a la producción de ensamble, la de autopartes y a las maquiladoras que integran su cadena del valor (Navarro 2014).

Para Acharya y sus colaboradores (2011), manufactura esbelta es una de las iniciativas que muchas empresas importantes en Estados Unidos han estado tratando de adoptar con el fin de seguir siendo competitivos en un mercado cada vez más global.

De acuerdo con Rajesh y Mehta (2012), actualmente, en la India cerca de 150 empresas en la industria del automóvil utilizan la manufactura esbelta, pero aún no se ha impregnado en otras áreas. Uno de los obstáculos que enfrenta el país es la baja inversión que se hizo en tecnología e infraestructura. Para salvaguardar el interés de éstos, los fabricantes necesitan ser competitivos manteniendo los estándares de calidad que pueden ser posibles con la aplicación de técnicas lean en su sistema de producción.

Por otro lado, China es uno de los destinos de inversión más atractivos para los grandes jugadores mundiales del automóvil, y manufactura esbelta es su metodología más prominente de mejora de negocios para mejorar el rendimiento de la industria automotriz. A pesar de las inversiones intensivas en manufactura esbelta en lugares chinos, la industria del automóvil todavía no es capaz de emplear la filosofía de Lean de manera efectiva. Un fenómeno sorprendente es que a pesar de tener los conocimientos necesarios en relación con manufactura esbelta y, en particular instrumentos operativos, las multinacionales del automóvil todavía no son capaces de poner en práctica de manera efectiva la filosofía de Lean en sus lugares de China (Sankowska y Zielli 2014).

### **2.1.2. Aplicaciones de la Manufactura Esbelta (Casos de Estudio)**

En la ciudad de Medellín se realizó un benchmarking en empresas del sector de la confección para determinar el nivel de implementación de la manufactura esbelta en sus respectivos procesos productivos mediante un cuestionario. De acuerdo con, Arrieta, Botero y Romano (2010), se encontró que para las treinta empresas

de la muestra la calificación general promedio es de 61.17%, lo que indica que es muy deficiente al compararlo con empresas de categoría mundial.

Se realizó un proyecto de aplicación de los principios Lean en una empresa de fabricación de equipos de impresión. Por medio de la herramienta del Mapeo de la Cadena de Valor actual (VSM) se identificaron los desperdicios y sus fuentes. De acuerdo con, Rajenthirakumar, Sridhar y Janani (2013), los resultados obtenidos consistieron en optimización del flujo de producción minimizando las operaciones que no agregan valor al producto. Finalmente se confirmó una notable reducción en el inventario de trabajo en proceso y tiempo de ciclo, así como un aumento en la eficiencia.

Se presentó una propuesta de mejora en el tiempo de atención al paciente mediante la aplicación de la metodología de manufactura esbelta en un hospital de La Sabana de Bogotá, Colombia. En primera instancia, se establece el estado actual de los procesos de atención, posteriormente se identifican los factores que generan demoras y finalmente se realiza una propuesta de mejora, la cual se evaluó a través de simulaciones basadas en el Software Arena. Las simulaciones mostraron mejoras importantes en los tiempos de atención y de espera de los pacientes (Martínez et al. 2015).

## **2.2. Six Sigma**

Six sigma es un enfoque disciplinado y altamente cuantitativo, que en conjunto con la manufactura esbelta, busca la mejora de la calidad de productos o procesos. Six sigma se introdujo en Motorola con el objetivo principal de reducir los defectos de los productos electrónicos fabricados. Desde entonces ha sido adoptado y generalizado por una serie de empresas, tales como Allied Signal y General Electric (Hahn et al. 2000).

Para Taylor y sus colaboradores (2014), la meta de six sigma es reducir la variación en los procesos de una organización mediante el uso de especialistas en mejora, un método estructurado, y métricos de rendimiento con el fin de alcanzar los objetivos estratégicos.

Para Mendoza y Mendoza (2005), la importancia central de six sigma es su énfasis en llegar a cero defectos, es decir, 3.4 defectos por millón, o menos, esto es lo que le da identidad a esta herramienta, por lo cual puede ser considerada como el esfuerzo más grande realizado para llegar a la perfección, y esto lo hace sin perder de vista al cliente. Para lograr esta meta, seis sigmas apela al uso de herramientas que emplean intensamente el conocimiento, tales como el método científico, el proceso de solución de problemas, técnicas estadísticas y también utiliza recursos lógicos básicos como análisis de Pareto y diagramas causa-efecto, pero en su etapa desarrollada echa mano de estadística avanzada, usando prueba de hipótesis, regresión, análisis de varianza y diseño experimental. Eventualmente seis sigma incorpora herramientas de creatividad como la tormenta de ideas. También exige el manejo de competencias de trabajo en grupo y liderazgo.

### 2.3. Lean Six Sigma

Lean six sigma (LSS) es una filosofía y metodología que combina la manufactura esbelta con six sigma, y establece cómo mejorar los procesos en una forma que involucra los costos de la mala calidad, procesos fuera de control, el desperdicio y los factores críticos de los requerimientos de los clientes. La conveniencia de la aplicación conjunta del pensamiento esbelto y seis sigma es poder alcanzar los mejores resultados que ofrecen cada una de las filosofías (Mantilla 2012).

Para Drohomeretski y sus colaboradores (2014), desde hace décadas, el número de modelos de mejora continua ha estado creciendo en base al concepto de mejora de la calidad y/o procesos dirigidos a la reducción de residuos, simplificando la línea de producción, mejorando la calidad, etc. Algunos de estos incluye lo siguiente: gestión de la calidad total (TQM), manufactura esbelta, six sigma y LSS. Felizzola Jiménez y Luna Amaya (2014), aportan que LSS es un enfoque de mejora que ha tenido gran acogida gracias a su capacidad para dar solución efectiva a muchos de los problemas que enfrentan las organizaciones hoy. Si bien hay investigaciones que muestran que LSS puede generar beneficios

en las organizaciones, independiente de su tamaño, hay otras que evidencian que estos beneficios se presentan en mayor grado en las grandes empresas en comparación con las PYMES.

## **2.4. Mejora Continua – Kaizen**

Una pieza muy importante en la economía mundial son las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMEs). Para fortalecerlas, se necesita de prácticas eficientes de mejora continua e innovación adaptadas a su tamaño y tipo de negocio (Anon 2013). Apoyando esta aportación, para Vieira y sus colaboradores (2012), la filosofía kaizen es la clave del éxito de las organizaciones para asegurar la competitividad. Kaizen consiste en que todos los miembros de una organización trabajen para hacer mejoras con baja o ninguna inversión. Con kaizen, un liderazgo involucrado guía a las personas para mejorar la capacidad de cumplir continuamente con las expectativas de calidad y entrega a tiempo.

Para Tanco y sus colaboradores (2012), mejora continua (CI) es vista como vital en el entorno empresarial actual. CI es una de las principales estrategias utilizadas para lograr la excelencia de fabricación, tal como aparece, por ejemplo, en el contexto de la "fabricación de clase mundial" o la gestión de la calidad total. Sin embargo, la principal fuente de la mejora continua sigue siendo el enfoque kaizen japonés. Kaizen, la palabra japonesa para "mejora", tiene tres elementos clave: es continua, incremental en la naturaleza, y participativa.

Por su parte, para Jurburg y sus colaboradores (2015), CI tiene como principal característica mejorar la productividad y calidad de la empresa con cambios relativamente pequeños, pero alineados de manera permanente con la organización. La participación queda, pues, como un medio para la CI a todos los niveles: tanto gerencia, como directivos y trabajadores u operarios. Lograr convocar y hacer partícipe a los miembros de una organización parece ser, cada vez más, un aspecto que exige mayor esfuerzo y compromiso.

Kaizen, según su fundador Masaaki Imai, es una filosofía, ya que es un método para el desarrollo de las organizaciones. Así como puede ser aplicado al lugar de

trabajo, el concepto puede ser aplicado a la vida privada entre amigos y familiares (Imai 1986).

La filosofía Kaizen se ha aplicado para un gran número de empresarios, gestores inquietos y muy competitivos que estaban dispuestos a emplear metodologías que fortalezcan el entorno en el que estaban involucrados. Sin embargo, a pesar de la popularidad de esta filosofía, las implementaciones kaizen en las empresas tuvieron poco éxito. Por ejemplo, en una encuesta realizada a los fabricantes de EE.UU., el 90% de las 3.000 organizaciones industriales han puesto en marcha proyectos de mejora continua; sin embargo, sólo el 10% consideró que estaban dando los resultados deseados. Además, en un estudio realizado en los sistemas de sostenibilidad y mejora continua en dos comunidades industriales de España y México, se ha puesto de manifiesto que el 33% de las 360 empresas adoptó la metodología kaizen (García y Rivera 2013).

Para Urbaniak (2015), la observación de la práctica empresarial demuestra que muchas empresas mejoran los procesos en un enfoque de cadena de suministro en la implementación de la calidad, sistemas de gestión ambiental y seguridad que se ajustan a los requisitos internacionales de normalización, así como herramientas de excelencia operativa como Sistema de Producción Toyota, administración lean y metodologías de six sigma.

Según Montabon (2005), informes anecdóticos indican que los eventos kaizen se están convirtiendo en el popular solucionador de problemas y una herramienta de mejora continua. Eventos kaizen están esencialmente bien estructurados, sesiones de varios días para la resolución de un problema implican un equipo multifuncional, que está facultado para utilizar la experimentación como consideren conveniente para obtener una solución. Aunque esta descripción podría connotar que la técnica sólo se puede utilizar en problemas de piso de producción, los eventos kaizen también se pueden utilizar en los problemas de oficinas.



Chaneski (2015), se centra en cómo iniciar un evento kaizen. Varios sucesos pueden iniciar un evento kaizen. La retroalimentación de los empleados es uno de los más comunes. Un empleado puede experimentar dificultad o frustración cuando realiza una tarea y busca ayuda. Otro empleado puede ofrecer una sugerencia para algo que a él o ella le gustaría tratar de hacer, por ejemplo, para hacer un proceso más fácil o más consistente.

Una de las herramientas de mejora continua es el mapeo de la cadena de valor (VSM), el cual es utilizado como la principal herramienta para identificar los residuos/desperdicios en el proceso, desarrollando un mapa actual; posteriormente, se genera un mapa futuro con las mejoras propuestas, así como los planes de trabajo y revisión anual, que se utilizan para supervisar y monitorear la implementación del proyecto (Tejeda y Pe 2012).

Por otro lado, para Schmidtke (2014), VSM es un enfoque sistemático para la reordenación de los pisos de producción, sitios o incluso los sistemas enteros de la cadena de suministro y eliminando las actividades que no agregan valor. Puede ser descrito como una herramienta gráfica que se utiliza para mapear la situación actual de la organización, para identificar oportunidades para la eliminación de residuos, y para decidir las mejoras que se implementarán para eliminar esos residuos. Para Bertolini y sus colaboradores (2013), el núcleo de cualquier iniciativa Lean es el análisis de la cadena de valor, siendo este último todas las actividades ejecutadas para la fabricación de un elemento y/o para cumplir con las peticiones del cliente.

Una de las herramientas clave en la mejora continua es la metodología de las 5S. Para Jaca y sus colaboradores (2014), la metodología 5S es una de las mejores herramientas para generar un cambio de actitud entre los trabajadores y sirve como una forma de involucrar las actividades de mejora dentro del lugar de trabajo. El nombre 5S corresponde a la primera letra de cinco palabras japonesas: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke. Por otro lado, para Delisle & Freiberg (2014), el marco 5S suministra un enfoque lógico y amigable con el usuario hacia la evaluación, diseño e implementación de mejoras en los sistemas y procesos,

así como el desarrollo de tareas estandarizadas para mejorar la calidad y seguridad de los trabajadores.

Mucha gente piensa que 5S tiene que ver con un buen mantenimiento, la limpieza, y/o poner en orden. Bueno, eso es parte de ella, pero no es la definición real. 5S es la preparación del lugar de trabajo con el fin de poner en práctica el trabajo estandarizado y mejorar el flujo. Se puede implementar en cualquier organización o ambiente trabajo en el mundo. Proporciona la atmósfera de trabajo para el lugar de trabajo visual. También es una gran herramienta a utilizar para hacer mejoras importantes en el lugar de trabajo (Tapping 2007).

Para Javadi y sus colaboradores (2013), la manufactura celular, como herramienta de mejora continua, implica la formación de familias de piezas en base a sus requisitos similares de procesamiento y la agrupación de máquinas en células de fabricación para producir las familias de piezas formadas. Una familia de piezas es un conjunto de partes que son similares, ya sea debido a la forma geométrica y el tamaño o etapas de procesamiento requeridos en su fabricación. Una célula de fabricación se compone de varias máquinas funcionalmente diferentes que se colocan en estrecha proximidad entre sí y dedicadas a la fabricación de una familia de piezas, esto facilita tanto la producción como el control de calidad.

La implementación de la manufactura celular aporta varias ventajas como la reducción en el tiempo de ejecución de producción, reducción del trabajo, reducción del tiempo de puesta a punto y la mejora en la programación y planificación. El proceso de formación de células que incluye la parte de agrupación y asignación de grupos de máquinas es una de las fases más importantes de la manufactura celular (Baykasoglu 2015).

Los cambios en la industria del automóvil se refieren a la fabricación de diferentes partes en series más pequeñas que tienen que ser producidas con un consumo de tiempo mínimo. Estos requisitos muy estrictos están creando una gran cantidad de problemas en el mundo amplio de la industria del automóvil. En

general, se necesita tiempo adicional para la configuración causada por un mal diseño de los equipos. La solución se puede lograr tanto por responder rápido a la demanda del mercado y la aplicación temprana de nuevos métodos y tecnologías. La mejora continua de procesos y SMED (Cambio de herramental en un dígito de tiempo) pueden solucionar este problema (Perinic 2009).

Para Mcintosh y sus colaboradores (2000), la primera definición del concepto SMED, puede extraerse de lo que describe Shingo como las 4 etapas conceptuales de su proceso de mejora:

- Etapa 0. Actividades internas y externas de preparación no se distinguen
- Etapa 1. La separación de actividades internas y externas
- Etapa 2. La conversión de actividades internas a externas
- Etapa 3. Racionalización de todos los aspectos de la operación.

El término poka-yoke se deriva de la palabra japonesa para la evitación (yokeru) de errores no intencionados (poka). El movimiento posterior 'cero defectos' abrazó el enfoque poka-yoke como parte de la calidad, en sustitución de la mayor parte de la inspección post fabricación con el trabajador de auto-inspección. Originalmente, el término utilizado fue baka-yoke, que literalmente significa a prueba de tonto. Más tarde fue sustituido por poka-yoke, que es menos ofensivo (Treurnicht 2011).

Poka-yoke es un término japonés que significa a prueba de error o autoprotección. Este concepto fue formalizado y el término adoptado por Shigeo Shingo como parte del Sistema de Producción Toyota. El objetivo es evitar la falta de piezas, piezas mal ensambladas, procesamiento incorrecto y piezas incorrectas (Schmidt 2013).

La tecnología de administración visual (VM) es considerada como una de las tecnologías kaizen, tal como la tecnología de balanceo de cargas, tecnología de reducción del tiempo de entrega, tecnología de diseño de la máquina, tecnología de la normalización, y la tecnología de automatización. La tecnología VM utiliza la facultad de la visión y comenzó originalmente para el desarrollo en el sector de la

producción. En los últimos años, VM se ha utilizado en otras industrias y otros sectores empresariales, incluyendo la administración, ingeniería y ventas. La razón es que esta herramienta está estrechamente relacionada con los indicadores clave de rendimiento (KPI) (Murata y Katayama 2010).

Para Jaca y sus colaboradores (2014), VM se ha convertido en una herramienta poderosa para apoyar los procesos de dirección y toma de decisiones en las organizaciones mediante la creación de una estrategia que proporciona información vital lo más cerca del punto de uso como sea posible; asimismo, proporciona beneficios significativos en la comunicación y la estandarización, que mejora la eficacia de los sistemas de mejora. Por otro lado, añade una nueva dimensión a los procesos, sistemas y estructuras que componen una organización mediante la utilización de técnicas de visualización gráfica para aumentar el enfoque en el rendimiento.

Mantenimiento Productivo Total (TPM) implica una estrecha relación entre el mantenimiento y la productividad, destacando que el buen cuidado y mantenimiento en los equipos, resultarán en una mayor productividad. TPM es el equipo y el proceso de la estrategia de mejora que enlaza muchos de los elementos de un buen programa de mantenimiento para alcanzar mayores niveles de la efectividad del equipo (Digalwar y Nayagam 2014).

Para Prabhuswamy y sus colaboradores (2013), el TPM es un sistema de mantenimiento y mejora de la integridad de los sistemas de producción y de calidad a través de las máquinas, equipos, procesos y empleados que aportan valor a la organización empresarial. TPM mejora drásticamente la productividad y la calidad, así como reducir los costos. Por su parte, para Suzuki (1994), el principal objetivo de TPM es reducir la tasa de incidencia de las principales pérdidas experimentadas por la mayoría de las plantas: paros, ajustes de producción, fallas en los equipos, fallos en los procesos, la pérdida de producción normal, pérdida de producción anormal, defectos de calidad, y el reprocesamiento.

### **2.4.1. Solución de problemas**

La transformación del mundo actual y el aumento de las competiciones mundiales han obligado a las organizaciones a presentar productos con precios más bajos, mayor calidad y mayor fiabilidad. El pensamiento de grupo y toma de decisiones son herramientas adecuadas para reducir los posibles errores en la toma de decisiones y para mejorar la eficiencia de las organizaciones utilizando herramientas de solución de problemas, tales como lluvia de ideas y diagrama de espina de pescado (Yazdani y Tavakkoli-moghaddam 2012).

La verdad es que Lean es todo acerca de la solución de problemas. Es este proceso interminable de solución de problemas que impide que los fabricantes alcanzar un estado ideal en el que las necesidades de cada cliente se cumplan en tiempo y sin desperdicios. La mayoría de los esfuerzos para resolver problemas tienden a centrarse en la salida del proceso (Management y Tips 1979).

Como lo expone Ellis (2013), al iniciar cualquier iniciativa de cambio importante, es necesario hacer algunas preguntas difíciles y responder con honestidad. Para entender el verdadero problema, los líderes tienen que empezar haciendo preguntas sencillas. Cuando la única respuesta a la pregunta es no sé, entonces ya estamos listos para exponer el verdadero corazón del problema.

El concepto “lluvia de ideas” surgió hace 60 años. El publicista y teórico de la creatividad Alex Osborn propuso el término en la *Imaginación Aplicada*, publicado por primera vez en 1953 y actualizada regularmente hasta su muerte en 1966. El concepto original de Osborn, introducido en su libro de 1942 ‘Cómo pensar para arriba’, era simple: reunir 10 o 12 personas en una habitación, una mezcla de expertos y principiantes, y darles una pregunta a responder (Gobble 2014). Por otro lado, Bolin y Neuman (2006), mencionan que la investigación ha demostrado consistentemente que los grupos interactivos de intercambio de ideas producen significativamente menos ideas que el mismo número de individuos que trabajan solos, debido a que el proceso de la interacción del grupo interrumpe el rendimiento individual. Las pérdidas de proceso que son experimentados por los

grupos de intercambio de ideas están particularmente bien documentados. Mientras que algunos autores han defendido la posibilidad de obtener ganancias de proceso, la evidencia empírica en apoyo de las ganancias de proceso ha sido algo escasa.

Kaoru Ishikawa es el más famoso científico japonés en el ámbito de la calidad. Es especialmente importante su trabajo de introducción de base de calidad sobre las acciones de circuitos prácticos en Japón y en todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos. El diagrama causa - efecto es el resultado de un análisis general del impacto (causa) que causa un resultado en particular de los fenómenos observados. En un esfuerzo destinado a impulsar la calidad de los productos y procesos de las compañías y organizaciones de servicios (Corviniensis et al. 2014).

El diagrama es considerado una de las siete herramientas básicas de control de calidad. También se conoce como un diagrama de espina de pescado debido a su forma. La cabeza de pescado representa el principal problema. Las causas potenciales del problema, por lo general derivados de las sesiones de reflexión o de investigación, se indican en las espinas de pescado (Reports y Wong 2011).

El método cinco porqués fue desarrollado por Sakichi Toyoda para identificar las causas de los problemas de fabricación y producción. Se trata de transformar un problema en una pregunta "por qué". Los participantes piensan en cinco respuestas sobre la base de sus conocimientos y experiencia. La respuesta más plausible se selecciona y se convierte en otro "por qué". Este ciclo se repite cinco veces. Se anima a los participantes a teorizar la causa de los problemas de una manera que evite suposiciones no comprobadas, el mantenimiento de los vínculos con sus experiencias de vida. El uso del método cinco porqués, por lo tanto, requiere ser promovida con cuidado por las personas expertas en la práctica de cuestionamiento crítico y la reflexión, y que son expertos en el desarrollo de contextos en los que la gente se sienta cómodo compartiendo (Kohfeldt y Langhout 2012).

El punto de los cinco porqués es para profundizar en la causa por seguir pidiendo preguntas en lugar de correr alrededor de los síntomas de cura. Al llegar a la raíz del problema y eliminar la fuente, se evita el problema de aparecer de nuevo en el futuro. Es encantadoramente sencillo y sin embargo cuando se utiliza da resultados notables (Adams 2008).

## **2.5. Siete Desperdicios**

De acuerdo con, de Diego, Sierra y Arcía (2009), la reducción del desperdicio es una de las características clave de los sistemas con manufactura esbelta. Para buscar la mejora, los métodos tradicionales buscan primero las operaciones que añaden valor e intenta mejorarlas. Los sistemas Lean se centran primero en buscar las operaciones que no aportan valor e intentan eliminarlas. Se suele hablar de los 7 desperdicios: sobreproducción, esperas, transportes, sobreprocesar, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos. Creemos que aquí se podría hablar también del conocimiento de los empleados no utilizado, entendiendo conocimiento como la suma de pensamiento, voluntad y acción.

En contradicción, Neck (2014), comenta que Taiichi Ohno identificó ocho desperdicios que representan hasta el 95% de todos los costos en la fabricación tradicional:

- Sobreproducción - Producir más de las necesidades de un cliente, incurre almacenamiento pesado, equipos y costos de mano de obra.
- Espera - Cualquier máquina o humano en un estado de espera, no importa lo que ellos están esperando, representa dinero perdido y oportunidad.
- Transporte - Los materiales que son transportados desde el proveedor a cualquier ubicación (por ejemplo, almacén) que no sea el punto de uso; crea costos de transporte innecesarios en tiempo y dinero.
- Procesos que no agregan valor. El control de calidad (procesos tradicionales de inspección de productos terminados y corregir defectos después de completar la producción) no es necesaria en un entorno de

fabricación, donde se producen productos sin defectos (garantía de calidad).

- Exceso de inventario - Llevar más inventario de lo que es necesario, a partir de materias primas a los productos terminados, incurre espacio de almacenamiento costoso y mano de obra.
- Defectos – Los defectos del producto incurren en costos de mano de obra, espacio, equipo y tiempo.
- Movimientos innecesarios - Incurrir en un movimiento más allá de lo necesario para llevar a cabo una tarea, es pérdida de tiempo de trabajo y mano de obra.
- Personas no utilizadas - No aprovechar las habilidades, la creatividad, el tiempo y otros atributos de las personas resulta en oportunidades desperdiciadas para la organización, equipo y mejoras en la eficiencia individual.

### **2.5.1. Defectos**

Para Paraschivescu (2014), dos conceptos fundamentales relativos a la calidad son los costos de calidad y la satisfacción del cliente. Por su parte, las no conformidades y los defectos son conceptos relacionados con especialistas en gestión de la calidad y la mejora continua de la calidad.

Las herramientas estadísticas de calidad han sido ampliamente utilizadas para ayudar al funcionamiento de sistemas de producción y al cumplimiento de requisitos de especificaciones de productos y servicios. Los inconvenientes surgen cuando es necesario combinar técnicas estadísticas con normas de gestión para el cumplimiento de estándares de calidad a nivel nacional e internacional (Pulido y Bocanegra 2015).

## **2.6. Gestión de la Cadena de Suministro**

La gestión de la cadena de suministro, ha sido aceptada como una alternativa para mejorar el poder competitivo; los productos deben ser entregados a los



clientes en menor tiempo, con el mínimo costo y desperdicios posibles, esto tiene un impacto directo sobre la organización. El flujo de material y el almacenamiento son una parte integral de la cadena de suministro que contribuye en la entrega eficiente de las mercancías para el cliente (Domínguez et al. 2014).

## **2.7. Justo a Tiempo**

Justo a tiempo de fabricación (JIT) es una filosofía que hace hincapié en la mejora continua a través de la eliminación de residuos. La filosofía de JIT tradicionalmente ha sido adoptada por las organizaciones que tratan de sobrevivir en entornos caracterizados por recursos cada vez más escasos. Ordenar, mover y procesar materias primas sólo cuando se necesitan para la producción es la base de JIT. Los cinco elementos cruciales que deben estar en su lugar antes de que una organización puede establecer un JIT efectivo son (1) un compromiso de toda la organización para JIT, (2) la recepción de las materias primas sólo cuando sea necesario desde, (3) proveedores de confianza que proporcionan, (4) entradas de calidad, y (5) manejados por personal adecuado (Marley y Metrejean 2016).

Como mencionan Zarandi y Kayvanfar (2015), de hecho, la filosofía JIT trata de reconocer y eliminar los elementos de desecho como exceso de transporte, el entorno de producción, el tiempo de espera (ya sea en la producción o los servicios), el inventario, las mercancías defectuosas, procesamiento, y el movimiento.

## **2.8. Gestión de la Calidad Total**

En la competencia mundial actual, y la liberalización de la economía, la mejora de la calidad y reducción de costos se han convertido en uno de los factores más importantes para lograr una ventaja competitiva. Un producto o un servicio con buena calidad y con un precio razonable siempre resultarán en la multiplicación de los beneficios y retención de clientes. El entorno empresarial es cada vez más complejo y el mercado ha cambiado desde el local hasta el mundial. Hay una

presión constante sobre la gestión para mejorar la competitividad mediante la reducción de los costos de operación y mejorar la calidad (Ashraf 2016).

Para Yadav (2015), la aplicación de la gestión de calidad total (TQM) es un enfoque de gestión participativa. Se trata de una decisión de cambiar la mentalidad de la gente referente a las prácticas de mejoramiento de la calidad existentes a lograr una mayor conciencia de la calidad, la educación, entrenamiento, la participación, la comunicación, la actualización de la formación y la actitud de resolución de problemas. Se centra en sentar las bases de la mejora de la calidad con énfasis en los programas de cero defectos, los círculos de control de calidad, programas de motivación, el desarrollo de las declaraciones de misión, el establecimiento de objetivos y la práctica de las herramientas y técnicas de calidad.

Liu (2016), mencionó que TQM puede aumentar la competitividad, la eficiencia y la flexibilidad de cualquier organización a través de la planificación, organización y comprensión de todas las actividades dentro de una organización, e integra todos los miembros de la organización en el círculo de gestión.

Desde la década de 1980 ha habido una creciente conciencia y la aplicación de prácticas asociadas con JIT, TQM, y TPM. El estudio sobre JIT, TQM y TPM ha investigado generalmente, su aplicación y sus impactos en un sistema de producción por separado. Sin embargo, no ha habido una examinación cuidadosa de lo común y las prácticas únicas asociadas con estos conceptos. Los objetivos de JIT, TQM y TPM son similares, que son la mejora continua y reducción de residuos. Por lo tanto, en la práctica, las plantas de fabricación son propensos a combinar la aplicación del JIT, TQM y TPM. Algunos estudios han tratado de explorar empíricamente la relación entre JIT y TQM (Teeravaraprug et al. 2011).

## **2.9. Producción Nivelada**

Producción nivelada o nivelación de la producción es un concepto que limita la cantidad de salidas necesarias. Nivelación de la producción ha sido diseñada por la producción, la planificación de materiales, control de calidad, y el personal del

piso para permitir a una empresa satisfacer las diversas demandas sin variar la carga de trabajo en el proceso de fabricación. Esta producción de procesos nivelados en cantidad y variedad, reduce los niveles de inventario, y permite un verdadero sistema de jalar (Cox 2015).

### **2.9.1. Heijunka**

Heijunka es una de las palabras japonesas de mayor utilidad, que han tenido dificultades para encontrar su camino en el uso común. Sin embargo, Heijunka es verdaderamente fundamental para la creación de un sistema de producción ajustada, porque es la clave para lograr la estabilidad (Jones 2006).

### **2.9.2. Rueda Patrón / Rueda de Ritmo**

Nivelada la demanda, la siguiente actuación debe dirigirse al nivelado de la producción. Ahí es donde una actuación implicará la producción de varios tipos o modelos de productos en el mismo flujo que, en esta etapa, ya asumimos plenamente. Con el nivelado se programará la producción sucesiva de pequeños lotes de cada una de las variantes de producto; las cantidades de cada uno variarán en función de la demanda comparada de unos y otros. Estas cantidades se obtendrán mediante la rueda patrón o serie básica nivelada que se irá repitiendo (Cuatrecasas 2010).

La rueda de ritmo (también conocido como rueda de producto) es un concepto innovador para la planificación de la producción ajustada y la programación. Conduce a la utilización de la capacidad de nivelado, el ahorro de inventario, y un mejor nivel de servicio al cliente. El concepto de rueda de ritmo permite una mayor flexibilidad, debido a los tiempos de producción más cortos y conduce a un menor costo de los bienes vendidos por el aprendizaje efectivo de la curva a través de un patrón de producción repetitiva. Los productos en la rueda de ritmo se programan en una secuencia de solución en cada ciclo. Los volúmenes de producción se nivelan de tal manera que la capacidad de utilización se mantiene estable. Para que, con los programas de producción y tiempos de ciclo

constantes, los flujos de materiales en la cadena de suministro sean transparentes y predecibles. (Packowski, 2014).

Para Baudin (2014), la secuencia de repetición también puede modelarse no basada en el tiempo, sino número de piezas. Esto le da, de hecho, una mayor flexibilidad. Sin embargo, la planta de producción sigue pensando en términos de turnos y días de producción y tendrá un poco más de problemas para envolver su mente alrededor de ella. Pero es sin duda factible. Esto a veces se ilustra como una rueda, en donde la misma secuencia de producción se inicia de nuevo después de que se ha completado la última parte.

### **2.9.3. Kanban**

En la actualidad, la necesidad de producir eficientemente sin causar trastornos ni retrasos en la entrega de producto es un factor de suma importancia para las empresas que desean permanecer activas en el mercado, el cual exige respuestas rápidas y cumplimiento en calidad, cantidad y tiempos de entrega. Por lo tanto, la implementación de sistemas de producción más eficientes ha llegado a ser un factor que es crucial para las plantas de manufactura que busquen eficiencia y eficacia en sus procesos. Existen varias metodologías que conducen al mejoramiento de los procesos, en donde las técnicas japonesas han sido un referente importante, debido a los resultados que éstas ofrecen (Darío et al. 2015).

Para Ruifeng y Subramaniam (2012), existen dos tipos de kanban para controlar las líneas de ensamble: los sistemas de una sola tarjeta y los sistemas de doble tarjeta. En los sistemas de una sola tarjeta, cada máquina es seguida por un regulador de salidas. Cada máquina y su regulador intermedio de salida se denominan como una etapa. Un número de tarjetas de producción kanban se asignan a cada etapa y se unen las partes. El procesamiento de una máquina se detenido bajo una de las siguientes condiciones:

- Fallo de la máquina
- Mantenimiento preventivo

- Necesidad. Una máquina es privada de al menos uno de los componentes necesarios para el procesamiento.
- El bloqueo. Una máquina se bloquea cuando su memoria intermedia de salida está llena.

Es importante entender el efecto de los niveles de kanban, en base a materias primas y la demanda de información sobre el rendimiento del sistema. Uno esperaría que mediante la integración de la información de la demanda avanzada (ADI), uno es capaz de obtener no el mismo, si no el aumento en la eficiencia con menos kanban. Los sistemas de producción y control de inventario como base de la política social, los sistemas MRP, y sistemas de control de kanban han sido objeto de una intensa investigación durante varios años (Claudio y Krishnamurthy 2009).

### **3. METODOLOGÍA**

La metodología de este trabajo da inicio bajo un alcance de tipo exploratorio, recopilando información acerca de algunas herramientas mencionadas en el capítulo dos, como la rueda patrón, debido a que se tienen pocas investigaciones acerca del tema. Así mismo se dará búsqueda sobre diferentes ejemplos de aumento de eficiencia en procesos productivos, reducción de desperdicios, así como mayor utilización y aprovechamiento de los recursos con los que se dispone en una empresa.

Además, la metodología seguirá un enfoque descriptivo para conocer la situación actual de la empresa respecto a desperdicios en los procesos productivos en estudio, tomando en cuenta las barreras y limitantes presentes, para lograr eliminar o reducir al máximo posible estos desperdicios, con el fin de que, una vez aplicada esta metodología, se consigan los resultados más cercanos a lo óptimo. Finalmente, la metodología será transformada hacia un enfoque explicativo, donde serán dados a conocer los resultados de esta investigación, de donde provienen y surgen, así como la documentación de dicha investigación.

#### **3.1. Estructura metodológica**

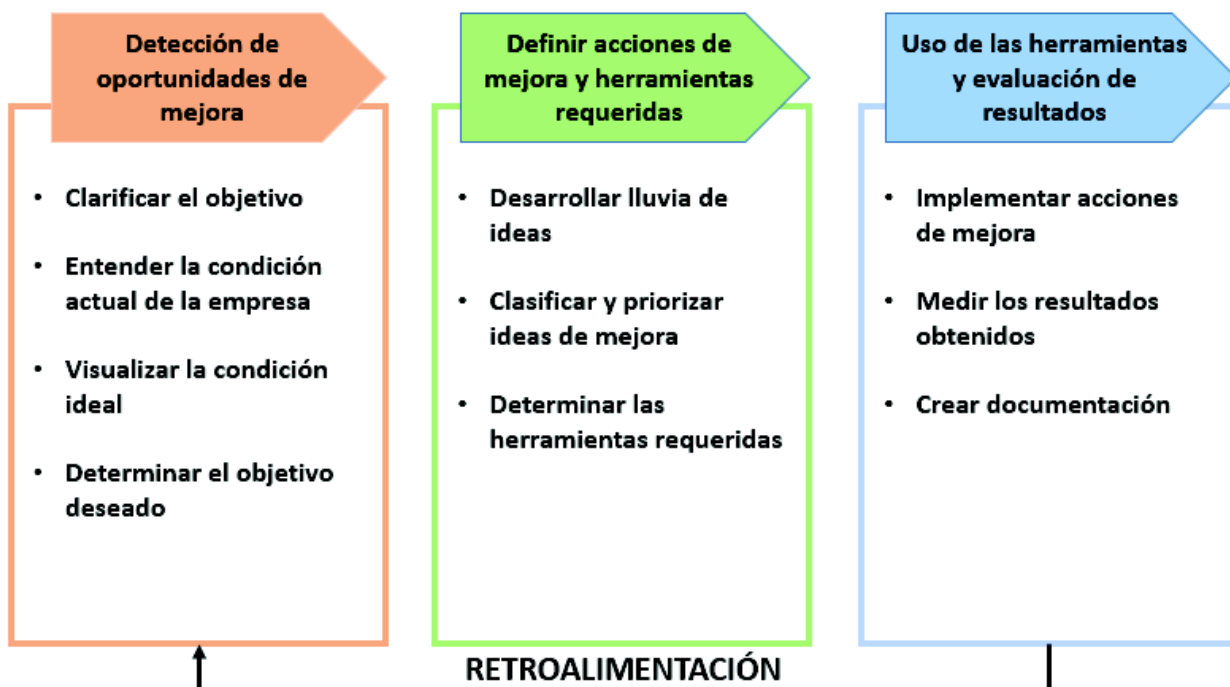
En el corporativo de la empresa en estudio existe una metodología, basada en el Sistema de Producción Toyota, que se utiliza en los eventos kaizen que se llevan a cabo dentro de la organización con el fin de mejorar las operaciones y/o condiciones de los procesos existentes. Esta metodología consta de 10 pasos que son mostrados a continuación:

1. Identificar / Clarificar el objetivo
2. Entender la condición actual
3. Visualizar / Identificar la condición ideal
4. Determinar el objetivo deseado
5. Desarrollar una estrategia Kaizen / Lluvia de ideas
6. Desarrollar un plan Kaizen / Clasificar ideas

7. Implementar plan Kaizen en piso
8. Medir los resultados de implementación de ideas Kaizen
9. Crear documentación del caso en estudio
10. Siguintes pasos / Seguimiento a las actividades

A partir de la metodología expresada en los puntos anteriores, surge una nueva de tres fases donde se involucran los diez pasos del proceso kaizen llevados en la empresa IAC.

La metodología que se propone en este trabajo para implementar la manufactura esbelta, derivada de la utilizada en la empresa en estudio para eventos kaizen, consta de tres fases y son expresadas en la figura 3.1:



*Figura 3.1. Metodología propuesta.*

### 3.1.1. Fase 1. Detección de oportunidades de mejora

Se requiere identificar las oportunidades de mejora a lo largo de la cadena de valor, la cual de acuerdo con Porter (2003), se compone de actividades primarias como la logística interna y externa, operaciones, la mercadotecnia y ventas, y los servicios, además de actividades de apoyo tales como la infraestructura de la

empresa, la gestión de recursos humanos, el desarrollo tecnológico y el aprovisionamiento. Miranda y Sánchez (2009) mencionan que la cadena de valor es una forma de análisis de las actividades de una empresa para identificar aquellas que les permitan generar ventajas competitivas y diferenciación de sus competidores. Los elementos diferenciadores pueden ser mediante los productos ofertados, en los mercados y consumidores atendidos, o bien, mediante su tecnología y costos de sus productos. Las actividades primarias de una organización, son aquellas implicadas en la creación física del producto para su lanzamiento al mercado, considerando también el servicio posventa que se otorga.

Para detectar las oportunidades donde se aplique manufactura esbelta para mejorar las operaciones de una empresa, es necesario estudiar toda la cadena de valor, desde que se recibe la materia prima hasta que ésta es embarcada como producto terminado con destino al cliente externo. Dentro de todo ese proceso, nos encontramos con la planeación de requerimientos de materiales, la recepción y almacenaje de la materia prima, la distribución de los materiales hacia los puntos de uso, los procesos por los cuales es sometida la materia prima para ir tomando las características deseadas por el cliente, el empaque de los productos terminados y finalmente el embarque de los mismos hacia el cliente.

#### a) Clarificar el objetivo

En la primer parte de la fase 1, se clarificará el objetivo, el cual surge de la problemática presentada en la empresa en estudio. Para esta primera etapa, el objetivo es muy general y ambiguo. Por consiguiente, se llevará a cabo una entrevista cara a cara dirigida al supervisor de producción del área de enfoque. Se buscará obtener la información pertinente mediante las necesidades que el entrevistado exprese o la manera en la que muestre la situación que presenta el área en ese momento.



#### b) Entender la condición actual de la empresa

Una vez obtenida la información por parte del entrevistado, se procederá a recabar evidencia con datos que nos muestre la realidad de la situación actual de la empresa respecto a lo expresado por el entrevistado. En esta parte de la fase 1 se indagará hacia datos históricos que muestren el comportamiento de los procesos productivos de la empresa, así como datos actuales que nos guíen hacia el entendimiento de la problemática. En esta etapa también se buscará detectar, por medio de gráficos o herramientas visuales, las causas que están provocando que la empresa se encuentre en esta situación, es decir, la causa raíz del problema.

#### c) Visualizar la condición ideal

Para cualquier proceso productivo, lo que se busca es cero defectos, sin embargo, debido a la variación que existe en todos los procesos por variables no controlables, es difícil obtener este resultado. Por ello, existen algunas técnicas como six sigma que se enfocan en reducir esta variación, minimizando lo más posible los defectos o productos fuera de especificación. En base a esto, la condición ideal para este caso, sería tener procesos 100% confiables y eficientes, capaces de producir piezas a la más alta calidad y sin desperdicios.

#### d) Determinar el objetivo deseado

Una vez identificada la situación actual de la organización, se procede a definir el objetivo que se desea alcanzar al finalizar este proyecto, en base a los recursos con los que se cuenta, es decir, debemos determinar un objetivo factible, retador (si así se desea) pero alcanzable. A esta altura, el planteamiento del objetivo deseado debe ser cuantificable para comparar al final del proyecto si se alcanzó o no este objetivo.

### **3.1.2. Fase 2. Definir acciones de mejora y herramientas requeridas**

Una de las claves para obtener el éxito en un estudio donde se aplicarán una o más herramientas de manufactura esbelta, es la acertada elección de la herramienta a utilizar. Esto trae consigo grandes retos de investigación y análisis de la situación, para comprender totalmente el proceso y la problemática presentada, con el fin de adaptar las acciones de mejora a la herramienta que más se apegue al proceso.

En la fase 2 de este proyecto, se buscará entonces definir las acciones de mejora que se llevarán a cabo para atacar y resolver la problemática, así como para alcanzar el objetivo que se desea. Las acciones a realizar traen consigo las herramientas de manufactura esbelta que se adaptan a estas acciones. Para cada herramienta existe un proceso de aplicación para lograr la máxima eficiencia en el uso de la herramienta seleccionada. La decisión de las acciones a tomar y las herramientas a utilizar se tomará entre un grupo de trabajo con personas que poseen conocimientos y experiencias en manufactura esbelta y solución de problemas. Estas personas forman parte del departamento de Mejora Continua de la empresa en estudio.

#### **a) Desarrollar lluvia de ideas**

Si bien es cierto que cada herramienta de manufactura esbelta posee una estructura básica para su respectiva aplicación, resulta más eficiente cuando estas mejoras se implementan conociendo 100% el proceso, es decir, funciona como un “traje a la medida”. Para intentar lograr el objetivo planteado, se reunirá nuevamente el equipo de trabajo mencionado anteriormente, y se desarrollará una lluvia de ideas donde se mencionarán las posibles acciones que se llevarán a cabo para eliminar y/o minimizar la causa raíz del problema.

#### **b) Clasificar y priorizar ideas de mejora**

Después de que se tengan enlistadas las ideas de mejora que surgieron de la reunión del equipo de trabajo, el paso siguiente será priorizar estas ideas

asignándole una ponderación a cada una de ellas, en otras palabras, cada acción resultará en un resultado distinto, hay que buscar las acciones que impacten más positivamente en logro del objetivo, sin perder de vista la factibilidad de la idea.

c) Determinar las herramientas requeridas

Una vez ponderadas las ideas, se elegirá la herramienta de manufactura esbelta a utilizar en base a la naturaleza de la idea elegida. Acto siguiente será buscar la manera de aplicarla, es decir, encontrar la mejor manera de aplicar la herramienta con sus acciones al proceso en estudio, buscando con esto que el resultado sea lo más eficiente posible.

### **3.1.3. Fase 3. Uso de las herramientas y evaluación de los resultados obtenidos**

En la tercera y última fase de la metodología, se deben aplicar las acciones y evaluar los resultados obtenidos de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas en la segunda fase, ya que esto nos permitirá identificar nuevas oportunidades de mejora y lecciones aprendidas que nos permitan realizar nuevos proyectos. Se deben establecer los medibles que nos permitan evaluar el uso de las herramientas y así dar seguimiento a las mejoras que resulten de la aplicación de las herramientas. Cada empresa debe crear los indicadores o medibles acorde a las herramientas de la manufactura esbelta de las que hace uso. Algunos ejemplos de estos indicadores son: tiempo de entrega de las ordenes de clientes, costo de los desperdicios, nivel de implementación de la fábrica visual, tiempo de ciclo, porcentaje interno de defectos, porcentaje de entregas justo a tiempo realizadas por los proveedores, entre otros.

El uso de medibles propicia la mejora continua en las actividades de la empresa que se reflejan en la satisfacción de los clientes (tanto internos como externos), la reducción de costos de producción, el aumento de la productividad, y otros grandes beneficios. De este modo, los medibles de manufactura esbelta permiten orientar las actividades de mejora, mediante la implementación de acciones preventivas que nos permitan tener bajo control los procesos.

a) Implementar acciones de mejora

Evidentemente la mejor parte de cualquier proyecto llega en el momento en el que las acciones son aplicadas. De la misma manera para este proyecto, el inicio de la fase 3 desprende la mejor parte de toda la investigación y aplicación de las acciones de mejoras.

b) Medir los resultados obtenidos

La medición de los resultados es parte fundamental para conocer si logramos el objetivo planteado o por el contrario, si quedamos lejos de satisfacer nuestras propias necesidades. Esto funcionará como una comparación entre la situación antes de la mejora y la situación de la empresa después de la aplicación de las acciones de mejora. Esta comparación reflejará fácilmente si los resultados lograron alcanzar el objetivo.

c) Crear documentación

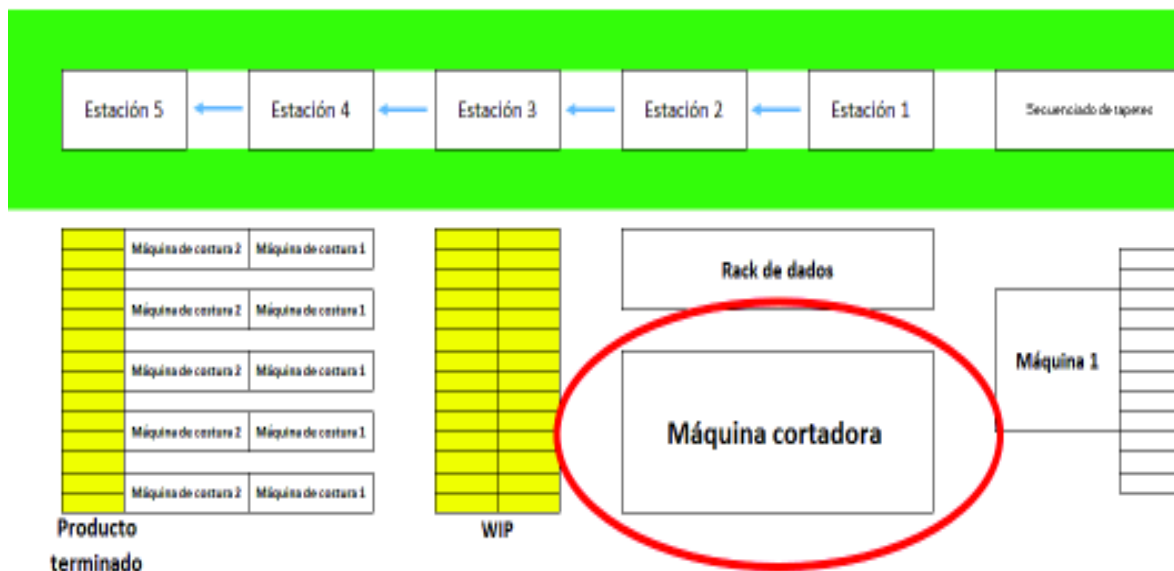
Todo el proyecto realizado, desde su inicio hasta lograr medir los resultados obtenidos, deberá documentarse para posibles acciones de mejora en algún proceso similar, o bien, para que funcione como base para la aplicación de nuevos proyectos donde se involucre la manufactura esbelta.

Finalmente, como en todo proceso, la retroalimentación está presente al final del proyecto, ya sea para dar seguimiento a las acciones implementadas en el proyecto con el fin de que se dé una continuidad a la mejora, o bien, como ajustes en alguna parte del análisis y/o implementación para lograr mejores resultados de los obtenidos. Ambos enfoques nos llevan nuevamente a la fase 1, donde se inicia con la clarificación del nuevo objetivo en base a las condiciones que se tienen después de aplicado el primer proyecto.

## 4. IMPLEMENTACIÓN

En este estudio en particular, el enfoque será en el área productiva, es decir, el lugar donde son procesados los materiales para que después salgan como productos terminados. Dentro de los procesos de la planta se encuentra una línea de ensamble final con 5 estaciones de trabajo, 10 máquinas de costura, una máquina dedicada al troquelado de piezas y una máquina cortadora de lienzos de vinil. Este proyecto se realizará específicamente en la máquina cortadora, debido a que es donde se presentan las necesidades expresadas por el supervisor de producción entrevistado.

En la Figura 4.1, encerrado en un círculo se muestra el área de enfoque del presente estudio, la máquina cortadora, donde se están generando muchos desperdicios, principalmente por defectos, los cuáles son mostrados en el reporte diario que presenta el departamento de producción, así como la falta de un programa de producción estandarizado. Actualmente se cortan 201 números de parte diferentes en esta máquina.



**Figura 4.1.** Área de enfoque del estudio.

## 4.1. Fase 1. Detección de oportunidades de mejora

a) Clarificar el objetivo. En base a la entrevista con el supervisor de producción, se concluye que las necesidades principales son dos: 1) reducir los desperdicios en la máquina cortadora, por motivo del proceso como tal, y 2) se carece de control en los inventarios, lo que está provocando que algunas piezas se dañen por el largo tiempo que permanecen como trabajo en proceso. Por otro lado, se tienen algunos materiales cortos en inventario, por no tener una programación eficiente para la producción en la máquina cortadora.

b) Entender la condición actual de la empresa. La decisión del enfoque en la máquina cortadora está basada en que, según registros históricos de la planta en estudio, desde Agosto de 2015, el área de corte de material para partes interiores para automóvil presenta costos anualizados de aproximadamente \$965,000 dólares en cuestión de piezas defectuosas, esto representa aproximadamente el 1.73% de las ventas totales, donde el objetivo de la planta es que éste dato sea inferior al 1% sobre las ventas totales. En la mayoría de las piezas se cuenta con el mismo problema, cortes incorrectos especialmente por doble golpe en la máquina.

El proceso consiste básicamente en cortar los lienzos de vinil con ayuda de rodillos (mostrados en la Figura 4.2) que permiten desdoblar el rollo completo de vinil para después colocar el pliego sobre la mesa y con ayuda de una guillotina se cortan los lienzos de las medidas deseadas. Después, se colocan los lienzos de vinil en el dado de corte seleccionado dependiendo el número de parte a cortar. Acto siguiente, el operador introduce manualmente el dado de corte en la máquina y, una vez colocado correctamente el dado de corte dentro de la máquina, el operador oprime el botón de ciclo y la máquina corta el material mediante un proceso de doble golpe para asegurar la totalidad del corte.



*Figura 4.2. Rodillos utilizados como apoyo para el desdoble y corte de los lienzos de vinil en las medidas deseadas.*

En la Figura 4.3 se muestra un ejemplar de los dados de corte que se utilizan en la máquina cortadora y de los cuáles, actualmente se cuenta con 31 dados para el corte de los 201 números de parte diferentes que se producen en esta estación de trabajo.



**Figura 4.3.** Dado de corte utilizado en máquina cortadora

El proceso de doble golpe mencionado anteriormente, consiste generalmente en que al momento de colocar el lienzo de vinil en el dado de corte e introducirlo a la máquina, la prensa localizada en la parte superior de la máquina desciende provocando el corte, sin embargo, una vez que la prensa desciende en una ocasión, esta vuelve a descender buscando un corte total, a esta doble bajada de la prensa se le conoce como doble golpe. En la Figura 4.4 se muestra el defecto que se estaba generando:





**Figura 4.4.** Defecto en vinil generado por doble golpe.

En la Tabla 4.1 se muestra los costos diarios promedios por defectos para los meses de agosto de 2015 a enero de 2016. Se monitoreó diariamente la cantidad de piezas defectuosas que se producían para estimar los costos diarios presentando un promedio diario de \$3,446.42 dólares en costos por piezas defectuosas, a una producción de 280 días por año obtenemos la cantidad aproximada de \$965,000 dólares anualizados. El cálculo se muestra a continuación:

$$3446.42 \text{ dólares/día} * 280 \text{ días/año} = 964,997.60 \text{ dólares/año}$$

MES	Costo Promedio Diario en dólares
Agosto 2015	\$3,253.26
Septiembre 2015	3,632.12
Octubre 2015	3,902.60
Noviembre 2015	3,112.11
Diciembre 2015	4,235.87
Enero 2016	2,539.64
<b>Promedio</b>	<b>\$3,446.42</b>

**Tabla 4.1.** Costo promedio diario en piezas defectuosas de Agosto 2015 a Enero 2016

Los costos mostrados anteriormente no contemplan los costos generados por las piezas que se dañan en el siguiente proceso por motivo del tiempo que duran como trabajo en proceso, es decir, el total de estos costos son provocados específicamente en el proceso de corte realizado en la máquina cortadora de la planta.

Estos costos no se dan en ningún otro proceso de la planta, por esta razón el estudio se enfocará en reducir los costos en la máquina cortadora.

Actualmente, la empresa se encuentra en una etapa de transición de modelos en sus productos. Por lo tanto, si estos costos se minimizaran, aumentaría la productividad en la empresa, lo que podría convertirse en una inversión para nuevas plataformas de modelos y adquisición de nuevas tecnologías, mejorar la eficiencia en sus procesos con el fin de mantener la calidad en sus productos, entregas a tiempo y costos bajos.

Por otro lado, actualmente el programa de producción se basa en un inventario físico tomado generalmente a inicio del turno. En estos datos se centra la producción actual en cada turno. Esta decisión ha llevado a la empresa a contar con números de parte de bajo requerimiento, con inventarios de hasta 30 días de cobertura. Por el contrario, algunos números de alto consumo presentan una cobertura de solo 1 hora, provocando paros al cliente interno.

c) Visualizar la condición ideal. Para este estudio, lo ideal sería contar con procesos 100% libres de defectos, así como un programa estándar y establecido para programar la producción en cada turno o día con el fin de reducir a cero los paros de línea del cliente interno por desabasto de material.

d) Determinar el objetivo deseado. En este proyecto se determinó el objetivo de reducir los costos por piezas defectuosas en un 20%. Por parte de la programación en la máquina, se requiere que exista un programa estándar para la producción de cada turno, para nivelar los inventarios de todos los números de parte, así como para aprovechar mejor el tiempo disponible de producción y los

recursos con los que cuenta la empresa, como capital humano, materiales, y espacio físico para el acomodo del material en proceso y producto terminado.

## 4.2. Fase 2. Definir acciones de mejora y herramientas requeridas

a) Desarrollar lluvia de ideas.

Defectos. Anteriormente se han estado analizando los defectos que se presentan con frecuencia en base a muestras tomadas por parte de personal de calidad. Para este estudio se tomó una muestra de 50 piezas defectuosas para identificar los tipos de defectos presentados. Con estos datos se realizó un diagrama de pastel, mostrado en la Figura 4.5, para definir el tipo de defecto que más se está presentando en el área de corte. Los tipos de defectos que se presentan son solo dos. Los resultados de la muestra de 50 piezas defectuosas producidas en la máquina cortadora fueron los siguientes:



**Figura 4.5.** Diagrama de Pastel para identificar el defecto que más se presenta

Apoyamos el estudio realizando un diagrama de Ishikawa buscando con esto las principales causas que están generando los cortes no deseados. Después de un análisis de las causas relacionadas con las 6 M's (mano de obra, materiales, maquinaria, medio ambiente, método, medición), se determinó que la causa raíz es el mal diseño de la máquina, ya que los cortes no deseados se daban

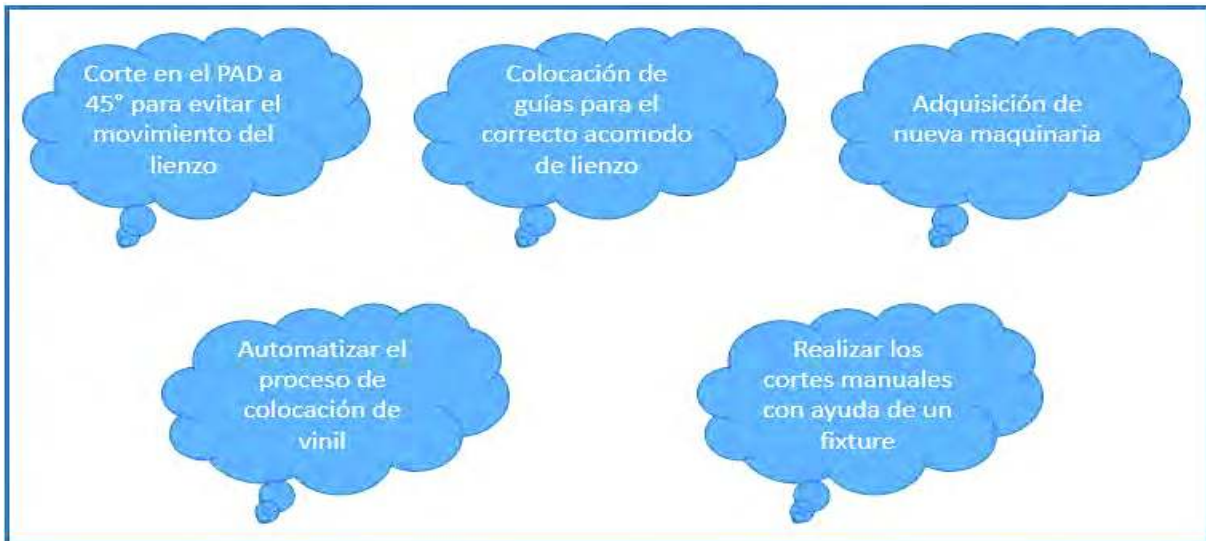
principalmente por el movimiento que sufrían los lienzos de vinil al momento de ser cortados, ya que la máquina maneja el doble golpe para lograr un corte total. La causa raíz se muestra encerrada en un círculo rojo en el diagrama, y es mostrada en la Figura 4.6:



**Figura 4.6.** Diagrama de Ishikawa para detectar posibles causas

Se utilizó la herramienta de solución de problemas mediante el diagrama de Ishikawa mostrado anteriormente para detectar la oportunidad de mejora. Una vez encontrada la causa principal del problema, el paso siguiente fue buscar las herramientas que mejor se adaptaban a este problema y de esta manera encontrar una solución. Por la naturaleza de la causa, se amplió la herramienta de solución de problemas en conjunto con una lluvia de ideas, con la finalidad de lograr el diseño que mejor se adapte a las piezas a producir y mantener la maquinaria en óptimas condiciones para evitar defectos.

La lluvia de ideas generada para definir las posibles soluciones al problema de cortes no deseados en los lienzos de vinil por motivo del doble golpe se muestra a continuación (Figura 4.7.).



**Figura 4.7.** Tormenta de ideas para las posibles acciones de mejora

Para reforzar la tormenta de ideas mostrada en la Figura 4.7, se procedió a realizar un 5 porqué's para definir la causa raíz.

Herramienta de los 5 porqué's.

¿Por qué se están generando tantos costos por piezas defectuosas?

- Porque el personal de calidad rechaza una gran cantidad de piezas ¿Por qué se están rechazando tantas piezas?
- Porque las piezas salen mal cortadas ¿Por qué salen mal cortadas las piezas?
- Porque la máquina hace los cortes desalineados. ¿Por qué hace cortes desalineados?
- Porque se mueve el material al momento de ser cortado ¿Por qué se mueve el material?
- Porque el diseño de la máquina es deficiente.

Con estas herramientas de solución de problemas llegamos a la misma conclusión, la máquina en su proceso natural es la principal causante de los altos costos por defectos.

Inventarios no controlados. Para el caso del programa de producción en la máquina, no fue necesario llevar a cabo una lluvia de ideas, ya que la causa principal era evidente, no existe un programa de producción estándar para el

procesamiento de las piezas en la máquina cortadora, lo que ocasiona que no se tenga un control en los inventarios de los materiales que son cortados en dicha máquina. Algunos materiales de bajo requerimiento por parte del cliente cuentan con coberturas de más de 10 días, mientras que los materiales más requeridos (conocidos en la compañía como materiales de alto consumo) se encuentran con coberturas muy bajas, incluso menores a 1 hora, lo que en ocasiones provoca retrasos en el proceso del cliente interno. En tema de espacios, al no tener controlados los inventarios adecuadamente y en base a políticas de cobertura, se está ocupando mayor espacio del requerido para algunos números de parte que pueden ser utilizados en los materiales de alto consumo.

b) Clasificar y priorizar ideas de mejora. Para la lluvia de ideas que surgió en el paso anterior referente a los defectos en el proceso, se evaluó la factibilidad de cada una de las ideas que surgieron. Las dos ideas que no son factibles para la empresa en este momento son la adquisición de maquinaria nueva y la idea de automatizar el proceso, principalmente por el proceso de transición en el cual se encuentra la compañía y este par de ideas generarían altos costos de inversión para ser ejecutadas. El resto de las ideas pueden llevarse a cabo, teniendo en cuenta que cada una de ellas traerá consigo resultados diferentes, con el fin de reducir los defectos en las piezas.

La idea de realizar los cortes manuales con ayuda de un herramental o fixture, además de ser costosa por la adquisición del mismo, la calidad total de cada pieza se dejaría 100% al personal de producción, y los procesos que son totalmente manuales tienden a presentar una mayor variación en cada pieza. Siendo ésta última la razón principal por la cual no se toma en cuenta ésta acción de mejora.

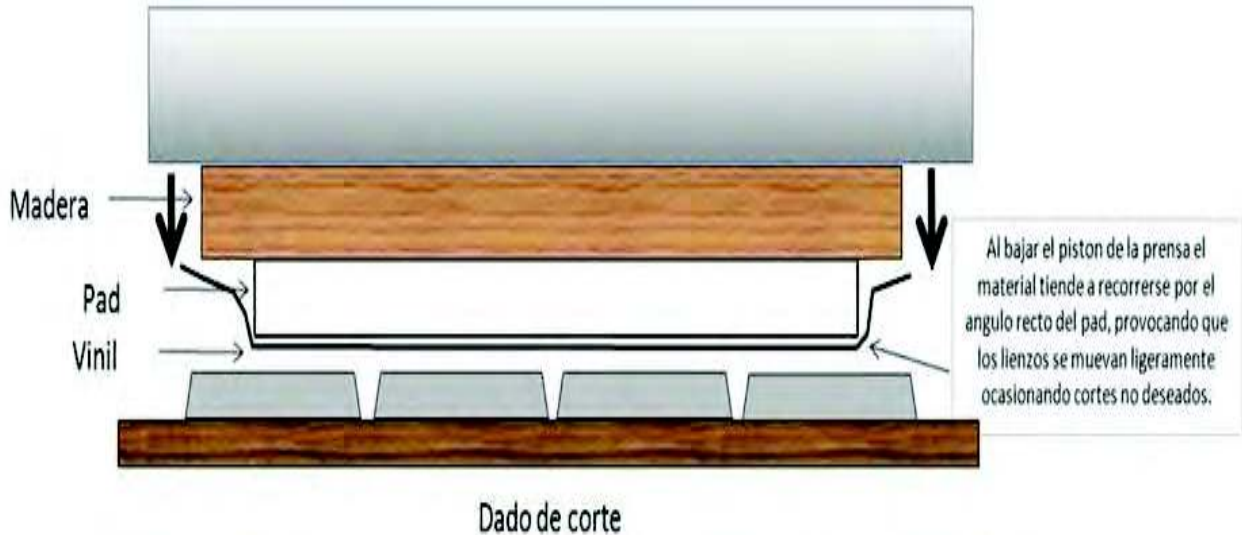
La colocación de guías para el correcto acomodo de los lienzos de vinil presenta una situación similar a la idea de llevar a cabo los cortes manualmente. Si bien es cierto que las guías ayudarán al operador a saber exactamente donde debe colocarse el lienzo y la posición correcta, esto no asegura que el operador lo llevará a cabo de esta manera.

La idea de mejora referente a realizar un corte en el PAD (prensa) que ayude a minimizar la tensión en los lienzos de vinil por motivo del doble golpe es factible para el departamento de Mantenimiento de la empresa y los resultados serían evidentes y rápidos de medir una vez que el corte se realice. Los costos de inversión para llevar a cabo éste corte serían nulos, ya que se necesitarían herramientas con las que ya cuentan los técnicos de mantenimiento.

En base al enfoque de control de inventarios, se tiene la idea prioritaria de crear un programa de producción adecuado para la máquina cortadora para controlar la producción y aprovechar mejor los recursos de la compañía, principalmente por el tiempo que se lleva tomando el inventario físico para establecer prioridades de producción, ya que en este tiempo el personal y la máquina se encuentran detenidos.

#### c) Determinar las herramientas requeridas

Para reducir considerablemente los malos cortes en las piezas por motivo de doble golpe, la recomendación es la siguiente: la oportunidad está en hacer cortes en  $45^\circ$  en cada extremo del PAD para reducir los defectos por doble golpe, ya que cuando el PAD cortaba los lienzos de material, estos se movían ligeramente por la presión que se ejercía en ellos, ocasionando con esto cortes no deseados traducidos en piezas defectuosas y costos no recuperables. En la Figura 4.8 se muestra la situación que se tenía en la máquina y que provocaba el movimiento en los lienzos ocasionando los cortes no deseados.



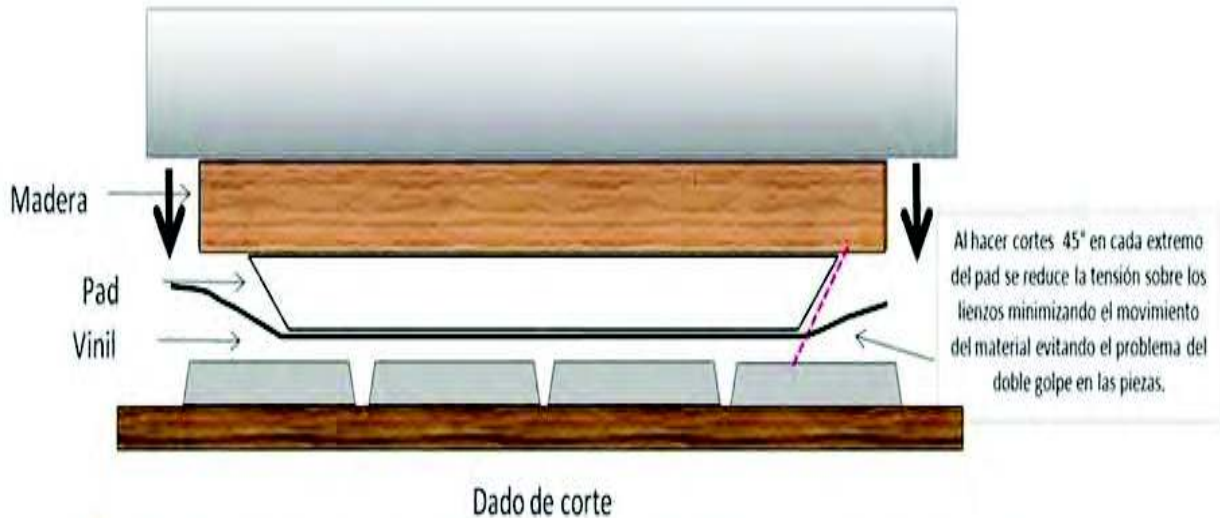
**Figura 4.8.** Situación actual que muestra el movimiento del material al momento de ser cortado

Para programar la producción de la máquina cortadora, se optó por aplicar la herramienta de rueda patrón o rueda de ritmo, esto ayudará a tener un patrón de producción en esta máquina, con el fin de hacerlo de manera estándar y, en consecuencia, tener controlados los inventarios de todos los números que se producen en esta máquina. Con este patrón se busca llevar a cero el tiempo muerto por esperar a obtener el inventario físico, establecer prioridades y comenzar a producir. Con la rueda patrón se conocerá en todo momento el material que debe estar cortando, la cantidad requerida y el tiempo que se debe invertir a la producción de cada parte.

### **4.3. Fase 3. Uso de las herramientas y evaluación de los resultados obtenidos**

a) Implementar acciones de mejora. La recomendación fue solicitar al departamento de Mantenimiento realizar los cortes a 45°, para disminuir la tensión sobre los lienzos al momento de ser cortados y evitar de esta manera el movimiento del material, lo que a su vez ocasionaba cortes no deseados. Se realizaron los cortes y se monitorearon las piezas defectuosas para comparar resultados. En la Figura 4.9 se muestran los cortes realizados en ambos extremos del PAD de la máquina.





**Figura 4.9.** Corte realizado en el PAD de la máquina

Para este estudio, con el corte de 45° en el PAD como se mostró en la Figura 4.9, la tensión sobre los lienzos de material se redujo, lo que minimizó el movimiento de los mismos evitando los cortes no deseados por motivo de doble golpe.

Para la aplicación de la rueda patrón, se llevó a cabo un formato en hoja de cálculo en Excel con fórmulas establecidas, con el fin de ajustar el sistema cuando la demanda se encuentre fluctuando. La recomendación para este proyecto es aplicar la rueda patrón durante 12 semanas antes de ajustar de nuevo la demanda.

El formato en Excel básicamente cuenta con un listado de los números de parte y la descripción de los materiales que se cortan en la máquina, también cuenta con algunos datos como tiempo ciclo, cantidad de piezas en cada empaque para cada número de parte (estándar pack), demanda diaria promedio y las diferentes versiones de colores para cada material. Al final el formato arroja el horario y el tiempo exacto en que cada número de parte debe procesarse. El cálculo del tiempo de procesamiento de cada material, se basa en una toma de tiempos de cada actividad: cambio de suaje (dado de corte), cambio de rollo de vinil, colocación de lienzos en el dado, tiempo de ciclo de la máquina, retiro de exceso de vinil del dado de corte y empaque.

A continuación, en la Figura 4.10 se muestran algunos datos relevantes que presenta el formato:

<b>Cambio de suaje (min)</b>	2
<b>Cambio de rollo (min)</b>	4
<b>T. Ciclo (min)</b>	5
<b>Juntas de arranque (min)</b>	15
<b>Tiempo disponible (min)</b>	1440
<b>Tiempo de Produccion (min)</b>	1054
<b>6S en el área (min)</b>	15
<b>Tiempo de comida (min)</b>	30
<b>Tiempo Restante (min)</b>	341

*Figura 4.10. Información relevante en formato de rueda patrón.*

Según la Figura 4.10, como se comentó anteriormente, los tiempos de cambio de suaje, cambio de rollo y tiempo ciclo se obtuvieron en base a una toma de tiempos de 15 muestras con el 15% de tolerancia. Al inicio de cada turno se llevan a cabo juntas de arranque con una duración no mayor a 15 minutos. Esta junta va dirigida al equipo de producción y se tocan temas fundamentales como seguridad e indicadores de la planta, así como el plan de trabajo que se llevará en el turno que está por iniciar. El tiempo disponible viene dado por la siguiente formula:

$$24 \text{ horas/día} * 60 \text{ minutos/hora} = 1440 \text{ minutos/día}$$

Por otro lado, 15 minutos antes de concluir cada turno son dedicados a organización, orden y limpieza de los centros de trabajo, esto con el fin de dejar el área de trabajo segura y lista para el arranque del turno que entra. También son dedicados 30 minutos durante cada turno para la comida. Finalmente el tiempo restante se obtiene de la siguiente fórmula:

$$(\text{Tiempo disponible} - 3 * \text{tiempo de juntas de arranque}) - \text{Tiempo de producción} = \text{Tiempo restante}$$

Sustituyendo los datos, se obtiene:

$$(1440 \text{ minutos/día} - 3 * 15 \text{ minutos/día}) - 1054 \text{ minutos/día} = 341 \text{ minutos/día}$$

El tiempo restante es utilizado para actividades como orden y limpieza de los centros de trabajo, y para minimizar la afectación por motivo de las fallas que se puedan presentar en la máquina.

En el Anexo 01, al final de este documento, se encuentra la tabla que el formato toma como base para la programación de la producción. Esta tabla muestra cada número de parte con su descripción correspondiente, las piezas que salen por ciclo tomando en cuenta la cantidad de lienzos que se cortan en cada golpe, y el estándar pack para cada material, este dato nos ayudará a no dejar contenedores parciales en el área de trabajo, sino a cortar exactamente la cantidad de piezas para llenar contenedores totales.

En la Figura 4.11, se presenta una parte del formato que se llevó a cabo para obtener el tiempo de producción que requiere cada número de parte diariamente para cumplir con el requerimiento del cliente.

Suaje	Versiones	Demanda diaria	Std packs por producir	Ciclos requeridos	Tiempo de Producción	Hora de inicio	Hora de termino	
1	391 CNSL ARMREST CENTRAL VYNIL EBONY MCA	1079	14	7	0:37:06	6:00	6:58	inicio de turno
2	391 CNSL ARMREST LATERAL LH Y RH VYNIL EBONY	1079	7	4	0:21:12	6:58	7:21	
3	FRT DR UPPER RH UPPER BLANK EBONY, MIDDLE B	128	2	4	0:21:12	7:21	7:44	
	FRT DR UPPER LH UPPER BLANK EBONY, MIDDLE B	128	2	4	0:21:12	7:44	8:05	
	FRT DR UPPER RH UPPER BLANK COFFE, MIDDLE B	82	1	2	0:10:36	8:05	8:20	
	FRT DR UPPER LH UPPER BLANK COFFE, MIDDLE B	82	1	2	0:10:36	8:20	8:30	
4	RR DR UPPER LH UPPER BLANK COFFE, MIDDLE B	82	1	2	0:10:36	8:30	8:43	
	RR DR UPPER RH UPPER BLANK COFFE, MIDDLE B	82	1	2	0:10:36	8:43	8:54	
	RR DR UPPER LH UPPER BLANK EBONY, MIDDLE B	128	2	4	0:21:12	8:54	9:19	
	RR DR UPPER RH UPPER BLANK EBONY, MIDDLE B	128	2	4	0:21:12	9:19	9:40	
5	533 ARMREST FRT RH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	9:40	9:58	
	533 ARMREST FRT LH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	9:58	10:14	
	533 ARMREST FRT RH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	10:14	10:28	Salida a comer
	533 ARMREST FRT LH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	11:00	11:10	
6	533 ARMREST RR RH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	11:10	11:32	
	533 ARMREST RR LH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	11:32	11:48	
	533 ARMREST RR RH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	11:48	12:03	
	533 ARMREST RR LH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	12:03	12:13	
7	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER EBONY	100	2	2	0:10:36	12:13	12:30	
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER EBONY	100	2	2	0:10:36	12:30	12:40	
	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER CAPPUC	71	2	2	0:10:36	12:40	12:55	
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER CAPPUC	71	2	2	0:10:36	12:55	13:06	
8	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER EBONY	111	2	2	0:10:36	13:06	13:22	
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER EBONY	111	2	2	0:10:36	13:22	13:48	
	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER CAPPUC	77	2	2	0:10:36	14:00	14:14	inicio de turno
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER CAPPUC	77	2	2	0:10:36	14:14	14:25	

**Figura 4.11.** Formato para obtener tiempo de producción para cada material.

El formato anterior presenta solo una parte de la totalidad del mismo, el cual contempla las 24 horas del día, cada cambio de turno, juntas de arranque, tiempo de comida para cada turno, así como el tiempo de producción para cada número de parte que deberá cortarse en el día. Este formato resulta ser muy fácil de comprender para cualquier persona, y el objetivo es que sea este formato el cuál

se encuentre en piso de producción para que sea seguido por los operadores en la producción por turnos. En la parte final del formato, encontramos el tiempo total de producción que lleva cortar todos los números de parte en el día, así como la hora de término de toda la producción, lo cual reflejaría el tiempo restante disponible para utilizar en otras actividades como cursos para personal, mantenimiento a la maquinaria, entre otras actividades. Este formato lo podemos encontrar en el Anexo 02.

La rueda patrón, como su nombre lo dice, consiste en una rueda que contempla las 24 horas del día y el tiempo que toma producir cada material. En la mayoría de los casos, esta rueda es la que se postea en piso de producción y es la que siguen los operadores para producir en el día, sin embargo, para este estudio, los números de parte son tantos que la rueda sale muy saturada en cuestión de números de parte, cambios de herramental y cambios de versiones (ver Anexo 03), por lo que el formato del Anexo 02 es el que se posteará en piso de producción.

b) Medir los resultados obtenidos. Una vez aplicado el corte en el PAD, se monitoreó la cantidad de piezas defectuosas después de la mejora implementada para medir el nivel de reducción en los costos por piezas defectuosas. Los resultados fueron medidos iniciando el mes de febrero de 2015, fecha donde se realizó la mejora y fueron monitoreados día a día durante cuatro meses para determinar el porcentaje en la reducción de los costos por piezas defectuosas y el impacto que esto ha traído para dirigir el ahorro hacia nuevos proyectos y montaje de nuevas plataformas para la transición de modelos por el que está pasando en estos momentos la compañía, y que, direccionar nuevos costos podría resultar en competitividad en el mercado.

Los resultados obtenidos después de la mejora aplicada han sido positivos para la empresa, y son mostrados en la Tabla 4.2 a través del medible de costo de los desperdicios.

MES	Costo promedio diario en dólares
Febrero	\$1,731.16
Marzo	2,563.05
Abril	1,865.33
Mayo	2,259.97
<b>Promedio</b>	<b>\$2,104.88</b>

**Tabla 4.2.** Costo promedio diario en piezas defectuosas de Febrero a Mayo de 2015.

En base a los resultados obtenidos después del ajuste realizado a la maquinaria, vemos una reducción de \$1,341.54 dólares en el costo promedio diario dado en la Tabla 4.2 en comparación de la Tabla 4.1. Esto representa el **38.92%** de reducción en los costos generados por piezas defectuosas.

Otro resultado positivo obtenido en este proyecto es que, con la ejecución de la rueda patrón, los resultados vistos de manera inmediata es el mejor aprovechamiento de los recursos de la compañía, ya que la producción inicia de manera natural y sin los tiempos muertos que antes se tenían por el levantamiento físico de inventarios. Este tiempo muerto promediaba los 30 minutos diarios, por lo que, una vez utilizando la rueda patrón, estos tiempos se vuelven a cero, aumentando con esto la eficiencia de la empresa. Asimismo el aseguramiento del inventario de seguridad de manera permanente es posible gracias a esta herramienta, ya que se está produciendo lo que el siguiente proceso está requiriendo, esto contribuye a eliminar de manera total los paros de línea del cliente, tanto interno como externo, por falta de abastecimiento de materiales. Finalmente la nivelación de inventarios para todos los números de parte permite aprovechar de mejor manera los espacios en piso de producción y eliminar el riesgo de generación de desperdicios por el largo tiempo que los materiales de baja demanda permanecían en almacén, y que por el tipo de material del que están hechos, suelen dañarse con mucha facilidad.

c) Crear documentación. Se llevará a cabo un documento físico referente a lo realizado en este proyecto, y quedará bajo resguardo de la empresa donde se aplicó dicho proyecto, con el fin de que pueda ayudar como soporte en la realización de proyectos de mejoras similares al que se llevó a cabo en este documento, así como actualizar esta información en base a los cambios que se presenten en el tema o innovaciones que surjan con aplicación de nuevas tecnologías, entre otras cosas, con el fin de mejorar la ejecución de lo realizado y lograr resultados aún mejores a los mostrados.

## **5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

### **5.1. Conclusiones.**

Antes de intentar adoptar la manufactura esbelta como forma de operación debe decidirse si ésta es la estrategia competitiva adecuada. Existen muchas acciones que una compañía puede decidir seguir para mejorar su posición competitiva. Iniciativas como ERP, control total de la calidad, y six sigma, son algunos ejemplos comunes hoy en día. Sin embargo, la verdadera ventaja competitiva la lograrán las empresas que sepan definir y ejecutar su estrategia competitiva, es decir, elegir e implementar aquella iniciativa que más se adapte a las necesidades reales de la organización.

Personalmente y basado en mi experiencia profesional creo que la manufactura esbelta propone soluciones superiores, como las obtenidas en este trabajo, las cuáles son más simples y efectivas para organizar y ejecutar las operaciones productivas de una empresa que busque competir a través de flexibilidad operativa, gran capacidad de respuesta ofreciendo desde uno hasta una gran variedad de productos.

Al momento de elegir manufactura esbelta como estrategia para mejorar las operaciones, antes de aplicar las herramientas, es de suma importancia la correcta decisión de la técnica a utilizar. En este trabajo utilicé poka-yoke y rueda patrón, sin embargo, si bien es cierto que todas las herramientas traen consigo grandes resultados si se aplican de la manera correcta, no se aseguran grandes resultados con el simple hecho de aplicar una sola de ellas, sino tener la certeza que la herramienta a aplicar es la más acorde a la situación o problemática presentada. Una vez tomada esta decisión, el paso siguiente es llevar la metodología adecuada para aplicar la herramienta. Finalmente cabe destacar que podemos obtener resultados impactantes de forma inmediata como los presentados en este proyecto, solo basta con ajustar el problema a la herramienta

de manufactura esbelta a aplicar, llevarla a cabo y obtener los resultados que ayudarán a hacer que una empresa sea cada vez más productiva y eficiente en todos sus procesos.

## **5.2. Recomendaciones.**

Una vez concluido este proyecto, y bajo el entendido que la implementación de la metodología desarrollada permitió el mejor aprovechamiento de los recursos, así como incrementar la eficiencia en las operaciones de la empresa en estudio, se recomienda ampliamente la utilización de la manufactura esbelta como técnica de reducción de desperdicios. Cabe mencionar que un punto clave antes de aplicar manufactura esbelta, es la selección adecuada de la herramienta a utilizar. Esto se hará en base al entendimiento total del proceso en estudio y al dominio de las herramientas individuales de manufactura esbelta para determinar cuál de estas técnicas es la que mejor se adapta a la problemática que se está presentando.

Es recomendable aplicar más de una herramienta en la solución del problema, ya que esto traerá consigo grandes resultados y aún más eficientes que si se eligiera e implementara solo una de ellas.

## **5.3. Trabajos Futuros.**

Por la naturaleza de la herramienta de rueda patrón utilizada en este proyecto para programar la producción de una máquina, y la demanda variada que presenta el cliente, será necesario actualizar los datos periódicamente en el formato de rueda patrón (por ejemplo cada 12 semanas), con la finalidad de producir en la máquina la cantidad de piezas de cada número de parte que sea necesaria para mantener los niveles de inventario deseados por la empresa.



## 6. REFERENCIAS

Acharya, T.K., Reduction, W. & Handling, M., 2011. Material Handling and process improvement using lean. , 18(7), pp.357–368.

Adams, J., 2008. The Five Whys. , Diciembre.

Anon., 2013 Revisión de literatura sobre mejora continua en MIPYMEs iberoamericanas Literature review on continuous.

Ashraf, A.A., 2016. Total Quality Management , Knowledge Management and Corporate Culture : How do they synchronized for performance excellence. , 10(1), pp.200–211.

Baudin, M., 2014. Theory of Every Part Every Interval (EPEI) Leveling & Heijunka Baykasoglu, A., 2015. Agent-based dynamic part family formation for cellular manufacturing applications. , 53(3), pp.774–792.

Bertolini, M. et al., 2013. Extending value stream mapping : the synchro-MRP case. , 51(18), pp.5499–5519.

Bolin, A.U. & Neuman, G.A., 2006. Personality, process, and performance in interactive brainstorming groups. , 20(4), pp.565–586.

Chaneski, W.S., 2015. Benefits of a Kaizen Event Lowest Price. , Marzo.

Chase, R., 2010. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros.

Claudio, D. & Krishnamurthy, A., 2009. Kanban-based pull systems with advance demand information. , 47(12), pp.3139–3160.

Corviniensis, A.T. et al., 2014. Analysis of technological process of cutting logs using.

Cox, C.R., 2015. Lean Manufacturing: An Analysis of Process Improvement Techniques. , 2015(2).

- Cuatrecasas, L., 2010. Lean Management: La gestión competitiva por excelencia. Implantación progresiva en siete etapas. Editorial PROFIT.
- Darío, M. et al., 2015. Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban Manufacturing process improvement using the Kanban. , 14(27), pp.221–234.
- Delisle, D.R. & Freiberg, V., 2014. Everything Is 5S : A Simple yet Powerful Lean Improvement Approach Applied in a Preadmission Testing Center. , 21(4).
- Digalwar, A.K. & Nayagam, P. V, 2014. Implementation of Total Productive Maintenance in Manufacturing Industries : A Literature-Based Metadata Analysis.
- Dominguez, R., Framinan, J.M. & Cannella, S., 2014. Serial vs . divergent supply chain networks : a comparative analysis of the bullwhip effect. , 52(7), pp.2194–2210.
- Drohomeretski, E. et al., 2014. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. International Journal of Production Research, 52(3), pp.804–824.
- Ellis, B.R.K., Why? x 5 : The Perfect Equation for Achieving Lasting Change.
- Felizzola Jiménez, H. & Luna Amaya, C., 2014. Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 22(2), pp.263–277.
- García, J.L. & Rivera, D.G., 2013. Critical success factors for Kaizen implementation in manufacturing industries in Mexico. , pp.537–545.
- Gobble, M.M., 2014. The Persistence of Brainstorming. , Febrero.
- Hahn, G.J., Doganaksoy, N. & Hoerl, R., 2000. the Evolution of Six Sigma. Quality Engineering, 12(3), pp.317–326.
- Imai, M., 1986. Kaizen – continuous improvement. , pp.180–182.

Jaca, C., Viles, E., Jurburg, D., et al., 2014. Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. , 52(6), pp.1755–1770.

Jaca, C., Viles, E., Paipa-galeano, L., et al., 2014. Learning 5S principles from Japanese best practitioners : case studies of fi ve manufacturing companies. , 52(15), pp.4574–4586.

Javadi, B. et al., 2013. An integrated approach for the cell formation and layout design in cellular manufacturing systems. , 51(20), pp.6017–6044.

Jones, D.T., 2006. HEIJUNKA: Leveling Production , Agosto, pp.29-34

Jurburg, D. et al., 2015. sistemas de mejora continua. , 13, pp.17–33.

Kohfeldt, D. & Langhout, R.D.A.Y., 2012. The Five Whys Method: A Tool for Developing Problem Definitions in Collaboration with Children. , 329(July 2011), pp.316–329.

Liu, J.T., 2016. The study of total quality management and job satisfaction in land authority from north taiwan. , 8 (Abril 2016).

Management, Q. & Tips, T., 1979. Problem Solving Through the Lean Lens.

Mantilla, O.L.U.I. De, 2012. Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. , 28, pp.23–43.

Marley, R. & Metrejean, E., A model of academic career sustainability utilizing a just in time teaching approach. , pp.15–28.

Martínez, P. et al., 2015. Mejora en el Tiempo de Atención al Paciente en una Unidad de Urgencias Mediante la Aplicación de Manufactura Esbelta Improvement of Patient Care Time in an Emergency Department through the Application of Lean Manufacturing. , 26(6), pp.187–198.

Mcintosh, R.I., Culley, S.J. & Mileham, A.R., 2000. A critical evaluation of Shingo ' s ` SMED ' ( Single Minute Exchange of Die ) methodology. , 44(Octubre).

Mendoza, J.M. & Mendoza, J.J., 2005. Seis sigmas: Hacia la cumbre de la calidad. *Pensamiento y Gestión*, 19, pp.101–117.

Montabon, F., 2005. Using Kaizen Events for Back Office Processes: the Recruitment of Frontline Supervisor Co-ops. , 16(10), pp.1139–1147.

Murata, K. & Katayama, H., 2010. A study on construction of a kaizen case-base and its utilisation : a case of visual management in fabrication and assembly shop-floors. , 48(24), pp.7265–7287.

Murugesan, M., Rajenthirakumar, D. & Chandrasekar, M., 2016. Analysis of Faculty Engineering Hunedoara – *International Journal of Engineering Manufacturing process improvement using*. , pp.151–155.

Navarro, G.S., 2014. Nuevas formas de organización laboral en la industria automotriz: los equipos de trabajo en General Motors , Complejo Silao. , pp.157–184.

Neck, G., 2014. *Just-In-Time Manufacturing*.

Packowski, J., 2013. *Lean Supply Chain Planning: The new supply chain management paradigm for process industries to master today's VUCA World*. 1st edition.Paraschivescu, A.O., 2014. " Zero defects " and " Zero nonconformities ". , 17(2), pp.35–43.

Perinic, M., 2009. Die casting process assessment using single minute exchange of dies ( SMED ) method. , 48(3), pp.199–202.

Prabhuswamy, M.S., Nagesh, P. & Ravikumar, K.P., 2013. *Statistical Analysis and Reliability Estimation of Total Productive Maintenance*.

Pulido-rojano, A.D. & Bocanegra-bustamante, C.A., 2015. Mitigation of defects in products manufactured. , 172(1), pp.161–172.

Rajesh, E. & Mehta, K., 2012. *An Exploratory Study on Implementation of Lean Manufacturing Practices ( With Special Reference to Automobile Sector Industry )*.

Reports, C. & Wong, K.C., 2011. Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature. , pp.1–4.

Ruifeng, C. & Subramaniam, V., 2012. Increasing production rate in Kanban controlled assembly lines through preventive maintenance. , 50(4), pp.991–1008.

Sankowska, A. & Zielli, M.R.-, 2014. The framework of leader's skills in lean manufacturing in the chinese automotive industry - empirical results. , 13(1), pp.84–97.

Schmidt, S., 2013. Preventive methods in logistics poka-yoke.

Schmidtke, D., 2014. A simulation-enhanced value stream mapping approach for optimisation of complex production environments. , 52(20), pp.6146–6160.

Suzuki, T., 1994. TPM in process industries.

Tanco, M. et al., 2012. On the relationship between continuous improvement programmes and their effect on quality defects : An automotive case study. , 23(3), pp.277–290.

Tapping, M.& D., 2007. The Lean Pocket Handbook for Kaizen Events : Any Industry--any Time: Your Team and Individual Improvement Plan. , p.16.

Taylor, P., Anderson, N.C. & Kovach, J. V, 2014. Reducing Welding Defects in Turnaround Projects : A Lean Six Sigma Case Study. Quality Engineering, 26, pp.168–181.

Teeravaraprug, J., Kitiwanwong, K. & Saetong, N., 2011. Relationship model and supporting activities of JIT , TQM and TPM. , 33(1), pp.101–106.

Tejeda, A. & Pe, M., 2012. Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. , 50(7), pp.1890–1904.

Treurnicht, N.F., Blanckenberg, M.M., Van Niekerk, H.G., 2011. Using poka-yoke methods to improve employment potential of intellectually disabled workers., 22

(Mayo 2011), pp.213–224.

Urbaniak, M., 2015. LogForum. , 11(1), pp.41–50.

Vieira, L. et al., 2012. Ergonomics and Kaizen as strategies for competitiveness : a theoretical and practical in an automotive industry. , 41, pp.1756–1762.

Yadav, R., 2015. A Roadmap for Implementing Total Quality Management Practices in Medium Enterprises.

Yazdani, A. & Tavakkoli-moghaddam, R., 2012. Integration of the fish bone diagram , brainstorming , and AHP method for problem solving and decision making — a case study. , pp.651–657.

Zarandi, M.H.F. & Kayvanfar, V., 2015. A bi-objective identical parallel machine scheduling problem with controllable processing times : a just-in-time approach. , pp.545–563.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 01: Tabla con información relevante de los materiales

No. parte	Descripción	Piezas x ciclo	Std Pack
L0210170CN02ZHE	391 CNSL ARMREST CENTRAL VYNIL EBONY MCA	160	80
L0210170LH02ZHE	391 CNSL ARMREST LATERAL LH Y RH VYNIL EBONY MCA	320	160
L0261149AA01ZHE	FRT DR UPPER RH UPPER BLANK EBONY, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261154AA01ZHE	FRT DR UPPER LH UPPER BLANK EBONY, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261149AA01DJ9	FRT DR UPPER RH UPPER BLANK COFFE, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261154AA01DJ9	FRT DR UPPER LH UPPER BLANK COFFE, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261164AA01DJ9	RR DR UPPER LH UPPER BLANK COFFE, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261159AA01DJ9	RR DR UPPER RH UPPER BLANK COFFE, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261164AA01ZHE	RR DR UPPER LH UPPER BLANK EBONY, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261159AA01ZHE	RR DR UPPER RH UPPER BLANK EBONY, MIDLE BLANK, LOWER BLANK, OVER FRONT, OVER REAR	50	100
L0261091AA01ZHE	533 ARMREST FRT RH PULL CUP UPPER EBONY, LOWER, UPPER BLANK, LOWER BLANK	50	50
L0261093AA01ZHE	533 ARMREST FRT LH PULL CUP UPPER EBONY, LOWER, UPPER BLANK, LOWER BLANK	50	50
L0261091AA01GU3	533 ARMREST FRT RH PULL CUP UPPER CAPPUCCINO, LOWER, UPPER BLANK, LOWER BLANK	50	50
L0261093AA01GU3	533 ARMREST FRT LH PULL CUP UPPER CAPPUCCINO, LOWER, UPPER BLANK, LOWER BLANK	50	50
L0261095AA01ZHE	533 ARMREST RR RH PULL CUP UPPER EBONY, LOWER, UPPER ARMREST, LOWER ARMREST	50	50
L0261097AA01ZHE	533 ARMREST RR LH PULL CUP UPPER EBONY, LOWER, UPPER ARMREST, LOWER ARMREST	50	50
L0261095AA01GU3	533 ARMREST RR RH PULL CUP UPPER CAPPUCCINO, LOWER, UPPER ARMREST, LOWER ARMREST	50	50
L0261097AA01GU3	533 ARMREST RR LH PULL CUP UPPER CAPPUCCINO, LOWER, UPPER ARMREST, LOWER ARMREST	50	50
L0261080AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER EBONY, FRONT	100	70
L0261077AA02ZHE	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER EBONY, FRONT	100	70
L0261080AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO, FRONT	100	70
L0261077AA02GU3	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO, FRONT	100	70
L0261085AA02ZHE	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER EBONY	100	70
L0273852AA01ZHE	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER EBONY	100	70
L0261085AA02GU3	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	100	70
L0273852AA01GU3	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO	100	70
L0261081AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER EBONY	70	70
L0261078AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER EBONY	70	70
L0261081AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	70	70
L0261078AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	70	70
L0261086AA02ZHE	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER EBONY	60	70
L0261084AA03ZHE	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER EBONY	60	70
L0261086AA02GU3	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO	60	70
L0261084AA03GU3	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	60	70
L0266162AA01ZHE	391 ARM FRT LH LOWER EBONY	300	100
L0266160AA01ZHE	391 ARM FRT RH LOWER EBONY	300	100
L0266163AA01ZHE	391 ARM FRT LH UPPER EBONY	420	100
L0266161AA01ZHE	391 ARM FRT RH UPPER EBONY	420	100
L0215226AA01ZHE	391 ARM RR LH LOWER EBONY	300	100
L0215225AA01ZHE	391 ARM RR RH LOWER EBONY	300	100
L0217694AA01ZHE	391 ARM RR LH UPPER EBONY	420	100
L0217530AA01ZHE	391 ARM RR RH UPPER EBONY	420	100
L0266162AA011T3	391 ARM FRT LH LOWER MD LT STONE	300	100
L0266160AA011T3	391 ARM FRT RH LOWER MD LT STONE	300	100
L0266163AA011T3	391 ARM FRT LH UPPER MD LT STONE	420	100
L0266161AA011T3	391 ARM FRT RH UPPER MD LT STONE	420	100
L0215226AA011T3	391 ARM RR LH LOWER MD LT STONE	300	100
L0215225AA011T3	391 ARM RR RH LOWER MD LT STONE	300	100
L0217694AA011T3	391 ARM RR LH UPPER MD LT STONE	420	100
L0217530AA011T3	391 ARM RR RH UPPER MD LT STONE	420	100

L0274350AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER EBONY	100	70
L0274351AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER FRONT EBONY	100	70
L0274347AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER EBONY REVEL	100	70
L0274348AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER FRONT EBONY REVEL	100	70
L0274350AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO	100	70
L0274351AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER FRONT CAPPUCCINO	100	70
L0274347AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO REVEL	100	70
L0274348AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER FRONT CAPPUCCINO REVEL	100	70
L0274356AA01ZHE	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER EBONY REVEL	100	70
L0273852AA01ZHE	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER EBONY	100	70
L0274356AA01GU3	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO REVEL	100	70
L0273852AA01GU3	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER CAPPUCCINO	100	70
L0274349AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER EBONY REVEL	70	70
L0274352AA01ZHE	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER EBONY	70	70
L0274349AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO REVEL	70	70
L0274352AA01GU3	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	70	70
L0274355AA01ZHE	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER EBONY REVEL	60	70
L0261084AA03ZHE	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER EBONY	60	70
L0274355AA01GU3	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO REVEL	60	70
L0261084AA03GU3	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	60	70
L0209194AA02ZHE	TOPPER LH EBONY, TOPPER SMALL LH EBONY	20	1
L0209194AA02DJ9	TOPPER LH COFFEE, TOPPER SMALL LH COFFEE	20	1
L0228321AA01DJ9	TOPPER RH COFFEE, TOPPER SMALL RH COFFEE, BINNACLE OUTER GDE COFFEE, BINNACLE INNER COFFEE	20	1
L0228321AA01ZHE	TOPPER RH EBONY, TOPPER SMALL RH EBONY, BINNACLE OUTER GDE EBONY, BINNACLE INNER EBONY	20	1
L0260321AA01ZHE	CNS SIDE RAIL RH EBONY	110	100
L0260321AA01ZHE	CNS SIDE RAIL LH EBONY	110	100
L0260321AA01DJ9	CNS SIDE RAIL RH COFFEE	110	100
L0260321AA01DJ9	CNS SIDE RAIL LH COFFEE	110	100
L0210468AA01GU3	533 SIDE PANEL UPPER RH CAPPUCCINO	110	1
L0210458AA05GU3	533 SIDE PANEL UPPER LH CAPPUCCINO	110	1
L0210468AA01ZHE	533 SIDE PANEL UPPER RH EBONY	110	1
L0210458AA05ZHE	533 SIDE PANEL UPPER LH EBONY	110	1
L0260837AA01ZHE	533 CNSL ARMREST CNTR EBONY	180	80
L0274310AA01ZHE	533 CNSL ARMREST LAT RH EBONY, 533 CNSL ARMREST LAT LH EBONY	360	160
L0260837AA01DJ9	533 CNSL ARMREST CNTR SKIN COFFEE	180	80
L0260837AA01DJ9	533 CNSL ARMREST CNTR SKIN COFFEE	180	80
L0274310AA01DJ9	533 CNSL ARMREST LAT RH SKIN COFFEE	360	160
L0274311AA01DJ9	533 CNSL ARMREST LAT LH SKIN COFFEE	360	160
L0260838AA02DJ9	533 CNSL ARMREST OREJAS COFFEE MCA 2017	360	255
L0260838AA02ZHE	533 CNSL ARMREST OREJAS EBONY MCA 2017	360	255



## 7.2. Anexo 02: Formato para calcular rueda patrón

Suaje	Versiones	Demanda diaria	Std packs por producir	Ciclos requeridos	Tiempo de Producción	Hora de inicio	Hora de término		
1	391 CNSL ARMREST CENTRAL VYNIL EBONY MC	1079	14	7	0:37:06	6:00	6:58	inicio de turno	
	391 CNSL ARMREST LATERAL LH Y RH VYNIL EBON	1079	7	4	0:21:12	6:58	7:21		
3	FRT DR UPPER RH UPPER BLANK EBONY, MIDLE B	128	2	4	0:21:12	7:21	7:44		
	FRT DR UPPER LH UPPER BLANK EBONY, MIDLE B	128	2	4	0:21:12	7:44	8:05		
	FRT DR UPPER RH UPPER BLANK COFFE, MIDLE B	82	1	2	0:10:36	8:05	8:20		
	FRT DR UPPER LH UPPER BLANK COFFE, MIDLE B	82	1	2	0:10:36	8:20	8:30		
4	RR DR UPPER LH UPPER BLANK COFFE, MIDLE BLA	82	1	2	0:10:36	8:30	8:43		
	RR DR UPPER RH UPPER BLANK COFFE, MIDLE BLA	82	1	2	0:10:36	8:43	8:54		
	RR DR UPPER LH UPPER BLANK EBONY, MIDLE BLA	128	2	4	0:21:12	8:54	9:19		
	RR DR UPPER RH UPPER BLANK EBONY, MIDLE BLA	128	2	4	0:21:12	9:19	9:40		
5	533 ARMREST FRT RH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	9:40	9:58		
	533 ARMREST FRT LH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	9:58	10:14		
	533 ARMREST FRT RH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	10:14	10:28		Salida a comer
	533 ARMREST FRT LH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	11:00	11:10		
6	533 ARMREST RR RH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	11:10	11:32		
	533 ARMREST RR LH PULL CUP UPPER EBONY, L	123	3	3	0:15:54	11:32	11:48		
	533 ARMREST RR RH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	11:48	12:03		
	533 ARMREST RR LH PULL CUP UPPER CAPPUC	82	2	2	0:10:36	12:03	12:13		
7	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER EBONY	100	2	2	0:10:36	12:13	12:30		
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER EBONY	100	2	2	0:10:36	12:30	12:40		
	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER CAPPUC	71	2	2	0:10:36	12:40	12:55		
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER CAPPUC	71	2	2	0:10:36	12:55	13:06		
8	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER EBONY	111	2	2	0:10:36	13:06	13:22		
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER EBONY	111	2	2	0:10:36	13:22	13:48		
	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER CAPPUC	77	2	2	0:10:36	14:00	14:14		inicio de turno
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER CAPPUC	77	2	2	0:10:36	14:14	14:25		
9	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER EBONY	100	2	2	0:10:36	14:25	14:41		
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER EBONY	100	2	2	0:10:36	14:00	14:10		
	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER CAPPUC	71	2	2	0:10:36	14:10	14:25		
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER CAPPUC	71	2	2	0:10:36	14:25	14:35		
10	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER EBONY	108	2	3	0:15:54	14:35	14:57		
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER EBONY	108	2	3	0:15:54	14:57	15:13		
	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER CAPPUC	77	2	3	0:15:54	15:13	15:33		
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER CAPPUC	77	2	3	0:15:54	15:33	15:49		
11	391 ARM FRT LH LOWER EBONY	936	10	4	0:21:12	15:49	16:16		
	391 ARM FRT RH LOWER EBONY	936	10	4	0:21:12	16:16	16:37		
12	391 ARM FRT LH UPPER EBONY	936	10	3	0:15:54	16:37	16:55		
	391 ARM FRT RH UPPER EBONY	936	10	3	0:15:54	16:55	17:11		
13	391 ARM RR LH LOWER EBONY	936	10	4	0:21:12	17:11	17:34		
	391 ARM RR RH LOWER EBONY	936	10	4	0:21:12	17:34	17:56		
14	391 ARM RR LH UPPER EBONY	936	10	3	0:15:54	17:56	18:13		
	391 ARM RR RH UPPER EBONY	936	10	3	0:15:54	18:13	18:29		Salida a comer
15	391 ARM FRT LH LOWER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:00	19:11		
	391 ARM FRT RH LOWER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:11	19:16		
16	391 ARM FRT LH UPPER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:16	19:23		
	391 ARM FRT RH UPPER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:23	19:29		
17	391 ARM RR LH LOWER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:29	19:36		
	391 ARM RR RH LOWER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:36	19:41		
18	391 ARM RR LH UPPER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:41	19:49		
	391 ARM RR RH UPPER MD LT STONE	145	2	1	0:05:18	19:49	19:54		
19	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER UPPER EBONY	22	1	1	0:05:18	19:54	20:05		
	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER FRONT EBONY	22	1	1	0:05:18	20:05	20:11		
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER UPPER EBONY	22	1	1	0:05:18	20:11	20:16		
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER FRONT EBONY	22	1	1	0:05:18	20:16	20:21		
	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER EBONY	12	1	1	0:05:18	20:21	20:30		
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER EBONY	12	1	1	0:05:18	20:30	20:36		
	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER UPPER CAPPUC	12	1	1	0:05:18	20:36	20:41		
533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER UPPER CAPPUC	12	1	1	0:05:18	20:41	20:46			

Anexos

20	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER EBONY	15	1	1	0:05:18	20:46	20:58	inicio de turno
	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER EBONY	15	1	1	0:05:18	20:58	21:03	
	533 VINYL BLANK FRT RH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	12	1	1	0:05:18	21:03	21:27	
	533 VINYL BLANK FRT LH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	12	1	1	0:05:18	21:30	21:35	
21	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER EBONY	15	1	1	0:05:18	21:35	21:46	
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER EBONY	15	1	1	0:05:18	21:46	21:51	
	533 VINYL BLANK RR LH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	12	1	1	0:05:18	21:51	22:01	
	533 VINYL BLANK RR RH BOLSTER LOWER CAPPUCCINO	12	1	1	0:05:18	21:30	21:35	
22	TOPPER LH EBONY, TOPPER SMALL LH EBONY	22	1	2	0:10:36	21:35	21:51	
	TOPPER LH COFFEE, TOPPER SMALL LH COFFEE	22	1	2	0:10:36	21:51	22:02	
	TOPPER RH COFFEE, TOPPER SMALL RH COFFEE, B	12	1	2	0:10:36	22:02	22:17	
	TOPPER RH EBONY, TOPPER SMALL RH EBONY, B	12	1	2	0:10:36	22:17	22:27	
23	TOPPER LH EBONY, TOPPER SMALL LH EBONY	133	133	7	0:37:06	22:27	23:10	
	TOPPER LH COFFEE, TOPPER SMALL LH COFFEE	85	85	5	0:26:30	23:10	23:41	
24	TOPPER RH COFFEE, TOPPER SMALL RH COFFEE, B	85	85	5	0:26:30	23:41	0:09	
	TOPPER RH EBONY, TOPPER SMALL RH EBONY, B	133	133	7	0:37:06	0:09	0:50	
25	CNS SIDE RAIL RH EBONY	275	3	3	0:15:54	0:50	1:08	
	CNS SIDE RAIL LH EBONY	275	3	3	0:15:54	1:08	1:24	
	CNS SIDE RAIL RH COFFEE	174	2	2	0:10:36	1:24	1:39	
	CNS SIDE RAIL LH COFFEE	174	2	2	0:10:36	1:39	1:49	
26	533 SIDE PANEL UPPER RH CAPPUCCINO	88	88	1	0:05:18	1:49	2:01	Salida a comer
	533 SIDE PANEL UPPER LH CAPPUCCINO	88	88	1	0:05:18	2:31	2:36	
	533 SIDE PANEL UPPER RH EBONY	133	133	2	0:10:36	2:36	2:50	
	533 SIDE PANEL UPPER LH EBONY	133	133	2	0:10:36	2:50	3:01	
27	533 CNSL ARMREST CNTR EBONY	135	2	1	0:05:18	3:01	3:08	
28	533 CNSL ARMREST LAT RH EBONY, 533 CNSL ARMREST LAT LH EBONY	135	1	1	0:05:18	3:08	3:16	
29	533 CNSL ARMREST CNTR SKIN COFFEE	135	2	1	0:05:18	3:16	3:27	
	533 CNSL ARMREST CNTR SKIN COFFEE	82	2	1	0:05:18	3:27	3:32	
30	533 CNSL ARMREST LAT RH SKIN COFFEE	82	1	1	0:05:18	3:32	3:40	
	533 CNSL ARMREST LAT LH SKIN COFFEE	82	1	1	0:05:18	3:40	3:45	
31	533 CNSL ARMREST OREJAS COFFEE MCA 2017	82	1	1	0:05:18	3:45	3:52	
	533 CNSL ARMREST OREJAS EBONY MCA 2017	135	1	1	0:05:18	3:52	4:01	
					5:40:18	4:01	6:00	

### 7.3. Anexo 03: Diagrama de la Rueda Patrón

