



**ITSON**  
Educar para  
Trascender

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**

---

---

---

**“PROPUESTAS PARA LA MEJORA DEL PROCESO  
DE PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN DE UNA  
EMPRESA MAQUILADORA”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**MAESTRO EN INGENIERÍA EN  
SISTEMAS PRODUCTIVOS**

**PRESENTA**

**NELSON EDUARDO ALCALÁ MENDOZA**

**GUAYMAS, SONORA**

**NOVIEMBRE DE 2009**

## AGRADECIMIENTOS

**A MIS PADRES:** Por ser un ejemplo a seguir de lucha, trabajo y sacrificio, por todo su amor y apoyo en mi vida.

**AL CREADOR:** Por darme la fuerza para continuar, por prestarme vida y salud.

**AL ITSON:** Por darme la oportunidad de realizarme para desarrollarme como persona y profesionalista.

**AL MAESTRO ERNESTO RAMÍREZ:** Al que agradezco su excelente apoyo, orientación, tiempo, experiencia, supervisión académica y guía durante la realización de este trabajo.

**A LA MAESTRA CLAUDIA ÁLVAREZ Y MAESTRO LUIS OLACHEA:** Por apoyarme con su valiosa experiencia, crítica constructiva y sobre todo con su tiempo invertido como revisores del estudio presentado.

**AL PERSONAL DE LA PLANTA SUMITOMO:** Por la atención de proporcionar información para la realización de este trabajo.

**A MIS COMPAÑEROS DE MAESTRÍA:** A todos mis ex compañeros, maestros, así como amistades de otras disciplinas que me apoyaron durante el camino, otorgando su amistad y ayuda para culminar mis estudios, en especial a mis ex compañeros de equipo Mayra, Liz y Felipe, así como a Maria Elena y Jessica.

## ÍNDICE

Agradecimientos.....	i
Resumen.....	vii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	8
1.3. Objetivo.....	8
1.4. Justificación.....	9
1.5. Delimitaciones.....	10
1.6. Limitaciones.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Inventarios.....	11
2.1.1. Definición de Inventarios.....	12
2.1.2. Costos del inventario.....	12
2.1.3. <i>Stock</i> de Seguridad - <i>Safety Stock</i> .....	13
2.1.4. Eliminación del inventario.....	16
2.1.5. Planificación de materiales.....	16
2.2. Identificar la causa raíz y desarrollo de contramedidas.....	17
2.2.1. Diagrama de relaciones.....	20
2.2.2. Diagrama de Pareto.....	22
2.2.3. Análisis <i>muda</i> .....	24
2.2.4. Análisis de procesos.....	26
2.3. Sistemas de Manufactura esbelta.....	27
2.3.1. Definición de manufactura esbelta.....	27
2.3.2. Sistema <i>kanban</i> .....	29
2.3.3. Poka Yoke o “a prueba de error”.....	33
2.3.4. Justo a tiempo (JIT).....	34
2.3.5. Producción justo a tiempo y producción esbelta.....	36

CAPÍTULO III. MÉTODO Y MATERIALES.....	38
3.1. Objeto bajo estudio.....	38
3.2. Materiales.....	39
3.3. Procedimiento.....	39
3.3.1. Percibir el problema utilizando la técnica de tormenta de ideas y diagrama relacional.....	40
3.3.2. Clarificar el problema mediante análisis estadístico.....	41
3.3.3. Identificar causa raíz del problema y desarrollar contramedidas.....	43
3.3.3.1. Implementar método de aviso <i>poka-yoke</i> en sistema.....	45
3.3.3.2. Implementar tarjetas <i>kanban</i> .....	45
3.3.3.3. Implementar identificadores de mazos de circuitos.....	46
3.3.4. Evaluar resultados obtenidos de contramedidas.....	46
3.3.5. Reducir inventario semanal de producto terminado basado en JIT.....	47
3.3.6. Estandarización de mejoras implementadas.....	49
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Aplicación la técnica de tormenta de ideas y diagrama relacional para la percepción del problema real.....	50
4.2. Aplicación de clarificación de problema con análisis estadístico.....	52
4.3. Aplicación de técnica de los cinco ¿Por qué? y desarrollo de contramedidas.....	54
4.3.1. Implementación de método de aviso <i>poka-yoke</i> en sistema.....	55
4.3.2. Implementación de tarjetas <i>kanban</i> .....	57
4.3.3. Implementación de identificadores de mazos de circuitos.....	60
4.4. Evaluación de resultados obtenidos de contramedidas.....	62
4.5. Reducción de inventario de producto terminado basado en JIT.....	64
4.6. Estandarización de mejoras implementadas.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	72
APÉNDICES.....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arnés en tres dimensiones generado por el grupo de diseño.....	4
Figura 2. Mapa sistémico de la empresa Sumitomo planta Empalme.....	5
Figura 3. Operadores ensamblado arneses en la línea de producción.....	6
Figura 4. Método para la resolución de problemas del sistema Toyota.....	20
Figura 5. Formato utilizado para representar el gráfico de Pareto.....	43
Figura 6. Formato utilizado para identificador de mazos de circuitos.....	46
Figura 7. Tormenta de ideas para exceso de producción de producto terminado.....	51
Figura 8. Diagrama relacional de exceso de producción de producto terminado.....	51
Figura 9. Pantalla para detectar circuitos faltantes en sistema anterior.....	56
Figura 10. Pantalla utilizada en Sumitomo con indicadores visuales.....	56
Figura 11. Hoja de corte utilizada en sistema anterior.....	58
Figura 12. Tarjeta kanban utilizada en planta Sumitomo.....	59
Figura 13. Diagramas de procesos de operaciones anterior e implementado.....	60
Figura 14. Identificador de mazos utilizado en planta Sumitomo.....	61
Figura 15. Diagramas de procesos de operaciones anterior e implementado para uso de identificadores de mazos de circuitos.....	62

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formato para obtener el total de paro de líneas por semana y sus causas.....	41
Tabla 2. Formato para obtener gráfico de Pareto.....	42
Tabla 3. Formato para obtener análisis de cinco ¿Por qué?.....	43
Tabla 4. Matriz de incidencia de causas de paros de líneas.....	52
Tabla 5. Tabla de Pareto para causas de paros de líneas.....	53
Tabla 6. Tabla de Pareto para causas de faltantes de material.....	54
Tabla 7. Análisis cinco ¿Por qué? para método de aviso en sistema.....	55
Tabla 8. Análisis cinco ¿Por qué? para uso de tarjetas kanban.....	57
Tabla 9. Análisis cinco ¿Por qué? para uso identificadores de mazos de circuitos.....	60
Tabla 10. Tabla de Pareto de causas de paro después de implementación de mejora	63
Tabla 11. Tabla de Pareto de tipos de faltantes de material.....	64

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tendencia de paros de líneas en las últimas 10 semanas.....	7
Gráfico 2. Gráfica de Pareto para causas de paros de líneas.....	53
Gráfico 3. Gráfico de Pareto después de aplicación de mejora.....	63

## RESUMEN

En el presente trabajo se muestra la situación de una empresa de origen norteamericano que al momento de ser adquirida por el corporativo Japonés Sumitomo, presentaba problemas de altos niveles de inventario de producto terminado y paros de líneas. Por lo tanto el objetivo del estudio se aboca a detectar las causas raíces que provocaron esa situación indeseada y propuestas para su solución basadas en técnicas para mejoramiento de procesos y eliminación de desperdicios. Para el descubrimiento de los problemas “reales” se utilizó una adaptación al método del sistema Toyota para la solución de problemas, por lo que se manejó el uso de técnicas cualitativas como tormenta de ideas, diagrama relacional y cinco ¿Por qué?. Además, se utilizó el método estadístico de tabla y diagrama de Pareto para su evaluación cuantitativa en Excel.

Se emplearon filosofías de manufactura esbelta como *poka-yoke*, *kanban*, y controles visuales para la generación de contramedidas que reduzcan o eliminen los desperdicios detectados desde su causa raíz. Se evaluaron los efectos de las mejoras estadísticamente para comprobar si estas fueron efectivas y una vez demostrado el efecto de las contramedidas, se aplicó una metodología de justo a tiempo o sistema de “jalón” para producir en base a los requerimientos del cliente y reducir el inventario de seguridad, que se considera un desperdicio del tipo de sobreproducción. Una vez implementadas las mejoras es necesario documentar las contramedidas implementadas y sus efectos en la eliminación de causa raíz como parte de la mejora continua, por otra parte fue necesario redistribuir el área liberada en *Autocad* utilizando el método de 5 “eses”. Como conclusión, se cumplió el objetivo planteado al elaborarse las propuestas de mejora necesarias para disminuir los desperdicios detectados basados en técnicas de manufactura esbelta.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El trabajo que se presenta a continuación, se realizó en una maquiladora productora de arneses eléctricos automotrices y consiste en un estudio al sistema de inventario de materia prima y producto terminado en las áreas de producción y de almacén de la empresa, tomando en cuenta las restricciones que rigen a la industria automotriz, la cultura y metas de la compañía, basando las alternativas de mejora en las filosofías y técnicas de la manufactura esbelta.

Dentro de este capítulo, se describirá la historia de la empresa, así como los antecedentes de la problemática que se abordará, el contexto histórico y actual en el que se desenvuelve, además de objetivo, justificación, delimitaciones e inquietudes que despertaron el estudio de la misma.

### **1.1 Antecedentes.**

La industria automotriz es la actividad manufacturera más grande del mundo, produciendo casi 50 millones de autos nuevos al año, desempeñando un papel crucial en la

reorganización productiva y en el desarrollo de nuevos paradigmas tecnológicos. Mantiene una estructura oligopólica, sólo 10 empresas realizan el 78% de las ventas a nivel internacional, entre las cuales destacan tres compañías estadounidenses, GM con 17.7 por ciento, *Ford* con 14.6 por ciento y *Chrysler* con 5.4 por ciento. ( Soto, 2002)

La historia del desarrollo de este negocio se remonta a principios del siglo XX, en donde la industria automotriz se perfiló como una de las más prometedoras, de manera conjunta mantenía relaciones con otros sectores industriales de la época, contribuyó a diversificar las actividades industriales y coadyuvó al mejoramiento de la ciencia y la tecnología. Grandes masas de capitales se invirtieron directa e indirectamente en el sector automotriz convirtiéndola en una de las industrias más importantes en cuanto a los niveles de eficiencia en el trabajo, productividad, diseño, atracción de capital, modos de organización y mejoras en la ciencia y la tecnología. Para 1915 la industria ya había alcanzado proyectarse a nivel internacional, posteriormente lo que harían las grandes empresas automotrices sería consolidar su poderío. Posteriormente, en la primera mitad del siglo XX, el motor de combustión interna y el automóvil, eran los elementos más importantes en la base productiva del sector y las grandes empresas automotrices se caracterizaban por los siguientes elementos: Mantenían precios de monopolio, la competencia entre las grandes empresas por el control de los mercados provocaba, principalmente, la compra de empresas en el exterior, se buscan mejoras en las técnicas tanto industriales como organizacionales, todo esto ha determinado el éxito de adaptación a los cambios internacionales. (Soto, 2002)

Según Cervilla (2004), desde mediados de la década de los ochenta, la industria automotriz mundial fue objeto de transformaciones importantes. Los principales cambios en el ámbito empresarial estaban relacionados tanto con transformaciones en el patrón tecnológico como en el gerencial. A partir de los años setenta los automóviles japoneses comenzaron a desplazar a los americanos en los mercados internacionales, sobre la base de mayor calidad y confiabilidad y precios más competitivos. Como consecuencia, en la década de los ochenta las ensambladoras americanas comenzaron a plantearse seriamente la necesidad de responder con cambios más radicales en la forma de producir automóviles, así como de modificar las relaciones con sus proveedores y sus requerimientos hacia éstos. Los cambios en el modelo de producción y de gestión, así como el mayor grado de automatización que tuvo lugar en las empresas fabricantes de automóviles, exigieron una reestructuración de las operaciones internas y de las relaciones externas. Esto dio origen a un nuevo modelo de

manufactura y a cambios en la relación entre las ensambladoras y los proveedores de partes y componentes, así como en las políticas de globalización de las ensambladoras. Las relaciones entre las ensambladoras de vehículos y los fabricantes de componentes se fundamentaron cada vez más en la colaboración y se caracterizaron por una relación a largo plazo, comunicación más frecuente y asignación de una mayor responsabilidad al proveedor, con mayores exigencias en cuanto a calidad, confiabilidad, tecnología, servicio y precio.

La supervivencia de las empresas requirió que tanto en Norteamérica como en Europa, grandes empresas automotrices mantuvieran operaciones en otros países o regiones, expandieran sus mercados mediante acuerdos con los gobiernos locales, mantuvieran el control de materias primas y buscaran oportunidades de inversión. De esta manera se perfilaron paulatinamente las principales empresas que operan en la actualidad. (Soto, 2002)

De acuerdo a Contreras (2007), las maquiladoras son plantas ensambladoras de origen extranjero, principalmente de los EUA y Japón, se crearon en México, en la década de los setentas con objeto de aprovechar la mano de obra barata en el país y la cercanía al mercado estadounidense, considerado aún el más importante del mundo. En esos tiempos, el gobierno mexicano, en respuesta al fin del programa bracero que proveía de permisos laborales a los ciudadanos mexicanos hasta 1964, creó un programa en el que las empresas extranjeras, gozaban de ciertos beneficios, como la importación temporal de insumos, a cambio de crear los empleos necesarios para los ex braceros que regresaban al país. Esto provocó un crecimiento significativo en la inversión extranjera directa en México, a tal grado de convertir al fenómeno de las maquiladoras en el primer intento por internacionalizar la economía mexicana en la era moderna del país.

En base a los acuerdos comerciales del TLC, México se vuelve atractivo a las inversiones del exterior en virtud que las plantas instaladas en territorio nacional cumplen con las reglas de origen de los acuerdos con Norteamérica y Europa; además de que los centros de producción en México, han logrado igualar incluso superar los estándares de calidad de las plantas de origen, muestra de ello son las plantas de *Nissan* Aguascalientes, de *General Motors* en Silao (planta armadora de León, Guanajuato), de *Daimler-Chrysler* en Ramos Arizpe, Coahuila y de *Ford Motor Company* en Hermosillo, Sonora. (Vicencio, 2007).

Como parte de lo anterior se instaló en Sonora *Chahta enterprise*, creada en Estados Unidos en 1985 bajo el estatus de empresa minoritaria y cuyo giro de la misma, es la manufactura de partes automotrices. La empresa tomó la decisión de mover sus operaciones de manufactura al noroeste de México como parte de su plan de reducción de costos a finales de los noventas bajo el programa de albergue a empresas extranjeras (maquiladoras) que deseen manufacturar sus productos en México para su posterior exportación hacia Estados Unidos y Canadá. El programa de albergue o *shelter* es una forma de organizar operaciones en México, en la cual la empresa extranjera carece del conocimiento necesario para arrancar y operar una planta en este país. Por lo tanto, la empresa extranjera busca por medio de este programa que alguien externo y con los conocimientos necesarios opere directamente el proyecto, recibiendo del extranjero solamente materiales y equipo. Los servicios bajo el plan albergue son los siguientes: Administración de personal, licencias, permisos, contabilidad, impuestos, mantenimiento de la planta física, trámites aduanales, transporte, logística, relación con autoridades, entre otros. (Contreras, 2007)

La empresa *Chahta* ha sufrido cambios a nivel corporativo hasta llegar a cambiar su nombre a Sumitomo. La compañía actualmente tiene varias líneas de negocios llamadas divisiones, siendo la eléctrica automotriz a la que pertenece la empresa en estudio. El corporativo se encuentra ubicado en Ciudad Juárez Chihuahua y reportan directamente a los directivos de la empresa en Japón. La división mexicana cuenta con plantas de manufactura en Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Nuevo León y Coahuila. Los productos que se producen en la planta Sumitomo Empalme son arneses eléctricos automotrices. Un arnés eléctrico es un sistema de circuitos eléctricos que se utiliza para interconectar eléctricamente todas las partes electrónicas de un automóvil. Estos productos principalmente consisten en circuitos, terminales y conectores. En la figura uno se muestra un arnés de cable de batería positivo utilizado en Hummer H3.

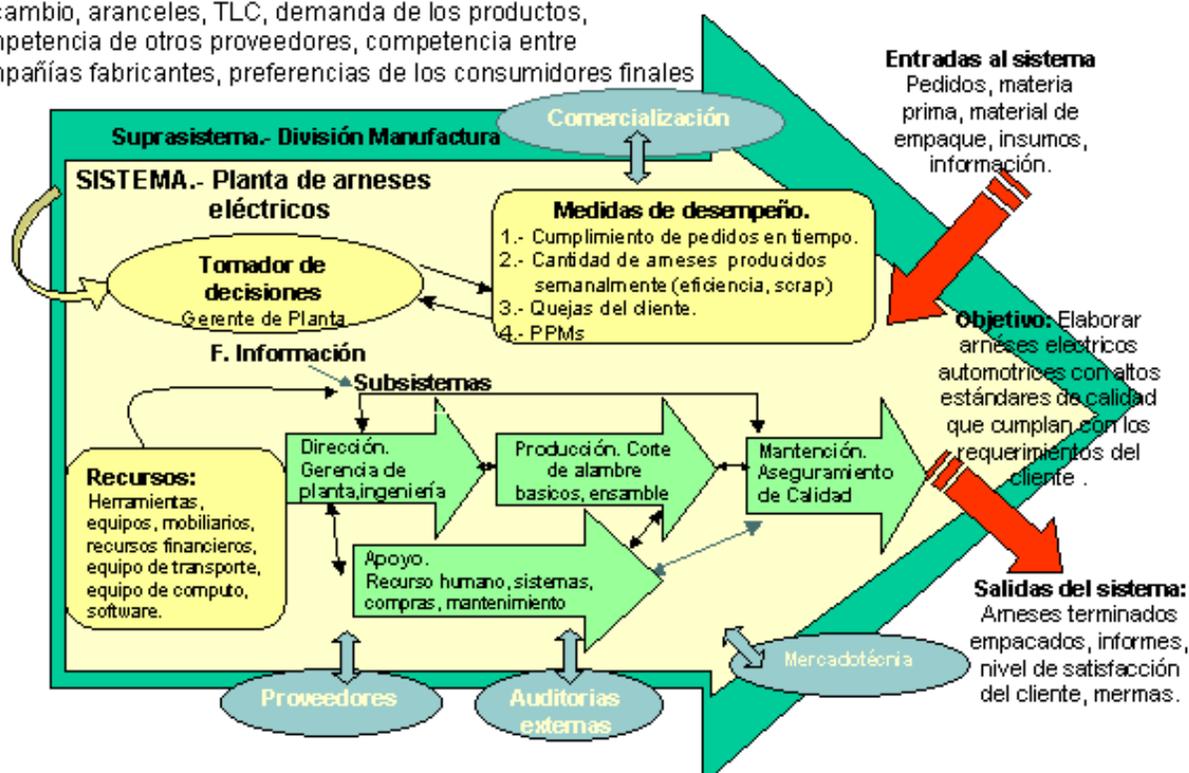


**Figura 1.** Arnés en tres dimensiones generado por el grupo de diseño.

Los circuitos consisten en un cable hecho de conductores de alambre torcidos con un diámetro de menos de 0.5mm y con aislante rodeando el conductor, además de terminales remachadas a sus extremidades, cuyo proceso se lleva a cabo en máquinas cortadoras de alambre, en las que también se cortan estos a la dimensión requerida por el cliente. Los circuitos son enviados a almacén y después distribuidos a las áreas de ensamble para construir el arnés. (Toyota, 2002)

Cabe destacar que la empresa ubicada en Empalme, se encuentra actualmente certificada en ISO/TS 16949 y cuenta actualmente con un porcentaje de defectos menor a de 5 PPM (información de la empresa). Para mostrar las características del negocio, a continuación, se muestra el mapa sistémico que representa el funcionamiento de la planta en la figura dos.

**Ambiente Relevante:** Normas de calidad (ISO/TS 16949), especificaciones del cliente, ausentismo del personal, tipo de cambio, aranceles, TLC, demanda de los productos, competencia de otros proveedores, competencia entre compañías fabricantes, preferencias de los consumidores finales



**Figura 2.** Mapa sistémico de la empresa Sumitomo planta Empalme.

Para la producción de arneses, la empresa cuenta con cortadoras de cable, soldadoras ultrasónicas, líneas de producción, moldeadoras de inyección de plásticos y dispone de 800 empleados. Cuenta además con un área destinada a almacén de materia prima, recibo de la

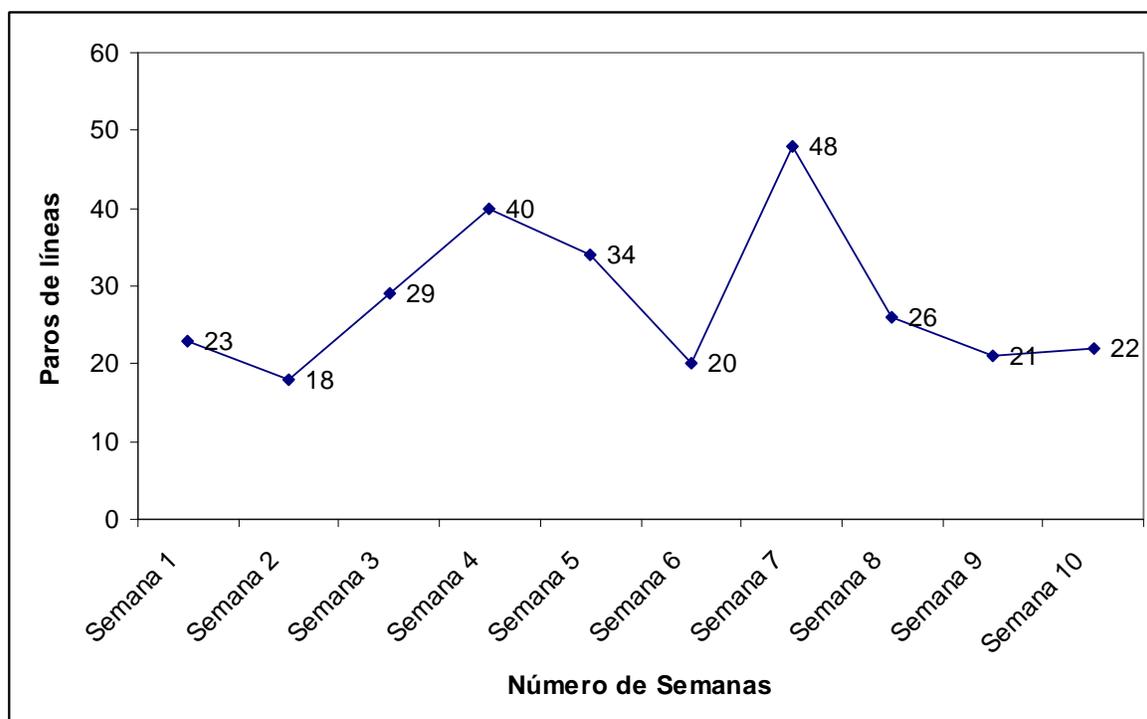
misma y embarque de arneses eléctricos automotrices como producto terminado. El proceso para construcción del producto final es realizado de manera manual en tableros de ensamble en donde se le instalan circuitos y componentes requeridos como lo son, cinta aislante, mangueras, conectores, etcétera, todo en base a las especificaciones del cliente. En la figura tres es posible ver a los operadores trabajando en los tableros de línea de producción.



**Figura 3.** Operadores ensablado arneses en la línea de producción.

De acuerdo a información proporcionada por el gerente de planta, el producto final es probado eléctricamente y verificado visualmente para asegurar su funcionamiento y posteriormente es embarcado a las plantas ensambladoras del cliente ubicadas en Shreveport Louisiana y Dearborn Michigan. Actualmente se producen en la planta maquiladora de empalme la mayor parte de la plataforma eléctrica de *Hummer H3*, *Buick Lucerne* y *Cadillac DTS*, siendo todas estas líneas de automóviles del cliente *General Motors*.

Dicha maquiladora, al formar parte de la red de proveedores de la industria automotriz, se ha visto en la necesidad de adoptar técnicas de manufactura esbelta, primeramente como parte del plan de mejora continua exigido por sus clientes y segundo como un plan de reducción de costos. Durante los últimos meses de operación, se han presentado paros de línea en la planta Empalme. La información se puede apreciar en el gráfico uno.



**Gráfico 1.** Tendencia de paros de líneas en las últimas 10 semanas.

La programación de la producción y el manejo del sistema de inventario se realizan a través del sistema MRP, el cual recibe los requerimientos del cliente de manera electrónica, planifica los materiales necesarios y los empuja a las líneas de producción. Los niveles de inventario son generados en base a las necesidades del programa, por lo que se presentan semanas de inventario de producto terminado superiores a las óptimas. De hecho, es importante mencionar que de acuerdo a la empresa, durante el 2007 se registraron 10,000 arneses obsoletos generados por la sobreproducción y que no pudieron ser utilizados debido a cambios de ingeniería y de año modelo, esta política de programación y generación de material obsoleto se presentó a lo largo del periodo de operación de la empresa.

Por otra parte, en las líneas de producción, los circuitos son surtidos a las líneas y en el sistema son transferidos a la localidad de piso, sin embargo, se ha detectado problemas en el manejo de los mismos ya que existe confusión en el manejo de los números de parte de los circuitos en las líneas de producción. Por lo que si estos son reportados o cortados incorrectamente, ocasionan errores en el inventario en cuanto a la disponibilidad o existencias de sus componentes.

Es importante mencionar que el cliente juega el papel más importante en la empresa siendo el objetivo de la misma el satisfacerlo al cumplir con sus requerimientos no solamente con la calidad de sus productos y tiempo de entrega, sino también con la mejora continua de sus procesos, enfocado en la prevención y la toma de decisiones necesarias para la reducción de costos y la eliminación de situaciones indeseadas.

## **1.2 Planteamiento del problema.**

Como parte de la información contenida en el apartado anterior, la empresa maquiladora, operó desde su origen con el método de producción norteamericano tradicional, el cual se enfoca a la producción y a la generación de inventario de seguridad para protegerse de posibles eventualidades, debido a esto se han presentado problemas con el manejo incorrecto de circuitos en proceso.

Los paros de líneas causan ineficiencia en las metas de producción y en la utilización de altos inventarios de seguridad. Su importancia radica en que son uno de los componentes principales en el proceso de fabricación de arneses. Así mismo, la compañía mantiene un amplio compromiso con sus clientes por lo que es necesario asegurar el cumplimiento de la entrega de materiales en tiempo y forma, así como en la mejora continua de sus procesos.

Por lo tanto, en base a las situaciones presentadas, es necesario dar respuesta a la siguiente problemática:

¿Cuales serán las acciones de mejora necesarias en la empresa para reducir el desperdicio generado por sobreproducción en las áreas de producción y almacén?

## **1.3 Objetivo.**

Generar acciones de mejora que permitan disminuir los desperdicios generados en el área de producción y almacén.

## **1.4 Justificación.**

Las mejoras en el manejo de materiales podrán permitir que pueda reducirse el riesgo de paro de líneas y con esto, poder disminuir el tamaño del inventario de seguridad de producto terminado. Además, se obtendrá como ganancia una reducción de problemas en el proceso de manejo de inventarios de circuitos y de identificación del material, proporcionará ventajas estratégicas en relación a los competidores al aplicar el principio de la mejora continua en los procesos productivos, se obtendrá como resultado una reducción del riesgo de obsolescencia de producto terminado y se liberará espacio destinado a mantener el excedente de inventario dentro de la planta.

Por otra parte, es importante mencionar que la empresa nunca ha tenido problemas de entrega de productos al cliente a lo largo de su operación en Empalme, esto es debido en gran medida al manejo de altos niveles de inventario de producto terminado. Sin embargo, aunque esto pueda considerarse como una pérdida de confianza, el mantener altos inventarios tiene un alto costo para cualquier empresa y las necesidades de la industria automotriz en la actualidad nos indican que es necesario aplicar técnicas de manufactura esbelta para disminuirlo a niveles justos, básicamente se debe de aplicar las técnicas de detección de causa raíz y aplicar las medidas de contención necesarias para encontrar un solución factible y de rápida aplicación.

Los beneficiados con la implementación de las mejoras son el área de almacén de producto terminado y circuitos, los usuarios del sistema de inventarios y el área de corte de alambre. Por otra parte, la empresa es beneficiada al obtenerse una reducción en los costos de operación. Cabe destacar que el cliente, requiere anualmente un plan de reducción del precio de venta, por lo que es preferible detectar las áreas de oportunidad de la empresa y lograr reducir los costos de operación en lugar de sacrificar la utilidad de la venta de los productos fabricados en ella. Por lo tanto todas las mejoras logradas y reducción de desperdicios, ayudarán a lograr la meta de la mejora continua y reducción de costos.

## **1.5 Delimitaciones.**

El estudio se enfocará a las áreas de almacén de producto terminado y de circuitos de la empresa maquiladora. Las de áreas de oportunidad detectadas en otras áreas diferentes a los objetivos del estudio, tales como ausentismo, manejo de recursos humanos, mantenimiento u otros, quedaron fuera del alcance del estudio ya que sus soluciones fueron emprendidas por otro grupo multidisciplinario.

## **1.6 Limitaciones.**

Limitación se considera la disponibilidad de la información proporcionada por la empresa.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En esta sección de la investigación, se presentan los temas que ubicarán al lector en el contexto en base a los autores que han propuesto soluciones y teorías a empresas con problemáticas similares a las mostradas en el presente trabajo. Primeramente se definirán los conceptos de inventarios que son de los medibles a mejorar al término del proyecto. Posteriormente se describirán las metodologías para identificación de causas raíces, análisis de procesos, análisis estadísticos y las técnicas de manufactura esbelta para el desarrollo de contramedidas basados en el método de los siete pasos para la “solución a problemas prácticos” del sistema de producción Toyota.

### **2.1 Inventarios.**

Uno de los conceptos a mejorar en este trabajo son los niveles de inventarios, por lo que se procede a definir los conceptos básicos de los mismos.

### **2.1.1 Definición de Inventarios.**

Un inventario constituye la cantidad de existencias de un bien o recurso cualquiera usado en una organización. Un sistema de inventarios es el conjunto de políticas y controles que regulan los niveles del inventario y determinan que niveles deben de tener, cuando debemos reabastecer y cuál debe ser el volumen de los pedidos.

Por lo general, el inventario para la producción se refiere a los bienes que contribuyen al producto que fabrica la empresa o que forman parte de él. El inventario para la producción generalmente se divide en materia prima, productos terminados, componentes, abastos y materiales en proceso. Para el caso de los servicios, el inventario generalmente se refiere a los bienes tangibles que serán vendidos y a los abastos necesarios para brindar el servicio. (Chase y Jacob, 2005)

### **2.1.2 Costos del inventario.**

Según Chase y Jacob (2005), cuando se toma una decisión que afecta el volumen del inventario, debemos tomar en cuenta los costos siguientes:

**Costos por mantener el inventario.** Esta categoría general incluye los costos de las instalaciones de almacenaje, el manejo, el seguro, el hurto, los daños, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos y el costo de oportunidad del capital. Evidentemente como los costos de mantener un inventario son altos, es mejor mantener inventarios pequeños y reabastecerlos con frecuencia.

**Costos de preparación (o cambio de producción).** La fabricación de cada producto distinto implica obtener los materiales necesarios, preparar el equipo de forma específica, llenar los documentos requeridos, cobrar correctamente por el tiempo y los materiales y sacar las existencias anteriores de material.

**Costos de la orden.** Estos se refieren a los costos administrativos y de personal para preparar la orden de compra o de producción. Los costos de la orden incluyen infinidad de detalles, como contar los artículos y calcular las cantidades de la orden.

**Costo por desabasto.** Cuando las existencias de un artículo se agotan, cualquier orden por ese artículo debe esperar hasta que sea reabastecido o bien debe ser cancelada. Existe un equilibrio entre mantener las existencias para satisfacer la demanda y los costos que se derivan del desabasto.

### **2.1.3 Stock de Seguridad - *Safety Stock*.**

De acuerdo a Robinson (2007), la lógica de la planificación de requerimientos de materiales es proyectar para reducir a cero el inventario previsto para cada elemento. Hay un número de razones por las que el *stock* (inventario) de seguridad se incorpora en el sistema de planificación, pero en muchas situaciones el *stock* de seguridad no se introduce solamente como respuesta a un problema sino como un arreglo rápido para evitar enfrentarse con el problema fundamental que hace necesario el *stock* de seguridad. Las penalizaciones por tener *stock* de seguridad son considerables. Es poco probable que se pueda guardar el *stock* de seguridad en el centro de trabajo donde se utiliza, por lo que se tendrá que trasladar a un lugar de almacenamiento. En este lugar se verificará a la entrada y a la salida, también se contará mientras esté almacenado. Ocupará espacio, dinero y deberá estar guardado en las debidas condiciones. Posibles movimientos internos pueden causar deterioros por lo que se tendrá que verificar periódicamente.

Durante el almacenamiento, estos elementos se pueden deteriorar, perderse, requerir traslados internos, han de rotar en el sentido FIFO, etc. La presencia de *stocks* de seguridad, al igual que los pedidos por cantidades fijas, disminuyen la rapidez en la introducción de mejora y eliminación de problemas de calidad o puede suceder que las piezas sean obsoletas, y frecuentemente, todo a la vez. Por todas estas razones se ha de cuestionar la existencia de *stocks* de seguridad.

El *stock* de seguridad es necesario cuando no hay certeza en la demanda o el suministro. Si, por ejemplo, hay una máquina o proceso que es poco fiable, la presencia de *stocks* de seguridad de *ítems* acabados representa que los procesos posteriores se aíslan de la poca fiabilidad en estas fases de manufactura. El *stock* de seguridad es, evidentemente, una forma de evitar enfrentarse con el proceso problemático. Algunos replicarán que hay procesos inherentemente poco fiables, y aunque esto seguramente es cierto, cada empresa

ha de enfrentarse a la necesidad de tener que emplear *stocks* de seguridad de manera regular.

Una etapa de manufactura poco fiable puede ser causada por un mantenimiento pobre. Los costos de un mantenimiento planificado, tanto interno como externo, han de ser tenidos en cuenta a la luz de los costos asociados al *stock* de seguridad. En ocasiones se pueden justificar acciones adicionales de mantenimiento. Si no es un problema de mantenimiento, quizás necesitamos un equipo nuevo más fiable u otra forma de hacer las cosas. Las máquinas multipropósito tienden a ser menos fiables que las máquinas dedicadas, y el costo extra de máquinas dedicadas a menudo es menor que el costo del *stock* de seguridad, planificado o no planificado, que ponemos como apoyo a una máquina flexible de poca fiabilidad.

Otra causa común para el *stock* de seguridad son los proveedores poco fiables. Hay varios aspectos alrededor de este tema. Un historial de entregas pobres suele ser muchas veces más culpa del cliente que del proveedor y así contemplamos quejas frecuentes sobre “proveedores poco fiables” a quienes se ha entregado un programa poco fiable que cambiamos en el último minuto. La demora en el pago de facturas es un ejemplo común de problemas auto generados en el suministro. El involucrar al proveedor en la etapa de diseño de un producto suele hacer que el proceso del proveedor sea más fiable. Hay pues varias vías que explorar para intentar conseguir que el proveedor sea fiable, si de su exploración no se obtienen resultados, la última solución sería encontrar un proveedor nuevo que sea más fiable.

Buscar un nuevo proveedor puede que no sea tan difícil como parece. Muchas empresas han tenido éxito encargando a otros proveedores, que han demostrado ser fiables, se hagan cargo del suministro de un proveedor que no lo es. Otras empresas se han organizado para ir más lejos, invirtiendo en sus proveedores mas cualificados. Sea el planteo que sea para mejorar la fiabilidad de las entregas, el objetivo debe ser eliminar, o al menos reducir progresivamente, los *stocks* de seguridad de materiales.

La última y quizás única justificación posible para tener *stocks* de seguridad sería que el plazo de entrega que ha de ofrecer al mercado es más corto que el plazo de entrega acumulado de su fabricación. En este caso sería necesario disponer de *stocks* de seguridad

de productos acabados para amortiguar las fluctuaciones de los pedidos en comparación con las previsiones, aunque puede haber formas de minimizar el *stock* de seguridad necesario.

La primera vía para minimizar el *stock* de seguridad de productos acabados es suavizar el flujo de pedidos de sus clientes. Esto se puede conseguir obteniendo mejor información acerca del consumo de sus productos. A veces la información no es difícil de obtener. Un ejemplo son los programas de los proveedores que muestran las necesidades brutas verdaderas en lugar de los pedidos de compras basados en el reaprovisionamiento de *stocks*. Emplear técnicas de Manufactura de clase mundial tales como los *kanbans* de proveedores, con el mensaje de consumo transmitido cada día, como mínimo, son otro ejemplo para suavizar el flujo de pedidos de entregas.

Otra vía para reducir los *stocks* de seguridad de productos acabados es reducir los plazos de entrega de fabricación por debajo del plazo de entrega a los clientes. Mantener los plazos de entrega por debajo de la demanda creciente de respuesta rápida y flexibilidad que hacen los clientes, es un verdadero reto para algunas industrias. En algunos casos es posible *producir* o hacer *stock* de sub montajes para ensamblar bajo pedido y reducir los plazos de entrega. Si el *stock* de seguridad es inevitable, hay dos lugares preferentes para ubicarlo. En primer lugar el *stock* de seguridad se puede tener en forma de primeras materias ya que es barato y flexible para la asignación de materiales. El segundo lugar es tenerlo en forma de productos acabados, donde es más caro pero está mejor situado para servir a los clientes. La situación de *stock* de seguridad en forma de “en curso” puede ser la peor solución.

Para Schonberger (1990), los japoneses sienten una gran aversión por los inventarios. La razón histórica es que los inventarios son ruinosos, y la aversión nacional hacia ellos se fortalece cada vez más a medida que la industria saborea los beneficios del justo a tiempo. Sin Inventarios, las líneas de producción están “desnudas”; es decir, tienen que reaccionar de inmediato cada vez que los modelos de partes o los volúmenes de producción se hacen variar, cosa frecuente en las fábricas JIT japoneas. Los consumidores son veleidosos y cambian sus patrones de compra, lo cual hace variar las demandas que se imponen a las líneas de montaje final. Cuando no existen inventarios de protección, rápidamente las demoras originadas por causas físicas o humanas se reflejan en cualquier etapa de producción, lo que sucede en las líneas de producción que hacen submontajes o fabrican

partes. La estrategia japonesa consiste en dar a sus líneas flexibilidad suficiente para que puedan absorber esas irregularidades, tanto externas como internas.

Como la tendencia occidental es permitir los inventarios de protección, la flexibilidad de las líneas no es importante. Por lo tanto, la estrategia occidental de equilibrio de la línea busca la estabilidad: Diseñar y equilibrar la línea pensando en largas corridas de producción, de manera que la necesidad de reequilibrar no se presente con frecuencia.

Para O'Grady (1992), el *stock* de seguridad es caro, ocupa espacio y puede volverse obsoleto. Además hay costes asociados con la devolución de artículos (si la calidad es mala) o reclamar el pedido (si no se entrega a tiempo). Un suministro frecuente y más fiable puede reducir los *stocks* de seguridad y también los costos.

#### **2.1.4 Eliminación del inventario.**

De acuerdo a Shingo (1990), en la producción sin *stocks* el inventario se considera como un mal absoluto. Todas las razones para considerar el inventario como algo beneficioso son rechazadas y se hacen mejoras más fundamentales. Los defectos de los productos y los fallos del equipo se citan tradicionalmente como razones para mantener *stocks*. Sin embargo, los defectos de los productos y los fallos del equipo pueden reducirse a cero utilizando la inspección en la fuente para evitar errores y problemas y el *poka-yoke*, consiguiendo baratas y eficientes inspecciones al 100 por ciento, implementando siempre acciones correctivas de forma inmediata. Los defectos del producto y los fallos del equipo no podrán en adelante justificar el mantener *stocks*.

#### **2.1.5 Planificación de materiales.**

De acuerdo a Robinson (2007), el propósito del plan de requerimientos de materiales, es sincronizar el aprovisionamiento de componentes o materiales necesarios para cumplir con el programa maestro de producción. Si los procesos para el plan de ventas, operaciones y el plan maestro funcionan adecuadamente, siempre seremos capaces de cumplir con el plan maestro de producción. Si en cualquier momento, no se cumple cualquier parte del

programa, el plan de materiales ajustará todos los flujos de materiales de manera que los materiales solamente se entreguen cuando planificamos que son necesarios y en las cantidades necesarias.

No aporta valor que entreguemos un material si no se puede disponer de todos los materiales para cumplimentar una operación o proceso. Por lo tanto, es absolutamente esencial que los datos que guían el plan de requerimientos de materiales (MRP) sean exactos, de lo contrario se comprarán materiales que se transformarán demasiado pronto o demasiado tarde.

## **2.2 Identificar la causa raíz y desarrollo de contramedidas.**

A continuación se muestran las herramientas que se utilizarán para la detección de problemática en el proyecto desarrollado, estas metodologías son utilizadas en las organizaciones para determinar si existe un problema, encontrar su causa raíz, y decidir la estrategia a seguir para encontrar una posible solución.

De acuerdo a Liker (2004), a diferencia de la mayoría de las compañías, el sistema Toyota no adopta programas del mes, ni se enfoca a programas que pueden entregar resultados a corto plazo. Toyota es un proceso orientado concientemente y deliberadamente invierte en sistemas de gente a largo plazo, tecnología y procesos que trabajan juntos para alcanzar un alto valor para el cliente.

Los sistemas no son sistemas de información, son procesos de trabajo y procedimientos apropiados para completar una tarea con la mínima cantidad de tiempo y esfuerzo. La filosofía de Toyota y su experiencia soportan la creencia que si se enfoca en el proceso mismo y en la mejora continua, se logrará los resultados financieros que se desean.

El proceso correcto producirá el resultado correcto, la mejora continua (*kaizen*) puede ocurrir solo después de un proceso que es estable y estandarizado. Cuando se realicen procesos estables y se tenga un proceso que realice gasto e ineficiencias públicamente visibles, se tiene una oportunidad de aprender continuamente de las mejoras. Para ser una organización de aprendizaje, es necesaria la estabilidad del personal, promociones lentas y ser muy

cuidadosos en los sistemas de sucesión para proteger la base de conocimiento de la organización. Aprender significa tener la capacidad de construir del pasado y moverse hacia adelante mejorándolo, en lugar de comenzar de nuevo y reinventar la rueda con nuevo personal con cada proyecto.

Por último, el corazón de Kaizen y aprendizaje es una actitud y una manera de pensamiento aplicado por todos los líderes y asociados con una actitud de reflexión y crítica interna, así como un amplio deseo de mejorar. En occidente, se ve a la crítica y admisión de un error como algo negativo y una señal de debilidad. En Toyota es exactamente lo opuesto. La más grande señal de poder es cuando un individuo puede abiertamente señalar situaciones que no están correctas, tomar la responsabilidad y proponer contramedidas que prevengan que esas situaciones sucedan de nuevo. En Toyota, se utiliza un proceso de siete pasos que le llaman “solución a problemas prácticos”, los cuales se describen a continuación.

**1. Percepción del problema real.** Esto comienza con una mente abierta y comparando la situación actual con la estándar. Haciendo a un lado herramientas, técnicas y medibles, el más grande énfasis de Toyota, es el observar a través de los problemas y soluciones. En Toyota, se dice que la resolución del problema es 20% herramientas y 80% en razonamiento. Antes de comenzar un análisis de los cinco ¿Por qué? Para comenzar a resolver problemas prácticos, se requiere que se clarifique el problema. O en terminología de Toyota “entender la situación”. Los entrenadores que enseñan esta metodología dentro de Toyota encontraron que la parte más difícil es aprender a entender la situación antes de proceder con el análisis de los cinco ¿Por qué?.

**2. Clarificar el problema.** Para clarificar el problema, se debe de comenzar en dirección hacia donde está el problema. Esto puede incluir priorizar un número de diferentes problemas con un análisis de Pareto. Esta es probablemente la herramienta de análisis estadístico dentro de Toyota (simple, pero poderosa).

**3. Localizar el área o punto de causa.** A este punto, también se desea establecer objetivos para la mejora. Entonces, se realiza el primer intento de identificar el punto de causa (*point of cause* o POC). ¿Dónde se observa el problema?, ¿Cuál es la causa probable? Esto llevará a la detección de la causa raíz, la cual se puede descubrir a través de un análisis de los cinco ¿Por qué?.

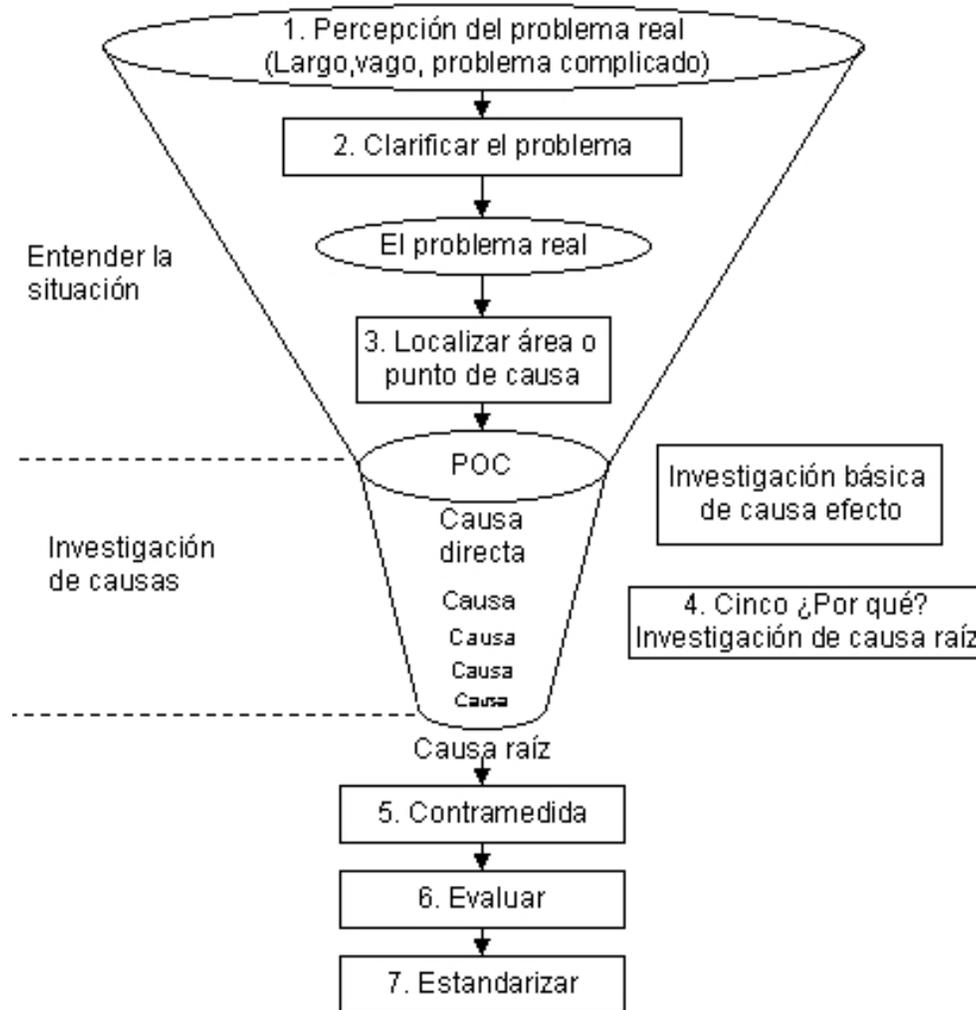
**4. Cinco ¿Por qué?** Una parte integral de *Kaizen* es el famoso análisis de Toyota de los cinco ¿Por qué?. No existen herramientas complejas y técnicas para explicar el éxito de Toyota en el desarrollo del producto. Toyota no tiene un programa de seis sigma, el cual consiste en herramientas de análisis estadísticas muy complejas. La mayoría de los problemas no utilizan análisis estadísticos complicados, en cambio se requiere realizar un detallado a fondo para lograr la resolución de un problema. Este análisis que se encuentra ausente de la mayoría de las compañías en las actividades del día a día. Es una cuestión de disciplina, actitud y cultura.

La verdadera resolución de un problema requiere de la identificación de su causa raíz en lugar que cualquier otro origen. La causa raíz se encuentra escondida más allá de la fuente. La respuesta se encuentra en escarbar profundamente porque el problema ha ocurrido, preguntando ¿Por qué? cinco veces requiere tomar la respuesta del primer ¿Por qué? y después preguntar ¿Por qué? esta ocurrió.

**5. Contramedida.** El siguiente propósito del ejercicio es generar una contramedida a la problemática detectada.

**6. Evaluar.** El último propósito del ejercicio es implementar una contramedida y evaluar los resultados. Solamente hasta este punto, si la contramedida es efectiva, se convierte en parte de un nuevo estándar aprobado.

**7. Estandarizar.** El séptimo paso es la estandarización del nuevo proceso, lo cual es un aprendizaje que se lleva de mano en mano y son el básico de la mejora continua. Si no se estandariza el proceso mejorado, el aprendizaje hacia ese punto caerá en un hoyo negro, perdido, olvidado y no disponible para futuras mejoras. Los siete pasos necesarios se muestran gráficamente en la figura cuatro.



**Figura 4.** Método para la resolución de problemas del sistema Toyota. (Liker, 2004)

### 2.2.1 Diagrama de relaciones.

El diagrama de relaciones es una técnica que permite entender la reciprocidad causa-efecto existente entre los diferentes factores causales de un problema, es conocido también como diagrama de interrelaciones o diagrama de causa efecto multidireccional.

Cuando un equipo de trabajo se encuentra ante un problema complejo, en los que no es fácil contar con datos cuantitativos y se requiere probar el grado de contribución de las causas a un problema, es necesario emplear esta técnica, ya que permite observar las relaciones entre causas en un mapa completo. Este tipo de diagramas permite adquirir un conocimiento profundo de las diferentes variables que intervienen en el problema y la forma como se

relacionan entre ellas. Esta técnica se puede aplicar cuando un problema es complejo y existe dependencia entre las diferentes causas. Además, se ha percibido que el tema de estudio no es una causa sino un síntoma. También, cuando se cree que existe una causa raíz que no ha sido identificada y cuando existen numerosas opiniones verbales sobre el tema y es necesario priorizar estos aportes. La construcción del diagrama de relaciones debe de incluir los siguientes pasos:

1. Construcción del diagrama de afinidad.
2. Preparación del diagrama de afinidad.
3. Ya que se han seleccionado y distribuido las tarjetas se inicia la comparación entre títulos. Las preguntas que se pueden realizar para saber si existe realmente una relación entre ellas son: ¿Existe relación causa efecto entre los dos títulos?, ¿Si es así, cuál es la causa y cuál el efecto?.

Estas preguntas se repiten durante la comparación de todas las tarjetas entre sí, pero siempre deben de ser parejas. Si existe una relación causa efecto entre una pareja de tarjetas, se trazará una flecha que sale de la tarjeta considerada como causa y llegará a la tarjeta efecto.

4. Interpretación: Hay que identificar las tarjetas con mayor número de flechas de llegada y estas tarjetas se llamarán efectos principales. También hay que indicar la tarjeta con mayor número de flechas que salen y estas se llamarán causa central o clave.

Otra forma de presentar esta información es en una tabla que resuma las relaciones existentes entre las diferentes tarjetas. Además a partir de esta matriz se puede reorganizar el diagrama de relaciones para elaborar una presentación final para la dirección. Finalmente se suman las flechas que salen de cada título (horizontal) y las que llegan (verticales). (PPB consultores, 2009)

De acuerdo a Pande y Neuman (2004), para determinar la causa raíz del problema a abordar es necesario la aplicación de un diagrama de relaciones, el que tiene como objetivo, ayudar al equipo a identificar las palancas (causa raíz) de un problema complejo. Entre sus aplicaciones se encuentran: Comprender las relaciones complejas que no pueden ser

analizadas utilizando herramientas de pensamiento lineal (como los diagramas causa efecto). Así como alcanzar el consenso en el equipo sobre las causas o palancas principales que se deben investigar más con detenimiento. Es necesario seguir las siguientes instrucciones para su correcta aplicación:

1. Realizar una tormenta de ideas para identificar todos los aspectos que puedan estar contribuyendo al problema. Escribirlos en una pizarra o en una serie de notas adhesivas de suficiente tamaño.
2. Ordenar y priorizar la lista para identificar las causas que, en opinión de los miembros del equipo son las que más contribuyen al problema.
3. Escribirlas en notas adhesivas y pegarlas formando un círculo en un papel ó pizarra.
4. Seleccionar dos factores cualesquiera.
5. Tomar una nota y compararla con la que se tiene a un lado. Debatir con equipo que relación existe entre los aspectos escritos en cada una de ellas.
  - Si se decide que el aspecto reflejado en la primera nota contribuye o causa el de la segunda, dibujar una flecha desde la primera nota hasta la segunda.
  - Si se decide que el aspecto reflejado en la primera nota es afectado por el de la segunda, dibujar una flecha desde la segunda a la primera.
  - Si los dos aspectos no están relacionados, no dibujar ninguna flecha.
6. Repetir el proceso con la siguiente nota. Continuar de la misma forma hasta completar las relaciones entre las notas.
7. Tabular los resultados contando el número de flechas que entran y salen de cada nota. El aspecto con más flechas de salida es una palanca importante y posiblemente una causa clave de los demás. Debe investigarse más en profundidad, así como sus efectos y su impacto.

### **2.2.2 Diagrama de Pareto.**

El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las "pocas vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "muchos triviales" (los elementos poco importantes en

ella). A continuación se comentan una serie de características fundamentales de las tablas y los diagramas de Pareto:

**Priorización:** Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.

**Unificación de criterios:** Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.

**Carácter objetivo:** Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

Las tablas y diagramas de Pareto son herramientas de representación utilizadas para visualizar el análisis de Pareto. El diagrama de Pareto es la representación gráfica de la tabla de Pareto correspondiente. ([www.fundibeq.org](http://www.fundibeq.org)).

Para Pande y Neuman (2004), el diagrama de Pareto tiene como objetivo el comparar la frecuencia y / o el impacto de los diferentes tipos de problemas o de sus causas. Permite la selección de las prioridades de mejora. Por lo tanto la utilización de esta técnica permite determinar el mayor grado de incidencia de paro de línea. Sus aplicaciones se muestran a continuación:

1. Establecer prioridades.
2. Definir los problemas / oportunidades.
3. Determinar las causas raíz.

Un gráfico de Pareto necesita de una hoja de comprobación o una hoja de datos para recoger información en bruto y utiliza datos discretos (o atributos) o datos continuos divididos en categorías. Las instrucciones para su aplicación son las siguientes:

1. Identificar el proceso y los tipos de problemas o causas que se van a medir: (utilizar tormenta de ideas, entrevistas con los clientes y otras formas de recoger datos, según sus necesidades).
2. Determinar la frecuencia necesaria y el método de recopilación de datos apropiado.

3. Recoger datos y agruparlos. La interpretación del gráfico de Pareto será mas fiable si se recoge al menos, 50 puntos de datos en total (entre todas las categorías).
4. Calcular el total para cada categoría en el período de tiempo analizado.
5. Calcular los porcentajes (opcional). Primeramente, sumar los elementos de todas la categorías (suman el 100 por 100), el porcentaje de la contribución de cada elemento se calcula:  $\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$ . El porcentaje acumulado para cada elemento de la lista ordenada se calcula: Por suma de contribuciones de cada uno de los elementos anteriores en la tabla, más el elemento en cuestión como magnitud de la contribución, y aplicando la fórmula anterior. Por último, dividir el número de categorías entre el total para determinar su porcentaje. (www.fundibeq.org).
6. Dibujar los ejes del gráfico. Primeramente se dibuja un eje vertical (Y) y se divide en los intervalos adecuados, este eje debe ser, al menos tan alto como el total de impactos obtenidos en todas la categorías. Por último, dibujar el eje horizontal (X).

### 2.2.3 Análisis *muda*.

Una vez que se tiene localizado el problema a atacar, es necesario clasificar el tipo de desperdicio o *muda*. A través de eliminar el *muda* las organizaciones pueden simultáneamente reducir costos, hacer mejor uso de recursos y entregar por supuesto, un mejor valor añadido a sus clientes. De acuerdo a Womack (2000) existen tres tipos de actividades en la cadena de valor, una que añade valor y otras dos que son “*muda*” (desperdicio):

- **Valor agregado**: Son actividades que crean valor en el producto.
- **Muda tipo uno**: Actividades que no crean valor pero parecen no ser evitables mediante las tecnologías actuales o requerimientos de producción especiales.
- **Muda tipo dos**: Actividades que no crean pero son evitables inmediatamente.

Por otra parte, según el grupo de asistencia técnica a proveedores de Ford (2004), un desperdicio se define como las actividades que consumen tiempo, recursos y / o espacio, pero no contribuye a satisfacer las necesidades del cliente. En contraparte, valor se define

como una actividad que transforma materia prima o información para cumplir con las necesidades del cliente.

La eliminación del desperdicio es la llave para la mejora de la calidad, costo y tiempo de entrega. El desperdicio se encuentra en todas partes, producción, soporte, indirectos, etc. Existen ocho tipos de desperdicios, los cuales se definen a continuación:

**Sobreproducción.** El desperdicio de sobreproducción es definido como el peor tipo de desperdicio, significa producir por encima de los requerimientos del cliente, produciendo materiales y productos innecesarios. Por ejemplo, producir partes en Lunes que no son embarcados al cliente hasta el Viernes, producción de partes que no son requeridas, solo porque las máquinas y la gente se encuentra disponible.

**Desperdicio de inventario.** Se refiere a mantener o comprar materia prima innecesaria, material en proceso (*Work in process*) y producto terminado. Por ejemplo, mantener 10 días de inventario de materia prima. Una caja conteniendo 1000 partes esperando a ser ensambladas después de ser maquinadas. Los costos verdaderos del exceso de inventario se definen a continuación:

1. Costo extra de soportar material.
2. Extra almacenaje.
3. Necesidad de contenedores extra.
4. Manejo extra.
5. Tiempo extra.
6. Daños extra.
7. Problema de inventarios escondidos.
8. No mejora continua.

**Desperdicio de transportación.** Los generados por manejos múltiples, retraso en material por manejo, y manejo innecesario. Ejemplos: Mover una parte desde el área de almacenamiento, transportar partes desde el área de maquinado al área de ensamble final.

**Desperdicio de espera.** Son los que se presentan por el tiempo de espera y tiempo ocioso (tiempo que no agrega valor). Por ejemplo: Espera por materia prima por ser entregada y espera para que una máquina complete su ciclo.

**Desperdicio de movimiento.** Son las acciones que las personas o equipos que no agregan valor al producto. Ejemplos de los mismos son: Dar vuelta para recoger una parte, tener que escoger una pieza de otras para encontrar la correcta.

**Desperdicio de sobre procesamiento.** Es el generado por procesos o elementos y procedimientos innecesarios en la fabricación del producto. Como ejemplo se puede mencionar el pintar una parte del automóvil que es cubierta por tela que el cliente nunca ve. Así como, inspecciones, detallados innecesarios, lavados etc.

**Desperdicio de corrección.** Producir un parte que es desechada o requiere reparación, por ejemplo, desechar piezas que fallaron la inspección final, reparar una superficie que fue rayada durante el ensamble.

**Desperdicio de no utilizar el talento y conocimiento de los recursos humanos.** Comprar un nuevo equipo o implementar un nuevo sistema en el área de producción, sin haber realizado entrenamiento previo a los operadores.

#### **2.2.4 Análisis de procesos.**

Las herramientas que se utilizan para analizar procesos son básicamente, variaciones sobre distintos tipos de diagramas de flujo. Algunas veces, estos diagramas funcionarán como herramientas de discusión ayudando al equipo a descubrir diferencias en la forma en que las personas que participan en los procesos realizan cada una de las etapas. (Pande y Neuman 2004).

Según Niebel y Freivalds (2004), el diagrama de flujo del proceso es valioso en especial para registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez detectados estos periodos no productivos los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, sus costos.

Los diagramas de flujo del proceso de uso común son de dos tipos: de producto o material, y operativos o de persona. Este diagrama se identifica con un título, “diagrama de flujo del proceso”, y se acompaña de información que incluye número de parte, su dibujo, descripción

del proceso, método actual y propuesto, y el nombre de la persona que lo realiza. Para cada evento del proceso, el analista asienta su descripción, marca el símbolo adecuado e indica los tiempos de proceso o demora y las distancias de los transportes. Después conecta los símbolos de los eventos sucesivos con líneas. La columna de la derecha proporciona espacio para que se escriban comentarios o recomendaciones de cambios potenciales.

Para Pande y Neuman (2004), el objetivo de este análisis es el de documentar y representar gráficamente las etapas / tareas, la secuencia y las relaciones existentes en un proceso o sistema. Las aplicaciones de este procedimiento se enumeran a continuación:

1. Identificar problemas / oportunidades
2. Definir el alcance del proceso
3. Definir y documentar el proceso
4. Analizar los procesos para su mejora y simplificación

## **2.3 Sistemas de manufactura esbelta.**

Una vez que se han detectado los problemas en la empresa es necesario la aplicación de contramedidas, por lo tanto a continuación se describen las metodologías de mejora aplicadas en el presente trabajo.

### **2.3.1 Definición de manufactura esbelta.**

De acuerdo a González-Aréchiga (2009), manufactura esbelta, junto con calidad total, es una de las dos principales tendencias en la manufactura actual, soportada principalmente por el éxito obtenido en todo tipo de industria y sus conceptos, incluso son aplicables en otros sectores, como a los servicios. Tiene sus inicios hace 20 años y se basa en importantes conceptos como el sistema de producción de Toyota, *Just in Time (pull)*, *kanban*, cambio rápido (SMED), calidad, seguridad, flexibilidad y la reducción de costos.

Manufactura esbelta, para crear valor, se enfoca principalmente en la identificación y eliminación de desperdicios, los cuales son identificados como:

1. Tiempo de espera.
2. Inventarios.
3. Transporte.
4. Reproceso.
5. Sobre-producción.
6. Movimiento de materiales.

Para obtener mejoras dramáticas en las variables que miden el desempeño se requiere de un rediseño profundo de los procesos en la cadena de valor del negocio, éstas son percibidas en indicadores relevantes como:

1. Reducción drástica de inventarios.
2. Reducción de costos.
3. Incremento en la flexibilidad.
4. Corta significativamente los tiempos de ciclo.
5. Aumenta la confiabilidad en entregas.
6. Refuerza los esfuerzos de calidad
7. Reduce significativamente quejas del cliente.
8. Aumenta el volumen de ventas.

Para implantar con éxito y lograr estos beneficios, se han desarrollado herramientas y metodologías concretas que facilitan el camino. Herramientas como: *Kaisen* (mejora continua), cinco “eses”, uso de los mapas de valor, justo a tiempo y el uso de los *kanbans*; que, apoyadas con la técnica indicada eliminan los riesgos de fallas y aceleran el proceso de implantación.

La manufactura esbelta ofrece a los negocios de manufactura la alternativa para competir exitosamente, alcanzar las metas de crecimiento, la creación de ventajas competitivas para sobrevivir y crecer en este mundo global satisfaciendo las necesidades del cliente, dando seguridad a los empleados y un retorno sobre inversión atractivo a los inversionistas.

### 2.3.2 Sistema *kanban*.

Para Liker (2004), control visual es cualquier dispositivo de comunicación utilizado en el ambiente de trabajo que indique como debería estar terminado un trabajo y cuando se esta desviando del estándar. Este podría mostrar a donde pertenece un artículo, cuantos artículos deben existir, cual es el procedimiento estándar para realizar algo, el estatus del material en proceso y muchos otros tipos de información que aseguren un rápida y adecuada ejecución de operaciones y procesos.

Según Schonberger (1990), *kanban*, traducido literalmente, significa “registro visible” o “placa visible”. De modo más general, se le da el significado de “tarjeta”. El sistema *kanban* de Toyota emplea una tarjeta para indicar la necesidad de entregar más partes y una tarjeta idéntica o similar para indicar la necesidad de producir más partes.

Si en forma imprecisa, se deduce que el sistema *kanban* es como cualquier sistema que emplea una tarjeta de pedido o de entrega, la mayoría de las compañías del mundo podrán decir que lo tienen. Por ejemplo, durante mucho tiempo se ha acostumbrado en la industria que una tarjeta de alguna clase acompañe a los productos en proceso. A esa tarjeta a menudo se le llama “viajera”. Comúnmente se usa una variedad de tarjetas o formas (ordenes de trabajo, itinerarios, fichas, etc.) para ordenar más partes. Esas tarjetas y registros visibles tradicionales no constituyen un sistema *kanban*, porque se les emplea en lo que se conoce como un sistema de empuje de la solicitud y control de partes. Una característica particular del sistema *kanban* de Toyota es que es un sistema de extracción.

En cambio, un sistema de empuje no es más que un sistema basado en un programa. Es decir, se elabora un programa para períodos múltiples de las demandas futuras de los productos de la compañía (llamado programa maestro de producción) y la computadora divide ese programa en otros programas detallados para fabricar o comprar las partes componentes. Es un sistema de empuje porque el programa empuja al personal de producción para que haga las partes requeridas. Y luego el empuje de esas partes hacia fuera y adelante. El nombre que se le da a este sistema es el de planeación de materiales necesarios (PMN).

Un programa de empuje, o sistema PMN, parece ser un buen procedimiento administrativo si se le compara con el de extraer y acelerar; pero el punto débil del PMN es que hay algo de conjetura. Habrá que suponer cuál será la demanda del cliente a fin de elaborar el programa y habrá que suponer qué tanto tardará el departamento de producción para hacer las partes que se necesitan. El sistema permite hacer correcciones diariamente. Sin embargo, las suposiciones equivocadas dan lugar al exceso de inventario de algunas partes. En cambio *kanban* proporciona partes cuando se les necesita, solo que sin conjeturas y por lo tanto sin el exceso de inventario que resulta de las suposiciones erróneas. Pero el *kanban* tiene una limitación importante, sólo funcionará bien en el contexto de un sistema justo a tiempo, en general y del tamaño del lote, en particular. Un programa JIT puede tener éxito sin un subsistema *kanban*, pero el *kanban* no tiene sentido independientemente del JIT.

De acuerdo a Robinson (2007), el problema central de la fabricación es saber exactamente lo que hay que hacer y cuando se tiene que hacer. El entorno tradicional que ya ha sido descrito utiliza una combinación de pedidos de clientes y previsión de ventas para planificar los recursos materiales y de capacidad, generando posteriormente las instrucciones de ejecución del plan. El programa de fabricación, por lo tanto está guiado por una pieza de información que se denomina previsión de ventas que quizás es la pieza de información menos precisa del proceso de planificación.

El resultado de fabricar con una previsión de ventas es que frecuentemente el plan de requerimientos de materiales indica que hemos hecho demasiado o demasiado poco después de hacer las cosas o cuando ya tenemos problemas, es decir, con retraso. Se ha de planificar con la información que se tiene y después resolver los problemas. El resultado, cuando la demanda se reduce un poco, serán elevados niveles de trabajos en curso (WIP) e inventarios que se acumulan rápidamente. Los trabajos en curso, sin embargo desaparecen rápidamente si la demanda crece un poco. Para proteger de estos problemas, se construyen murallas de inventario que son costosas y que suelen terminar causando más problemas de los que resuelven. Fabricar de acuerdo con una lista de trabajo (*work to list*) generada por una combinación de pedidos y previsiones se conoce como programación tipo empuje (*push*).

El entorno de fabricación "alternativo" hace distinción clara entre el proceso de planificación y el proceso de ejecución. Se ha de planificar empleando la previsión ya se necesita tomar

decisiones sobre capacidades de fabricación para horizontes de meses a años y las previsiones son la única información que se tienen con esta visibilidad.

Por lo tanto, sea como sea la ejecución del plan, se necesita tener el proceso de planificación de ventas y operaciones, con sus enlaces en el presupuesto y los planes estratégicos de negocio a largo plazo. También se necesita visibilidad del futuro por lo que refiere a necesidades de materiales para que los proveedores de estos puedan planificar sus recursos. Por lo tanto el plan de ventas y operaciones enlazado con el programa maestro de producción (basado en previsiones), han de ser operativos para guiar el plan de requerimientos de materiales que proporcionará la visibilidad futura que necesitan los proveedores. Para la ejecución real, sin embargo, hay una alternativa fundamentada en la traducción de los pedidos reales y la previsión de ventas en una lista de trabajo empleando la lógica del MRP que denominamos *kanban*.

Para Shingo (1990), *kanban* significa tarjeta o *ticket*. El sistema *kanban* se emplea como medio de control o coordinación para cumplir con las siguientes funciones:

1. *Kanban* indicador de las órdenes de producción:

- Lo que hay que producir.
- Cuanto hay que producir.
- Donde retirar las piezas.
- Cuando hay que producir.

2. La cantidad de materiales que fluyen a través del sistema de producción esta controlada por el número de *kanbanes*.

3. Simplificando el modelo de distribución de órdenes de producción, el *kanban* hace posible una respuesta más flexible a los cambios de demanda.

El *kanban* es simplemente un medio de control y coordinación. El sistema de producción de Toyota realiza una operación con flujo pieza a pieza como lo hace Ford. La forja, el mecanizado y otras operaciones que alimentan el montaje de piezas, también se organizan en flujo de pieza a pieza conectadas con la línea de montaje final. Como las líneas no están conectadas realmente en un sentido especial, el *kanban* sirve como un medio para comunicar información.

El mayor problema con el sistema *kanban* es la posibilidad de que se pierda una tarjeta particular y sea difícil de encontrarla. Es necesario un método de control que exija a los departamentos fuente (aprovisionadores con respecto al siguiente) produzcan en plazos de ejecución cortos, con cortos tiempos de cambio útiles y en pequeños lotes. El *kanban* actúa como un sistema nervioso autónomo de control de producción basado en inventario mínimo. La función de este sistema es la de ser un medio de control, no es la esencia del sistema de producción de Toyota.

Muchas de las ventajas del *kanban* aumentan cuando la cantidad de producto en el bucle se reduce. Esto es debido a que cuando la cantidad en el *kanban* se reduce también lo hace el material en curso y por lo tanto el tiempo necesario para procesar una pieza, es decir, el plazo de entrega se reduce. La reducción en el plazo de entrega aumenta la habilidad de la empresa para responder a las peticiones de sus clientes y por lo tanto su competitividad a la vez que ahorra espacios y capital.

Reducir los plazos de entrega nos lleva a otro beneficio considerable consistente en una menor dependencia de las previsiones de ventas. Si el plazo de entrega acumulado de fabricación es menor que el plazo de entrega solicitado o prometido a los clientes, la previsión solo se necesita para la planificación de recursos de capacidad y recursos.

La reducción de plazos de entrega suele significar que se reduce la necesidad de mantener inventarios a todos los niveles, o al menos, los inventarios quedan en forma de elementos más baratos y flexibles de fabricación (idealmente materias primas). Con menos inventarios es posible mantener inventarios en el "punto de uso" en lugar de una zona separada de almacén, y con ello más ahorros.

Hay implicaciones significativas de costos en la reducción de inventario y trabajo en curso. La cantidad de tiempo despilfarrado en almacenamiento, control y conteo se reduce fuertemente y se puede liberar el capital que está ligado al inventario.

Siempre que se cambia una pieza, sea cual sea la razón del cambio, hay que tomar una decisión acerca del destino de las piezas sustituidas, se tiran o se consumen. Si se reduce la cantidad de inventario este problema se diluye. Las empresas que cambian de "push" a "pull" notan invariablemente que los obsoletos por razones de oportunidad tecnológica o

problemas de calidad se reducen si no se eliminan completamente. Lo mismo es de aplicación para el retrabajo en piezas que se han encontrado defectuosas. La reducción del trabajo en curso permite agrupar con más proximidad las operaciones y esto permite mejorar la comunicación. Una línea directa de comunicación visual entre fabricante y consumidor proporciona beneficios que se han de tener en cuenta.

El sistema MRP tiene la característica de que si el plazo de entrega aumenta, afectará el cálculo de la planificación de necesidades de materiales haciendo aumentar la cantidad de trabajo que se solicita para hacer (compensación). En muchos casos el aumento de trabajo lanzado aumenta las colas o los atrasos lo que conduce a mayores aumentos del plazo de entrega y así sucesivamente. Esto se conoce como “síndrome del plazo de entrega”. En las operaciones con *kanban*, este efecto queda eliminado ya que el tamaño de cola es igual a la cola del *kanban*, la cual es fija (controlada). Cualquier aumento de consumo producirá un aumento en el número de señales que pondrán de manifiesto el problema en etapas muy tempranas del proceso. (Robinson, 2007)

### **2.3.3 Poka Yoke o “a prueba de error”.**

*Poka Yoke* fue acuñado en Japón durante los sesentas por Shigeo Shingo, el cual fue uno de los ingenieros industriales de Toyota. Shigeo Shingo es también acreditado por la creación y formalización de control de calidad cero defectos (Técnicas *Poka Yoke* para corregir posibles defectos + inspección de fuente para prevenir defectos es igual a control de calidad cero defectos)

El término inicial fue el de *baka Yoke*, que significa a “prueba de tontos”. En 1963, una trabajadora en la compañía *Arakawa Body*, se negó a usar mecanismos *baka-yoke* en su área de trabajo, porque el término era una connotación deshonorable y ofensiva. Desde entonces, el término fue cambiado a *poka-yoke*, que significa a “prueba de error”. Idealmente los *poka-yokes* aseguran que las condiciones apropiadas existan antes de ejecutar un paso de proceso, previniendo defectos desde donde ocurrieron en primera instancia. Donde esto no es posible, los *poka-yokes* presentan una función de detección, eliminando defectos en el proceso tan tempranamente como sea posible.

El *poka yoke* ayuda a las personas y procesos a trabajar correctamente desde la primera vez. Este método se refiere a técnicas que hacen imposible realizar errores. Estas técnicas pueden manejar defectos fuera de productos y procesos y substancialmente, mejorar la calidad y el desempeño. Podría pensarse como una extensión del análisis error de modo de falla (*Failure Mode Error Análisis*). Su utilización puede eliminar al mismo tiempo errores humanos y mecánicos. A continuación se muestra paso a paso el proceso de su aplicación:

1. Identifica la operación o proceso, basado en Pareto.
2. Analizar los 5 por qué y entender las maneras en que un proceso puede fallar.
3. Decidir el tipo de poka yoke a utilizar, tal sea uno que prevenga el error o que indique que un error ha ocurrido. Su aplicación puede ser eléctrica, mecánica, de proceso visual, humana o cualquier otra forma que prevenga la ejecución incorrecta de un paso del proceso.
4. Determinar cuando utilizar un contacto, el uso de la forma u otro atributo físico para detección.
5. Probar el método y verificar su funcionamiento.
6. Entrenar al operador, revisar desempeño y medir el éxito del mismo (*the quality portal*, 2009).

Según Hirano (1989), un defecto existe en uno o dos estados, esta a punto de ocurrir o ya ocurrió. Poka yoke tiene tres básicas funciones para utilizarse en contra de los defectos: Eliminarlos, controlarlos o avisar de ellos. Reconocer que un defecto va a ocurrir se le llama predicción y reconocer que un defecto ya ocurrió se le llama detección.

### **2.3.4 Justo a tiempo (JIT).**

De acuerdo a O'Grady (1992), JIT es una filosofía que define la forma en que debería de gestionarse el sistema de producción. Esto significa que el JIT es un sistema más nebuloso pero de mucho mayor alcance que otros sistemas como la planificación de necesidades de materiales, y por lo tanto es muy probable que la puesta en práctica del JIT comparta dificultades correspondientemente mayores. JIT ofrece a la dirección de producción la oportunidad de tomar un rumbo completamente nuevo. No se trata simplemente de una metodología ni un elemento de software. El JIT tiene 4 objetivos fundamentales:

1. Atacar los problemas fundamentales.
2. Eliminar despilfarros.
3. Buscar la simplicidad.
4. Diseñar sistemas para identificar problemas.

El primer objetivo se puede describir como un fundamento de la buena gestión ya que, en vez de enmascarar los problemas, el JIT ataca sus causas fundamentales.

El segundo objetivo, la eliminación de la actividad ineficiente, no requiere nada más que la aplicación del sentido común. El almacenamiento de las existencias es un ejemplo de una actividad ineficiente. El coste real tiene dos vertientes. El primer coste es, naturalmente, el coste directo en términos de capital y gastos de almacén y el riesgo de que las existencias se vuelvan obsoletas. El segundo coste, que las empresas tradicionales occidentales han pasado por alto, es el de que las existencias ocultan los problemas. Eliminar todas las actividades que no añadan valor al producto reduce costos, mejora la calidad, reduce los plazos de fabricación y aumenta el nivel de servicio de los clientes.

El tercer tema de principal del JIT, la búsqueda de la simplicidad, pone énfasis en la necesidad de simplificar el funcionamiento del sistema de producción. Por otra parte, antes de poder resolver los problemas fundamentales, hay que poder identificarlos y este es el objetivo fundamental del JIT: diseñar sistemas para identificar problemas.

Estos cuatro objetivos principales se pueden alcanzar sin incurrir en grandes costes. Dado que JIT subraya la simplicidad, normalmente se requiere una inversión pequeña de capital. Sin embargo, conseguir una buena tasa de rentabilidad depende de una buena implantación. Se describen cinco fases:

1. Primera fase: Poner el sistema en marcha
2. Segunda fase: Educación
3. Tercera fase: Conseguir mejoras el proceso
4. Cuarta fase: Conseguir mejoras de control
5. Quinta fase: Ampliar la relación proveedor / cliente

### **2.3.5 Producción justo a tiempo y producción esbelta.**

De acuerdo a Render (2004), justo a tiempo es una filosofía de solución continua y forzada de problemas para apoyar la producción esbelta. La producción esbelta, proporciona al cliente justo lo que quiere, cuando lo quiere y sin desperdicio, mediante la mejora continua. La producción esbelta parte de la orden del cliente que “jala” todo. La entrega justo a tiempo es un ingrediente básico de la producción esbelta. Cuando JIT y producción esbelta se implantan como estrategia general de manufactura, ayudan a tener una ventaja competitiva y derivan en mayores utilidades globales.

Con las técnicas JIT, los suministros y los componentes se jalan por el sistema hasta que llegan al punto donde se necesitan, cuando es preciso. El hecho de que las unidades correctas no lleguen justo cuando se requieren pone en evidencia la presencia de un problema. Esta característica hace de JIT una magnífica herramienta para los administradores de operaciones que desean agregar valor porque les ayuda a eliminar el desperdicio y la variabilidad no deseada. Un JIT que evita los excesos de inventario y tiempo, permite eliminar los costos asociados con el inventario innecesario y mejorar el rendimiento. Por lo tanto, los beneficios de este sistema especialmente útiles como apoyo para estrategias de respuesta rápida y bajo costo.

**Reducción del desperdicio.** Cuando se habla de desperdicio en la producción de bienes o servicios, se hace referencia a cualquier cosa que no agrega valor. Los productos se almacenan inspeccionan o retrasan o no agregan valor son desperdicio 100%. Los sistemas JIT aceleran, la entrada-salida y, por lo tanto, los tiempo de entrega son más rápidos y la cantidad de trabajo en proceso disminuye. Reducir material en proceso libera activos en el inventario que pueden servir para fines más productivos.

**Reducción de la variabilidad.** Los administradores reducen la variabilidad ocasionada por factores internos y externos con el propósito de lograr que los materiales se muevan justo a tiempo. La variabilidad es toda desviación de un proceso óptimo que entrega puntualmente un producto perfecto, todas las veces. El inventario oculta la variabilidad y el termino variabilidad es un nombre elegante para llamar a los problemas. Cuanto menos variabilidad haya en un sistema, menor será el desperdicio. La mayor parte de la variabilidad se debe a la tolerancia del desperdicio o a la mala administración.

Muchas veces la variabilidad pasa inadvertida cuando existen inventarios. A esto se debe la efectividad del JIT. La filosofía de mejora continua del JIT permite eliminar la variabilidad para mover los materiales correctos justo a tiempo para su uso. La entrega de justo a tiempo disminuye la cantidad de material a lo largo de la cadena de suministro. Ayuda a que los administradores se concentren en agregar valor a cada etapa

**Jalar o empujar.** El concepto que sustenta el JIT es el sistema de jalar: Un sistema que jala una unidad al punto donde se necesita, justo cuando se requiere. El concepto jalar se aplica tanto al proceso como a los proveedores. Al jalar el material a lo largo del sistema en lotes muy pequeños, justo cuando se necesitan, se elimina el excedente del inventario que oculta los problemas, es decir, los problemas se hacen evidentes y se hace hincapié en la mejora continua. También el hecho de eliminar el colchón del inventario disminuye tanto la inversión en inventario como en el tiempo de ciclo de manufactura. Sin embargo, muchas empresas todavía “empujan” los materiales por sus instalaciones. En un sistema de empujar los pedidos se trasladan de una estación de trabajo a la siguiente, sin importar los tiempo o la disponibilidad de recursos. Los sistemas de empujar son la antítesis del sistema JIT.

Tanto JIT como la producción esbelta son filosofías de mejora continua. La producción esbelta empieza con un enfoque en los deseos del cliente, pero los dos conceptos se concentran en eliminar todo desperdicio del proceso de producción. Como todo aquello que no agrega valor es un desperdicio, las organizaciones JIT y esbeltas están agregando valor en forma más eficiente que otras empresas. El desperdicio se presenta cuando se producen defectos dentro del proceso de producción o por los proveedores externos. La producción JIT y esbelta combaten el desperdicio de espacio debido a una distribución que dista de ser óptima, luchan contra el tiempo perdido por una mala programación, atacan el desperdicio de un inventario inactivo y combaten el desperdicio del mal mantenimiento de máquinas y equipo. La expectativa es que los empleados comprometidos en quienes se ha delegado autoridad, trabajen con una administración y proveedores comprometidos para crear sistemas que respondan a los clientes con un costo cada vez más bajo y una calidad cada vez más alta.

### **III. MÉTODO Y MATERIALES**

En este capítulo se mostrará el método utilizado para la resolución de los problemas presentados. Como se mencionó en el capítulo uno, los dueños actuales de la empresa en estudio son de origen Japonés, por lo que las filosofías de trabajo en las que se basan las mejoras propuestas, son fundamentadas en manufactura esbelta, en particular en el sistema de producción Toyota.

#### **3.1 Objeto bajo estudio.**

El estudio se aplicará en una maquiladora fabricante de arneses eléctricos automotrices ubicada en Empalme, Sonora de nombre Sumitomo.

### 3.2 Materiales.

Los materiales que se utilizaron son computadora con los programas de hoja de cálculo de Microsoft Excel 2003 y Autocad 2006. Por otra parte se analizó a las pantallas de impresión de circuitos y de faltantes de material del sistema informático AIX de *Chahta Enterprise* y el sistema C&C de Sumitomo, además de cronómetro digital.

### 3.3 Procedimiento.

La metodología utilizada fue una adaptación del proceso para resolución de problemas del sistema de producción Toyota (*Toyota Production System* ó TPS), el cual según Liker (2004), es un proceso de siete pasos llamado “solución a problemas prácticos”. Este método utiliza herramientas basadas en la visualización de las actividades que no agregan valor y la eliminación de las mismas aplicando filosofías de pensamiento esbelto por lo que fue elegido para aplicarse a la problemática presentada ya que se adecua en mayor grado a los objetivos del estudio. Además, el método de TPS es una implementación del pensamiento esbelto o *Lean Thinking*, la cual es ideal para empresas maduras y de lento crecimiento como las de origen automotriz. ([www.bizmanuals.com](http://www.bizmanuals.com))

Es importante mencionar que otra herramienta evaluada inicialmente para resolver el problema fue el método de seis sigma, el cual también puede utilizarse para la eliminación del desperdicio, pero a diferencia del pensamiento esbelto, es una herramienta de análisis estadístico matemático utilizada preferentemente para la reducción o eliminación de defectos, además es necesario que sea soportado por un *black belt* o *green belt* siendo innecesaria debido a la naturaleza de la problemática a abordar. De hecho, *six sigma* es ideal para organizaciones científicas o basadas en números como lo son: manufactura de alta tecnología (semiconductores), negocios con altas transacciones (procesamiento postal), y de desarrollo (electrónica ó farmacéutica), o en ambientes donde los errores son extremadamente caros (operaciones quirúrgicas, exploración espacial, despegue y aterrizaje de aviones, etc). ([www.bizmanuals.com](http://www.bizmanuals.com))

Por otra parte, la empresa en estudio al ser de origen Japonés y ser uno de los principales proveedores de Toyota desde hace más de 50 años, tiene amplia experiencia en TPS y por

lo tanto cuenta con un programa y presupuesto autorizado para propuestas de mejora basados en filosofías de pensamiento esbelto y está estandarizado a nivel corporativo como una herramienta de mejora simple y de fácil aplicación. Cabe destacar que la empresa no cuenta con un programa de mejora basado en seis sigma, por lo que las propuestas basadas en herramientas de *lean thinking*, tienen una aceptación inmediata a nivel directivo y corporativo lo cual es de gran importancia para la asignación de recursos. La metodología aplicada para la resolución de problemas detectados se muestra a continuación en los siguientes puntos.

### **3.3.1 Percibir el problema utilizando la técnica de tormenta de ideas y diagrama relacional.**

En este paso se aplicó la técnica de tormenta de ideas y diagrama relacional para analizar la situación actual. El primer paso fue citar a representantes relacionados con la problemática de las distintas áreas involucradas, como son: materiales, producción, ingeniería, mantenimiento y calidad. Además los participantes seleccionados fueron previamente entrenados en técnicas de mejora basadas en manufactura esbelta. Se nombró un coordinador para la sesión. Se definió la situación a analizar: “Exceso de inventario de producto terminado”.

Una vez reunidos los miembros del equipo de mejora, se realizó una introducción a la problemática a abordar y se sensibilizó a los integrantes sobre su participación para obtener información relevante. Se especificó a los participantes de respetar los comentarios y observaciones de los demás y una invitación a realizar críticas constructivas. Se establecieron turnos por participante y al final se presentaron antecedentes de la planta, la situación actual y se especificó el objetivo de la junta. Se mostraron los niveles de inventario de producto terminado del histórico del programa semanal de producción a lo largo de las últimas 10 semanas para mostrar evidencias del problema (la tabla expuesta se muestra en el apéndice uno), además se mostró la gráfica de paros de línea reflejada en el capítulo uno.

Los participantes aportaron ideas y cada problema o área de estudio fue escrito en un papel y se colocaron en una pizarra a la vista de todos los miembros del equipo. Cuando se llegó al nivel en que la cantidad de ideas decreció, se procedió a leer y ordenar las ideas

presentadas. Se explicaron las ideas que crearon dudas en los participantes, se eliminaron las ideas duplicadas y se agruparon para ordenarlas.

Una vez obtenidos los problemas claves, se comenzó a preguntar si existían vínculos entre dos situaciones en particular, en caso de ser afirmativo, se verificó que problema conduce al otro. Posteriormente, se dibujó una flecha entre ellos indicando el sentido de la influencia. Al final de relacionar cada situación con el resto, se contó cuantas flechas salen de cada una. La situación que presentó una mayor cantidad de flechas salientes es el generador y el que tenga mayor número de flechas de llegada es el efecto principal. Por último, se definió a los problemas detectados y se decidió con cual de ellos comenzar.

### 3.3.2 Clarificar el problema mediante análisis estadístico.

En este punto se obtuvo el análisis estadístico, aquí se puede comprobar el problema mediante un método cuantitativo al existir datos históricos. Se partió de los resultados obtenidos del diagrama relacional, donde se tiene detectado a los generadores de problemas y posteriormente, se obtienen datos para poder detectar evidencia que avalen la causa raíz detectada.

Para lograr lo anterior, se realizó una matriz para mostrar la cantidad de paros de producción en las últimas 10 semanas. Se tomaron las matrices de reportes semanales de producción en donde se muestra cuales de las líneas de producción no produjeron al 100 por ciento y las causas de las mismas. En la tabla uno se muestra el formato aplicado para la cuantificación.

**Tabla 1.** Formato para obtener el total de paro de líneas por semana y sus causas.

Cantidad de paros de línea por semana (10 semanas)											
Causa de paro de línea	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Total

Para su aplicación, debe primeramente llenarse la primer columna indicando el tipo de causante de paro, posteriormente en las siguientes 10 columnas, se especifica el número de paros en cada semana. En la última columna se muestra el resultado total obtenido de la

suma de los datos que se indiquen en las 10 columnas anteriores. Una vez hecho esto, se procedió a llenar la tabla de Pareto de los errores mostrada en la tabla dos.

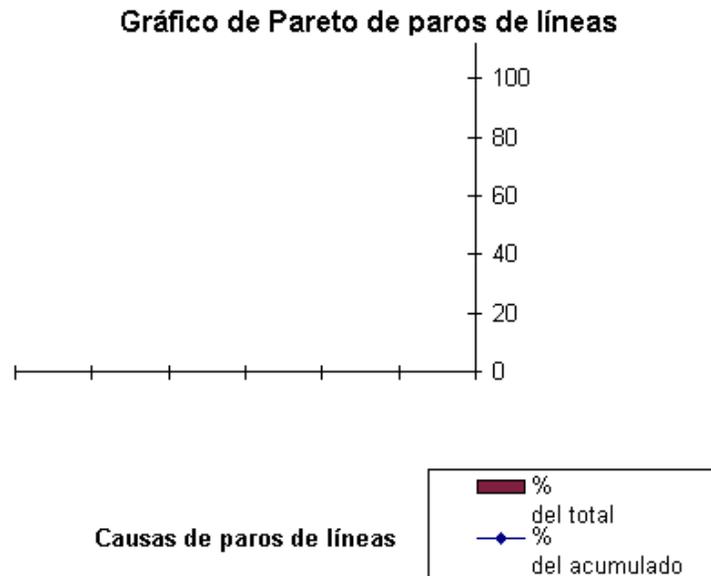
**Tabla 2.** Formato para obtener gráfico de Pareto.

Tipo de error	Número de errores	Número de errores acumulados	Porcentaje del total	Porcentaje del acumulado
Total				

Primeramente se llenó la primer columna con el tipo de error, para esto se utilizaron los datos de la primer columna de la tabla 1. En la segunda columna se muestra el número de errores obtenidos por cada concepto y la suma total de los mismos en la última fila. En la tercera se indica el número de errores acumulados, calculando el error obtenido más el error acumulado anterior y la suma total de los mismos en la última fila. En la cuarta columna se calcula: el porcentaje del total = (número de errores / total de errores) x 100. En la última columna se calcula: El porcentaje del acumulado = (número de errores acumulados) / (total de errores acumulados) x 100. Por último, se ordenaron los datos de mayor a menor y se localizó el concepto con mayor grado de incidencia.

Después de obtener la tabla, se graficó el diagrama de Pareto empleando la opción de gráficos personalizados de líneas y columnas del programa Microsoft Excel 2003 en español para obtener una representación gráfica del problema y permitir identificar visualmente en una sola revisión cual de los conceptos tiene mayor grado de incidencia al que es importante prestar atención en la asignación de los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva.

La estructura del gráfico se muestra en la figura cinco. En la escala horizontal, se mostraron las categorías en orden descendente de izquierda a derecha mostrando los resultados totales obtenidos a manera de un gráfico de barras en color marrón. La escala vertical se utilizó para el porcentaje en una graduación del cien por ciento representada del lado derecho de la gráfica. En la representación de líneas se mostraron en color azul el porcentaje del acumulado en formato de gráfico de líneas.



**Figura 5.** Formato utilizado para representar el gráfico de Pareto.

### 3.3.3 Identificar causa raíz del problema y desarrollar contramedidas.

Con los problemas obtenidos de los resultados del diagrama relacional se realizó un análisis cualitativo mediante la técnica de los cinco ¿Por qué?, para su aplicación se utilizó la tabla tres.

**Tabla 3.** Formato para obtener análisis de cinco ¿Por qué?.

Problema	¿Por qué?	Herramienta Sugerida				

Para completarla, se realizó una nueva reunión con el grupo multidisciplinario con el que se realizó el punto 3.3.1 y se efectuó el siguiente procedimiento para llenar el formato: En la primer columna se especificó el problema detectado en el diagrama relacional y/o análisis de Pareto. En las columnas posteriores se planteó la pregunta ¿Por qué? el problema estaba sucediendo. Se tomó la respuesta del primer ¿Por qué? y se continuó preguntando ¿Por qué? esta sucedió hasta encontrar la causa raíz del problema. Se realizó la misma pregunta cinco veces o hasta que se encontró la causa raíz. El número de preguntas obtenido puede ser mayor, menor o igual a cinco. En la última columna se menciona la herramienta sugerida como contramedida, la cual se basó en técnicas de manufactura esbelta y son el resultado

de analizar el procedimiento de trabajo al momento del estudio, al evaluar los desperdicios o “*mudas*” detectados para eliminar las actividades que no agregan valor.

El siguiente punto es reflejar el tipo de muda detectado en el análisis. El objetivo de este punto es resaltar la importancia de la mejora implementada. De acuerdo a Womack (1996) existen tres tipos de actividades en la cadena de valor, una que añade valor y otras dos que son “*muda*” (desperdicio) que pueden ser evitables o no. Por lo tanto, las propuestas de mejoras basadas en el pensamiento esbelto, dependiendo de la naturaleza del desperdicio detectado, si son actividades que no crean valor pero parecen no ser evitables mediante las tecnologías actuales o requerimientos de producción especiales, se enfocó la solución a la reducción del desperdicio. En caso de ser actividades que no crean valor y sean evitables inmediatamente, se encaminaron las propuestas a la eliminación de *muda*. Además, se deberá de clasificar el tipo de desperdicio o *muda* detectado en base a los siguientes criterios.

**Desperdicio por sobreproducción.** Si se detectó producción por encima de los requerimientos del cliente, produciendo materiales y productos innecesarios.

**Desperdicio de inventario.** Si es detectado que se requiere mantener o comprar materia prima innecesaria, material en proceso y producto terminado.

**Desperdicio de transportación.** Si se observa recorridos múltiples y retraso en material por manejo innecesario.

**Desperdicio de espera.** Si es detectado tiempo de espera y tiempo ocioso (tiempo que no agrega valor).

**Desperdicio de movimiento.** Si son observadas acciones realizadas por las personas o equipos que no agregan valor al producto.

**Desperdicio de sobre procesamiento.** Si son detectados procesos, elementos y procedimientos innecesarios en la fabricación del producto.

**Desperdicio de corrección.** Producir una parte que es desechada o requiere reparación.

**Desperdicio por no utilizar el talento y conocimiento de los recursos humanos.** En caso de no haber realizado entrenamiento previo a los operadores o desaprovechar sus capacidades y habilidades.

A continuación se describen las mejoras implementadas basadas en el procedimiento anterior para cada una de las situaciones a abordar y una descripción del método sugerido de trabajo basándose en herramientas de pensamiento esbelto.

### **3.3.3.1 Implementar método de aviso *poka-yoke* en sistema.**

Una vez aplicado el análisis de cinco ¿Por qué?, se desarrolló la herramienta sugerida como contramedida, se analizó la problemática presentada en el sistema de información anterior y se sugirió al corporativo el desarrollo de un *poka-yoke* de aviso en el nuevo sistema de información de Sumitomo para que funcione como control visual. Estos métodos sirven para llamar la atención del trabajador cuando ocurren situaciones indeseadas activando una luz como indicador.

El método sugerido a implementar es que al momento de verificar materiales necesarios para la construcción de un producto se indiquen resaltando en color rojo los materiales faltantes para que se tomen las acciones necesarias para su adquisición en tiempo y forma.

### **3.3.3.2 Implementar tarjetas *kanban*.**

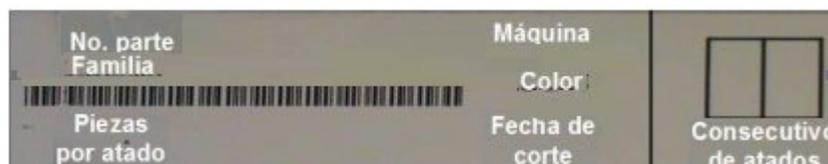
Una vez aplicado el análisis de cinco ¿Por qué?, en base a la herramienta sugerida en el análisis, se procedió a la implementación de tarjetas *kanban*, se analizaron las utilizadas en otras sucursales de Sumitomo en el país y se diseñó una de acuerdo a las necesidades de la planta sucursal Empalme. Se determinó el tipo de desperdicio detectado y se sugirió al corporativo de sistemas añadir un campo adicional en la tarjeta para reflejar parámetros de remachado como control visual para el operador de corte y evitar el paso adicional de verificar la información en una matriz separada.

En cuanto a los problemas de captura causados en el sistema anterior, se decidió utilizar la opción del sistema Sumitomo para imprimir todas las tarjetas que formen parte de un arnés en un solo paso con solo introducir el número de parte del arnés y eliminar la captura de los datos. Además se sugirió añadir la opción de validar el número de parte a imprimir. Por último se realizó un diagrama de proceso de la operación para observar las ventajas de utilizar el sistema implementado con respecto al anterior. Para esto, se representó cada operación con un círculo enumerado y se indicó el tiempo que se utiliza en cada una de ellas.

En la parte inferior se cuenta el número de operaciones y el tiempo total empleado en el mismo.

### 3.3.3.3 Implementar identificadores de mazos de circuitos.

Una vez aplicado el análisis de cinco ¿Por qué?, en base a la herramienta sugerida en el análisis, se decidió implementar en la planta los identificadores de circuitos utilizados por Sumitomo en otras plantas del país también conocidos internamente como *tadif*, los cuales son generados automáticamente por el sistema de información de Sumitomo y son impresos junto a las tarjetas *kanban*, además la información reflejada en ellos fue personalizada para su uso específico en la planta Empalme. Se decidió utilizar el formato de identificador mostrado en la figura seis.



**Figura 6.** Formato utilizado para identificador de mazos de circuitos

Para evitar problemas por códigos largos, se decidió utilizar los nombres de circuitos utilizados en el plano del cliente de solamente 4 a 8 caracteres, los cuales son mostrados en la hoja de *kanban* y en el identificador de mazos de circuitos. Se entregan tantos identificadores de mazos al operador como sea necesario, lo cual es generado automáticamente por el sistema. Por último se realizó un diagrama de proceso de la operación para observar las ventajas de utilizar el sistema implementado con respecto al anterior. Para lo cual se representó cada operación con un círculo enumerado y se indicó el tiempo que se utiliza en cada una de ellas. En la parte inferior se cuenta el número de operaciones y el tiempo total empleado en el mismo.

### 3.3.4 Evaluar resultados obtenidos de contramedidas.

Se comprobó si las contramedidas implementadas fueron efectivas. Se realizó un nuevo estudio de los paros de líneas en 10 semanas y se realizó un análisis de Pareto en donde se

compararon los resultados con los anteriores a la implementación de la mejora para evaluar los efectos de las contramedidas para eliminar el desperdicio y determinar su efectividad. Una vez que se obtuvieron resultados satisfactorios, entonces se convirtió en parte de un nuevo estándar aprobado en la empresa. En caso de no obtener los resultados esperados, se deberá replantear la causa raíz del problema y verificar la aplicación de la contramedida.

### **3.3.5 Reducir inventario semanal de producto terminado basado en JIT.**

Después, en base a la herramienta sugerida en el análisis, se tomaron en cuenta los criterios mencionados a continuación, apoyados en la metodología para la implementación del justo a tiempo según O'Grady (1992):

**1. Comunicar nuevo método de producción al cliente.** Se establecieron juntas a nivel directivo con el cliente, para comunicar que se tomarán los requerimientos de producción recibidos a través del sistema como un *kanban* electrónico, en donde solamente se esta produciendo en las cantidades que el cliente necesita y el inventario de seguridad implementado es tan grande como el cliente lo requiera. El desperdicio por sobreproducción se disminuirá al mínimo. Cualquier cambio en la programación de la producción deberá ser requerido en tiempo y forma.

**2. Asumir nuevo método de trabajo.** Se realizaron juntas gerenciales para que cada representante de departamento comunique a su personal la intención de la empresa de disminuir el nivel de inventario de seguridad de producto terminado y no permitir la sobreproducción una vez que se ha establecido la cuota diaria. Por ejemplo, si ésta se cumple en menor tiempo de la duración de la jornada laboral, se detiene la producción, y los operadores se reasignan a otras actividades productivas, como entrenamiento, limpieza, organización de inventario etc.

**3. Establecer medidas de contingencia.** Se desarrollaron planes de contingencia en caso de paro o de fallas en el sistema de producción para evitar problemas de retrasos causados por cambios en la demanda semanal no programados, faltantes de material y de circuitos no contemplados.

**4. Disminuir el tamaño del inventario de seguridad.** Una vez comprobada la efectividad de las contramedidas implementadas para la reducción del inventario semanal, fue posible reducir el riesgo de la falta de material y paros de producción en las líneas de producción, ya que la sobreproducción es realizada para evitar las eventualidades. Por lo tanto se fundamentó la programación de la producción basándose en los requerimientos del cliente. Se determinó un máximo y un mínimo de inventario de seguridad el cual está definido por el tiempo de recibo de un material faltante del almacén central ubicado en Ciudad Juárez o la reprogramación de corte de un circuito faltante internamente en el área de corte de la planta Empalme.

Para representar el ahorro en costo con la mejora implementada, se consideraron los productos mostrados en el apéndice 1, los cuales son los arneses con mayor tamaño físico, mayor precio de venta y mayor demanda, siendo los que tuvieron mayor impacto en la reducción de niveles de inventario. Se comparó los niveles de promedio de inventario evaluados en 10 semanas anteriores y los implementados, para representar el ahorro semanal en flujo de efectivo que se obtuvo. Se restó el inventario anterior al actual y se multiplicó por el costo del arnés, el cual es un estimado que realiza el sistema de información de Sumitomo que es el resultado de los costos de todos los componentes utilizados para la manufactura del mismo y porcentaje promedio de la mano de obra utilizada.

**5. Aplicar 5 “eses” a distribución de planta.** Al reducir el inventario de producto terminado, se elimina el espacio en la nave destinado para el almacenamiento del mismo que se mantenía anteriormente, por lo tanto, se utilizó el programa Autocad para analizar la distribución de planta y evitar discontinuidad en el flujo de la producción. Para esto se utilizó una adaptación al método de 5 “eses” para las áreas de corte y remachado, así como de almacén para realizar el reacomodo de máquinas en el espacio liberado.

- Organización (*Seiri*). Se separaron los materiales y se marcaron los espacios innecesarios en las áreas productivas para aprovechar los lugares despejados, utilizados anteriormente para el exceso de producto terminado.
- Orden (*Seiton*). Se estableció el modo en que debe ubicarse e identificarse las maquinas del área de corte en el espacio liberado, de manera que sea fácil y rápido su acceso, además de evitar discontinuidad en el flujo de la producción. El tipo de

distribución modificada debe ser orientado al proceso, debido a que en la planta se fabrican productos diversificados, con operaciones enlazadas y es necesario manejar una significativa cantidad de materiales en los centros de trabajo.

- Limpieza (*Seiso*). Se procedió a limpiar e inspeccionar el espacio liberado.
- Mantener (*Seiketsu*). Se modificó el plano de planta y se identificaron áreas reubicadas.
- Disciplina (*Shitsuke*). Se modificó la distribución de planta en el *checklist* para la verificación del *housekeeping* y mantener el acomodo y limpieza en las áreas.

Como complemento, se calculó el ahorro potencial obtenido con la reducción del espacio en almacén, el cual es el resultado de multiplicar el valor del espacio liberado por el costo de renta por mes en Dólares.

### **3.3.6 Estandarización de mejoras implementadas.**

Se hizo énfasis en el mejoramiento continuo de la empresa y el compromiso de mejorar de manera constante y en forma gradual, por lo que se estandarizaron los resultados de la mejoría lograda. Este es el último paso del método y consiste en la publicación y registro de los resultados para que el conocimiento sea transferido de mano a mano y saber como atacar una problemática similar en el futuro. Esta política de calidad hace alcanzar niveles de calidad más altos al partir de estándares establecidos.

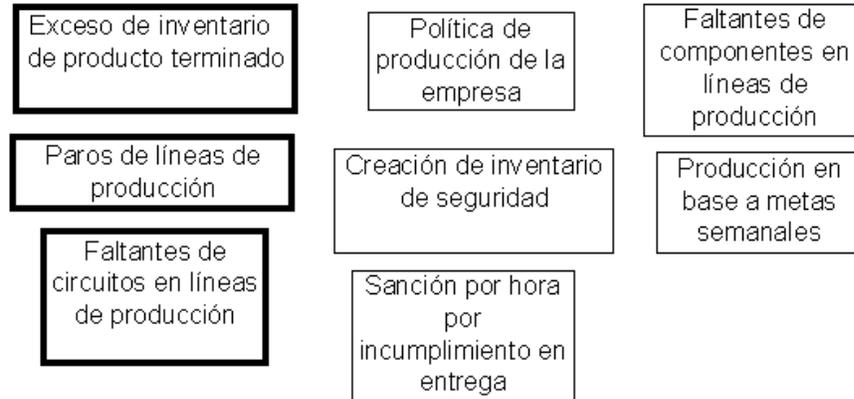
Los procedimientos mejorados al ser de tipo controlado por ISO/TS 16949, fueron revisados por los miembros involucrados y enviados a control de documentos para su registro. Los resultados de mejoras son enviados al corporativo para documentarlas y servir de base para abordar problemáticas similares en plantas de la empresa con características similares.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el presente apartado se analizarán los resultados obtenidos en base al método sugerido en el capítulo anterior. Se detectaron problemáticas que causan paro de líneas y/o generación de altos inventarios. Se propondrán mejoras basadas en las filosofías japonesas de manufactura esbelta.

### **4.1 Aplicación la técnica de tormenta de ideas y diagrama relacional para la percepción del problema real.**

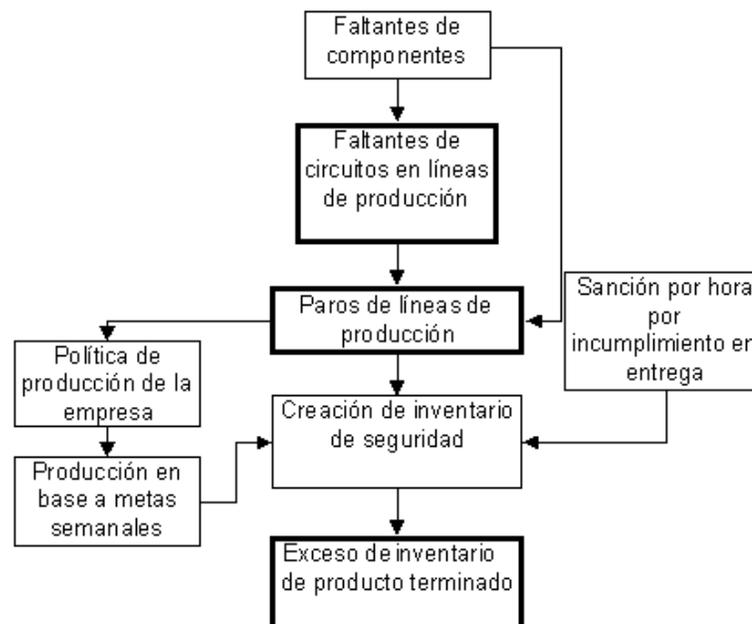
Se realizó una tormenta de ideas para eliminar el exceso de inventario de producto terminado, el resultado de la misma se muestran en la figura siete.



**Figura 7.** Tormenta de ideas para exceso de producción de producto terminado.

El equipo multidisciplinario decidió destacar como problemas principales a: “Paros de líneas de producción”, “faltantes de circuitos en líneas de producción” y al “exceso de inventario de producto terminado”, los cuales se resaltaron en la figura anterior. Cabe destacar que en este punto, se descartan problemas de calidad al no haber evidencia de queja de cliente formales en las últimas 10 semanas.

Una vez obtenida la tormenta de ideas, se procedió a obtener el diagrama relacional para analizar las causas y efectos de las problemáticas presentadas. El dibujo obtenido se muestra en la figura ocho.



**Figura 8.** Diagrama relacional de exceso de producción de producto terminado.

En el diagrama relacional se pueden observar que la mayor causante del exceso de inventario de producto terminado es la creación del inventario de seguridad, siendo este el efecto principal al tener mayor número de flechas de llegada, además de la política de producción tradicional basada en sistema de “empuje”, es decir con producción basándose en metas semanales superiores a la demanda de partes del cliente, sin embargo son un efecto de los paros de líneas, ya que como se tenían altos niveles de paros de línea, se programaba manufactura con excedentes para proteger a la planta de la posibilidad de paros de producción. En segundo término, se tienen sanciones por hora por incumplimiento, siendo esta una restricción impuesta por el contrato con cliente para mantener un inventario de seguridad menor o igual a 2 semanas. Al ser esta una restricción no se tomará en cuenta para la generación de contramedidas. Los paros de líneas de producción son el generador del efecto en la creación del inventario de seguridad, teniendo como causantes a los faltantes de circuitos y de materiales, siendo este último otro generador importante según el análisis.

#### 4.2 Aplicación de clarificación de problema con análisis estadístico.

De los causantes del inventario de seguridad, el más complejo es el causado por paros de línea, por lo que se analizó en base a un análisis cuantitativo con datos históricos proporcionados por la compañía. Se generó la tabla cuatro para obtener el grado de incidencia de causantes de paros de líneas en 10 semanas.

**Tabla 4.** Matriz de incidencia de causas de paros de líneas.

Causa de paro de línea	Cantidad de paros de línea por semana (10 semanas)										Total
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	
Cambio de Ingeniería	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Faltante de Material	16	5	3	26	18	8	11	5	0	6	98
Curva de aprendizaje	1	6	4	5	3	0	0	0	4	3	26
Ausentismo	0	3	10	2	8	11	20	3	11	7	75
Cambio en programa de producción	0	4	12	7	5	1	15	18	6	4	72
Nuevo ingreso	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	4

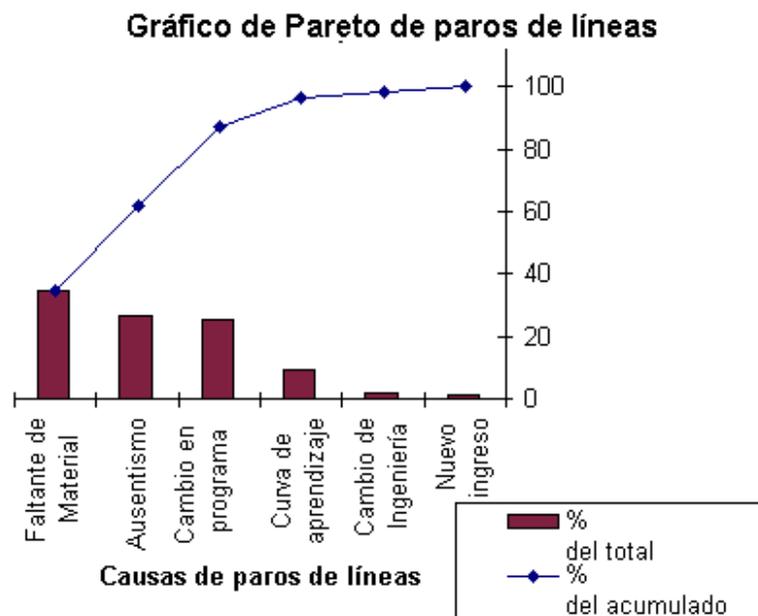
Fuente: Matriz de paros de líneas proporcionada por la empresa en estudio.

Partiendo de los datos mostrados en la matriz anterior, se procedió a obtener el tipo de error con mayor grado de incidencia. El resultado es reflejado en la tabla de Pareto mostrada en la tabla cinco.

**Tabla 5.** Tabla de Pareto para causas de paros de líneas.

Tipo de error	Número de errores	Número de errores acumulados	Porcentaje del total	Porcentaje del acumulado
Faltante de Material	98	98.0	34.9	34.9
Ausentismo	75	173.0	26.7	61.6
Cambio en programa de producción	72	245.0	25.6	87.2
Curva de aprendizaje	26	271.0	9.3	96.4
Cambio de Ingeniería	6	277.0	2.1	98.6
Nuevo ingreso	4	281.0	1.4	100.0
Total	281	281	100.0	-

Se puede observar que el tipo de error o causante de paro de línea con mayor grado de incidencia es el faltante de material. La representación gráfica del diagrama de Pareto se muestra en la figura diez para un análisis visual del comportamiento de los datos.

**Gráfico 2.** Gráfica de Pareto para causas de paros de líneas.

En la gráfica y en la tabla de Pareto es posible comprobar que el faltante de material es el concepto con mayor grado de incidencia con 98 paros en diez semanas de evaluación, por lo que las propuestas a posibles soluciones de esta problemática tienen un mayor impacto en la empresa. Los otros conceptos que tuvieron una alta incidencia pero quedaron fuera del alcance del estudio son el ausentismo en primera instancia debido a que su solución fue desarrollada por otro grupo multidisciplinario independiente del que desarrolló el estudio mostrado en este trabajo, además su solución queda fuera de los objetivos del estudio. En

segundo termino, también se excluye del análisis a los cambios del programa de producción, ya que estos tienen que ver con cambios en la demanda provocados por el cliente y quedan fuera del control de la planta como proveedor. La curva de aprendizaje, queda fuera del estudio al ser un problema que se disminuye con el paso del tiempo en que el trabajador pueda adquirir la habilidad de realizar sus operaciones con mayor eficiencia.

Basándose en lo anterior, se analizó la causa raíz de los problemas de materiales, por lo que se clasificaron los problemas de faltantes en dos conceptos para atacar a la problemática con mayor cantidad de resultados: Faltantes de circuitos y de componentes (conectores, cuñas, cintas aislantes etc.). Como complemento, se realizó otra tabla de Pareto, utilizando el método mostrado en la tabla dos, los resultados del análisis son mostrados en la tabla seis.

**Tabla 6.** Tabla de Pareto para causas de faltantes de material.

Tipo de error	Número de errores	Número de errores acumulados	Porcentaje del total	Porcentaje del acumulado
Faltantes de circuitos	86	86	87.8%	87.8%
Faltantes de componentes	12	98	12.2%	100.0%
Total	98	98	100.0%	-

En este análisis es posible observar que los faltantes de circuitos son los que tienen un mayor grado de incidencia, siendo estos el 87.8 por ciento de los problemas presentados en diez semanas. Los faltantes de componentes fueron un total de 12, equivalentes a aproximadamente el 12.24 por ciento del total, por lo que las soluciones propuestas en los problemas en los circuitos tuvieron un mayor impacto.

### **4.3 Aplicación de técnica de los cinco ¿Por qué? y desarrollo de contramedidas.**

En este punto se indica la causa raíz del problema a estudiar, y en base al análisis realizado para cada punto, la contramedida generada para cada una de ellas.

### 4.3.1 Implementación de método de aviso *poka-yoke* en sistema.

Se aplicó la técnica de los cinco ¿Por qué?, para el problema de exceso de inventario el cual se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7.** Análisis cinco ¿Por qué? para método de aviso en sistema.

Problema	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Herramienta sugerida
Exceso de inventario de producto terminado	Creación de inventario de seguridad	Altos niveles de Paros de líneas	Faltantes de componentes	Errores humanos en requerimiento de materiales	Falta de ayudas visuales en el sistema	<i>poka-yoke</i> como método de aviso

En la primer columna se especificó el problema a atacar: “Exceso de inventario de producto terminado”. En la columna posterior se planteó la pregunta ¿Por qué? el problema estaba sucediendo, obteniendo como respuesta: “creación de inventario de seguridad”, ya que de acuerdo a la gerencia de planta, la empresa necesitaba tener altos niveles de inventario para cumplir con el programa de producción. Se tomó la respuesta del primer ¿Por qué? y se continuó preguntando ¿Por qué? esta sucedió, la segunda respuesta fue “altos niveles de paros de líneas”, es decir, el excedente de inventario era para proteger a la planta de posibles problemas potenciales. La respuesta a la tercer pregunta fue “faltante de componentes”, siendo una de las causas por la que la producción en las líneas se estaba deteniendo.

Al preguntar ¿Por qué? nuevamente, se obtuvo que existían “errores humanos en requerimiento de materiales”. Esto es debido a que en el sistema anterior, para detectar faltantes de componentes tanto para circuitos como para materiales en general, se generaba un reporte como el mostrado en la figura nueve, como puede observarse en la impresión de la pantalla, el sistema solamente especificaba los materiales necesarios y los disponibles, sin embargo, el analista de materiales tenía que calcular manualmente si un material era faltante o no.

```

PE02GD    MX5 CHAHTA ENTERPRISE          COMPONENT AVAIL DISPLAY          21 Jul 06
                                           PAGE 1
PARENT PART NUMBER : 103197101          ASH, WIRE HARNESS, CA2, GAS
EFFECTIVITY DATE   : 07/21/06
DESIRED OPTIONS    :
QTY FOR EXTENSION  : 100

---COMPONENT PART---  ---DESCRIPTION---  UOM  P  QUANTITY  QUANTITY
                        T  REQUIRED      AVAILABLE

16720                1700 3H HIGHLAND 60F FT  3    1000      3,931
2016373C1            TAG TYTON TAG TTC24Y EA  3     100      118,186
212H1U02             BOOT RD EA  3     100      2,640
68137/-92            COND 1/2X279.5 MM GR EA  3     100        10
68137/1-83           COND 1/2X559MM GRAY EA  3     100      1,520
68137/5-83           COND 1/2X1778MM GREY EA  3     100      1,352
68460/3-00           COND 914 MM EA  3     100      2,140
F0-1363-009-0-0     16-GPT-BK 009/W9 125 EA  1     100        200
F0-1363-013-0-0     18-GPT-R-M 013/W13 7 EA  1     100        10
F0-1363-015-0-0     18-GPT-0 015/W15 284 EA  1     100        200

ENTER Pnn to PAGE or * to EXIT          ACTION : ....
    
```

Figura 9. Pantalla para detectar circuitos faltantes en sistema anterior.

Por lo tanto la respuesta al quinto ¿Por qué? fue “Falta de ayudas visuales en el sistema” debido a la confusión que se presentaba en los analistas de materiales al no contar con un apoyo visual de fácil identificación provocando errores en las ordenes de materiales. Esta fue la causa raíz del problema. En la última columna se propuso un poka yoke de aviso como herramienta sugerida a manera de contramedida. Lo que se logró con la mejora propuesta es una reducción de la muda de movimiento al disminuir las acciones que no le agregan valor al producto por movimientos innecesarios realizados por el analista de materiales debido a la falta de ayudas visuales en el sistema, así como de desperdicio por espera al ser causante de paro de línea.

Para llevar a cabo la mejora, en el nuevo sistema de información de Sumitomo, se incorporaron métodos de aviso *poka-yoke* a manera de indicadores visuales. Los componentes con niveles de inventario menores a los permitidos, son marcados en rojo en automático por el sistema, por lo que al activarse, indicarán que deben de tomarse acciones en el componente marcado y además pueden ser mostrados los resultados en un reporte por separado para ayudar a su expeditación con el proveedor. En la figura 10 se muestra la nueva pantalla utilizada en la planta.

Component / Description	Unit of Measure	Part Type	Quantity Required	Quantity Available
CG37-00-310				
NANGUERA	EA	3	1.00	452
ET9000				
SILVER ELLIOTT TAPE 32MMx35YDS	FT	3	10.00	7
F0-1326-20-0-0				
2085ILTBL 20 510MM	EA	1	1.00	6
F0-1326-239E-0-0				
18051PK 239E 010MM	EA	1	1.00	-1
F0-1326-239E-0-0				

Figura 10. Pantalla utilizada en Sumitomo con indicadores visuales.

### 4.3.2 Implementación de tarjetas *kanban*.

Como se observó en el análisis relacional, los paros de líneas presentaban dos vertientes, faltantes de componentes y faltantes de circuitos. Siendo los primeros contenidos en el punto anterior, por lo que en este paso, se realizó un análisis de cinco ¿Por qué? para los faltantes de circuitos en las líneas, el cual se muestra en la tabla ocho.

**Tabla 8.** Análisis cinco ¿Por qué? para uso de tarjetas *kanban*.

Problema	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Herramienta sugerida
Faltantes de circuitos en líneas	Circuitos cortados incorrectamente	Operador necesita leer información de remachado en matrices de calidad	El sistema de impresión de tickets no imprime esta información			Tarjetas <i>kanban</i>
Problema	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Herramienta sugerida
Faltantes de circuitos en líneas	Circuitos cortados incorrectamente	Analista de materiales imprime tickets obsoletos incorrectamente	Errores de captura	Tickets tienen que imprimirse uno por uno	Sistema de información obsoleto	Tarjetas <i>kanban</i>

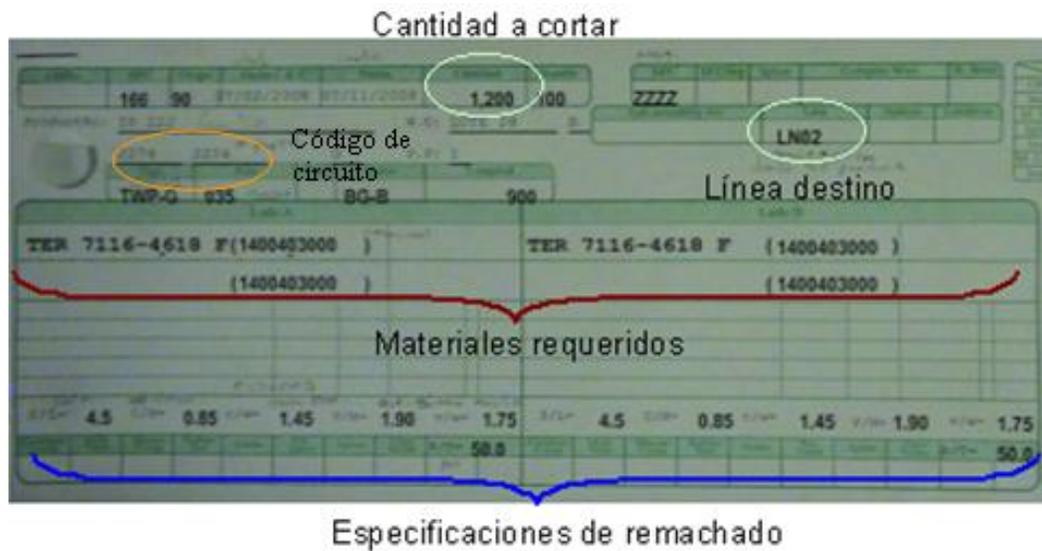
En la primer columna se especificó el problema de “faltantes de circuitos en líneas”. En la columna posterior se planteó la pregunta ¿Por qué? el problema estaba sucediendo, la respuesta fue “circuitos cortados incorrectamente”, es decir, se recibían circuitos cortados con especificaciones o componentes diferentes a los establecidos en la hoja de corte. Se tomó la respuesta del primer ¿Por qué? y se continuó preguntando ¿Por qué? esta sucedió. En este paso se observó que existían 2 problemas o ¿Por qué? al cortar incorrectamente los circuitos, el primero es que el “operador necesita leer información de remachado en matrices de calidad”, en otras palabras, el operador tenía que verificar los parámetros en una tabla, lo que causaba errores de lectura y captura en la máquina de corte, obteniendo circuitos mal remachados, por lo tanto la siguiente respuesta fue “el sistema de información no imprime esta información”, debido a que el sistema de hojas de corte anterior no reflejaba las especificaciones de remachado de terminales en la hoja de corte. En la figura 11 se muestra el *ticket* anterior utilizado en la planta.

CABLE: 221201T-BK	LONGITUD DE PELA: 4.5 /4.5	Num. Serie: 878697 WIRE				
7116-4618-02	LONG.: 900 mm	Num. Maquina: 046 máquina				
TERMINAL X	TERMINAL Y					
Seal Part:	Use with Term:					
Seal Part:	Use with Term:					
Left Comment :		FECHA: _____				
Left Operation :		FECHA: _____				
Right Comment :		FECHA: _____				
Right Operation :						
General Comment: M-01						
ESTATUS DE CORTE						
# Corte	Fecha	Turno	# Operator	# Mac	Cant. Cortada	Cant. pendiente corte
1						
2						
3						
4						
NUMERO DE CIRCUITO			Identificador de común			
Move To:			Número de parte del circuito			
<b>F0-1199-2274-0-C</b>						
HEP Hartec Encapsule Plant			TICKET DE CORTE (Para Calidad)			
Circuito directo			Número de circuito			

**Figura 11.** Hoja de corte utilizada en sistema anterior.

El desperdicio detectado en este método de trabajo es una muda de movimiento al realizar la operación de buscar las especificaciones en una tabla. Por lo que el control visual implementado evitará el movimiento innecesario que puede causar errores en el corte de los circuitos. Además se reduce el desperdicio por espera al ser uno de los causantes de paro de líneas. Por lo tanto, se sugirió utilizar el sistema de tarjetas de *kanban* manejada por Sumitomo donde es posible mostrar la información necesaria en la parte inferior de la misma como control visual. Esta información es tomada automáticamente de la base de datos administrada por el corporativo en Japón y contiene las especificaciones de remachados estandarizadas por el cliente y proveedor.

En caso de tener una terminal cuyas especificaciones no se encontraran en la base de datos del corporativo, se le comunicará para que el sistema sea actualizado con toda la información necesaria. Además, se agregó un campo reflejando la línea donde se utilizará el circuito para evitar confusiones. Por otra parte, las tarjetas incluyen además la fecha de impresión, los materiales necesarios, la cantidad de piezas a cortar y el código de los circuitos. En la figura 12 se muestra la tarjeta de *kanban* implementada, es indicado en azul las especificaciones de remachado.

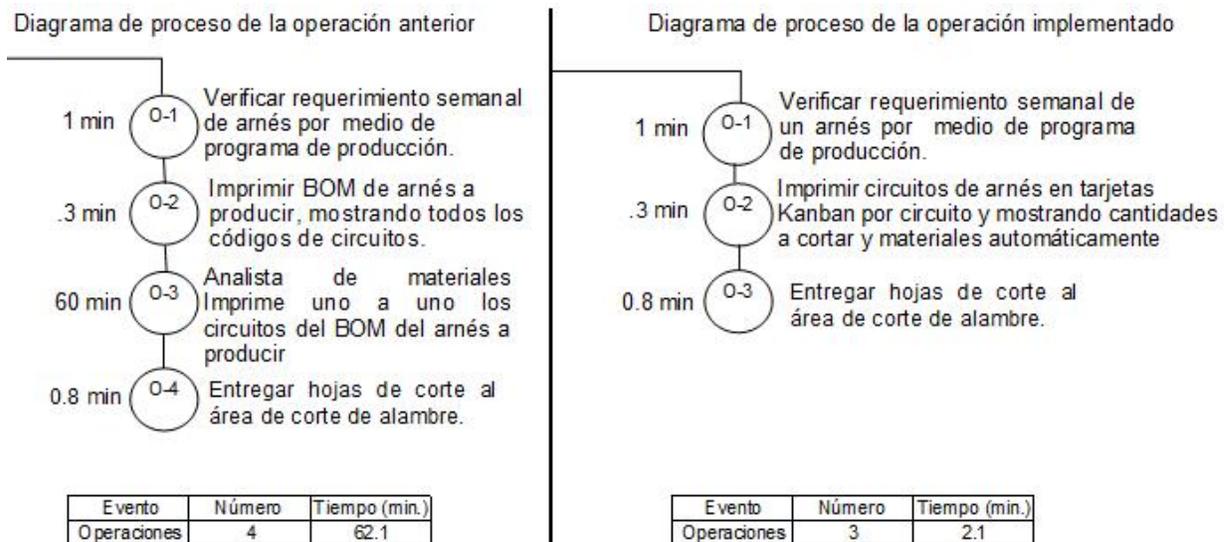


**Figura 12.** Tarjeta *kanban* utilizada en planta Sumitomo.

Por otra parte, basándose en el segundo análisis de cinco ¿Por qué? se detectó que en el sistema anterior existían problemas al imprimir las hojas de corte uno por uno. Es decir para poder imprimir los circuitos que forman parte de un arnés, se desplegaba el BOM del arnés a fabricar, y se capturaban a mano cada uno de ellos en otra pantalla, esto debido a que el sistema de información era obsoleto al no adecuarse a las necesidades de la empresa.

Al crearse la opción de imprimir todos los circuitos de un arnés en un solo paso, se eliminó la operación de capturar los circuitos componentes de un arnés uno por uno. Teniéndose con esto, una reducción en el desperdicio de movimiento al ser actividades que no le agregaban valor al producto, además de una *muda* por espera al ser causante de paro de líneas. En caso de introducirse una revisión anterior de un producto ó de un circuito, el sistema no imprime ninguna información a menos que se pida autorización al administrador del sistema. Se envió al corporativo una modificación al procedimiento y el sistema se programó de esta manera.

En la figura 13 se muestra una comparación de los diagramas de proceso de la operación anterior e implementado para ilustrar el ahorro de tiempo y en operaciones.



**Figura 13.** Diagramas de procesos de operaciones anterior e implementado.

#### 4.3.3 Implementación de identificadores de mazos de circuitos.

En la tabla nueve se muestra el análisis de causa raíz para faltantes de circuitos en líneas causado por los identificadores de circuitos.

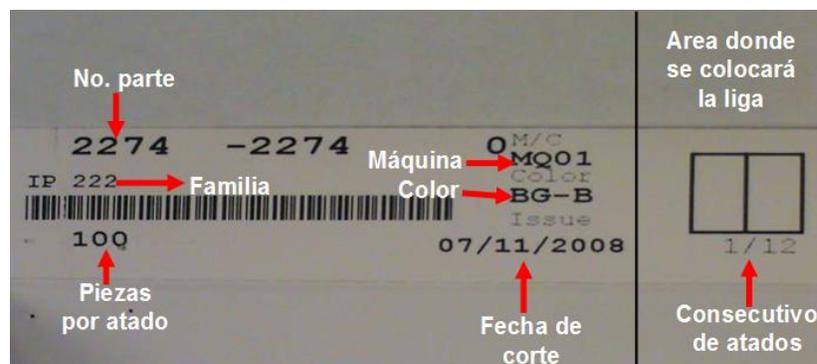
**Tabla 9.** Análisis cinco ¿Por qué? para uso identificadores de mazos de circuitos.

Problema	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Herramienta sugerida
Faltantes de circuitos en líneas	Repartidores de materiales se confunden con códigos de circuitos	Códigos de circuitos demasiado largos y escritos a mano	El sistema de impresión de tickets no imprime esta información			Identificadores de mazos de circuitos kanban

En la primer columna se especificó el problema detectado: “Faltantes de circuitos en líneas”. En la columna posterior se planteó la pregunta para determinar la causa obteniendo que los “repartidores de materiales se confunden con códigos de circuitos”. Se tomó la respuesta del primer ¿Por qué? y se continuó preguntando ¿Por qué? esta sucedió encontrándose que los “códigos de circuitos son demasiado largos y escritos a mano”. La causa raíz de esto es que “el sistema de impresión de *tickets* no imprimía esta información”. La herramienta sugerida como contramedida son los identificadores de circuitos *kanban*.

El tipo de desperdicio detectado en el sistema anterior es una muda de movimiento, por los pasos innecesarios que se llevaban a cabo y de espera al ser un causante de paro de línea, por lo que la implementación de la mejora propuesta reduce los desperdicios detectados. Por otra parte, eliminará la muda de corrección, ya que en el sistema anterior, los repartidores al confundirse de número de parte, entregaban los circuitos por error en otras líneas y había que tomarse el tiempo necesario para identificarlos en otras familias.

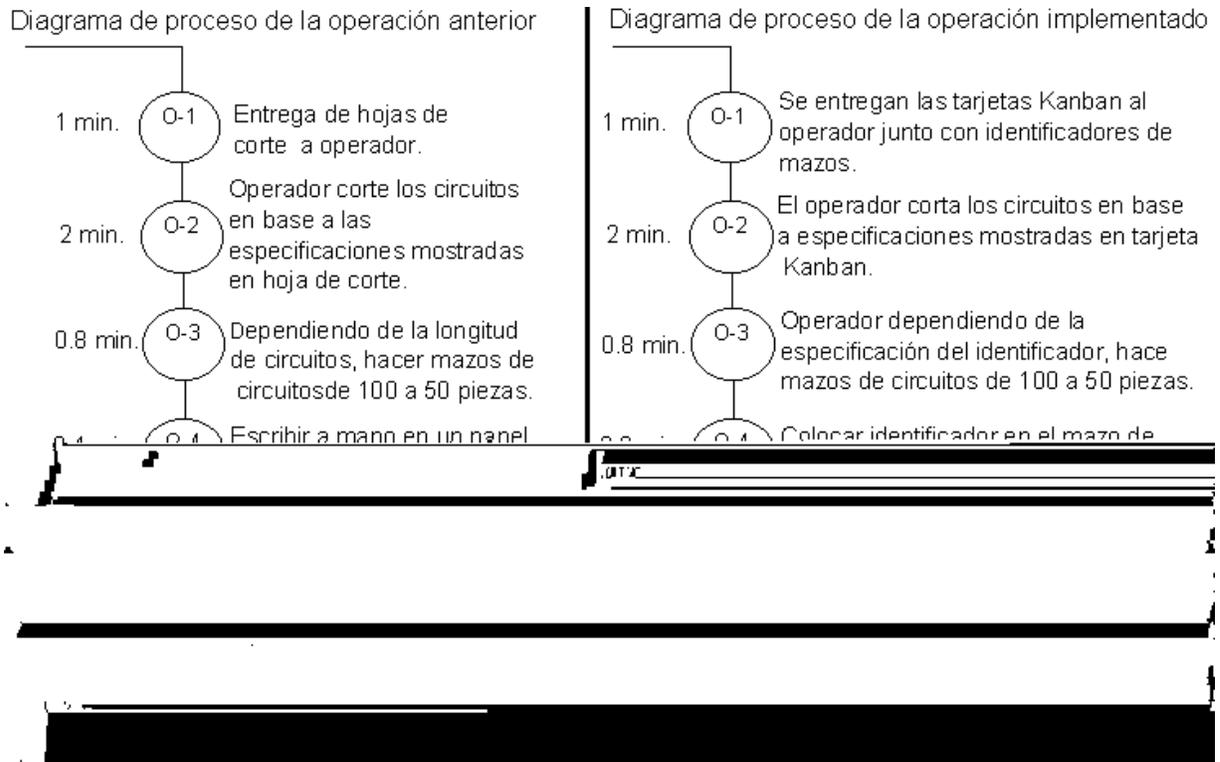
Por lo tanto como contramedida se utilizaron los identificadores de circuitos impresos por el sistema de información de Sumitomo. Un ejemplo del identificador de circuitos utilizado en la planta Sumitomo Empalme se muestra en la figura 14.



**Figura 14.** Identificador de mazos utilizado en planta Sumitomo.

En este identificador se muestra el número de parte del circuito, la cantidad de piezas por atado, la familia o producto a la que pertenece, la máquina en la que fue cortado, la fecha de corte y el color del circuito. En la parte derecha del identificador, se utiliza el espacio para colocar la liga que amarrará a la tarjeta a los mazos de circuitos. Por otra parte, el nuevo código de circuitos utiliza solamente de cuatro a ocho caracteres en lugar de 10 a 15 que se utilizaban en el sistema anterior.

En la figura 15 se muestra una comparación del método de trabajo anterior e implementado para resaltar sus ventajas en ahorro de tiempo y movimientos.



**Figura 15.** Diagramas de procesos de operaciones anterior e implementado para uso de identificadores de mazos de circuitos.

La tarjeta de identificación viajará del área de corte a producción y una vez utilizados los circuitos que la contienen, se entregarán al repartidor para que sean descontados del sistema de inventarios. Para esto se lee el código de barras en la estación de reporte de producción y automáticamente realiza los cambios en el sistema para mantener los reportes de inventario al día. Esto elimina el error potencial de capturar los circuitos manualmente, que se considera un desperdicio de sobre procesamiento al ser un procedimiento innecesario.

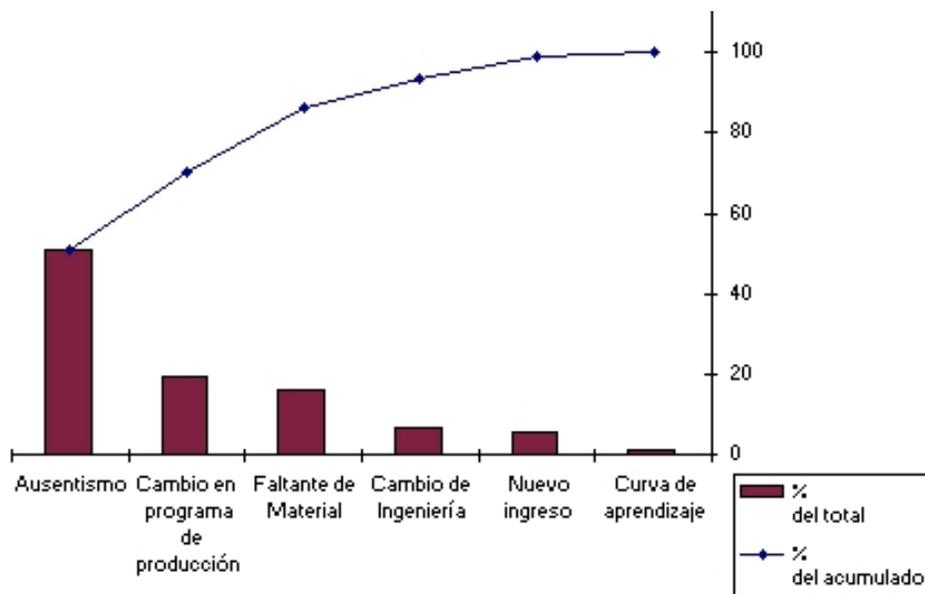
#### 4.4 Evaluación de resultados obtenidos de contramedidas.

Se realizó el siguiente paso para comprobar cuantitativamente los efectos de las mejoras implementadas. Para evaluar los resultados se realizó un estudio de tendencia de cortos de líneas en las 10 semanas posteriores a la implementación de la alternativa de producción, se estudio nuevamente la matriz de paros de líneas, los resultados son mostrando en la tabla

diez y gráficamente en la figura 18. Se observa una reducción en el efecto de paros de líneas al reducirse los faltantes de material de 281 a 88. El error generado, por los faltantes de material se redujo de 98 a 14, por lo que las contramedidas implementadas tuvieron un resultado efectivo. En la gráfica puede observarse que los faltantes de material ya no son la principal causa de paros de líneas y la reducción en la incidencia de este error.

**Tabla 10.** Tabla de Pareto de causas de paros después de implementación de mejoras.

Tipo de error	Número de errores	Número de errores acumulados	Porcentaje del total	Porcentaje del acumulado
Ausentismo	45	45.0	51.1	51.1
Cambio en programa de producción	17	62.0	19.3	70.5
Faltante de Material	14	76.0	15.9	86.4
Cambio de Ingeniería	6	82.0	6.8	93.2
Nuevo ingreso	5	87.0	5.7	98.9
Curva de aprendizaje	1	88.0	1.1	100.0
Total	88	281	100.0	-



**Gráfico 3.** Gráfico de Pareto después de aplicación de mejora.

Como puede observarse en el gráfico anterior los faltantes de material ya no son la causa mayor de paros de líneas, las contramedidas tomadas causaron la reducción en el grado de ocurrencia de este concepto.

**Tabla 11.** Tabla de Pareto de tipos de faltantes de material.

Tipo de error	Número de errores	Número de errores acumulados	Porcentaje del total	Porcentaje del acumulado
Faltantes de circuitos	8	8	57.1%	57.1%
Faltantes de componentes	6	14	42.9%	100.0%
Total	14		100.0%	-

En la tabla 11 se puede observar que existe una reducción significativa en paros por manejo de circuitos. Además existió una baja en la cantidad de faltantes de componentes. Por lo anterior significa que las mejoras implementadas influyeron significativamente en los paros de líneas.

#### 4.5 Reducción de inventario de producto terminado basado en JIT.

Después de verificarse la efectividad de las mejoras implementadas, se tomaron en cuenta los criterios mencionados a continuación,

**1. Comunicar nuevo método de producción al cliente.** Se comunicó nuevo método de producción de partes en base a sistema de *pull* o “jalón”. El cliente estuvo de acuerdo con el cambio.

**2. Asumir nuevo método de trabajo.** El personal se comprometió a trabajar con la nueva filosofía de trabajo. En caso de cumplir con la meta de producción antes de completar la jornada laboral, los operadores de la planta realizan funciones de cinco eses, mantenimiento preventivo, participaron en equipos de mejora continua o recibieron entrenamiento.

**3. Establecer medidas de contingencia.** Si la producción se retrasa, se compensó mediante tiempo extra el mismo día en que se presentó la falla. En caso de cambios en la demanda semanal no programados, se asignará tiempo extra para completar requerimiento extraordinario.

Para reducir al mínimo los faltantes de material no contemplados, se implementaron juntas diarias de reportes de cortos para expeditar el material por el medio adecuado según sea el caso (por aire, tierra etc.). En caso de presentarse faltantes de circuitos no contemplados,

estos entran a categoría de urgente y son cortados antes que cualquier otro circuito. Se asignará tiempo extra para completar programación de corte de circuitos.

**4. Disminuir el tamaño del inventario de seguridad.** Como parte de la política de producción de la empresa, la planeación que se realizaba era *Just in case* (en caso de fallas). La producción basada en generación de altos niveles de inventario de protección fue efectiva para asegurar la entrega a tiempo, pero ha sido muy costosa, el alto riesgo de parar la producción, obligaba a la empresa a mantener altos inventarios de producto terminado. El no producir solamente en las cantidades y tiempos requeridos por el cliente, se tiene un bajo *throughput*, es decir la velocidad a la cual una empresa genera dinero a través de las ventas, no de la producción, además del costo de mantener y administrar el inventario. Los niveles de inventario de cinco productos manejados en la planta son mostrados en el anexo uno donde se muestran más de cinco semanas de inventario en algunos números de parte evaluados en diez semanas.

Como contramedida para reducir el desperdicio por sobreproducción, se realizó una reducción del inventario de seguridad de producto terminado basado en justo a tiempo. Para llevar a cabo el mismo, fueron determinantes la aplicación de las mejoras mencionadas en los puntos anteriores para atacar la causa raíz de los paros de producción potenciales. Si se aplica la reducción de riesgo de paro de línea aplicando las técnicas de manufactura esbelta, nos permitirá tener una producción esbelta en la cual, se programará producción en base al requerimiento del cliente, por lo que si los requerimientos se reducen en determinado tiempo del año modelo, no sería necesario mantener el mismo estándar de producción. El cliente se compromete por previo contrato a pagar dos semanas como protección a manera de inventario de seguridad. Cualquier inventario mayor a este es responsabilidad de la empresa.

Los efectos de la producción esbelta son mostrados en el apéndice dos, donde se muestra la programación de la producción de partes en diez semanas para cinco productos manejados en la empresa, se puede observar la reducción del inventario un máximo de 3.5 semanas y un mínimo de 2.5 como nueva política de producción. El inventario de seguridad extra que se maneja actualmente es de 0.5 semanas como mínimo a una semana como máximo, este es manejado en caso de presentarse alguna contingencia por falta de algún material. Estos se ordenan al almacén general de materia prima ubicado en Ciudad Juárez, el tiempo de llegada una vez que se pone la orden de un componente es de dos a tres días en tiempo de

entrega normal. La implementación del nuevo método de manejo de inventario permite reducir el costo de la gestión y por pérdidas en almacenes debido a almacenamientos de inventarios de seguridad innecesarios, al producirse sobre pedidos reales y no basándose en suposiciones. Además, se obtiene una reducción potencial de la *muda* de inventario de circuitos y materia prima en proceso, ya que el sistema programará una menor cantidad de ellos al reducirse el tamaño del inventario de seguridad de producto terminado. Como complemento, el ahorro semanal potencial evaluado en diez semanas se muestra en el apéndice cinco. El ahorro en flujo de efectivo potencial estimado en promedio evaluado en diez semanas es de \$36,833 Dólares por semana.

**5. Modificar distribución de planta.** Una vez eliminado el almacenamiento del excedente de producto terminado se observó que existía discontinuidad en el flujo en las áreas de corte y remachado producción dando apariencia de desorden. En el apéndice tres se muestra la planta antes de la modificación. Por lo tanto se realizó un reacomodó en la distribución de planta para redistribuir el área de corte y remachado, así como el área de procesos intermedios y para aprovechar el área liberada en almacén destinada al producto terminado.

**Organización (Seiri):** Se eliminó el espacio de almacén desperdiciado destinado a mantener exceso de inventario de producto terminado.

**Orden (Seiton):** Se redistribuyó el área de corte y remachado, se aprovechó el espacio libre para eliminar discontinuidad en el flujo de producción. Se utilizó una distribución de planta por procesos.

**Limpieza (Seiso):** Una vez que el espacio de trabajo fue despejado (seiri) y ordenado (seiton), se procedió a limpiar el área y a la colocación de identificaciones en las secciones destinadas a producto terminado.

**Mantener (Seiketsu):** Se modificó el plano de la planta, se publicó y se envió al corporativo. Se identificó el área reubicada, se señaló nueva posición para cada máquina en el piso de producción.

**Disciplina (Shitsuke):** Se verificó el acomodo del área modificada en las auditorias diarias utilizando *checklist* de *housekeeping*.

Se mejoró la distribución por proceso al agrupar las instalaciones similares en sus respectivas secciones. Además se sigue el flujo de proceso en base a las instrucciones de operación para la fabricación de un arnés: Materiales, corte, actividades secundarias y ensamble. Los *racks* de almacén fueron reacomodados, por lo que la nueva distribución permite al almacén facilitar el flujo del surtido de material a las áreas productivas. Al corte de alambre, su relocalización le permite recibir los materiales de manera directa del almacén y entregarlos al área de procesos intermedios o ensamble a manera de línea de flujo. Como se puede observar en la modificación realizada, el flujo de producción es más ordenado con apariencia de limpieza y orden. La distribución física por procesos dio como resultado una mejora en la organización de las máquinas que realizan las actividades de corte y actividades secundarias al agruparse en sus respectivas secciones. Otra ventaja es que la capacitación de personal de nuevo ingreso puede realizarse con mayor facilidad al contar con compañeros de trabajo con mayor experiencia a su alrededor que realizan operaciones similares. Además de acuerdo a O'Grady (1992), es el tipo de distribución recomendada para llevar a cabo un sistema de Justo a tiempo. En el apéndice cuatro se muestra la planta después de la modificación. La aplicación de este paso permitió creación de lugares de trabajo más organizados, ordenados, limpios y seguros.

Como complemento, cabe destacar que el espacio liberado tiene un área de 5329 Ft<sup>2</sup> y cada unidad tiene un costo de renta por mes de \$0.40 Dólares Americanos. Por lo tanto se tiene un ahorro potencial de \$2131.6 Dólares por mes y \$25,579.2 Dólares por año.

#### **4.6 Estandarización de mejoras implementadas.**

El último paso del método es la estandarización del nuevo proceso. Para esto, se publicaron los resultados de la mejora y se realizó una junta de salida, en donde tanto las personas involucradas en el desarrollo de la mejora como algunos de las personas que trabajarán con el sistema, expusieron las ventajas de la mejora implementada. Los resultados fueron registrados en una base de datos de mejoras y fueron enviadas al corporativo para su información. El paso de registro es muy importante como parte del plan de lecciones aprendidas y es uno de los requerimientos del sistema de calidad de la empresa. Además, puede servir de base para futuras investigaciones o plantas del mismo giro que hayan tenido situaciones similares a la empresa en estudio.

Se realizó una reunión de cierre, donde los representantes de todos los departamentos se comprometieron con el mantenimiento del sistema y el compromiso de detectar áreas de oportunidad para mejorarlo en un futuro. Posteriormente, en la siguiente visita del cliente se le comunicó el cambio en la política de producción y fue registrado en la matriz de mejora continua para demostrar el cambio en la filosofía y las diferencias entre los métodos de trabajo anteriores y las mejoras implementadas. El cambio en el procedimiento para cada una de las mejoras fue modificado y controlado por el departamento interno de control de documentos de la empresa, lo mismo con el *layout* modificado de la planta como parte del sistema de gestión de la calidad ISO/TS 16949 que rige a la industria automotriz.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al término de este trabajo se puede concluir que el objetivo planteado al inicio del proyecto fue cumplido al elaborarse las propuestas de mejora para disminuir los desperdicios que se generaban en las áreas de producción y almacén. Se encontró la causa raíz de los problemas detectados y se destacaron los efectos de las mejoras implementadas en ellas, lo que conlleva a la reducción de costos, inventarios y paros de líneas.

La implementación de sistemas de producción que logren cumplir con las demandas del mercado actual, no implica realizar enormes inversiones en costosos sistemas de automatización o ambiciosos rediseños de distribución de planta y líneas de producción. Se debe realizar un análisis adecuado de las situaciones que se presentan en la compañía y se puede lograr desarrollar un sistema efectivo que cumpla con las necesidades de la empresa. Los métodos de detección de problemas y de desperdicios son de gran ayuda para lograr detectar la causa raíz del problema y eliminar falsas suposiciones o métodos empíricos para determinar las fuentes de las situaciones no deseadas.

Herramientas tales como los *poka yoke* de aviso permitirán a los usuarios del sistema una ayuda efectiva para evitar situaciones indeseadas en el proceso de requerimiento de material, indicando de manera visual una alarma para poder tomar medidas de contención para evitar problemas de inventario futuros y evitar la generación de desperdicios.

El sistema de tarjetas e identificadores *kanban* permite evitar confusiones en los operadores y repartidores de material, asimismo su filosofía ayuda a la empresa a reducir sus inventarios de material en proceso y producto terminado. La herramienta de *kanban*, elimina confusiones en la lectura de los datos, reduce la cantidad de inventario en proceso, reduciendo de esta manera los costos de operación y el riesgo de obsolescencia, además de mejorar el tiempo de entrega a las líneas de producción que pudieran causar un paro en las mismas.

La inclusión del cambio de sistema de producción como el justo a tiempo basándose en los requerimientos o sistema "*Pull*" en lugar de "*Push*" o de empuje, permitirá reducir el inventario de producto terminado, ya que la planta solo producirá en las cantidades y tiempos requeridos por el cliente, esto le permitirá mejorar el *throughput* y reducir el espacio manejado en almacén para su reutilización. Al término de este proyecto se obtuvo un área liberada de 5329 Ft<sup>2</sup> equivalentes a un ahorro potencial en renta de \$25,579 Dólares por año. El inventario de seguridad se redujo de un máximo de 5.7 a 3.5 semanas y el mínimo de 4 a 2.5 semanas, obteniéndose un ahorro estimado en flujo de efectivo de \$36,833 Dólares por semana.

Basándose en la filosofía del mejoramiento continuo, se recomienda que la siguiente meta para la empresa debe ser la reducción del inventario de seguridad a niveles menores a los alcanzados, lo cual solo podrá ser posible si se mantiene el plan de implementación de mejoras que permitan eliminar o reducir el riesgo de futuros paros de producción potenciales. Al finalizar el desarrollo del estudio y una vez que las mejoras fueron implementadas, los paros de línea por faltantes de material disminuyeron de 98 a 14 ocurrencias después diez semanas de evaluación.

Es importante señalar que la capacitación y la sensibilización son procesos clave para darle la importancia necesaria a los miembros que participaran en el sistema, ya que

finalmente serán los encargados de lograr la implementación de mejoras en el proceso y su mantenimiento para continuar teniendo las ventajas que proveen las herramientas de *lean manufacturing*. Por lo tanto, se recomiendan cursos de capacitación previa a la implementación del sistema, y sensibilización del personal que participará en el proyecto para que se genere un compromiso por parte de los mismos y un convencimiento total de su funcionamiento, así como de la ventaja de incorporar mejoras en los procesos productivos.

Es importante que la alta gerencia este comprometida con la planeación estratégica y monitorear el proceso de implementación y su mantenimiento, esto permitirá que la cadena de mando asuma el compromiso para el logro de las metas del grupo. La asignación de recursos y el compromiso de los miembros involucrados es clave para el cumplimiento del cambio de sistema de producción en tiempo y forma.

La reducción del inventario no debe ser una decisión tomada a la ligera, debe evaluarse los requerimientos del cliente y tener en cuenta un plan de contingencia en caso de problemas para entregar piezas al cliente a tiempo. El inventario oculta variabilidad en los procesos, por lo tanto se necesita implementar políticas de producción esbelta, métodos y procedimientos basados en herramientas para la reducción del desperdicio. Todo este esfuerzo mejorará la producción de las partes, elevara la calidad del producto y servicio, reducirá los costos de producción y por lo tanto elevara las ganancias y la satisfacción del cliente.

## BIBLIOGRAFÍA

Bizmanuals (2009). *What's the Difference Between Process Improvement Programs?*. Recuperado el 03 de Agosto del 2009, de <http://www.bizmanualz.com>.

Cervilla, M. (2004). *Amortiguadores Gabriel: Un caso de mejora continua*. Caracas, Venezuela: IESA

Chase R., Jacobs R., Aquilano N. (2005). *Administración de la producción y operaciones*. México DF, México: Mc Graw Hill.

Contreras, José (2007). Las Maquiladoras en México como Catalizador de la Globalización. Recuperado el 11 de Marzo del 2009 de <http://www.joseacontreras.net/empmex>.

Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (2009). Diagrama de Pareto. Recuperado el 12 de Marzo del 2009, de [www.fundibeq.org](http://www.fundibeq.org).

Goldratt, E. (1992). *La carrera*. México, México: Ediciones Castillo.

González-Aréchiga, A. (2009). Tendencias en manufactura: manufactura esbelta. Tec empresarial. Recuperado el 12 de Abril del 2009, de <http://www.liderempresarial.com>.

Hirano H. (1989), *Poka-Yoke*. EEUU: Productivity Press.

Liker, J, (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. EEUU: Mc Graw Hill.

Niebel B., Freivalds A. (2004). *Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo*. México: Editorial Alfa Omega.

O'Grady, P. J. (1992). *Just-in-time; una estrategia fundamental para jefes de producción*. España: Mc Graw Hill interamericana de España S. A.

Pande P., Neuman R. (2004). *Las claves prácticas de seis sigma*. España: Mc Graw Hill.

PPB consultores (2009). Diagrama relacional. Recuperado el 03 de Abril del 2009, de [www.ppbconsultores.com](http://www.ppbconsultores.com).

Render B. (2004). Principios de administración de operaciones. México: Pearson Educación

Reyes Aguilar P. (2002). *Manufactura delgada (LEAN) y seis sigma en empresas Mexicanas: experiencias y reflexiones*. México: Revista contaduría y administración N. 205.

Robinson P. (2007). *La Excelencia en los Negocios*. Inglaterra: BPIC

Shingo, S. (1990). *El sistema de producción de Toyota desde el punto de vista de ingeniería*. EEUU: Productivity.

Schonberger, J. (1990). *Técnicas Japonesas de Fabricación*. México: Limusa.

Soto M. (2002). *Integración automotriz en América del Norte*. México: Revista mexicana de estudios canadienses, Nueva época Amec.

Grupo de asistencia técnica a proveedores de Ford (*Ford Supplier technical assistance group*). Lean Deployment Book. Recuperado el 13 de Febrero de 2009, de [www.covisint.com](http://www.covisint.com).

*The quality portal* (2009). Poka Yoke or Mistake Proofing: Overview. Recuperado el 29 de Abril, de <http://thequalityportal.com/pokayoke.htm>.

Toyota Motor Corporation (2002). *Wire Harness Repair Manual Toyota Motor corporation*. EEUU: *Toyota Motor Corporation*.

Vicencio, A. (2007). *La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas*. México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Womack, J. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*, Simon & Schuster, New York.

# APÉNDICE I

## Arneses con alto nivel de inventario de producto terminado

Tipo de producto	Producción semana 1	Producción semana 2	Producción semana 3	Producción semana 4	Producción semana 5	Producción semana 6	Producción semana 7	Producción semana 8	Producción semana 9	Producción semana 10
<b>Panel de instrumentos H3</b>										
Embarque programado	900	900	900	1000	1000	800	800	800	700	800
Producción programada	900	900	900	900	0	1000	1000	1000	0	1000
Inventario actual	4500	4500	4500	4400	3400	3600	3800	4000	3300	3500
semanas de Inventario	5.00	5.00	5.00	4.40	3.40	4.50	4.75	5.00	4.71	4.38
<b>Chasis H3</b>										
Embarque programado	896	896	896	952	952	896	840	840	728	728
Producción programada	1160	1160	1160	1160	1160	1160	0	1160	0	0
Inventario actual	3900	4164	4428	4636	4844	5108	4268	4588	3860	3132
semanas de Inventario	4.35	4.65	4.94	4.87	5.09	5.70	5.08	5.46	5.30	4.30
<b>Motor H3</b>										
Embarque programado	900	900	900	1020	780	840	780	780	780	780
Producción programada	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792
Inventario actual	3750	3642	3534	3306	3318	3270	3282	3294	3306	3318
semanas de Inventario	3.75	4.05	3.93	3.24	4.25	3.89	4.21	4.22	4.24	4.253846154
<b>Panel de instrumentos Cadillac DTS</b>										
Embarque programado	800	800	700	700	700	700	700	700	600	600
Producción programada	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
Inventario actual	3000	2920	2940	2960	2980	3000	3020	3040	3160	3280
semanas de Inventario	3.75	3.65	4.20	4.23	4.26	4.29	4.31	4.34	5.27	5.47
<b>Panel de instrumentos Buick Lucerne</b>										
Embarque programado	1300	1300	1200	1100	1100	1100	1000	1100	1000	1000
Producción programada	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
Inventario actual	5500	5208	5016	4924	4832	4740	4748	4656	4664	4672
semanas de Inventario	4.23	4.01	4.18	4.48	4.39	4.31	4.75	4.23	4.66	4.67

Fuente: Información de matriz de programación de la producción de la empresa en estudio.

## APÉNDICE II

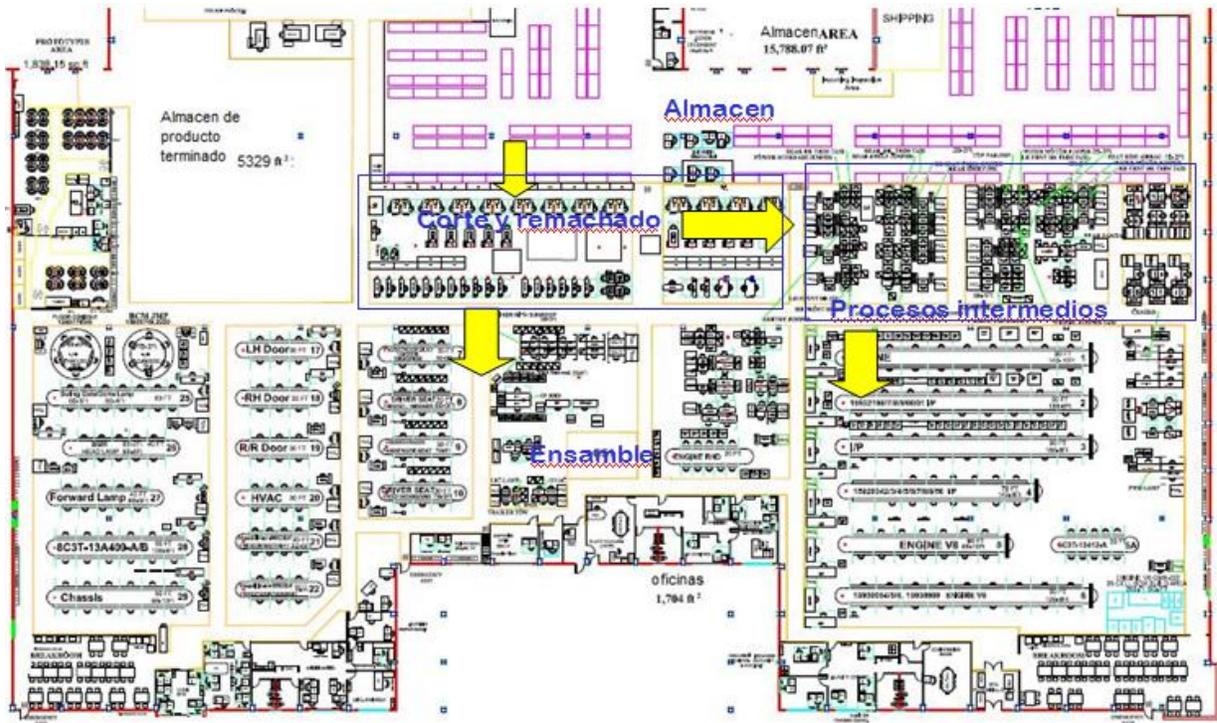
Niveles de inventario de producto terminado después de aplicación de mejoras.

Tipo de producto	Producción semana 1	Producción semana 2	Producción semana 3	Producción semana 4	Producción semana 5	Producción semana 6	Producción semana 7	Producción semana 8	Producción semana 9	Producción semana 10
<b>Panel de instrumentos H3</b>										
Embarque programado	800	700	800	800	900	900	900	800	700	800
Producción programada	1000	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	0	1000
Inventario actual	2500	1800	2000	2200	2300	2400	2500	2700	2000	2200
semanas de Inventario	3.13	2.57	2.50	2.75	2.56	2.67	2.78	3.38	2.86	2.75
<b>Chasis H3</b>										
Embarque programado	840	728	728	952	952	896	840	840	728	728
Producción programada	1160	580	580	1160	1160	580	1160	580	580	580
Inventario actual	2700	2552	2404	2612	2820	2504	2824	2564	2416	2268
semanas de Inventario	3.21	3.51	3.30	2.74	2.96	2.79	3.36	3.05	3.32	3.12
<b>Motor H3</b>										
Embarque programado	840	780	780	780	840	840	780	780	720	720
Producción programada	396	396	792	792	792	792	792	792	396	792
Inventario actual	3000	2616	2628	2640	2592	2544	2556	2568	2244	2316
semanas de Inventario	3.75	3.35	3.37	3.38	3.09	3.03	3.28	3.29	3.12	3.216666667
<b>Panel de instrumentos Cadillac DTS</b>										
Embarque programado	700	600	600	700	700	700	700	600	600	600
Producción programada	720	360	720	720	720	720	720	360	360	720
Inventario actual	2200	1960	2080	2100	2120	2140	2160	1920	1680	1800
semanas de Inventario	3.14	3.27	3.47	3.00	3.03	3.06	3.09	3.20	2.80	3.00
<b>Panel de instrumentos Buick Lucerne</b>										
Embarque programado	1100	1000	1000	1100	1100	1200	1000	900	900	900
Producción programada	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
Inventario actual	3000	3008	3016	2924	2832	2640	2648	2756	2864	2972
semanas de Inventario	2.73	3.01	3.02	2.66	2.57	2.20	2.65	3.06	3.18	3.30

Fuente: Información de matriz de programación de la producción de la empresa en estudio.

# APÉNDICE III

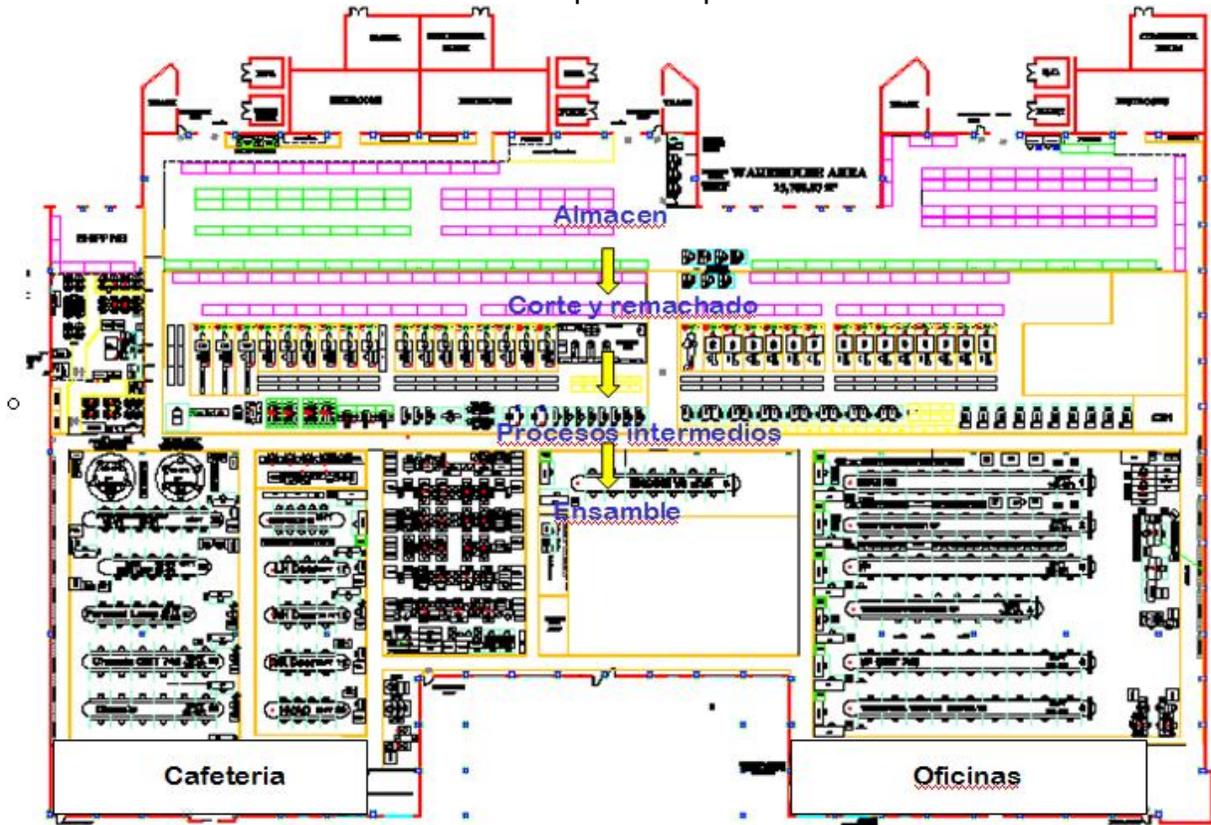
## Distribución de planta anterior



Fuente: *Layout* proporcionado por de la empresa en estudio.

## APÉNDICE IV

Distribución de planta implementada



Fuente: *Layout* proporcionado por de la empresa en estudio.

## APÉNDICE V

Ahorro por semana en flujo de efectivo después de reducción de inventario.

Periodo de evaluación	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Tipo de producto	Panel de instrumentos H3									
Inventario actual	4,500	4,500	4,500	4,400	3,400	3,600	3,800	4,000	3,300	3,500
Inventario modificado	2,500	1,800	2,000	2,200	2,300	2,400	2,500	2,700	2,000	2,200
Reducción total	2,000	2,700	2,500	2,200	1,100	1,200	1,300	1,300	1,300	1,300
Costo por pieza	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3	\$5.3
Recucción por semana	\$10,600	\$14,310	\$13,250	\$11,660	\$5,830	\$6,360	\$6,890	\$6,890	\$6,890	\$6,890
Tipo de producto	Chassis H3									
Inventario actual	3,900	4,164	4,428	4,636	4,844	5,108	4,268	4,588	3,860	3,132
Inventario modificado	2,700	2,552	2,404	2,612	2,820	2,504	2,824	2,564	2,416	2,268
Reducción total	1,200	1,612	2,024	2,024	2,024	2,604	1,444	2,024	1,444	864
Costo por pieza	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7	\$3.7
Recucción por semana	\$4,440	\$5,964	\$7,489	\$7,489	\$7,489	\$9,635	\$5,343	\$7,489	\$5,343	\$3,197
Tipo de producto	Motor H3									
Inventario actual	3,750	3,642	3,534	3,306	3,318	3,270	3,282	3,294	3,306	3,318
Inventario modificado	3,000	2,616	2,628	2,640	2,592	2,544	2,556	2,568	2,244	2,316
Reducción total	750	1,026	906	666	726	726	726	726	1,062	1,002
Costo por pieza	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5	\$6.5
Recucción por semana	\$4,875	\$6,669	\$5,889	\$4,329	\$4,719	\$4,719	\$4,719	\$4,719	\$6,903	\$6,513
Tipo de producto	Panel de instrumentos Cadillac									
Inventario actual	3,000	2,920	2,940	2,960	2,980	3,000	3,020	3,040	3,160	3,280
Inventario modificado	2,200	1,960	2,080	2,100	2,120	2,140	2,160	1,920	1,680	1,800
Reducción total	800	960	860	860	860	860	860	1,120	1,480	1,480
Costo por pieza	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5
Recucción por semana	\$4,400	\$5,280	\$4,730	\$4,730	\$4,730	\$4,730	\$4,730	\$6,160	\$8,140	\$8,140
Tipo de producto	Panel de instrumentos Buick Lucerne									
Inventario anterior	5,500	5,208	5,016	4,924	4,832	4,740	4,748	4,656	4,664	4,672
Inventario reducido	3,000	3,008	3,016	2,924	2,832	2,640	2,648	2,756	2,864	2,972
Reducción total	2,500	2,200	2,000	2,000	2,000	2,100	2,100	1,900	1,800	1,700
Costo por pieza	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2	\$5.2
Recucción por semana	\$13,000	\$11,440	\$10,400	\$10,400	\$10,400	\$10,920	\$10,920	\$9,880	\$9,360	\$8,840
	Total de ahorro en flujo de efectivo por semana									
	\$37,315	\$43,663	\$41,758	\$38,608	\$33,168	\$36,364	\$32,602	\$35,138	\$36,636	\$33,580