



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Apizaco

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL SISTEMA KANBAN EN LA CADENA DE SUMINISTROS
MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO”

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

PRESENTA

I.Q Anel Flores Díaz

DIRECTOR

M.C. Crisanto Tenopala Hernández

CODIRECTOR

Dr. Jorge Luis Castañeda Gutiérrez

NOVIEMBRE 2015

Contenido

INTRODUCCION	i
I. Antecedentes del problema	i
II. Planteamiento del problema	ii
III. Objetivos.....	iii
Objetivo general.....	iii
Objetivos específicos.....	iv
IV. Justificación	iv
V. Alcances y limitaciones.....	v
VI. Preguntas de la investigación.....	v
VII. Identificación de variables dependientes e independientes.....	v
VIII. Hipótesis	vi
CAPITULO I KANBAN	1
1.1 Estado del arte	1
1.2 Marco teórico	11
1.2.1 Cadena de suministros	11
1.2.2 Kanban.....	16
1.2.3 Simulación	23
1.3 Marco contextual	27
1.3.1 Sector Automotriz en México.....	27
1.3.2 Empresa JOPP Automotive de México S.A. de C.V.	28
1.3.3 Mapeo de la cadena de valor (VSM).....	29
CAPITULO II METODOLOGIA.....	30
2.1 Definición del tipo de investigación	30
2.2 Muestra.....	32
2.3 Clasificación de las variables.....	32
2.4 Escalas de medición de cada variable.....	33
2.5 Metodología a seguir.....	33
2.6 Instrumentos de recolección	34
CAPITULO III DESARROLLO DEL MODELO Y SIMULACIÓN	35
3.1 Construcción del Value Stream Mapping.....	35
3.2 Identificación de las variables	41
3.3 Construcción del modelo	42
3.4 Corrida del modelo.....	46
3.4.1 Fluctuación de la demanda.....	56

3.4.2 Stock de seguridad	56
3.4.3 Tiempo de ciclo.....	57
CAPITULO IV PROPUESTAS DE MEJORA	58
4.1 Reacomodo y stock de seguridad	58
4.2 Formación de células de manufactura	63
CONCLUSIONES	66
Referencias	68
Anexo 1 Tiempos y movimientos.....	71
Anexo 2 Notas de campo.....	72
Anexo 3 Diagrama de recorrido	74
Anexo 4 Formación de células de manufactura	75

Contenido de Tablas

No. 1 Variables identificadas	vi
No. 2 Variables dentro de la investigación	33
No. 3 Identificación de operaciones	36
No. 4 Variables identificadas	41
No.5 Tiempos de operación.....	48
No. 6 Resultados de las simulaciones.....	54
No. 7 Producción de Febrero a Marzo del año 2014 de la línea de recubrimiento de freno A7	55
No. 8 Producción de Junio a Agosto del año 2014 de la línea de recubrimiento de freno A7	63

Contenido de Figuras

1 Sistema Kanban	iii
2.1 Requisitos de un experimento.	31
2.2 Diagrama de la metodología de la muestra	34
3.1 Matriz de identificación de familias	37
3.2 Value Stream Mapping actual	38
3.3 Value Stream Mapping futuro	40
3.4 Esquema del sistema a modelar	42
3.5 Definición de las locaciones.	43
3.6 Definición de entidades.	44
3.7 Definición de arribos.....	44
3.8 Lógica de procesamiento..	45
3.9 Lay-out del modelo.....	47
3.10 Actividad de la entidad en el sistema.	49
3.11 Estado de la entidad.....	50
3.12 Porcentaje del estado de la entidad.....	50
3.13 Reporte de localizaciones con multicapacidad con un stock de 720 piezas.....	52
3.14 Estado de locaciones con multicapacidad.	53
4.1 Acomodo original de la línea de freno A7 en Jopp Automotive S.A. De C.V.....	59
4.2 Propuesta del reacomodo y stock en cada operación.	60
4.3 Diagrama de recorrido actual y propuesto.....	62
4.4 Lay-out actual.	64
4.5 Lay-out propuesto.....	65

Contenido de graficas

1 Producción diaria del grip A7.....	55
2 Estado del sistema en cuanto a la fluctuación de la demanda.....	56
3 Estado del sistema en cuanto al stock de seguridad	57

INTRODUCCION

I. Antecedentes del problema

El sistema kanban normalmente realiza de manera eficiente y eficaz el control en la cadena de suministros, cuando la demanda es repetitiva y estable, sin embargo, el aumento de la variedad de productos y la distancia física entre los proveedores en las cadenas de suministro amplifican la complejidad de las aplicaciones del kanban y dan lugar a más errores, tales como los retrasos, las tarjetas perdidas y las entregas kanban incorrectas. Los sistemas kanban convencionales tienen dificultades para rastrear y monitorear las tarjetas físicas. Como resultado, el sistema kanban convencional, que fue creado para mejorar la eficiencia de fabricación, necesita mejoras en sí mismo.

Existen diferentes tipos de kanban entre los cuales podemos encontrar a los siguientes:

Kanban de producción: la principal función es enviar una orden al proceso anterior para fabricar el tamaño de la porción indicado en la tarjeta, donde tiene establecido el tipo y la cantidad a fabricar. El kanban de producción es utilizado en líneas de ensamble y otras áreas donde el tiempo de set-up es cercano a cero. Para su aplicación en las líneas de producción, la tarjeta debería estar puesta delante la primera pieza de trabajo, en este tipo de kanban las tarjetas se pueden ir acumulando en un contenedor hasta que la producción pueda empezar cuando se haya recolectado cierta cantidad de tarjetas.

Kanban de transporte entre procesos: su función es pasar la autorización para el movimiento de partes a partir de una etapa a otra. Especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, el kanban regresa de nuevo al proceso precedente para conseguir las piezas creando así un ciclo, la tarjeta es utilizada para retirar de la estación de trabajo los elementos innecesarios para fabricar los productos en el proceso posterior.

Kanban de señal: con este kanban se controla el stock máximo y mínimo de los materiales de producción solo con una tarjeta, es una señal para especificar el lote de fabricación ya que acompaña a la caja que contiene el lote.

El kanban puede ser una tarjeta, un contenedor o una señal electrónica.

En la actualidad, la necesidad de producir en forma eficiente, sin retrasos en la entrega del producto al cliente, manteniendo la calidad y a bajo costo, es un factor importante para las empresas que desean ser competitivas en un mercado como el actual, que exige respuesta pronta a sus requerimientos de compra. Por lo tanto, la implementación de sistemas de producción eficientes es algo primordial que deben implementar las empresas industriales de manufactura. Esta forma de administrar la producción es muy distinta a los sistemas tradicionales que centraban la atención en el proceso de fabricación mismo, sin tener en cuenta las necesidades y tiempos del mercado, en la creencia de que lo eficiente era que las máquinas estuvieran ocupadas produciendo el mayor tiempo posible, ignorando el costo de acumulación de stocks inmovilizados.

II. Planteamiento del problema

El sistema kanban es una de las herramientas que integran al Lean Manufacturing, esta consiste en utilizar tarjetas, contenedores o señales electrónicas denominados “kanban” por medio de las cuales se dan instrucciones de trabajo, a las distintas zonas de producción, las instrucciones van de un proceso a otro anterior a éste, todo esto se lleva en función del requerimiento del cliente produciendo solo lo necesario y no creando inventario como lo menciona Parra, O. J., (s.f).

La información que contiene la etiqueta “kanban” es acerca de lo que se va a producir, la cantidad a producir, mediante qué medios y cómo transportarlo. En algunas implementaciones se utilizan dos tipos de tarjetas y en otros una, en algunos casos sustituyen a las tarjetas por contenedores, encontramos sistemas con características particulares que cumplen con la función del sistema.

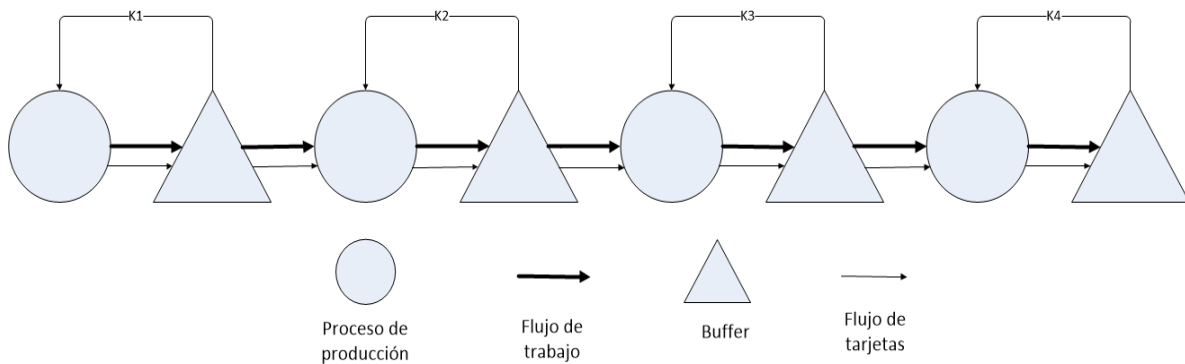


Figura 1 Sistema Kanban, Fuente: Elaboración propia, 2014

Sin embargo en la actualidad el uso de los sistemas kanban están limitados por diversos aspectos que alteran el proceso de fabricación como son: la modificación de los planes de trabajo con sucesos imprevisibles, así como la fluctuación de la demanda, entregas fuera de tiempo por parte de los proveedores, averías de la maquinaria lo que llevan a rupturas de producción. De la misma manera la implementación fallida de un sistema kanban provoca pérdidas. Se propone construir un modelo de simulación de abastecimiento que incluya las principales variables del sistema y nos permita visualizar el impacto que generan dichas variables en métricas como nivel de inventarios, entregas a tiempo, confiabilidad del cliente, satisfacción de la demanda y así prevenir los problemas, lo anterior nos permitirá construir estrategias para evitar que se ponga en riesgo el funcionamiento del sistema kanban.

III. Objetivos

Objetivo general

Diseñar un modelo de simulación de abastecimiento que permita visualizar el impacto de las variables del kanban en las métricas del desempeño en el sistema de suministro tales como nivel óptimo de stock, satisfacción de los clientes, entregas a tiempo entre otras.

Objetivos específicos

1. Diseñar un modelo de simulación para un sistema kanban con el software promodel que permita monitorear el comportamiento de variables como producto en proceso, stock de materiales, tiempo de entrega, etc.
2. Identificar las causas raíces de los problemas en el sistema kanban previniendo situaciones de riesgo.
3. Predecir escenarios con situaciones que impidan el buen desempeño del sistema kanban.

IV. Justificación

La globalización aunada a los avances tecnológicos crea la necesidad de hacer más competitivas a las empresas, obligando a la reducción de los costos de producción, en definitiva disminuir el despilfarro. Las mejoras tecnológicas de los equipos de fabricación, la automatización de los procesos y una gestión adecuada de los recursos aumentan las posibilidades de competitividad de las empresas. La necesidad de hacer más flexible el sistema de producción ha llevado a integrar en las filosofías de fabricación técnicas de gestión de la producción como el kanban, de acuerdo con Ruiz, R., Framiñan, J., Crespo, A., Y Muñoz, M. (2001a).

Con la ayuda de un modelo de simulación que identifique las variables que puedan causar el colapso en el sistema kanban y nos ayude a reaccionar a los cambios imprevistos en tiempo y forma minimizando el peligro de ruptura en la producción evitando así pérdidas debido a la falla del sistema.

Por otra parte la simulación permite realizar la experimentación de una manera controlada en menor tiempo que el real sin afectar a la línea, la cual puede seguir trabajando sin ningún inconveniente.

El modelo de simulación beneficiará a la empresa en la que se desarrolle la misma ya que esto ayudará a prevenir y/o anticiparse a los cambios que se tengan en la cadena de suministros que lleguen a alterar el sistema kanban.

V. Alcances y limitaciones

Prevenir situaciones que pueden llevar al colapso del sistema kanban poniendo en riesgo el nivel óptimo de stock, las entregas en tiempo a los clientes, la satisfacción de los clientes internos y externos, evaluar las variables que puedan perjudicar y/o beneficiar el funcionamiento del sistema.

Se realizará un mapeo de proceso que es lo más adecuado para identificar aquellas zonas con más problemas resaltando los problemas escondidos, entre otros. Posteriormente se identificarán las variables críticas que afecte el funcionamiento del sistema kanban provocando un colapso en la cadena de suministros, se realizara un modelo de simulación el cual ayude a probar distintos escenarios en el sistema llevando al análisis del modelo, evaluando las posibles causas que afecten al funcionamiento correcto del sistema kanban.

Una de las limitantes en el sistema kanban es que no es factible para todas las empresas solo en aquellas empresas que cuentan con procesos de producción repetitivos o en serie.

VI. Preguntas de la investigación

¿Cuáles son las características principales que necesita una empresa para implementar kanban?

¿Cuáles son las variables que pueden afectar el funcionamiento adecuado del sistema kanban?

¿Cuál es el impacto de las variables críticas en el funcionamiento del sistema kanban?

¿Cuáles son los beneficios de un modelo de simulación de abastecimiento?

VII. Identificación de variables dependientes e independientes

Mediante la observación del proceso, así como de la toma de tiempos y movimientos, anexo 1, fue posible identificar las principales variables tabla 1 que afectan el funcionamiento del mismo.

Tabla No. 1 Variables identificadas

Variables independientes	Variables dependientes
Stock de seguridad	Cumplimiento en las entregas de los pedidos
Fluctuación de la demanda	
Tiempo de entrega	
Rupturas de producción	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

VIII. Hipótesis

El modelo de simulación de la cadena de suministros en un sistema kanban permite controlar las variables críticas como el stock de seguridad, fluctuación de la demanda y tiempos de entrega que impactan en el cumplimiento en la entrega de los pedidos, lo cual beneficiara al desempeño logístico de la empresa.

CAPITULO I KANBAN

1.1 Estado del arte

Kanban

Sanchez, Sanchez, y Patiño (2012), simularon un sistema kanban usando N etapas con el objetivo de mantener un rendimiento aceptable y tiempo medio del sistema. Por medio de una serie de simulaciones usando la demanda dada por una distribución de Poisson con tasa λ . El objetivo de la simulación fue encontrar el mejor número de ingenio kanban en todas las N etapas de μ donde los valores (para una distribución exponencial del proceso) y λ se incrementan y decrementan. Al final de la simulación se determina la mejor manera de asignar las cadenas kanban sobre los N escenarios con el objetivo de mantener un buen rendimiento y tiempo medio del sistema.

De acuerdo con Sánchez y Echávarri (2009), en el que mencionan que la aplicación de la metodología kanban sin tarjetas en los procesos industriales mejora el control y seguimiento de la producción con filosofía “pull”. Con el fin de controlar el inventario en curso y su espacio ocupado se ha de dimensionar el tamaño de los buffers de cada subproceso con el fin de alcanzar en lo posible la capacidad productiva eficiente del sistema, teniendo en cuenta el impacto de las tasas de fallo de las máquinas del proceso. Muestran los resultados obtenidos con la simulación de un sistema productivo de fabricación de componentes fotovoltaicos que consta de diez subprocesos y que dispone de siete buffers intermedios cuyo dimensionamiento se optimiza para alcanzar la capacidad efectiva del proceso productivo. El dimensionado óptimo se ha obtenido a partir del cálculo del gradiente de la producción anual aumentando el dimensionado de cada buffer del proceso. Con el fin de aumentar la precisión del cálculo del gradiente aplicando la técnica de reducción de varianza de los números aleatorios comunes sobre la simulación del proceso productivo. Los resultados obtenidos aplicando dicha técnica son altamente satisfactorios, evitando el solapamiento de intervalos de confianza para determinar de forma más precisa el gradiente de producción y por lo tanto el dimensionado óptimo de los buffers.

Peter y Muñoz, (2009), mencionan que el tener pocos kanban conlleva a contar con pocos contenedores, por lo cual existe menor capacidad de almacenaje. Estando los contenedores llenos, la producción se detiene dejando de generarse un costo de sobreproducción. En cambio, cuantos más contenedores haya, más tiempo pasará hasta detener la producción y más costo de sobreproducción se generará.

A partir de los resultados obtenidos se observa que los costos debido a la falta de material se mantienen relativamente constantes respecto al número de kanban, los resultados obtenidos con un único kanban lo han omitido ya que no fueron satisfactorios, produciéndose errores debido a la secuencialidad de la simulación. Siendo la tasa de producción de 0.5, toda tasa de demanda inferior o igual a ésta produce un costo de falta de material nulo. A partir de tasas superiores al 0.5, este costo aumenta de manera constante.

Con los resultados obtenidos se puede observar que el sistema JIT es bastante más efectivo para bajas variaciones de demanda. Para este caso concreto, el número ideal de kanban solía coincidir con un término intermedio, es decir, alrededor de cinco ya que en ese caso se obtenía un costo combinado mínimo. Aunque esta haya sido únicamente una simulación muy simple del flujo básico del TPS, si fuera de interés se podría utilizar como base para una posterior extrapolación al sistema real.

Wan y Chen (2007), hacen mención sobre los sistemas convencionales que utilizan tarjetas kanban físicas los cuales sufren de errores humanos, la capacidad de seguimiento es limitada. Para hacer el flujo de información más ágil, los proveedores de software agregan nuevas características a sus programas existentes de los sistemas de fabricación para informatizar las actividades kanban. El desarrollo de un sistema totalmente basado en la web para kanban parece ser viable y prometedor, es un programa experimental que se ha desarrollado en PHP + MySQL, una plataforma de programación web popular. El programa de servidor ejecutado cuenta con la compatibilidad entre plataformas, el seguimiento en tiempo real y monitoreo del desempeño, mejorando enormemente los contenidos de información en comparación con sistemas kanban físicos. Los errores humanos se minimizan las transacciones se automatizan, sin embargo, la interconexión y

los datos de mantenimiento requieren nuevos esfuerzos de investigación.

Uzun O., Eski O. y Araz C. (2007), proponen una metodología para determinar los parámetros de diseño en los sistemas kanban por medio de una red neuronal artificial la cual se utiliza con el fin de generar modelos de simulación empleando la técnica de fabricación (TOPSIS), con el fin de reflejar el punto de vista en la toma de decisiones.

Uzun O. et al. (2007 citado en Hwang y Yoon, 1981) menciona que TOPSIS es una de las técnicas MCDM conocidas. El concepto básico de este método se basa en la selección de la mejor alternativa que tiene la distancia más corta desde la solución ideal y la distancia más lejana de la solución-negativa ideal.

Por lo tanto, la metodología propuesta asigna el número óptimo de kanban para cada estación y el tamaño óptimo del contenedor para el sistema de fabricación utilizando una red neuronal de propagación hacia atrás, para evaluar las combinaciones kanban; los resultados muestran que la metodología propuesta puede solucionar el problema de asignación de kanban eficaz y eficiente.

Koukoumialos y Liberopoulos (2005), desarrollaron un método analítico para la evaluación del desempeño de un sistema kanban de múltiples etapas, lo que proponen es descomponer el sistema original en un conjunto de subsistemas anidados y que cada uno se encuentre asociado con un escalon particular de etapas, cada subsistema se analiza en el aislamiento utilizando una técnica de aproximación a la forma del producto. Un procedimiento iterativo se utiliza para determinar los parámetros desconocidos de cada subsistema, los resultados numéricos demuestran que el método es bastante exacto en la mayoría de los casos en los que fue probado.

El sistema de control de escalón kanban tiene una mayor capacidad de producción, menor número promedio de demandas ordenadas de vuelta, pero sólo ligeramente superior WIP medio y ligeramente superior o ligeramente inferior a las FP (partes finales) que en el control convencional de un sistema kanban.

N. Krieg y Kuhn (2004), proponen un método de aproximación de descomposición basado en la generación de estimaciones precisas del rendimiento en estado estacionario de un

sistema de producción kanban controlado. La fabricación de este sistema puede procesar los elementos de varios productos diferentes. La configuración y tiempos de procesamiento se distribuyen de manera exponencial y así la llegada de los clientes es de acuerdo a los procesos de Poisson independientes entre sí. Un cliente cuya demanda no se pueden satisfacer desde el almacén, sale del sistema y satisface su demanda en otros lugares causando pérdida de ventas. La instalación de fabricación procesa artículos de un producto hasta que se haya alcanzado el nivel de inventario objetivo dado por el número de kanban, la fabricación está configurada para el próximo producto de acuerdo con una secuencia de configuración fija, si el nivel de inventario del siguiente producto está por debajo del objetivo, este producto se omite (procesamiento cíclico - exhaustiva con las configuraciones de estado - dependientes). La fabricación holgada se facilita cuando los niveles de inventario de todos los productos se encuentran en su nivel objetivo.

Ruiz, Framiñan, Crespo, y Muñoz (2001a), hacen mención que uno de los aspectos fundamentales a nivel operacional en los sistemas de producción es la obtención de la cantidad deseada de unidades a producir con la mínima cantidad de inventario en proceso. Para conseguirlo se puede optar por distintos sistemas de control de la producción. Estos sistemas se suelen denominar con carácter general por el efecto ejercido sobre el flujo de materiales: push efecto de empujar-, pull -efecto de tirar- e híbridos si se dan ambos efectos. Para comparar dichos sistemas se han construido los siguientes modelos: uno correspondiente a un sistema push puro, otro para el sistema pull más difundido: el JIT/KANBAN, otro para el sistema CONWIP –long pull- y finalmente, otro para el sistema CONWIP adaptado al OPT/DBR. Dichos modelos se han simulado utilizando el paquete de simulación WITNESS en distintos entornos: un entorno clásico de dos líneas que convergen a una sola de montaje; otro cuando existe de manera clara un cuello de botella y finalmente el caso de aparición de unidades defectuosas. Para estudiar el comportamiento de cada uno de los modelos simulados evaluando tanto la tasa de producción alcanzada como el nivel del inventario en proceso. Los resultados obtenidos muestran la superioridad del sistema CONWIP frente al sistema push y al JIT/KANBAN, especialmente cuando la línea debe operar casi a plena capacidad.

Ruiz, Framiñan, y Muñoz (2001b), refieren que los sistemas pull de control de flujo de los materiales en una línea de fabricación y/o montaje han demostrado su utilidad por la sencillez de su operatividad y pocos requerimientos del sistema de información de la empresa, así como por los resultados obtenidos en el control de la línea en cuestión donde se encuentran: reducción de inventario, cumplimiento de las cuotas de producción, etc. En este trabajo se realizó el estudio del comportamiento de un sistema pull de control del flujo de los materiales con inventario en proceso constante, conocido como CONWIP, en sus aspectos cuantitativos y cualitativos. Para ello se construyeron dos modelos del sistema de control CONWIP. El primer modelo construido con la metodología de la Dinámica de Sistemas, utilizando el paquete de software VENSIM, cuya simulación proporciona el conocimiento de la dinámica del sistema: interacciones entre las variables, bucles de realimentación, retrasos, etc. El otro modelo para la simulación discreta se construyó utilizando las facilidades del paquete WITNESS de simulación. Los resultados obtenidos por la simulación de ambos: la simulación continua de la Dinámica de Sistemas, y discreta, del modelo construido con Witness muestran un alto grado de complementariedad para la mejora de la gestión y control del sistema de producción estudiado.

Simulación

Aziz, Bohez, Kanda, Hibino, y Sakuma (2013), mencionan que uno de los principales problemas de los sistemas de manufactura push repetitivos (RMS) es el trabajo en proceso (WIP) acumulaciones entre las estaciones, debido a la naturaleza de empuje del flujo de material. Los sistemas de extracción basados en tarjetas de control de producción o push-pull ofrecieron un flujo de producción suave con reducción del WIP. Pero, la aplicación de estos sistemas de empujar entorno a la producción requiere enormes costos para los principales cambios culturales y operativos. Proponen una solución a las acumulaciones del WIP, sin alterar la estructura básica de funcionamiento del sistema de producción de empuje. Por lo tanto proponen un sistema de control de la producción basado en tarjetas orientadas al cuello de botella para RMS push. En donde el sistema de liberación de las piezas en la planta de producción es de acuerdo a la demanda de los clientes, mientras que

el flujo de material se ve limitado con la Autorización Tarjetas de Producción (PAC). El PAC circula entre la primera estación y la estación del cuello de botella en la forma de un bucle. La reducción de las acumulaciones de WIP entre las estaciones. Por lo que han llevado a cabo estudios de casos de simulación para demostrar la eficacia del enfoque propuesto.

Soto, J. y Fernandez, S. (2011), realizaron una simulación a través de un caso hipotético de un sistema de manufactura tipo Pull en donde los parámetros de entrada (variables independientes) son: la cantidad de Kanban asignados a cada estación de trabajo los cuales están encargados de dar la autorización de fabricar un producto y la variable de desempeño (variable dependiente), mediante el desarrollo y la validación de un modelo matemático auxiliar “Metamodelo” que sirve como apoyo en la comprensión del comportamiento de algunas variables del modelo principal. En la fase de construcción de dicho modelo auxiliar, se presenta la utilización de técnicas de regresión que permiten elegir el metamodelo de mejor ajuste. Finalmente se determina la relación funcional existente entre la cantidad de “Kanbans de Producción” (asignados a las estaciones de trabajo) y el porcentaje promedio de demanda satisfecha para todos sus productos (“% de Throughput”).

La construcción de metamodelos permite obtener un mayor entendimiento de las relaciones funcionales entre las variables que alimentan el sistema y la variable encargada de evaluar el desempeño de dicho sistema, por lo cual se convierte en una gran ayuda para comprender comportamientos de sistemas más complejos.

La investigación de Mora, Tobar, y Soto (2010), su investigación tuvo como propósito realizar un estudio comparativo entre algunos de los sistemas de control de la producción tipo “Pull”, basados en tarjetas “kanban”, con el fin de clarificar las diferencias entre los distintos mecanismos de funcionamiento, empleados por cada uno de los sistemas comparados en la investigación, se construyeron modelos simulados de algunos de los sistemas de control de la producción tipo “Pull”, utilizando el software de simulación PROMODELTM

Se construyeron modelos simulados de los sistemas de control de la producción tipo “Pull” conocidos como: sistema “kanban Mono Ficha”, sistema “Conwip”, sistema “kanban con una Política Minimal Blocking”, sistema “Kanban Doble Tarjeta”, sistema “Kanban Tipo Trigger” y sistema “Kanban Tarjeta Doble Función”. Dichos modelos se han simulado utilizando el software de simulación PROMODEL ^{TM2}, en una línea de producción de tipo “Flow-shop”, formada por tres estaciones de trabajo. Además, para estudiar el comportamiento de cada uno de los sistemas simulados, se han evaluado variables como: Producto en proceso, órdenes entregadas, y el tiempo de ciclo promedio de respuesta a los pedidos de los clientes.

Al aumentar las distancias entre las estaciones de trabajo y disminuir la velocidad de tránsito de los productos, los sistemas muestran mayores diferencias entre sí, determinando las variables de órdenes entregadas y tiempo de ciclo del pedido del cliente.

Savsar (2009), realizó una simulación para una línea de producción que es operada de acuerdo a la demanda. La simulación se basa en un modelo discreto y de esta manera analizar varios problemas. El modelo se utiliza para optimizar las capacidades de espacio de almacenamiento en fases intermedias y el número de kanban en la última etapa. Los efectos de varios parámetros de línea sobre la tasa de producción se analizan mediante diseño de experimentos. El modelo se utilizó para ver las asignaciones óptimas de (Uzun, Eski, y Araz, 2008) (Savsar, 2009) capacidad en las unidades de almacenamiento a lo largo de la línea si el equipo estuviera sujeto a fallos aleatorios.

El modelo de simulación investigo los efectos en las configuraciones de la línea, políticas de mantenimiento, capacidad, la variabilidad del tiempo de proceso, y la variabilidad de la demanda en la tasa de producción de la línea. Se creó un diseño factorial para investigar los factores significativos que afectan a la tasa de producción encontrándose con que la longitud de la línea, la capacidad de amortiguamiento, las políticas de mantenimiento, y la variabilidad de la demanda tuvieron efectos significativos sobre la tasa de producción.

Mitsuyuki, et. al (2004), mencionan que muchos estudios se han realizado para optimizar el sistema kanban como un sistema de control de producción. Sin embargo, la mayoría de

ellos pueden ser eficaces sólo en condiciones limitadas. Por lo tanto, estos estudios tienen dificultades para ser aplicados en la práctica. El propósito de su estudio fue proponer un método práctico para operar múltiples tipos y multi- etapas del sistema kanban usando simulación de eventos discretos. El método establece el número de kanban mucho más grande que el número estimado en el modelo de simulación. Desde el resultado de la simulación, el excedente de inventario se encuentra al restar el excedente de inventario desde el inventario máximo, el número necesario de kanban y el promedio de inventario se determinan.

El tiempo de cambio se calcula a partir del resultado de la simulación así como el rendimiento del sistema kanban se puede medir a través de la media del inventario y el tiempo de cambio. Se selecciona el mejor plan para operar el sistema kanban entre muchas alternativas basadas en la interpretación. Han propuesto una técnica de gestión de señal que utiliza la simulación la cual ayuda a través de las actividades de mejora y diseño del multi-sistema de cubierta de varios niveles, y determina de manera eficiente la calidad de las condiciones operativas.

En un estudio de análisis de los sistemas de control de la producción kanban y Conwip bajo escenarios de reproceso, s.f., se menciona que: La simulación de una línea de producción como la que se estudia, se hace partiendo de la identificación del sistema como un sistema dinámico de eventos discretos. La simulación se realiza con el programa Optquest, que es un módulo de Arena v.12.

Para realizar una simulación, es necesario desarrollar previamente el modelo conceptual que describe el comportamiento del sistema. Para continuar con el estudio, se hace necesario aclarar los conceptos del sistema y del modelo. En el proyecto, se realiza la simulación a partir de un software de simulación que implementa el paradigma de simulación de eventos discretos. Las características principales de las herramientas de simulación son: la generación de números aleatorios que corresponden a ciertas funciones de distribución, la gestión automatizada del tiempo de simulación, la gestión automatizada de las rutinas de tratamiento de los eventos que determinan el comportamiento del sistema, los algoritmos de análisis de los resultados y la posibilidad de generación de informes.

Optquest es un optimizador genérico que hace posible separar completamente el modelo que representa el sistema y el procedimiento que resuelve los problemas de optimización definidos en el modelo. Esta adaptación de diseño de métodos meta heurísticos, permite crear un modelo del sistema que incluye tantos elementos como sean necesarios para representar el caso real rigurosamente. El procedimiento de optimización utiliza los outputs del modelo para evaluar los inputs, analizando esta evaluación de los inputs y las anteriores, selecciona un nuevo conjunto de valores de inputs. Realiza una búsqueda no monótona especial, donde los inputs generados sucesivamente producen distintas soluciones, no cada vez mejores, pero que en un tiempo se encauzarán hacia las soluciones más eficientes o mejores soluciones. Normalmente este proceso continúa hasta que alcance algún criterio de finalización, usualmente en un tiempo límite.

Cadena de suministros

De acuerdo con Azadeh, A., Layegh, J., Pourankooh, P. (2010), realizaron un estudio en donde se evaluó el sistema de la cadena de suministro de varias etapas (SCS), controladas por el sistema Kanban en el cual la toma de decisiones se basa en la determinación del tamaño del lote para cada kanban, se intenta simular el sistema de la cadena de suministro con respecto a los costos en virtud a la filosofía de producción just- in-time. Dado que el modelo adoptado es de tipo hacia atrás, la salida deseada se da con el fin de encontrar los parámetros y/o la estructura del modelo de la producción de la salida. Este problema hacia atrás no es analítico y a menudo parece ser aún más complejo que la de adelante. Aplican un Algoritmo Genético (GA) para optimizar este modelo de simulación. Un simple GA código real se presenta y se utiliza para cambiar los parámetros del modelo de simulación. GA ofrece con éxito un conjunto de parámetros para demostrar su capacidad para resolver este tipo de problemas.

La gestión de la cadena de suministro ha llamado mucho la atención en ámbitos industriales y académicos, diversas técnicas se han desarrollado para modelar, analizar y resolver problemas complejos de toma de decisiones en las cadenas de suministro. La simulación por ordenador con su propia fuerza en la evaluación de las variaciones e interdependencias en un sistema complejo es una de esas técnicas prometedoras. Azadeh,

A., Layegh, J., Pourankooch, P. (2010) abordan la aplicación exitosa de GA- simulación, en donde a través de una técnica de búsqueda al azar, la optimización del modelo de simulación y diseño utilizando kanban para lograr los objetivos de control SCS bajo la filosofía JIT. Por otra parte, un algoritmo de optimización está acoplado al modelo que cambia directamente parámetros de control del modelo para aumentar su rendimiento.

Hiraiwa, Tsubouchi, y Nakade (2007), analizaron un tipo de combinación en una línea de producción bajo la base de control de existencias con información de la demanda avanzada en tiempo discreto . Proponen un algoritmo heurístico para encontrar los niveles de base de valores apropiados de todas las máquinas en un corto tiempo y el efecto de la información de la demanda avanzada es examinado por simulación con el algoritmo propuesto . Se muestra que el costo de inventario se reduce con pequeños retrasos usando la cantidad apropiada de información sobre la demanda y el establecimiento de los niveles de base de valores apropiados.

Mediante el uso de la cantidad apropiada de información en la demanda en cada máquina y establecer los valores de los niveles de existencias de base apropiada, el costo de inventario disminuye bajo la condición de que la cantidad de retrasos es no más de 0,1% de la cantidad de demanda.

Yamashita, Nakazawa, Nagasuka, Y Shigemichi (1989), consideran que una línea de producción que es operada de acuerdo a la demanda de los productos ayuda a minimizar la escasez de productos y excesos de inventario. Proponen un modelo, en donde las capacidades de almacenamientos de amortiguación y un almacén se ajustan de acuerdo a la demanda, y el bloqueo de cada etapa juega un papel esencial en la reducción de los inventarios innecesarios. La eficiencia de la línea se mide por la suma de la escasez promedio de los productos, el inventario promedio en proceso y productos terminados en el estado estacionario. Proponen dos métodos de solución aproximada eficiente que evalúan la eficacia de la línea en términos de parámetros de configuración. De estos dos métodos, el segundo método requiere más cálculos tediosos, pero es más preciso. Confirman la validez de los enfoques obtenidos mediante la comparación por métodos que

se obtienen por simulación. Ambos métodos tienen ventajas y desventajas con respecto a los sistemas computacionales.

El Dabee F., Marian R. y Amer Y. (2013), al respecto, señalan que: una de las herramientas con las que cuenta la manufactura esbelta es el JIT el cual trata de minimizar los costos que son generados innecesariamente dicha práctica deriva en algunos riesgos que las organizaciones ignoran, dichos riesgos impactan en los procesos del sistema interrumpiendo todas las partes de la cadena de suministro (proveedores y/o clientes) implicados. Esta investigación se centra en la forma en que el modelo propuesto puede reducir simultáneamente los costos y los riesgos de los sistemas JIT. Este modelo se desarrolló para determinar una estrategia óptima de pedido para la adquisición de materias primas, con el fin de reducir el costo total de los productos, y al mismo tiempo para reducir los riesgos derivados dentro del sistema de producción.

Con el modelo se concluye la comparación de la utilización de un sistema JIT con el uso de una cantidad específica de inventario durante un tiempo limitado tiene un impacto significativo en la instalación de producción. Esto significa que durante un tiempo de interrupción, mediante el uso de JIT, el sistema de producción se detendrá completamente. Sin embargo, al mantener un inventario suficiente, el sistema puede fabricar sus productos finales, pero con un beneficio limitado. De esta manera los principios de JIT se pueden aplicar de manera efectiva a las necesidades del cliente a un costo mínimo de inventario con un nivel de riesgo bajo.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Cadena de suministros

El término de cadena de suministros se le atribuye a Robert Lutz durante el tiempo que se encontraba en Chrysler. La cadena de suministros es una serie de actividades conectadas entre la relación comprador-vendedor iniciando con las materias primas hasta llegar al producto terminado y se entregue en las manos del cliente. La cadena de suministro está compuesta por una cantidad determinada de elementos “clave” relacionados entre sí, cuyas relaciones hacen posibles determinados procesos, dicha integración consigue conformar un sistema ordenado el cual permite mezclar de manera ordenada la dispersión espacial y las

diferencias de reacción de los distintos elementos del sistema como lo menciona Young, R., Esqueda, P.,(2005).

El transporte es uno de estos elementos del sistema el cual se presenta en todas las etapas de la cadena de suministro y su identificación es trascendental. En la práctica, debido a la errónea creencia de que los proveedores de servicio no agregan valor económico al producto, en el análisis de la cadena de suministro es común encontrar que no se les otorgue la debida importancia, e incluso son actividades relegadas a departamentos que no tienen injerencia alguna. El transporte requiere ser un servicio de calidad en términos de seguridad, regularidad, oportunidad, entregas a tiempo y costo, para ambas partes del proceso.

En la cadena de suministro se busca minimizar los inventarios en el canal de comercialización. El efecto en el transporte radica en la realización de una mayor cantidad de viajes para satisfacer la demanda en el momento que se requiere “justo a tiempo” lo cual se traduce en un incremento en los costos de operación del transporte. Con el incremento en el precio del combustible los costos de operación se incrementan y los gastos por concepto de transporte para el productor aumentan considerablemente.

Cada una de las partes participantes en la cadena de suministros debe colaborar con el objetivo de entregar el producto de manera rápida y eficaz como consecuencia de esto se tendrá una cadena de suministros optimizada ahorrando costos de distribución, transporte entre otros. Dependiendo de la estructura en la cadena de suministros el flujo de información de cada uno de los integrantes de la misma es aprovechado acorde a las necesidades de cada uno, Campuzano, Cruz, y Ros (2008 citado en Sterman, 1989) muestra que la información utilizada en una cadena de suministro tradicional se deteriora según se transmite entre los diferentes escalones de la cadena a causa de errores en previsiones, malas comunicaciones, desconfianza entre los miembros de la cadena etc.

La amplificación que la demanda del cliente final sufre al fluir por cada uno de los niveles que componen la cadena de suministro, representa un problema entre los que se encuentran: los tiempos de suministro variables, la inexactitud en las previsiones y la falta de información entre los integrantes de la cadena.

Un producto gana valor cuando pasa a través de la cadena, conociendo esto como “valor agregado” sin embargo se debe de identificar cuando una actividad no agrega valor para anularla del proceso, es importante que la cadena de suministros trabaje sincronizada ya que cualquier falla en la cadena creará un efecto en cadena ya sea en retroceso o hacia adelante; a causa de esto surge la gestión en la cadena de suministros en la cual se refiere a los métodos y herramientas para la mejora de la misma.

Las cadenas de suministro efectivas permiten competir con éxito en los mercados actuales, gracias al resultado que produce la conjunción de los objetivos de la cadena de suministro y la implantación de mejores prácticas en áreas como la planificación del suministro y la demanda, producción, transporte, almacenaje, compras y servicio al cliente. En la actualidad se han realizado simulaciones sobre la cadena de suministros en donde se modelan diferentes escenarios de una cadena de suministros tradicional creando diferentes tipos de estructuras de cadenas para así comprobar el funcionamiento en la gestión de la variabilidad de la demanda.

Los primeros partidarios de la colaboración empresarial desarrollaron el concepto de la tradicional cadena de suministro transformándola en un conjunto de redes de valor. Estas redes, automáticamente se han convertido en la extensión de los esfuerzos relacionados con la integración tradicional, que evolucionarán de las organizaciones aisladas a la creación de empresas ampliadas y a la creación de valor para cada uno de los socios de la red, que es el objetivo último, situación que parece no escurrir a las empresas de transporte. La gestión de relaciones múltiples por medio de la cadena de suministro es llamada: “Administración de la cadena de suministro”.

La estructura de la cadena de suministro son todas las empresas que participan en una cadena de producción y servicios desde las materias primas hasta el consumidor final. Las dimensiones por considerar incluyen la longitud de la cadena de suministro y el número de proveedores y clientes en cada nivel. Los factores más comunes que determinan la cantidad de empresas que deben ser administradas bajo el concepto de cadena de suministro son: la complejidad del producto, el número de proveedores y la disponibilidad de materias primas.

En la cadena de suministros es indispensable identificar cada uno de los miembros que integran la misma como lo son: Los miembros primarios que son todas esas compañías autónomas o unidades comerciales estratégicas que llevan a cabo actividades de valor agregado, operativas o de gestión, en los procesos comerciales produciendo un rendimiento específico para un cliente en particular o mercado como lo menciona Campuzano, Cruz, y Ros (2008).

Por otro lado, los miembros de apoyo son las compañías que simplemente proveen los recursos, conocimientos y utilidades para los miembros primarios de la cadena de suministro. Por ejemplo, las compañías de apoyo incluyen a los transportistas, los bancos, el dueño del edificio que proporciona el espacio del almacén, compañías que proporcionan equipo de producción, elaboración de folletos de comercialización de impresión, etc. Del lado de la distribución y el consumo, donde no se agrega valor alguno, los miembros de la cadena de suministro suelen ser aquellos en los cuales la empresa central tiene los mayores volúmenes de ventas, pero desde el punto de vista de la cadena de suministro, deben ser considerados como miembros los detallistas e incluso el consumidor.

Para el éxito de la cadena de suministro se requieren cambiar las actividades funcionales por actividades integrales de los procesos claves. Tradicionalmente, los proveedores y clientes de la empresa central, en una operación de suministro, actúan recíprocamente como entidades desconectadas que reciben flujos de información de manera esporádica. Se requiere que la información fluya continuamente para que se produzca el flujo más adecuado de los bienes. Es importante recordar que debido a que el enfoque de la gestión de la cadena de suministro tiene como base el cliente, se requiere de información precisa y oportuna de los procesos para que los sistemas de respuesta rápida respondan a los frecuentes cambios y fluctuaciones de la demanda. Una vez controlada la incertidumbre de la demanda del cliente, los procesos industriales y la actuación del proveedor, son básicos en la eficacia de la cadena de suministro, Jiménez, J. E., y Hernández, S. (2002).

La integración empresarial, lleva implícito el ahorro en costos, y beneficios, los cuales, irán aumentando de manera proporcional con el grado de integración que vaya alcanzando la cadena de suministro, desde el enfoque transaccional, pasando por un intercambio de

información hasta llegar al acercamiento total y a la instrumentación de relaciones de colaboración estratégica.

Sin embargo, a lo largo de la historia se han identificado distintas causas que interfieren en el funcionamiento adecuado de la cadena de suministros, aunque existe un denominador común a todas: el efecto látigo el cual se genera en las cadenas de suministro en las que los miembros están primordialmente interesados en optimizar sus propios objetivos sin considerar los del resto de los miembros. Una de las soluciones más eficaces es adoptar un enfoque de toma de decisiones basado en la búsqueda de un beneficio global para toda la cadena de suministro y migrar desde una anacrónica posición de búsqueda de óptimo local hacia un paradigma colaborativo.

En la cadena de suministro tradicional se puede observar como cada miembro toma sus decisiones de forma independiente de las decisiones de sus socios. Por lo tanto, las empresas toman decisiones operacionales para maximizar sus objetivos locales y por lo tanto emiten pedidos basándose únicamente sobre su propio nivel de inventario sin considerar la situación de los otros miembros. La única información que un miembro genérico recibe de sus socios son los pedidos de su cliente directo. El proveedor no interactúa directamente con el consumidor final y por lo tanto no conoce los datos reales de ventas, sino que el proveedor prevé la tendencia del mercado únicamente en función de los pedidos que recibe desde el minorista, Jiménez, J. E., y Hernández, S. (2002).

La falta de transparencia de la demanda del mercado impide una coordinación sinérgica entre todos los actores involucrados en el proceso de creación de valor para el cliente final. Además, el proceso de pedido-entrega de productos entre minorista y proveedor se caracteriza por un conjunto de retrasos debido a los tiempos de producción y de transporte, así como a los eventuales retrasos en el flujo de información, esto conlleva a una descoordinación en la cadena de suministros.

Cuando el pedido es gestionado por el proveedor, las decisiones sobre la cantidad pedida por el minorista están tomadas por el proveedor así la centralización de las decisiones no modifica estructuralmente las reglas de pedido de los miembros con respecto a la cadena de suministro tradicional, el proveedor tiene acceso a la información sobre el nivel de

inventario de los miembros, genera su propio pedido y los pedidos de sus minoristas con la misma lógica de cadena tradicional.

1.2.2 Kanban

El sistema kanban surge a partir de que las empresas japonesas en los años 50 realizaban pronósticos sobre la demanda de acuerdo a esto colocaban los productos, esto los llevaba a producir más de la demanda. Ingenieros japoneses analizaron el funcionamiento de los supermercados en donde observaron que cada área estaba limitada de productos a disposición de los clientes y cuando estos se encontraban en un nivel mínimo el responsable reponía la cantidad de producto que hacía falta de esta forma quien determina lo que sucede es el cliente.

Los japoneses interpretaron como una orden el hecho de que un área de productos se encuentre vacía, de ahí surgió la idea de una etiqueta o tarjeta de instrucción “Kanban” en japonés.

Kanban es una herramienta regida por reglas, que sirve para organizar el flujo de la producción tomando como base el funcionamiento de un supermercado o proceso de jalar lo requerido, empleando etiquetas de señalización visual de instrucciones que sirven como ordenes de trabajo. Es una programación expedita de la demanda del cliente basada en el consumo actual que reemplazará exclusivamente lo consumido, produciéndose solo lo indicado en las tarjetas de instrucción en lugar de usar pronósticos, Ballesteros, D. P., y Ballesteros, P. P. (2008).

Es una parte fundamental de la Manufactura Esbelta desarrollada por Toyota, que se centra en controlar el trabajo en progreso del proceso. Comunica en forma visual que producir; buscando hacer una operación de lotes pequeños lo más fluido posible para lograr un proceso lo más continuo que sea factible, garantizando la continuidad del consumo. El objetivo buscado es minimizar el trabajo en progreso y consecuentemente minimizar los inventarios, en base a suministros continuos para que se tenga la cantidad que se necesite, donde se requiera cuando se necesite.

El kanban es una herramienta de manejo del flujo de materiales en una línea de ensamble, es una “etiqueta de instrucción”, que contiene información que sirve como orden de

trabajo siendo un dispositivo de dirección automático que da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante qué medios, y cómo transportarlo.

Sus objetivos son controlar la producción por lo que se entiende como la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Just in time (JIT), en donde los materiales llegaran a tiempo y en la cantidad requerida a cada etapa del proceso.

Mejorar los procesos en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de kanban y técnicas de ingeniería.

El sistema kanban puede aplicarse solamente en fábricas que impliquen producción repetitiva, este sistema tiene algunas reglas:

- No se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes, ya que esto implicaría costos innecesarios que no pueden ser recuperados. La producción de productos defectuosos implica costos tales como la inversión en materiales, equipo y mano de obra que no va a poder ser vendida. Este es el mayor desperdicio de todos. Si se encuentra un defecto, se deben tomar medidas antes que todo, para prevenir que este no vuelva a ocurrir.
- El proceso subsecuente pedirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Se crea una perdida si el proceso anterior supe de partes y materiales al proceso subsecuente en el momento que este no los necesita o en una cantidad mayor a la que este necesita. La perdida puede ser muy variada, incluyendo perdida por el exceso de tiempo extra, perdida en el exceso de inventario, y la perdida en la inversión de nuevas plantas sin saber que la existente cuenta con la capacidad suficiente. La peor perdida ocurre cuando los procesos no pueden producir lo que es necesario cuando estos están produciendo lo que no es necesario.
- Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsiguiente.
- Balancear la producción de manera que se pueda producir solamente la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes, se hace necesario para todos los procesos mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria. En este caso si el proceso subsecuente pide material de una manera incontinua con respecto al

tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y maquinas en exceso para satisfacer esa necesidad.

Ballesteros y Ballesteros (2008 citado en Noori, H. y Radford, R. 1997) mencionan que: No se requiere hacer inversiones grandes en costosos sistemas de automatización, ni en grandes adecuaciones físicas o rediseños en las líneas de producción. Con los elementos con que se cuenta es posible alcanzar el desarrollo de un sistema de producción eficiente que satisfaga las necesidades del cliente sin tener que incurrir en inversiones significativas. En la actualidad debido a la globalización en la que nos encontramos, se necesita que las empresas sean mucho más flexibles en su infraestructura para así adaptarse a los nuevos cambios en el entorno.

Entre los diferentes autores podemos encontrar que le dan una definición física y abstracta al kanban; por lo que respecta a la definición física es un documento que contiene toda la información necesaria para que un producto sea elaborado con la calidad, oportunidad y costo exigidos por el cliente: Nombre y código de la estación de trabajo o máquina donde se procesará el material o insumos, nombre o código del responsable del proceso, nombre o código del material procesado o por procesar, cantidad requerida de ese material, destino del material requerido, capacidad del contenedor de los materiales requeridos, registro del momento en que fue procesado el material, registro del momento en el que debe ser entregado al proceso subsiguiente, número de turno sitio de ubicación final y estado del material procesado, estos datos se encuentran en una tarjeta llamada kanban.

El contenido y formas de cada tarjeta son diferentes de empresa a empresa, deben suministrar la información necesaria para que cualquier operador del interior de cada empresa pueda tomar las acciones necesarias sin lugar a duda, mediante un previo entrenamiento. Lo mismo sucede con los proveedores externos.

En estos sistemas se cuenta con tres tipos de kanban entre los que se encuentran, como lo menciona Krieg, G. N., y Kuhn, H. (2004).

Kanban de señal: es la autorización a la última estación de trabajo, para que ordene a los centros anteriores el inicio del proceso de materiales. Los sistemas que usan esta tarjeta específicamente bajo este nombre, la emplean como el primer Kanban y sirve de

autorización a la última estación de trabajo, generalmente el ensamblado final para que ordene a los centros de trabajo o proveedores anteriores a empezar a procesar los materiales. Cuando una tarjeta no puede ser colocada cerca del material y se tiene que colgar cerca del puesto donde este material es procesado para “señalarlo”, de ahí que lo llamen los operadores de “Señal”. Otros usan una tarjeta que llaman “Kanban de Señal, Señalador o de Material” para especificar el lote de fabricación para controlar máximos y mínimos. Por lo mismo, no es de uso generalizado como tal y puede llegar a crear confusión inicialmente para personal proveniente de diferentes instalaciones productivas.

Kanban de producción: Indica como mínimo el tipo y la cantidad a producir por el proceso anterior, teniendo en cuenta sus características dependiendo de cada empresa, el número de piezas por contenedor, punto de almacenamiento de salida, identificación y punto de recogida de los componentes necesarios, este tipo de tarjeta es de uso generalizado.

Kanban de transporte: Indica la cantidad a recoger por el proceso posterior y se emplea cuando se traslada un material ya procesado de un sitio a otro posterior a éste.

Los colores que son utilizados en las tarjetas kanban significan requerimientos para incrementar o reducir las cantidades del buffer Sanchez, G., Sanchez, J. M. y Patiño, O. (2012), entre los colores comunes se encuentran los siguientes:

Kanban Verde: El material debe ser reabastecido en el ciclo normal de reabastecimiento. No hay problema dentro de los límites aceptables. Arriba del punto de reorden.

Kanban Amarillo: Debe atenderse a la brevedad porque puede salirse de control, está en el límite y requiere un reorden inmediato. Abajo del punto de reorden.

Kanban Rojo: Significa la posición agotada del inventario y el material debe ser apresurado. Se requiere una acción urgente por inminente escasez. Abajo del margen de seguridad.

Para el cálculo de tarjetas de cada color se ocupan las fórmulas que se mencionan a continuación.

Verde = **Tamaño del Lote / Cantidad de unidades por contenedor o tarjeta.**

Amarilla: **En su fórmula se utiliza un inventario de seguridad, la demanda media promedio, debiéndose tomar en cuenta las variaciones del tiempo de entrega del**

proveedor y su nivel de confiabilidad, el cual será un porcentaje del tamaño del kanban dividido entre la cantidad de unidades del contenedor/tarjeta.

Roja: Es la demanda durante el tiempo de entrega dividida entre la cantidad de unidades del contenedor/tarjeta. En otras palabras, es la demanda o consumo mientras se repone. Si una tarjeta llega al rojo, significa que el proceso se tendrá que parar por falta de material. Antes de que suceda este caso se pensaría en usar un kanban transitorio, y previo a ello, verificar que siempre se cumplan las reglas.

En cuanto a las funciones principales del kanban se tienen a dos como son el control de la producción y la mejora de los procesos. Por control de la producción se entiende la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fabricación y si es posible incluir a los proveedores.

Por la función de mejora de los procesos se entiende la facilitación de mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de kanban, esto se hace mediante la eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, reducción de set-up, utilización de maquinaria vs utilización en base a demanda, manejo de multiprocesos, poka- yoke, mecanismos a prueba de error, mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total, etc. reducción de los niveles de inventario.

Un sistema kanban sirve para lo siguiente:

- Poder empezar una operación estándar en cualquier momento.
- Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo.
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

Otra función de kanban es la de movimiento de material, la etiqueta kanban se debe mover junto con el material, si esto se lleva a cabo correctamente se obtendrán los siguientes beneficios:

- Eliminación de la sobreproducción.
- Prioridad en la producción, el kanban con más importancia se pone primero que los demás.
- Se facilita el control del material.

Para Ballesteros y Ballesteros (2008), antes de implantar kanban se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Sistema de programación de producción de ensambles y el desarrollo del sistema de producción mixto y etiquetado.
2. Ruta establecida de kanban que refleje el flujo de materiales, implicando la designación de lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, haciendo obvio cuando el material esta fuera de su lugar o no se tenga en existencia.
3. El uso de kanban está ligado a sistemas de producción de lotes pequeños, todo el personal debe practicar y estar consciente de esta forma de producir.
4. Los productos de valor especial deberán ser tratados en forma diferente.
5. Mantener buena comunicación encadenada desde el departamento de ventas a producción sin saltarse ninguna etapa del proceso evitando información distorsionada, más aún para aquellos artículos cíclicos de temporada que requieren alta producción en corto tiempo. La buena comunicación y colaboración entre la empresa y proveedores es fundamental.
6. Mantener el sistema kanban actualizado y mejorarlo continuamente para reducir el WIP (Trabajo en proceso = Work in Progress).

El sistema kanban no se puede implantar de la noche a la mañana ya que es necesario desarrollar un proceso de suavización de la producción del flujo actual de material, si existen fluctuaciones muy grandes en la integración de los procesos kanban se presentarán problemas y se creará desorden, por lo que Mora, A., Tobar, J., y Soto, J., (2010) recomiendan poner en marcha las siguientes herramientas:

Labeled/mixed production Schedule.- Sirve para determinar un sistema de calendarización de producción para ensambles finales, desarrollando una programación de la producción mixta y etiquetada. El personal debe entrenarse en el uso de esta herramienta, conocer y practicar los sistemas de reducción de tiempos para cambios de modelo: SMED.

Jidoka: automatización con autocontrol de calidad.

Andon: control visual de alerta de problemas.

Poka Yoke: Dispositivos a prueba de errores.

Mantenimiento Total Productivo (TPM), etc. todo esto es prerrequisito para la

introducción kanban y evitar contratiempos en la línea de producción.

Entre los principios que tiene el sistema kanban podemos encontrar a los siguientes:

- La calidad requerida se debe suministrar a la primera siempre, no suministrar algo que no cumple con lo requerido o que pueda ocasionar problemas en cualquiera de las subsecuentes etapas. Al detectarse se avisará de inmediato para corregir en la estación de trabajo propia.
- Eliminar o por lo menos minimizar todos los desperdicios y/o despilfarros. Hacer solo lo necesario siguiendo el orden de las tarjetas de instrucción.
- Indispensable el trabajo de equipo buscando la mejora continua.
- Buscar la flexibilidad del sistema para poder ejecutar las acciones necesarias si surgiese una situación anómala que originase un cambio en la priorización de la producción.
- Establecimiento de excelentes relaciones de largo plazo y fidelización tanto con proveedores como con clientes.

Para el cálculo del kanban existen numerosas variantes en el método, respetando las reglas en que se fundamenta el sistema kanban, por lo tanto deben apegarse a un sistema de jalar únicamente lo que se necesita cuando se necesita. Los inventarios son uno de los siete desperdicios identificados por Manufactura Esbelta, por lo que kanban debe ser un inventario controlado tanto en el tiempo que espere para su uso, como la cantidad indispensable que constituya al mismo. De acuerdo con Savsar, M. (2009) los factores tiempo y cantidad mencionados obligan a considerar la demanda diaria del cliente que usa el producto elaborado por la operación precedente, lo cual conlleva a considerar la necesidad de tomar en cuenta el ritmo de uso del producto que el cliente consume o tiempo takt para evitar escases o sobreproducción. Los requerimientos de productos generalmente no son permanentes, ni continuos y menos estables, razones por las cuales se requiere tener en cuenta las variaciones para minimizar los desperdicios con lo cual es conveniente emplear un factor que cuantifique la Desviación Media Promedio (DMP) para suavizar las fluctuaciones de la demanda del producto a consumir del proceso anterior, tratando de reducir su exceso o escases. Todo esto, encaminado a establecer un flujo balanceado total del inventario controlado por medio de un número determinado de tarjetas de instrucción o

tamaño del kanban estableciendo de esta forma que cada tarjeta o contenedor controla una cantidad igual permitiendo una ligera flexibilidad, con lo cual se puede obtener el objetivo buscado.

Tamaño del Kanban = K

Demanda Diaria Promedio = DDP

Tiempo de Reposición = TR

Demanda Media Promedio = DMP

Número de Tarjetas = NT

Tiempo de Reposición de un Contenedor = TRC

Inventario de Seguridad = IS

$K = DDP * TR * (DMP + 1)$

$NT = DDP * TRC * (IS + 1) / K$

1.2.3 Simulación

La simulación es la reproducción del comportamiento dinámico de un sistema real en base a un sistema con el fin de llegar a conclusiones aplicables al mundo real, podemos emplear la simulación como herramienta en el proceso de toma de decisiones. Como medio para comprender la realidad y asumir su complejidad, sin necesidad de interactuar con el sistema real. Con el desarrollo de la tecnología de los ordenadores, la simulación, se ha convertido en una herramienta ampliamente extendida y eficaz, para prever el comportamiento de sistemas reales en determinadas condiciones de operación, como lo menciona Dabee, F., Marian, R., y Amer, Y. (2013).

La simulación es una herramienta efectiva de entrenamiento, el uso de la simulación nos permite tener una experimentación controlada, compresión de tiempo, y análisis de sensibilidad. Otra gran ventaja es que su uso no afecta al sistema real, ya que podemos seguir trabajando sin ningún contratiempo por probar el modelo. Algunos problemas que existen en el uso de simulación son su tiempo de desarrollo, en que los resultados pueden tener divergencia con la realidad (precisan validación), y en que para reproducir el comportamiento del sistema simulado se precisa colección extensiva de datos.

La simulación digital es una técnica que permite imitar en un ordenador el comportamiento de un sistema real o hipotético según ciertas condiciones particulares de operación. En una simulación es necesario desarrollar el modelo conceptual que describe el comportamiento del sistema.

La simulación de sistemas implica la construcción de modelos. El objetivo es averiguar qué pasaría en el sistema si acontecieran determinadas hipótesis. La simulación ofrece, sobre ciertas bases, esa predicción del futuro, condicionada a supuestos previos.

Para ello se construyen los modelos, normalmente una simplificación de la realidad, dichos modelos surgen de un análisis de todas las variables intervinientes en el sistema y de las relaciones que se descubren entre ellas.

El modelo que se construye debe tener en cuenta todos los detalles que interesan en el estudio para que realmente represente al sistema real. Por razones de simplicidad deben eliminarse aquellos detalles que no interesan y que lo complicarían innecesariamente.

Se requiere que el modelo sea una fiel representación del sistema real. No obstante, el modelo no tiene porqué ser una réplica de aquél. Consiste en una descripción del sistema, junto con un conjunto de reglas que lo gobiernan. En los modelos deben estar identificadas perfectamente las entidades intervinientes y sus atributos. Las mismas pueden ser permanentes o transitorias.

De acuerdo con Ruiz, R., Framiñan, J., y Muñoz, M. (2001b) existen múltiples tipos de modelos para representar la realidad entre ellos se encuentra los siguientes:

Dinámicos: Utilizados para representar sistemas cuyo estado varía con el tiempo.

Estáticos: Utilizados para representar sistemas cuyo estado es invariable a través del tiempo.

Matemáticos: Representan la realidad en forma abstracta de muy diversas maneras.

Físicos: Son aquellos en que la realidad es representada por algo tangible, construido en escala o que por lo menos se comporta en forma análoga a esa realidad.

Analíticos: La realidad se representa por fórmulas matemáticas. Estudiar el sistema consiste en operar con esas fórmulas matemáticas (resolución de ecuaciones).

Numéricos: Se tiene el comportamiento numérico de las variables intervinientes. No se obtiene ninguna solución analítica.

Continuos: Representan sistemas cuyos cambios de estado son graduales. Las variables intervinientes son continuas.

Discretos: Representan sistemas cuyos cambios de estado son de a saltos. Las variables varían en forma discontinua.

Determinísticos: Son modelos cuya solución para determinadas condiciones es única y siempre es la misma.

Estocásticos: Representan sistemas donde los hechos suceden al azar, lo cual no es repetitivo. No se puede asegurar cuáles acciones ocurren en un determinado instante. Se conoce la probabilidad de ocurrencia y su distribución probabilística.

El objetivo de la simulación es la predicción ya que puede mostrar lo que sucederá en un sistema real cuando se realicen determinados cambios bajo determinadas condiciones.

La simulación se emplea sólo cuando no existe otra técnica que permita afrontar la resolución de un problema. Siempre es preferible emplear una alternativa analítica antes que simular. Mediante la simulación se han podido estudiar problemas y alcanzar soluciones que de otra manera hubieran resultado inaccesibles como lo mencionan Campuzano, F., Cruz, F., y Ros, L. (2008).

En la simulación se involucran dos facetas como son:

1. Construir el modelo
2. Ensayar diversas alternativas con el fin de elegir y adoptar la mejor en el sistema real, procurando que sea la óptima o que por lo menos sea lo suficientemente aproximada.

En la simulación se comprenden las siguientes fases:

- 1) Definición del sistema con el máximo detalle: Se debe discutir en detalle el sistema; analista y usuario reunidos durante largas horas evitarán que el sistema tenga que ser redefinido después, se definen los límites del sistema y los objetivos del estudio, checando que estos no cambien durante el desarrollo del mismo.
- 2) Elección del método para realizar el estudio.
- 3) Variables a incluir en el modelo: Hacer una lista de las variables y restricciones del sistema en orden de importancia. La selección de variables a considerar depende de la mecánica con que se maneja el sistema, de la experiencia que se tenga de él e incluso de la intuición del grupo que interviene en el estudio. Todas las variables

que intervienen en un modelo son medibles. No siempre es posible lo mismo con las que intervienen en un sistema real. Muchas veces se debe hacer una estimación de las mismas con el fin de incorporarlas en el modelo. Todas las variables que intervienen en un modelo son medibles. No siempre es posible lo mismo con las que intervienen en un sistema real. Muchas veces se debe hacer una estimación de las mismas con el fin de incorporarlas en el modelo.

- 4) Recolección y análisis de los datos del sistema: Se utiliza para ello todas las herramientas estadísticas clásicas, como, análisis de regresión, serie de tiempos y de varianzas.

Se debe hacer un relevamiento del tiempo que se insume en las distintas tareas tratando de no obtener datos distorsionados producto de la medición. Si se tiene el valor medio de una medición y no se conoce su distribución, es preferible adoptar una distribución exponencial que una uniforme, pues en la primera, pueden darse situaciones críticas que no se dan en la segunda.

El tiempo empleado validando los datos de entrada está totalmente justificado y es absolutamente necesario para construir un modelo válido sobre el cual se puedan sacar conclusiones aplicables al sistema real así lo menciona Savsar, M. (2009).

- 5) Definición de la estructura del modelo: Las entidades permanentes y sus atributos, es decir, los recursos con que se cuenta en el sistema y cuantitativamente cómo es su comportamiento. Las entidades transitorias que circulan por el modelo tienen definida probabilísticamente su ruta por el sistema y los tiempos de utilización de los recursos. Los eventos que provocan los cambios de estado, modificando los atributos de las entidades.
- 6) Programación del modelo
Objetivo: obtención del programa de computadora que representa el modelo.
Se debe elegir el lenguaje con que se construirá el modelo.
- 7) Validación del modelo: Aunque imposible de demostrar rigurosamente se trata de verificar al modelo con una serie de situaciones conocidas como para tener un alto grado de confiabilidad.
- 8) Análisis y crítica de los resultados

-
- Verificar que los resultados obtenidos sean realmente suficientes para tomar una decisión correcta.
 - Hacer una buena compactación en la presentación de los mismos procurando que sean perfectamente comprensibles para el usuario.
 - Recordar que un exceso de información ocasiona casi los mismos inconvenientes que la falta de información, ya que el usuario en ambos casos no puede acceder a los resultados que necesita como apoyo a la toma de decisiones.
 - Estudiar la factibilidad, y, en caso afirmativo, proponer una alternativa que signifique un cambio estructural del sistema y por ende del modelo la que se considera digna de tener en cuenta antes de tomar una decisión definitiva.

1.3 Marco contextual

1.3.1 Sector Automotriz en México

Reyes A. (2002) menciona que las estrategias que están tomando las empresas de manufactura establecidas en México para mejorar su posición competitiva, son la adopción de algunos métodos de manufactura que se desarrollaron en Japón desde la década de los años sesenta y que ayudó a que las empresas japonesas pudieran competir en el mercado internacional, entre estas estrategias se tiene al sistema Kanban el cual está orientado a aquellas empresas que cuentan con procesos de producción repetitivos o en serie; si en la empresa se detecta que existe una fluctuación representativa entre la integración de los procesos, lo recomendable es no implementar este sistema, o bien primero iniciar con un sistema de producción leveled/mixed, production schedule, esto con el propósito de ablandar el flujo de materiales, de otra forma puede resultar difícil y poco funcional la implementación del kanban, las empresas que cumplan con las siguientes características podrán implementar este sistema:

Nivelado de las variaciones de la producción

- Tiempo de set-up mínimo
- La disposición de las maquinas debe ajustarse al flujo nivelado de la producción
- Trabajadores polivalentes (con capacidad de laborar en varios puestos) que trabajen

en líneas de múltiples procesos

- Rutas estándares de operaciones para producir una unidad de producto en un ciclo de tiempo
- Autocontrol: sistema de control autónomo de defectos.

La industria a la cual se enfocó este estudio es a la manufactura de autopartes, la cual tiene un papel importante en México debido a que es un pilar estratégico en la economía del país de igual manera en el desarrollo de proveedores y la implementación de tecnología relacionada a esta, la generación de empleos a gran escala, etc.

De acuerdo con el INA (Industria Nacional de Autopartes) en México se encuentran instaladas 600 fabricantes de componentes automotrices de las cuales 230 empresas son grandes, 162 medianas y 208 son pequeñas y/o micro, las cuales generan el 89% del empleo directo de la industria automotriz y el 41% del total del empleo generado por la cadena automotriz que alcanza la cifra de 1'062,542 plazas; en tanto que cubren casi el 9% de las exportaciones del sector manufacturero.

1.3.2 Empresa JOPP Automotive de México S.A. de C.V.

El sistema de simulación se llevará a cabo en la empresa Jopp Automotive de México S.A. de C.V. Una empresa de origen alemán que se estableció en el año de 1998, en el corredor industrial Xicoténcatl I ubicado en la localidad de Tetla en el estado de Tlaxcala, bajo la razón social de Haas Automotive de México S.A. de C.V. En el año de 2008 la empresa se muda al corredor industrial Xicoténcatl III ubicado en la localidad de Tlaxco, Tlaxcala en donde es su actual domicilio.

Comenzó su operación con la producción de piezas de poliuretano y ensamble de partes plásticas entre los que se encuentran el grip JNF, grip GLI, grip A7.

Por 12 años perteneció a la empresa HKR Haas GmbH & Co. Kunststoff KG. Actualmente Jopp Automotive de México es parte de Jopp Group desde junio de 2011. Jopp fue fundada en 1919 por el Sr, Theodor JOPP por lo que es una de las más antiguas empresas en Bad Neustadt Alemania.

Como socio de los fabricantes de automóviles, Jopp desarrolla sistemas de palanca de cambios, cubiertas de palancas, así como grupos de montaje de plástico y las produce en

varias partes del mundo.

Como proveedor de la industria del Automóvil, Jopp produce piezas metálicas maquinadas de precisión y piezas sinterizadas (polvo de metal) así como diversos ensambles electrónicos y piezas de piel para el interior del vehículo. Con más de 1.500 empleados, el Grupo en la actualidad alcanza una facturación anual aproximadamente de 150 millones € en 10 lugares de todo el mundo.

Jopp está certificada de acuerdo con la norma automotriz ISO / TS 16949 (calidad) e ISO 14001 (medio ambiente).

La empresa Jopp Automotive de México S.A. de C.V. Produce anualmente 1, 560,000 pzas. que representan el 60% de su capacidad productiva en un turno, contando con dos turnos disponibles para nuevos proyectos. Los principales clientes con los que cuenta la empresa son los siguientes:

Volkswagen de México TIER 1.

Volkswagen Group of America TIER 1.

Volkswagen do Brasil Ind. De Veículos Automotores Ltda. TIER 1

Power Cast, TIER 2.

Flex & Gate Nivel 2 para Volkswagen.

Haas Interierur en Alemania.

HAAS BOHEMIA República Checa.

Jopp Automotive de México S.A. de C.V. Cuenta con los procesos de corte de vinil, costura y subensambles así como un área de espumado de poliuretano.

1.3.3 Mapeo de la cadena de valor

El mapeo de la cadena de valor (VSM por sus siglas en ingles), es la representación gráfica de cómo se encuentra la empresa actualmente, así como también hacia dónde quiere llegar, esta herramienta muestra donde existen inventarios, sobreproducción, tiempos de espera, transporte, movimientos, fallas de calidad y reprocesamientos, entre otros. Es una herramienta reciente que empezó a emplearse en Toyota, la cual finalmente fue desarrollada por Rother y Shook (1999).

CAPITULO II METODOLOGIA

2.1 Definición del tipo de investigación

De acuerdo con Bernal (2010), la investigación experimental se caracteriza porque el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, por lo tanto los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar la hipótesis.

La experimentación es el verdadero método o el método por excelencia de la investigación científica, la investigación experimental es más propia de las ciencias naturales que de las ciencias sociales, quienes realicen investigación experimental deben estar siempre conscientes de tener al ser humano como primer beneficiario de los resultados de la ciencia, y no como un medio más al servicio de esta.

Sampieri (2013) citado en Creswell (2009) denomina a los experimentos como estudios de intervención, ya que el investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hace.

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

Cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula recurre al diseño experimental.

En un experimento, la variable independiente resulta de interés para el investigador, ya que hipotéticamente será una de las causas que producen el efecto supuesto. Para obtener evidencia de esta supuesta relación causal, el investigador manipula la variable independiente y observa si la dependiente varía o no. El manipular es sinónimo de hacer variar o asignar distintos valores a la variable independiente.

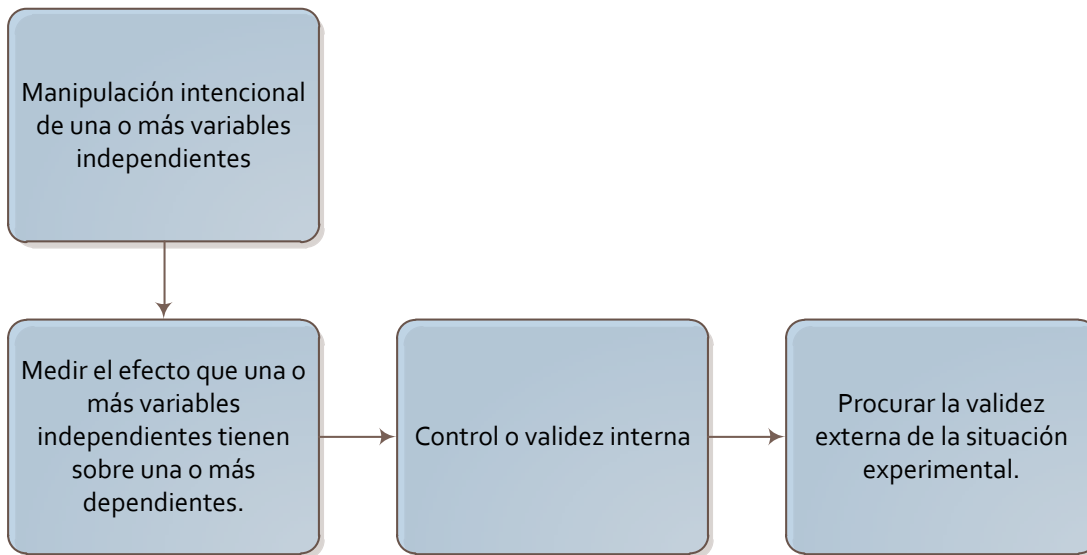


Figura 2.1 Requisitos de un experimento. Fuente: Sampieri, 2013.

Dentro de los diseños experimentales encontramos a los pre experimentos los cuales tienen un grado de control mínimo.

Sampieri (2013) definen al diseño pre experimental como el diseño de un solo grupo cuyo grado de control es mínimo. Generalmente es útil como un primer acercamiento al problema de investigación en la realidad.

En este ámbito, los experimentos se pueden dar dentro de dos lugares ya sea en el campo o en un laboratorio; con esto los experimentos de campo se llevan a cabo en situaciones realistas en donde el experimentador manipula las variables independientes tanto como la situación lo permita, mientras que en los experimentos dentro de un laboratorio se logran un control más riguroso sobre las variables por lo que se debe de tratar de crear una situación en donde se visualicen claramente la manipulación de las variables en situaciones definidas, en el laboratorio podemos determinar con la mayor exactitud posible en qué medida una variable afecta la conducta bajo determinadas condiciones.

Con esto se concluye que el tipo de investigación que se llevará a cabo será del tipo pre experimental debido a que nos ayudará a tener un acercamiento en la realidad sobre el problema, el campo en el cual se llevará a cabo la investigación será en un laboratorio (con un software de simulación).

2.2 Muestra

Esta investigación de práctica va dirigida a la empresa Jopp Automotive de México S.A. DE C.V. Ubicada en el municipio de Tlaxco - Tlaxcala, con el propósito de llevar a cabo una simulación en el sistema de abastecimiento controlado por kanban en el sector de autopartes, este proyecto permite conocer las particularidades a través de una recolección de datos el cual se desarrollará en la línea de ensamble del grip A7.

2.3 Clasificación de las variables

Los científicos llaman variables a las propiedades o constructos que estudian, una variable es un símbolo al cual se le asignan números o valores, en esta investigación se puede identificar a las siguientes, sin antes mencionar un poco a lo que se refieren.

Variables cualitativas y cuantitativas

Las variables cualitativas son medidas en escala nominal u ordinal, la característica que miden de la unidad de análisis es una cualidad.

En cuanto a las variables cuantitativas son medidas en escala interval y lo que se mide es su cantidad, una variable cuantitativa es continua cuando puede asumir cualquier valor numérico y que puede cambiar en cualquier cantidad.

Una variable cuantitativa es discreta cuando tiene valores numéricos enteros previamente establecidos, los cuales no pueden cambiarse arbitrariamente.

Variables independientes y dependientes

En el area experimental la variable independiente es manipulada por el experimentador y la variable dependiente es la consecuencia, la variable dependiente desde luego, es la variable que se predice para, mientras que la variable independiente es aquella que se predice a partir de, el experimentador no manipula esta última variable.

2.4 Escalas de medición de cada variable

Básicamente hay 4 escalas de medidas para las variables como son:

- Nominales
- Ordinales
- Intervalo
- Razón

Las escalas que aplican para esta investigación son las de intervalo y de razón debido a que las primeras se utilizan para medir variables cuantitativas cuando no hay cero absolutos en la zona de medición, lo que permite valores negativos. El cero se asigna arbitrariamente, así como la unidad de medida. La escala ha sido diseñada de tal manera que sus números permiten valorar exactamente la diferencia que hay entre dos medidas. Mientras que las de razón se utilizan para medir variables cuantitativas cuando hay un cero absoluto, siendo la unidad de medida lo único arbitrario. Una longitud puede ser medida en cm., Km., yardas, varas, etc. El tiempo de reacción a un estímulo siempre empieza en cero cualquiera que sea el sistema que utilicemos para medir el tiempo.

En esta investigación podemos identificar a las siguientes variables las cuales podrían afectar el funcionamiento del sistema.

Tabla No. 2 Variables dentro de la investigación

Variable	Tipo de variable	Escala de medición
Stock de seguridad	Cuantitativa independiente	Piezas
Fluctuación de la demanda	Cuantitativa independiente	Piezas
Tiempo de ciclo	Cuantitativa independiente	Minutos
Satisfacción del cliente	Cuantitativa dependiente	Entregas realizadas

Fuente: Elaboración propia, 2014.

2.5 Metodología a seguir

El tipo de investigación es experimental puesto que se experimentará por medio de un sistema de simulación probando distintos escenarios y manipulando las situaciones presentadas.

La metodología a seguir para el desarrollo del modelo de simulación será a partir de los

siguientes pasos.

- Realizar un Value Stream Mapping para la identificación de las oportunidades en la mejora del proceso.
- Posteriormente identificar las variables críticas que impacten en el funcionamiento de la cadena de suministros.
- Construir un modelo de simulación en donde se probarán las variables críticas.
- El modelo de simulación se probará por medio del programa PROMODEL en donde se simulará el modelo de abastecimiento.
- Analizar los resultados de la simulación y así evaluar las estrategias a seguir para el correcto funcionamiento del sistema kanban en la cadena de suministros.

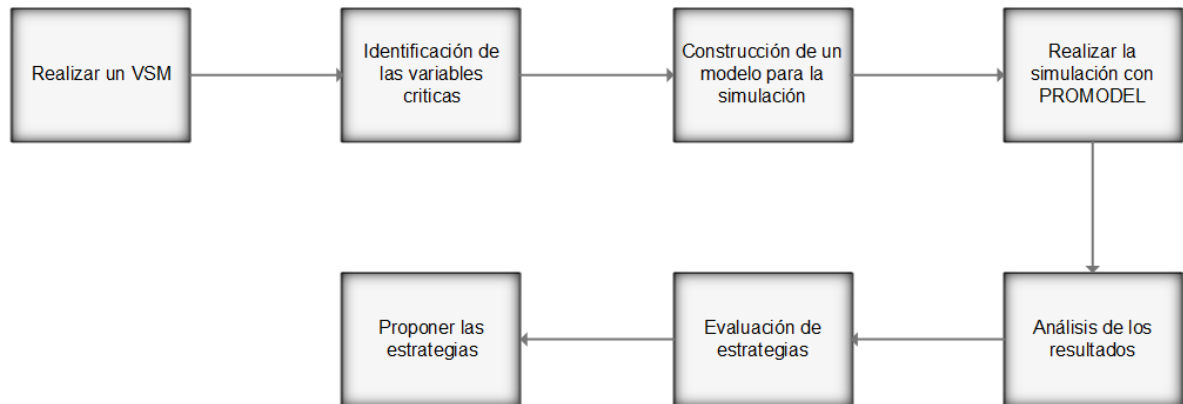


Figura 2.2 Diagrama de la metodología de la muestra. Fuente: Elaboración propia

2.6 Instrumentos de recolección

De acuerdo con la investigación se recurrirá a la observación, así como de notas de campo anexo 2, considerando que esto ayudará a recabar la información necesaria para la investigación. La observación es uno de los métodos fundamentales para la obtención de datos de la realidad de un fenómeno determinado.

Cuando se utiliza la observación como método de recolección de datos, consiste en mirar detenidamente las particularidades del fenómeno de estudio para cuantificar.

CAPITULO III DESARROLLO DEL MODELO Y SIMULACIÓN

3.1 Construcción del Value Stream Mapping

Como primer paso se identifican las familias que son aquellos productos que pasan por los mismos procesos durante su transformación Figura 3.1, en donde se pueden observar claramente 3 familias, sin embargo nos enfocaremos a trabajar con la familia de grip el cual es el recubrimiento del freno de mano del automóvil del cual se fabrican 3 versiones, enfocándonos a la versión de A7 en donde buscamos mejorar el proceso, para esto y de acuerdo con Rother, M., y Shook, J. (1999), nos enfocaremos en una familia de productos en donde se agrupan solo los productos que pasan por las mismas operaciones las cuales se muestran en la tabla 3 una vez identificados se construye una matriz colocando los pasos del ensamblaje y el equipo en un eje, y los productos en otro eje como se observa en la figura 3.1.

Tabla No. 3 Identificación de operaciones

	Actividades	Numero
SUAJE	Suaje	1
	Unión	2
COSTURA	1era.vista	3
	Cierre	4
	2da.vista	5
	Dobladillo	6
	Resorte	7
	Pinza	8
	Vista + perfil	9
ULTRASONIDO	Preparación stulpe	10
	Sellado	11
ENGRAPADO	Engrapado saco + marco	12
	Saco con marco + modulo	13
	Saco + modulo + marco exterior	14
ENSAMBLADO	Lijar	15
	Pegado de espuma	16
	Bajado y acomodo de piel	17
	Pegado de piel	18
	Pegado	19
	Estirado y recorte	20
	Resistol	21
	Colocación de dekordekel	22
	Dobladillo para anillo	23
	Colocación de anillo	24
	Limpieza	25
	Empaque	26

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Producto	Actividades del ensamblado																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Palanca A6	x	x	x	x	x							x	x	x												x	x	
Palanca BNF	x	x	x	x	x					x	x		x	x													x	x
Palanca NMS	x	x	x	x	x							x	x														x	x
Palanca UP	x	x	x	x	x							x	x														x	x
Palanca Golf basico	x	x	x	x	x					x	x		x	x													x	x
Palanca GTI	x	x	x	x	x					x	x		x	x													x	x
Stulpe GLI	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x																x	x
Stulpe JNF	x					x	x	x	x	x	x																x	x
Stulpe NMS	x					x	x	x	x	x	x																x	x
Stulpe golf basico	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x																x	x
Stulpe GTI	x	x	x	x		x	x	x		x	x																x	x
Grip JNF				x													x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
Grip GLI		x	x	x												x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
Grip A7																x	x		x		x	x	x				x	x

Figura 3.1 Matriz de identificación de familias, Fuente: Elaboración propia, 2014

Posteriormente se realizó el mapeo de la cadena de valor en el proceso para visualizar el estado actual del mismo, esto se llevó a cabo tomando los datos a lo largo del recorrido del proceso figura 4.3 en cuanto al material y la información que circulan en él recorrido de la línea de ensamble, observándose áreas de oportunidad como se muestra en la Figura 3.2.

Se usan iconos para representar los procesos y los flujos los cuales corresponden a cada una de las actividades que se necesitan para implantar lean manufacturing.

Los pasos que recomiendan Rother, M., y Shook, J. (1999) para realizar el mapa pueden ser los siguientes:

- La información siempre deberá ser obtenida por uno mismo.
- La información se toma de extremo a extremo de la cadena de valor con objeto de hacerse una idea del flujo y la secuencia de los procesos.
- Se toma el proceso de expedición como punto de partida y vaya hacia atrás en lugar de comenzar en el andén de recepción de materia prima e ir hacia adelante.
- Es necesario que el tiempo sea tomado por uno mismo.
- Trazar el mapa de la cadena de valor a mano, ya que conforme se avanza surgen ideas para el estado futuro.

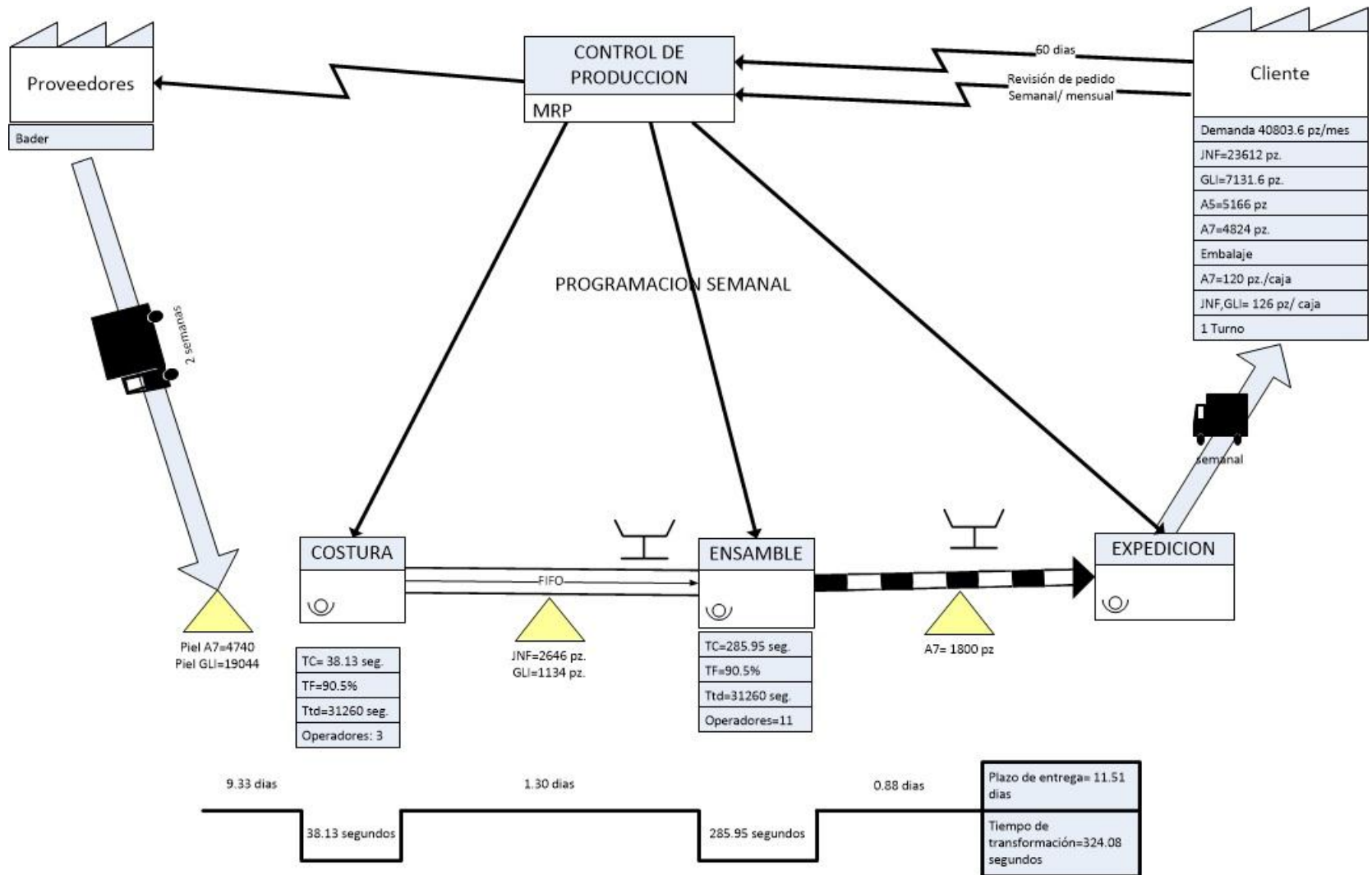


Figura 3.2 Value Stream Mapping actual. Fuente: Elaboración propia, 2014. Visio versión 2010.

En el VSM actual se determina que se tienen 11.51 días en el plazo de entrega lo cual representa pérdidas para la empresa en tiempo, personal, materia prima, ya que el cliente lo establece en 10 días. Como consecuencia de esto tenemos entregas fuera de tiempo y forma con el cliente por lo tanto afecta en los indicadores de la misma, considerando que el tiempo que el tiempo óptimo de entrega son 10 días este tiempo es establecido por el cliente.

Se toma a la línea de freno A7 como campo de estudio puesto que se tiene un retraso de 12 días en las entregas al cliente el cual se encuentra en Alemania, se realizan embarques marítimos con un estándar pack de 120 piezas por caja, los embarques se realizan una vez al mes con una menor cantidad causando retrasos en las entregas al cliente.

En el mapa del estado futuro se propone la construcción de supermercados en el área de ensamble para encadenar los procesos al cliente de adelante y así producir por medio de pequeños lotes.

En este proceso el cliente va al supermercado, retira lo que necesita en el momento que lo requiere, mientras que el proceso de suministro produce para reponer lo que se retiró, lo que se busca con esto es dar las instrucciones a producción sin tener que programar o predecir la demanda del proceso de adelante Figura 3.3.

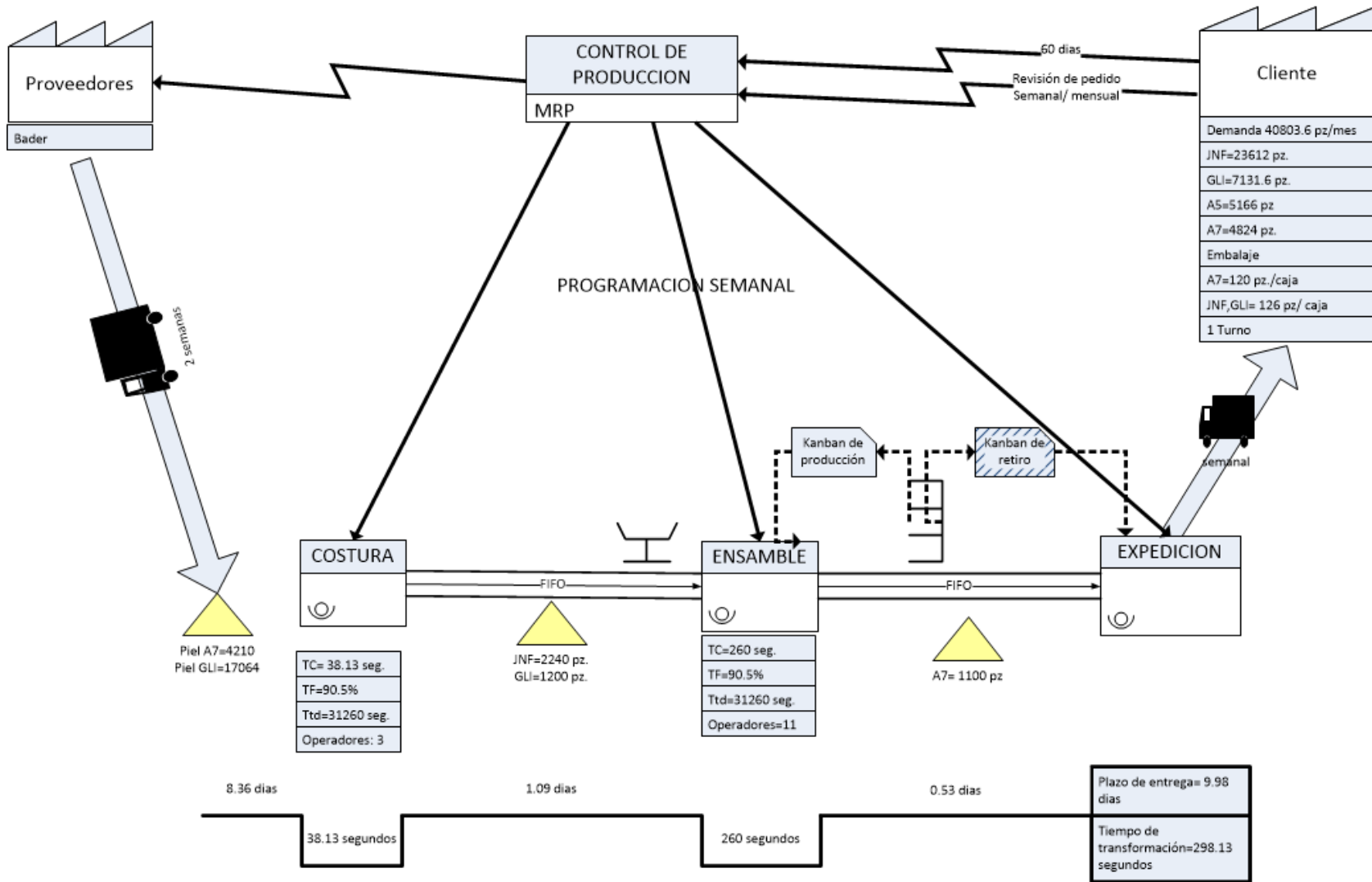


Figura 3.3 Value Stream Mapping futuro. Fuente: Elaboración propia. Visio versión 2010.

En el mapa del estado futuro podemos observar que el tiempo en el plazo de entrega disminuyo de 11.51 a 9.98 días mientras que el tiempo de transformación es de 298.13 segundos, mejorando la perspectiva que había establecido el cliente.

3.2 Identificación de las variables

Se identificaron las siguientes variables mostradas en la Tabla 4 dentro del proceso las cuales afectaban su funcionamiento.

Variables independientes	Variables dependientes
Stock de seguridad	Cumplimiento en las entregas de los pedidos
Fluctuación de la demanda	
Tiempo de ciclo	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Las actividades en el proceso de producción para el grip A7 se describen a continuación.

- Lijar, pegar espuma y refilar es la primer actividad en donde pasa la pieza del grip, debido a que es fabricada de plástico es necesario que se lije para poder pegar el hule espuma del cual se tiene que recortar el exceso.
- Aplicar pegamento a la pieza, pegar piel y acomodar piel en el grip este es el segundo proceso por el cual pasa el grip en donde se aplica pegamento se deja reposar por un tiempo y se pega la piel que recubre el grip, posteriormente se acomoda en una ranura de la pieza plástica.
- Poner pegamento, refilar piel y pegar siendo este el tercer proceso por el que pasa el grip; se le coloca pegamento en la ranura para pegar la piel y refilar la misma.
- Limpieza e inspección de la pieza en este proceso se verifica que la pieza no tenga exceso de pegamento, piel y otras partículas si es así se limpia la pieza para dejarla libre de toda partícula.

- Ensamble de la tapa high gloss y empaque en este proceso se colocan unas gotas de pegamento para después ensamblar la tapa high gloss a la pieza del grip con un dispositivo especial, por último se empaqueta la pieza en termoencogible para pasar por un horno.

3.3 Construcción del modelo

Para la construcción del modelo de simulación se esquematiza el sistema como se muestra en la Figura 3.4.

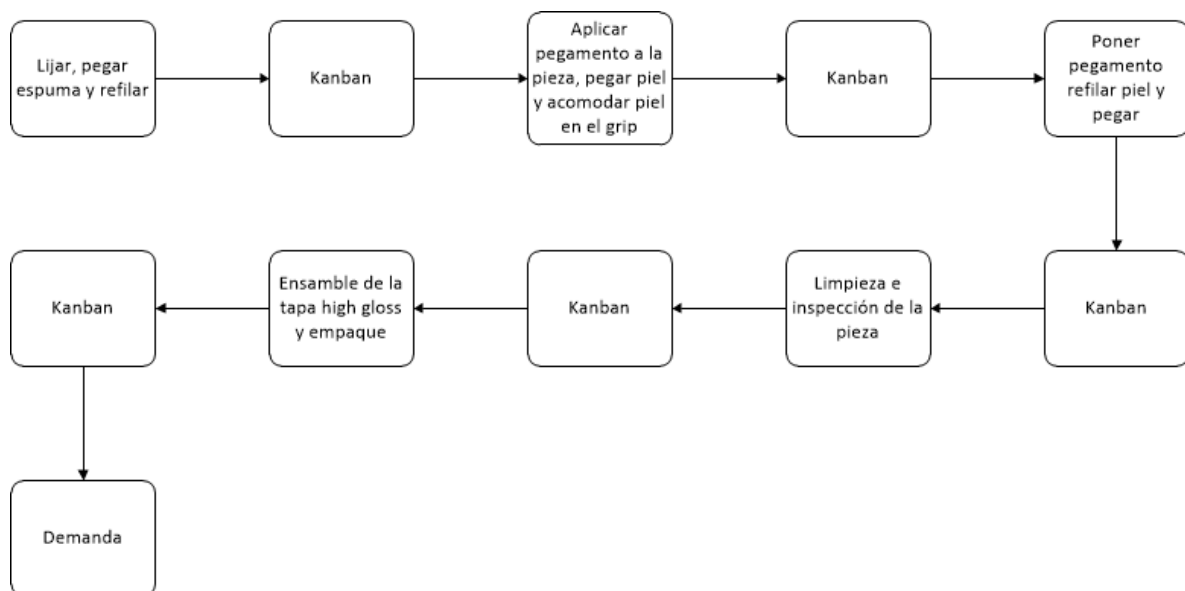


Figura 3.4 Esquema del sistema a modelar. Fuente: Elaboración, 2014.

Para la definición de las locaciones se realizaron los siguientes pasos de un software de simulación de acuerdo a la Figura 3.5

- Abrir el menú seleccionar Build y elegir locations
- Seleccionar en la ventana Graphics el icono que parece una tarima y ese lo tomaremos como inventario, hacer doble clic en la ventana Layout en el lugar que se requiera el icono.
- Se repite el mismo procedimiento para cada una de las locaciones que se necesiten dentro del modelo en este caso tenemos a las siguientes:

- Lijar, pegar espuma y refilar
- Kanban
- Aplicar pegamento a la pieza, pegar piel y acomodar piel en el grip
- Kanban
- Poner pegamento refilar piel y pegar
- Kanban
- Limpieza e inspección de la pieza
- Kanban
- Ensamble de tapa High gloss y empaque
- Kanban
- Demanda

Si se desea cambiar algún icono de lugar esto no afecta al modelo considerando que se pueden mover independientemente.

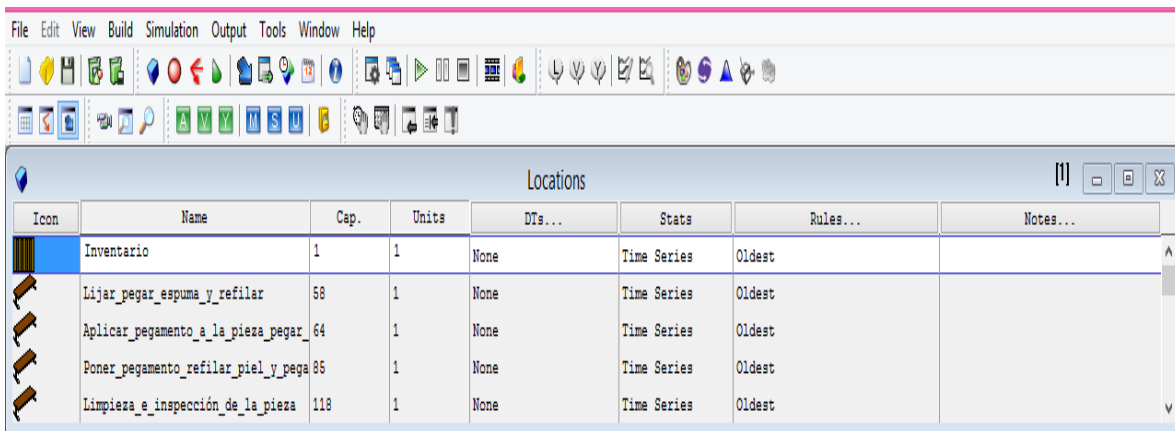


Figura 3.5 Definición de las locaciones, Fuente: Elaboración propia con Promodel™, 2014.

La definición de entidades es el siguiente paso en la construcción del modelo véase Figura 3.6, las entidades son aquellos recursos que serán procesados, para el modelo se tiene como entidad al grip, la cual fue construida de la siguiente manera:

- Abrir el menú seleccionar Build y elegir entities.
- Seleccionar en la ventana Graphics el icono de un tubo el cual se toma como un grip debido a que es el que más se asemeja a la pieza original.

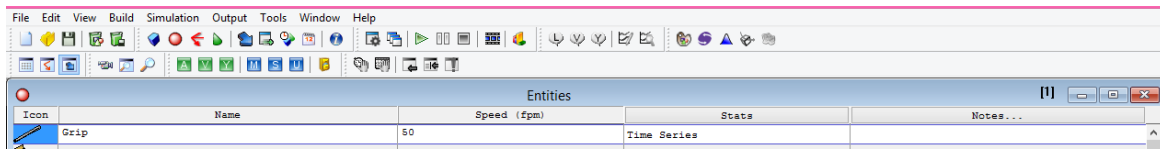


Figura 3.6 Definición de entidades. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

En cuanto a la definición de arribos y/o llegadas de las piezas al sistema se construyeron de la siguiente manera:

- Abrir el menú seleccionar Build y elegir el comando Arrivals.
- Al especificar los parámetros las llegadas de los grip son de una pieza por operación, como se observa en la figura 3.7.

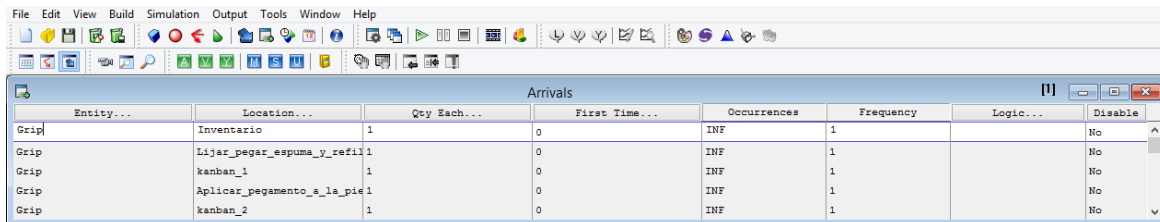


Figura 3.7 Definición de arribos. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

Para la definición de la lógica de procesamiento en la simulación se siguen los siguientes pasos, en esta etapa se programan las operaciones y rutas que seguirá el modelo Figura 3.8.

- Del menú seleccionar Build y elegir el comando Processing.
- Se despliegan dos ventanas Process y Routing For como se muestra en la figura 3.8 en donde se programa secuencialmente el proceso que sigue el grip en el sistema.
- En la ventana de Process se definen las operaciones que se harán en la entidad y en la ventana Routing For se muestra la ruta secuencial en el proceso.
- El grip llega al inventario para esperar su procesamiento, cuando se cumpla la condición sobre el estado en la primera estación, el grip abandona el inventario y sigue la ruta hacia la primera estación.
- Cuando el grip llega a la primera estación se le procesa por un tiempo de 1.036 minutos y así sucesivamente con cada una de las estaciones en el sistema hasta que el grip sale del mismo.

Cada paso se deberá programar de manera independiente, en un registro separado, para definir la llegada del grip a la primera estación

- Se selecciona la entidad requerida en la ventana de Processing
- Para la localización de llegada de la entidad seleccionar Location en donde se despliegan todas las localizaciones definidas.

En esta localización el grip solo está esperando a que la primera estación esté disponible es por eso que en la columna operation no se programa nada, en cuanto a la ruta de salida que se encuentra en la ventana Routing For, se realiza lo siguiente:

- La entidad de salida es la misma y aparecerá con ese mismo nombre en la columna de Output.
- El destino del grip es la primera estación se selecciona esta localización en la columna Destination.
- En la columna Rule se indica el movimiento, el valor predeterminado es First 1, con esto se indica que la entidad avanza tan rápido que se tiene la capacidad disponible en la localización destino.
- La columna Move Logic determina el movimiento lógico de salida y así se completa la línea de programación.

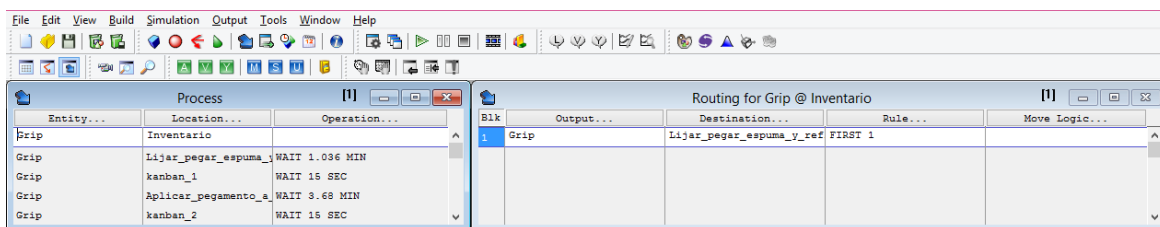


Figura 3.8 Lógica de procesamiento. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

3.4 Corrida del modelo

Una vez identificado el modelo con sus variables y herramientas definidas dentro del software Promodel se procede a correr la simulación. Se realizaron las corridas del modelo correspondientes a las variables encontradas y así seleccionar la opción óptima para el proceso.

Este proceso arrojará resultados del modelo bajo análisis para identificar el impacto que llegan a tener las variables dentro del sistema.

Para el modelo de simulación se llevaron a cabo 10 simulaciones en donde las tres variables independientes fueron las que se manipularon en el modelo de las cuales solo se mostraran las pantallas de la más óptima. Sin embargo los resultados de las variables independientes se muestran en la tabla 6.

Dentro del software tenemos el layout del proceso como se muestra en la figura 3.9.

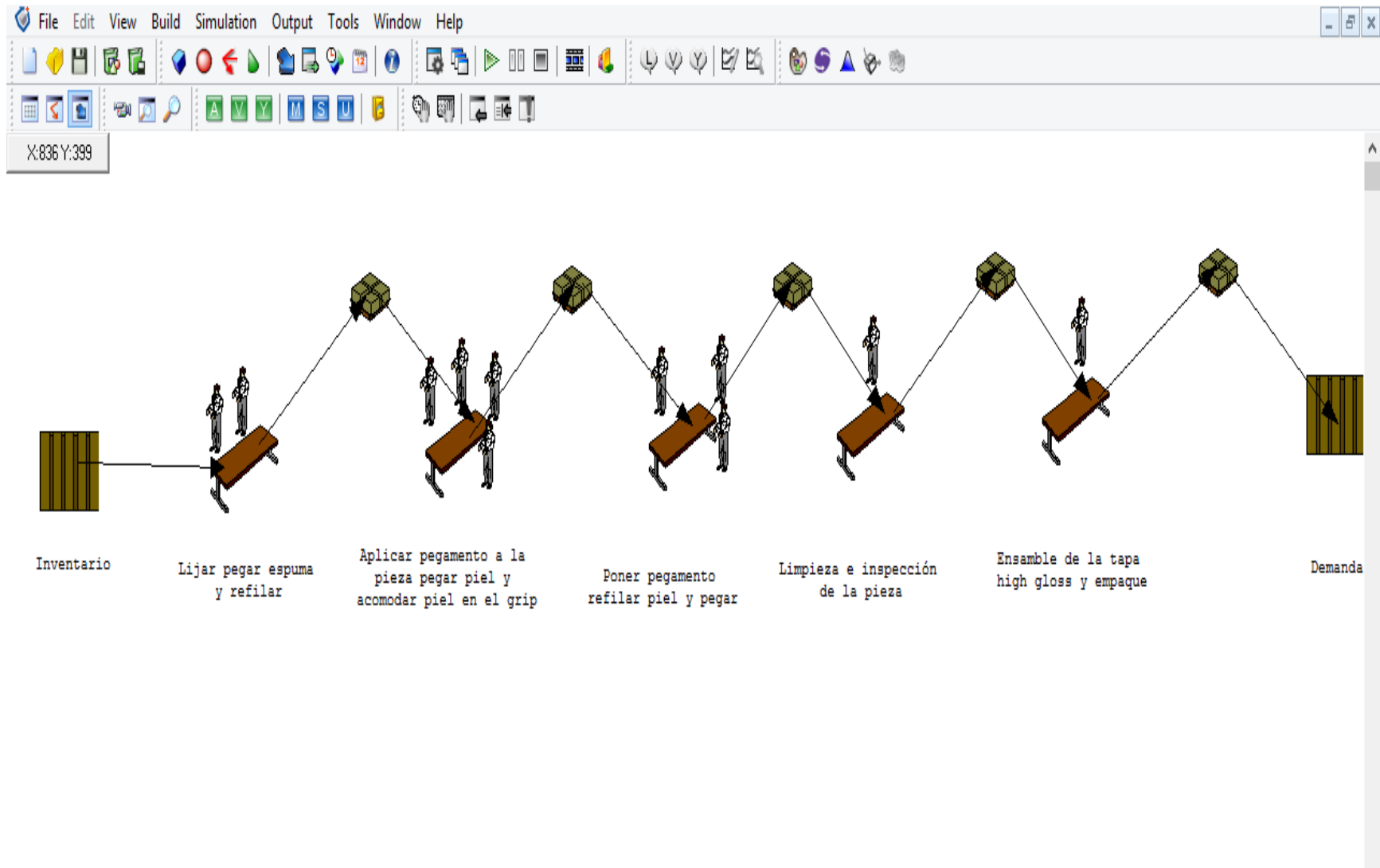


Figura 3.9 Lay-out del modelo. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

Como se mencionó anteriormente uno de los problemas que afecta la cadena de suministros del grupo Jopp Automotive S.A. DE C.V. de México son las entregas que se realizan con el cliente el cual se encuentra en Alemania lo que lleva al colapso en la cadena de suministros debido a que no llegan en tiempo y forma con el cliente, dentro del proceso se encuentra el sistema kanban el cual no es llevado a cabo de manera correcta. Se realiza la toma de tiempos, cuyos resultados se observa en la Tabla 5.

Tabla No.5 Tiempos de operación

Operación	Tiempo estándar en minutos
Lijar, pegar espuma y refilar	1.036333333
Aplicar pegamento a la pieza y pegar piel	1.913333333
Acomodar piel en el grip	0.961666667
Poner pegamento, refilar piel y pegar	1.317
Limpieza de la pieza y la piel	1.012533333
Ensamble de la tapa high gloss	0.386666667
Limpieza e inspección de la pieza con la tapa	0.358333333
Empaque	0.158333333
Tiempo de secado de pegamento	1.62
Tiempo por pieza	8.7642

Fuente: Elaboración propia 2014.

La primera simulación que se llevó a cabo fue de la variable del stock de seguridad con 600, 720, 840 y 960 piezas en un turno de 8.5 horas. Podemos encontrar información acerca de la cantidad de piezas en el sistema, tiempo promedio en el sistema, tiempo promedio para ser procesada, porcentaje en operación, porcentaje en movimiento, así como el porcentaje bloqueado.

En esta simulación la cantidad de piezas en el sistema que nos arroja es de 906 piezas diarias con un tiempo promedio de 0.02 horas y en el sistema de 0.01 horas como se observa en la Figura 3.10.

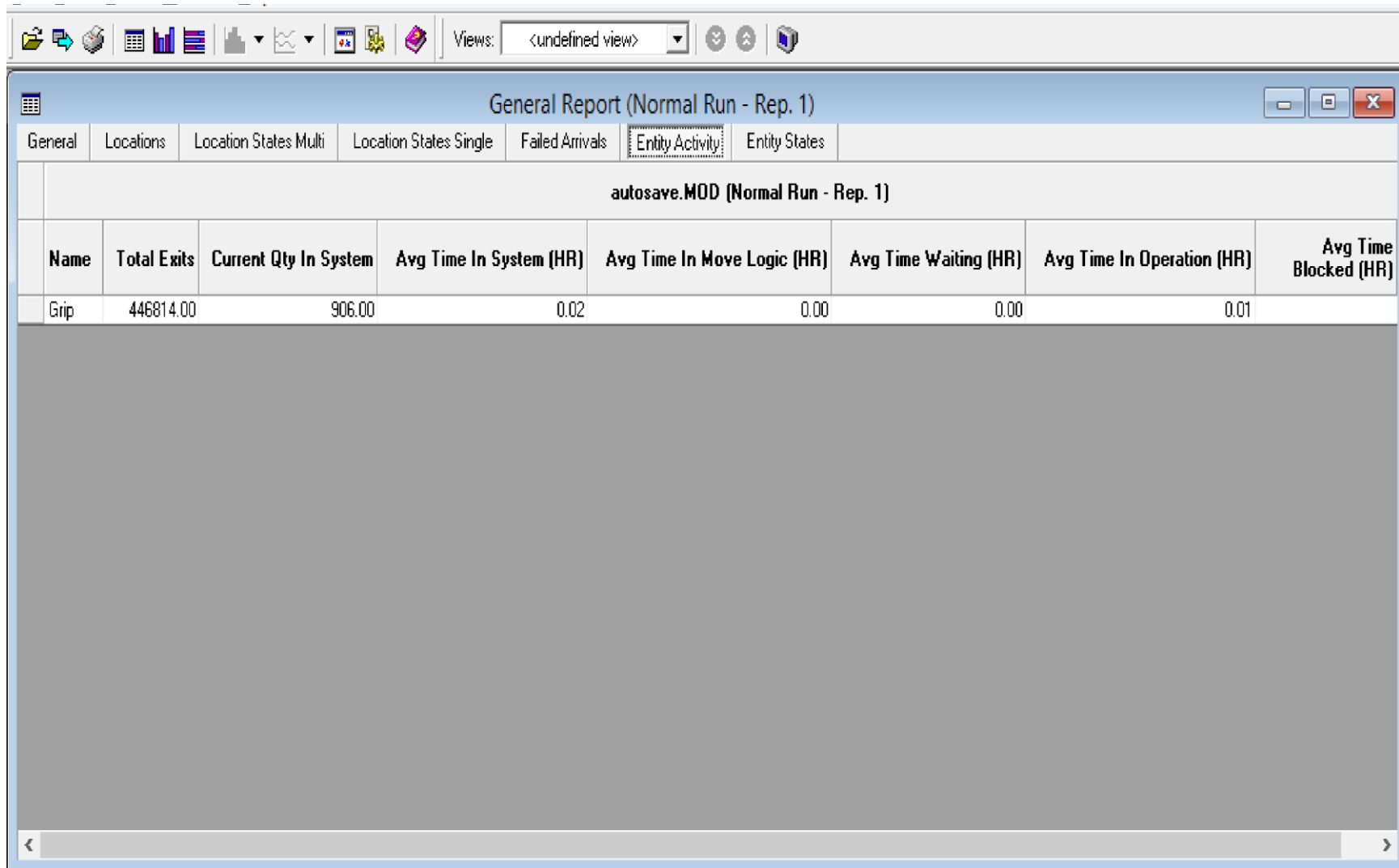


Figura 3.10 Actividad de la entidad en el sistema. Fuente: Elaboración propia con Promodel™, 2014.

Mientras que el estado de la entidad en el sistema nos arroja que el 55.60% se encuentra en operación, el 38.18% está bloqueado esperando a que una localización se desocupe y el 6.22% se está moviendo de una localización a otra como se muestra en la Figura 3.11 y Figura 3.12.

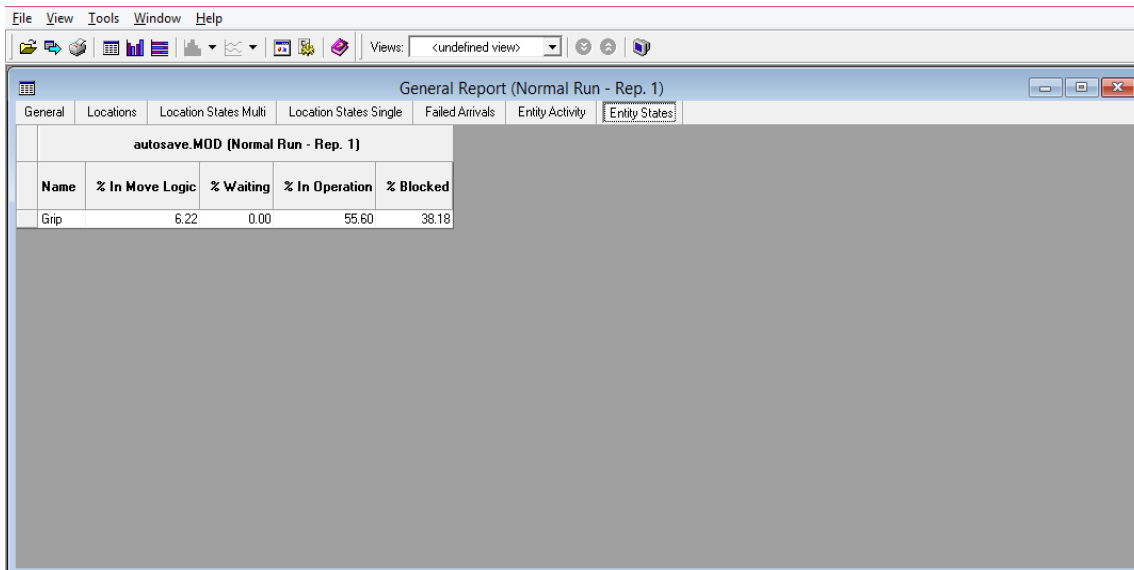


Figura 3.11 Estado de la entidad. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

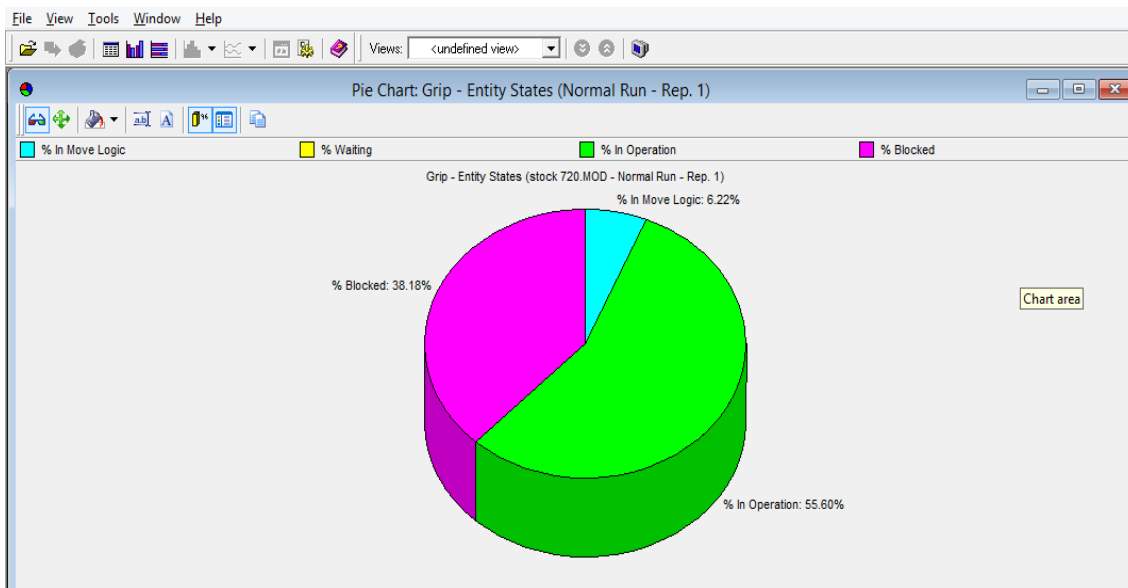


Figura 3.12 Porcentaje del estado de la entidad. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

En esta simulación el estado de las locaciones con multicapacidad fueron los siguientes
Figura 3.13. Cuatro de las estaciones de kanban se encuentran en un 90% ocupada y menos
del 10% vacías y/o llenas.

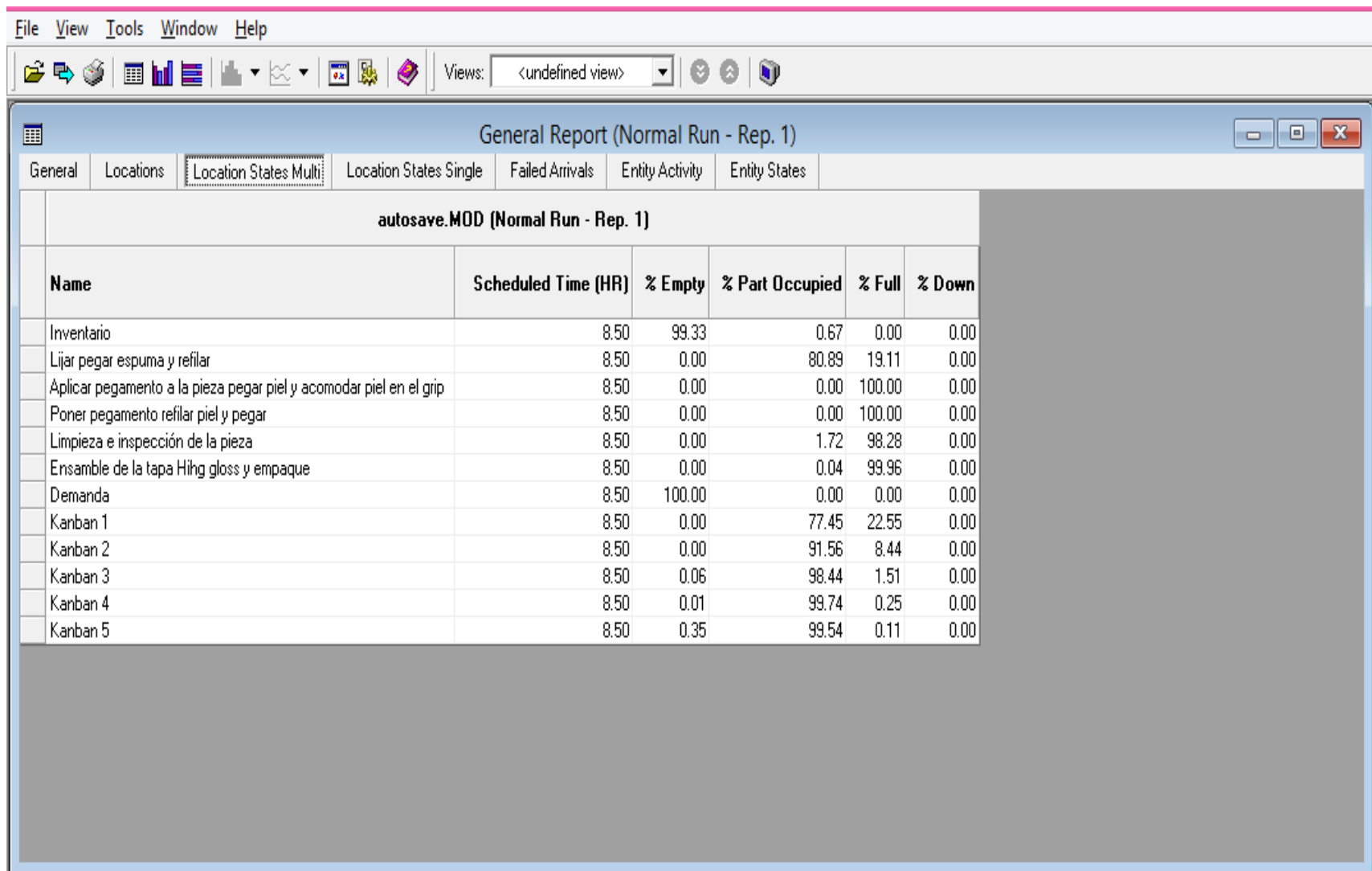


Figura 3.13 Reporte de localizaciones con multicapacidad con un stock de 720 piezas. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

Como se puede observar en la gráfica de la Figura 3.14 las locaciones del kanban son las que se encuentran ocupadas sin embargo la locación del kanban 5 muestra un poco de tiempo vacío con respecto a las demás estaciones.

Por lo que esto podría afectar el funcionamiento de las otras estaciones de kanban teniendo en cuenta que el tener una estación sin actividad refleja atrasos en los kanban para la estación siguiente, provocando tiempos muertos en cada uno de los procesos que se necesitan para la elaboración del grip.

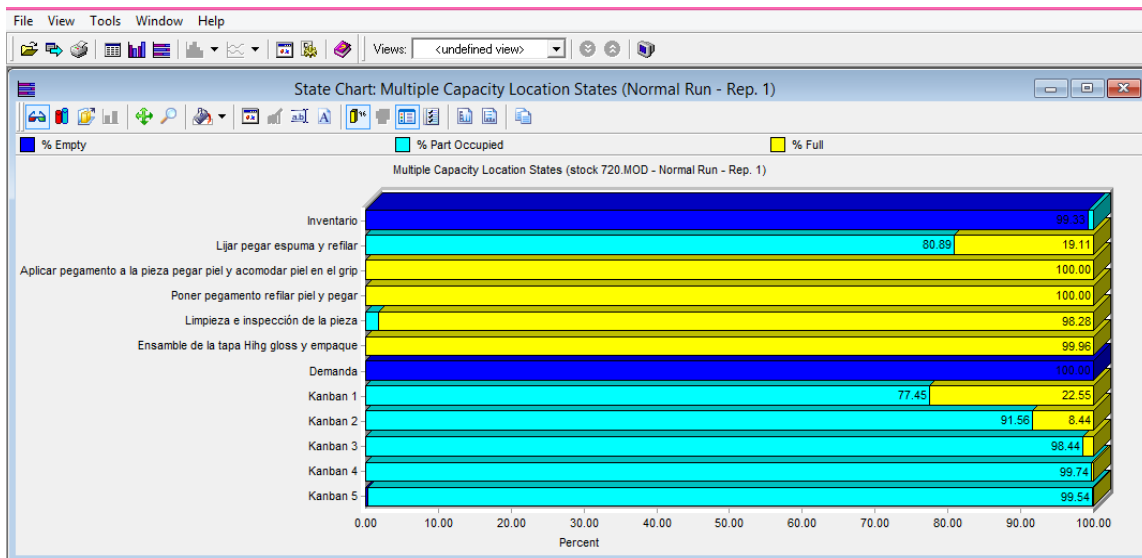


Figura 3.14 Estado de locaciones con multicapacidad. Fuente: Elaboracion propia con Promodel™, 2014.

En el primer trimestre del año se tenía una producción por debajo de lo esperado grafica 4, lo cual tenía como consecuencia el aumento en el costo del transporte ya que se enviaba menor cantidad de producto en los embarques, con el aumento en la producción se pueden enviar embarques marítimos con más producto, representando un menor costo en cuanto al transporte.

De acuerdo con las corridas que se realizaron de la simulación se obtuvieron los siguientes resultados Tabla 6.

Tabla No. 6 Resultados de las simulaciones

Entidad	Variable	Piezas	Cantidad de piezas en el sistema	Tiempo promedio en el sistema (hr)	Tiempo promedio para ser procesada (hr)	% en operación	% en movimiento	% bloqueado
Grip	Stock de seguridad	600	900	0.02	0.01	55.6	6.22	38.18
		720	906	0.02	0.01	55.6	6.22	38.18
		840	907	0.02	0.01	55.53	6.25	38.22
		960	980	0.03	0.02	54.33	6.34	39.33
	Fluctuación de la demanda	800	1626	0.03	0.04	30.55	3.42	66.03
		850	1746	0.03	0.01	29.52	3.29	67.19
		950	1866	0.03	0.02	27.32	3.39	69.29
		1080	1946	0.04	0.02	27.02	3.49	69.49
	Tiempo de ciclo	7.786 min.	907	0.01	0.01	57.49	7.02	35.48
		8.256 min.	907	0.01	0.01	57.63	6.99	35.38

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Al inicio de la investigación en la línea de recubrimiento de freno A7 esta se encontraba conformada por 14 personas realizando una producción de 480 piezas diarias en un turno de 8.5 horas laborables con una demanda de 4824 piezas al mes, con problemas en el control de los inventarios, debido a los retrasos en la producción así como fluctuaciones en la demanda, en la Tabla 7 se puede ver la cantidad producida por 14 personas durante 4 meses.

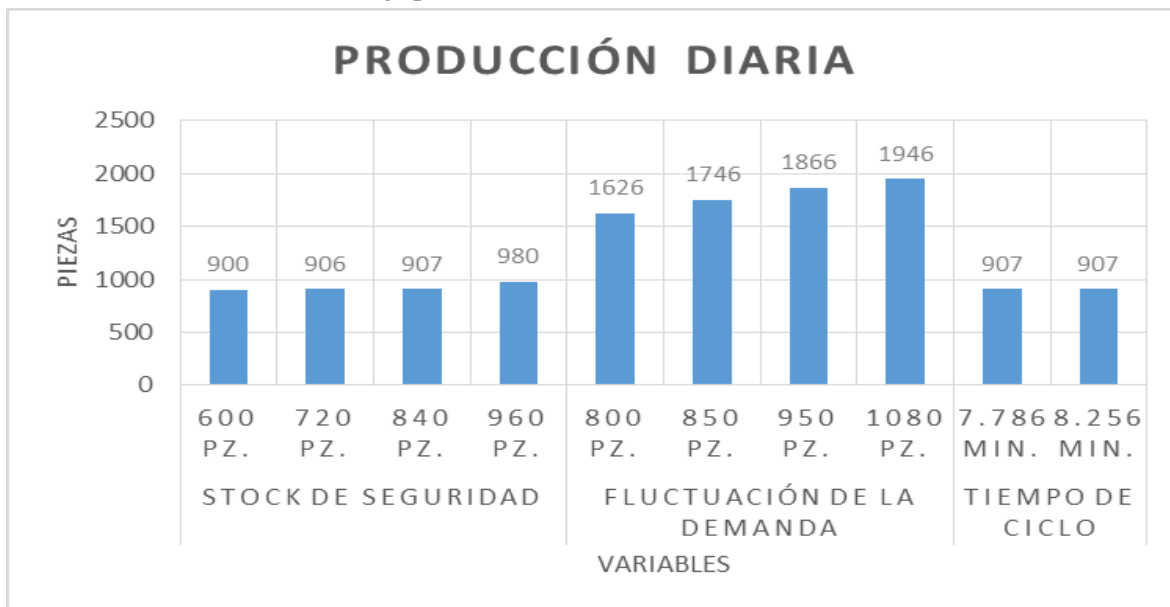
Tabla No. 7 Producción de Febrero a Marzo del año 2014 de la línea de recubrimiento de freno A7

Mes	Operadores	Cantidad de piezas producidas
Febrero	14	480
Marzo	14	480
Abril	14	480
Mayo	14	480

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Con las simulaciones que se realizaron podemos observar que de las tres variables que se simularon la fluctuación de la demanda es la que más piezas arrojó el sistema como se muestra en la gráfica 1.

Grafica 1 Producción diaria del grip A7



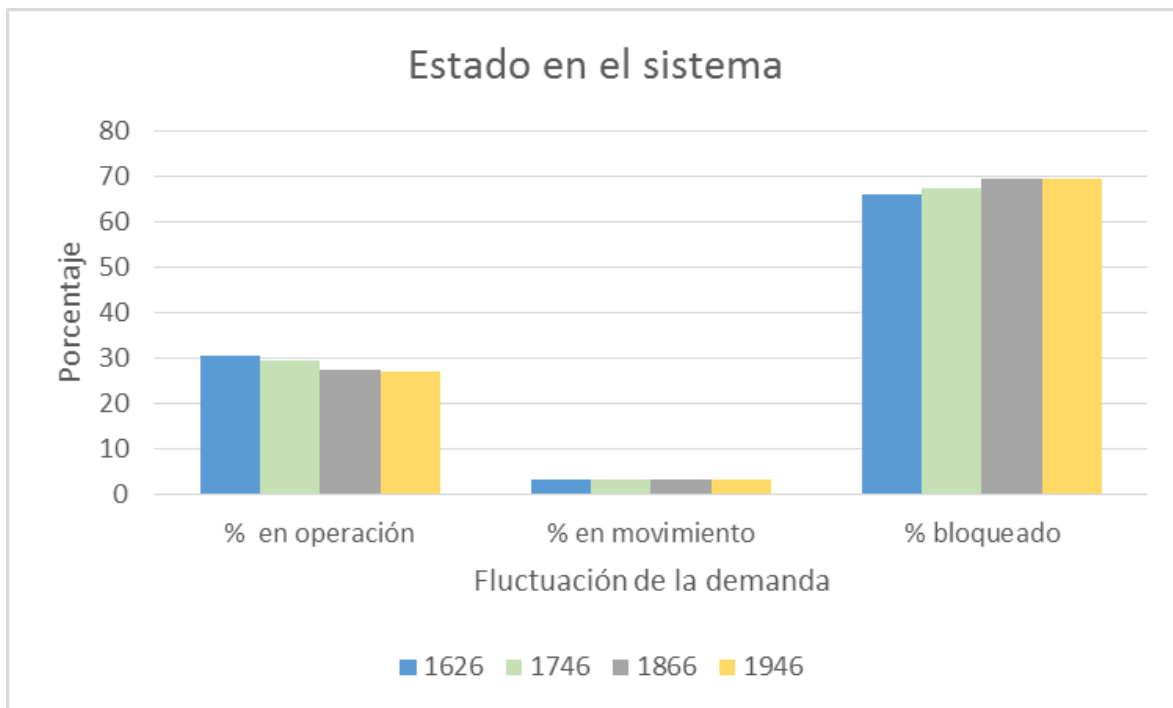
Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.4.1 Fluctuación de la demanda

Al manipular la variable fluctuación de la demanda es la que nos da los valores más altos en la producción sin embargo por ahora no podemos tomar en cuenta estos, ya que esto provocaría un sobre inventario de producto terminado como resultado tendría obsolescencia de producto, problemas de rentabilidad y liquidez, por lo que la empresa no cuenta con el área suficiente para mantener el mismo.

La simulación realizada con una demanda de 1080 piezas nos arrojó un resultado de 1946 piezas, esta simulación dio la producción más alta sin embargo el porcentaje de bloqueo también es el más alto esto quiere decir que el grip estuvo bloqueado y/o parado para continuar su camino a la localización destino en un 69.49% grafica 2.

Grafica 2 Estado del sistema en cuanto a la fluctuación de la demanda



Fuente: Elaboración propia, 2014.

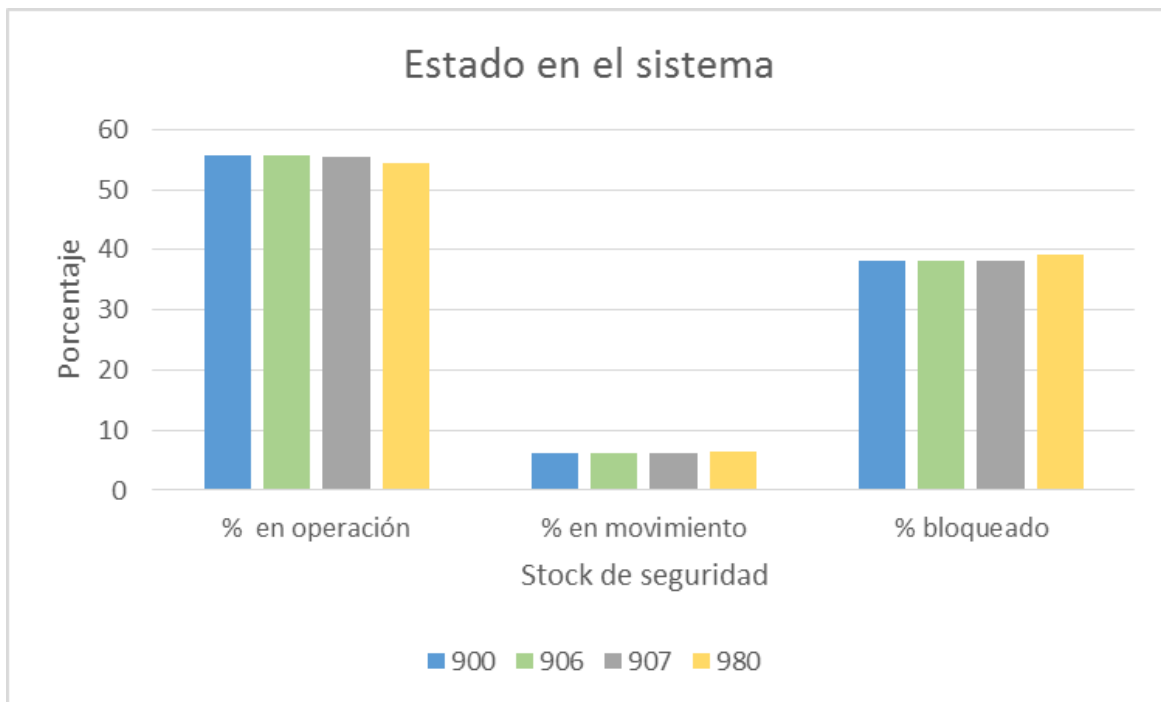
3.4.2 Stock de seguridad

Al no contar con un stock de seguridad se corre el riesgo de caer en un desabasto debido a una mala planeación de materiales y/o un atraso en la entrega de los mismos por parte de

los proveedores de la misma manera sino se tiene un control sobre el material a utilizar en la línea para el ensamble del grip el nivel de scrap puede incrementar ya que no se tiene un cuidado específico en este aspecto.

Cuando la variable de stock de seguridad se manipulo nos arrojó un porcentaje menor de material bloqueado en el sistema en un 38.18% véase grafica 3, con una producción de 906 piezas diarias con lo cual se estaría satisfaciendo la demanda del cliente sin tener un sobre inventario.

Grafica 3 Estado del sistema en cuanto al stock de seguridad



Fuente: Elaboración propia, 2014.

3.4.3 Tiempo de ciclo

En cuanto a la manipulación del tiempo de ciclo no se obtiene un cambio significativo entre los dos tiempos que se probaron ya que la cantidad de piezas a producir resulto ser la misma en ambas simulaciones por lo que no representa alguna amenaza en el sistema.

CAPITULO IV PROPUESTAS DE MEJORA

4.1 Reacomodo y stock de seguridad

De acuerdo a la investigación se propone el reacomodo de personal en la línea de ensamble y stock de seguridad en el sistema kanban de cada una de las operaciones, sin embargo para realizar este movimiento en el stock es necesario hacer cambios en la línea de producción, como se muestra en las Figuras 4.1 y 4.2.

En la operación 1 se dejan a dos operadores los cuales tienen una capacidad de producción de 116 pz/hr de las cuales pasan 85 pz/hr a la siguiente operación quedándose con un stock de 45 pz.

En la operación 2 se encuentran 4 operadores los cuales tendrán una capacidad de producción de 78 pz/hr pasan a la siguiente operación 85 pz/hr y contando con un stock de 92 pz.

En la operación 3 se hace la propuesta de 3 operadores con una capacidad de producción de 97 pz/hr de las cuales 85 pz circulan a la siguiente operación quedándose con un stock de 85 pz.

Operación 4 se encuentra 1 persona con una producción de 80 pz/hr pasará a la siguiente operación 85 pz/hr y contará con un stock de 90 pz.

En la operación 5 se cuenta con una persona que ensamblará 85 pz/hr y contará con un stock de 97 pz de las cuales pasaran 85 pz al empaque.

Para el empaque puede pasar una persona de la operación 3 o de la operación 1 para ayudar cuando las piezas pasen por el horno, sacando 85 pz/hr teniendo así una producción de 720 pz al día.

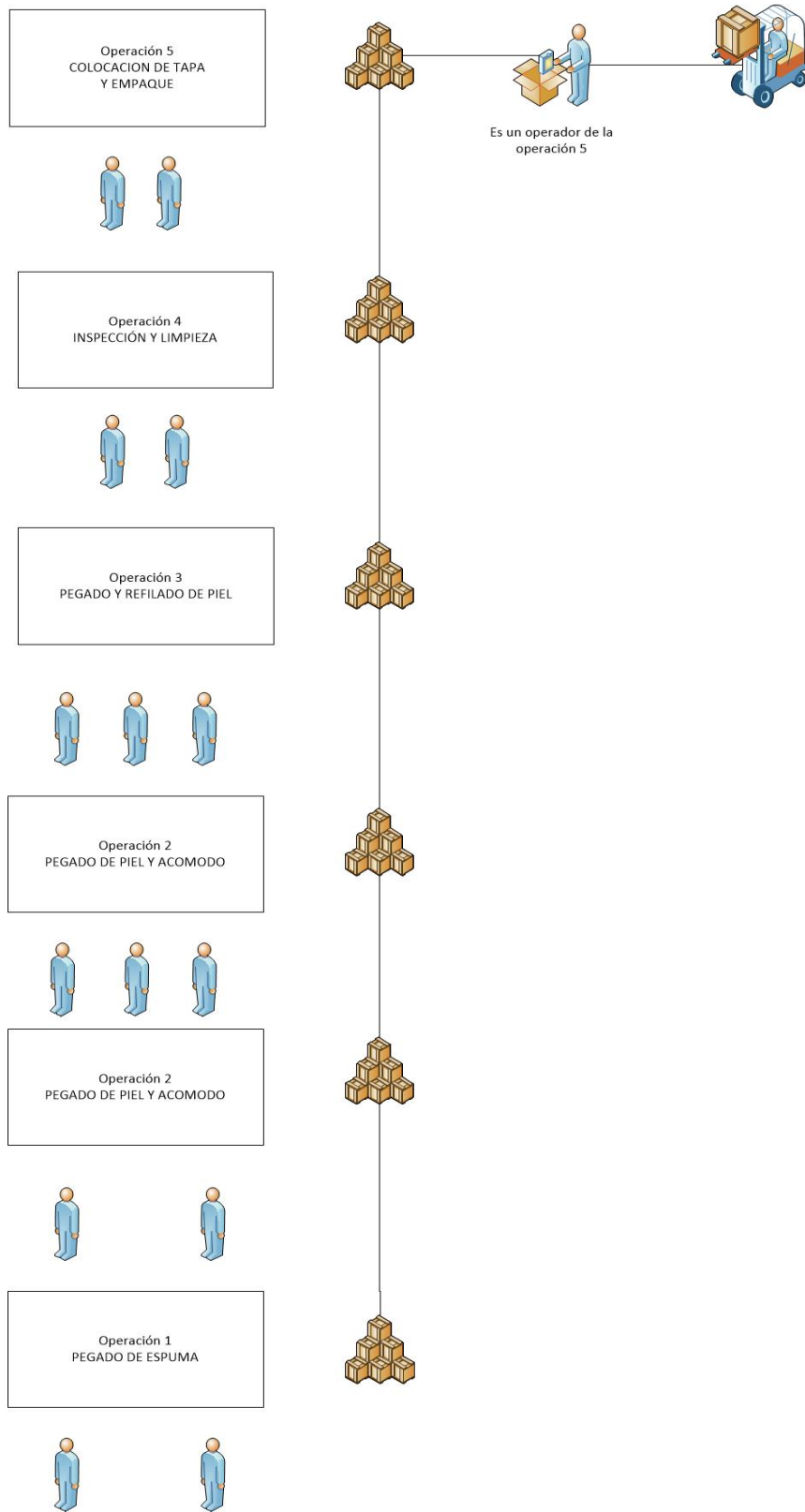


Figura 4.1 Acomodo original de la línea de freno A7 en Jopp Automotive S.A. De C.V. Fuente: Elaboración propia, 2014. Visio versión 2010.

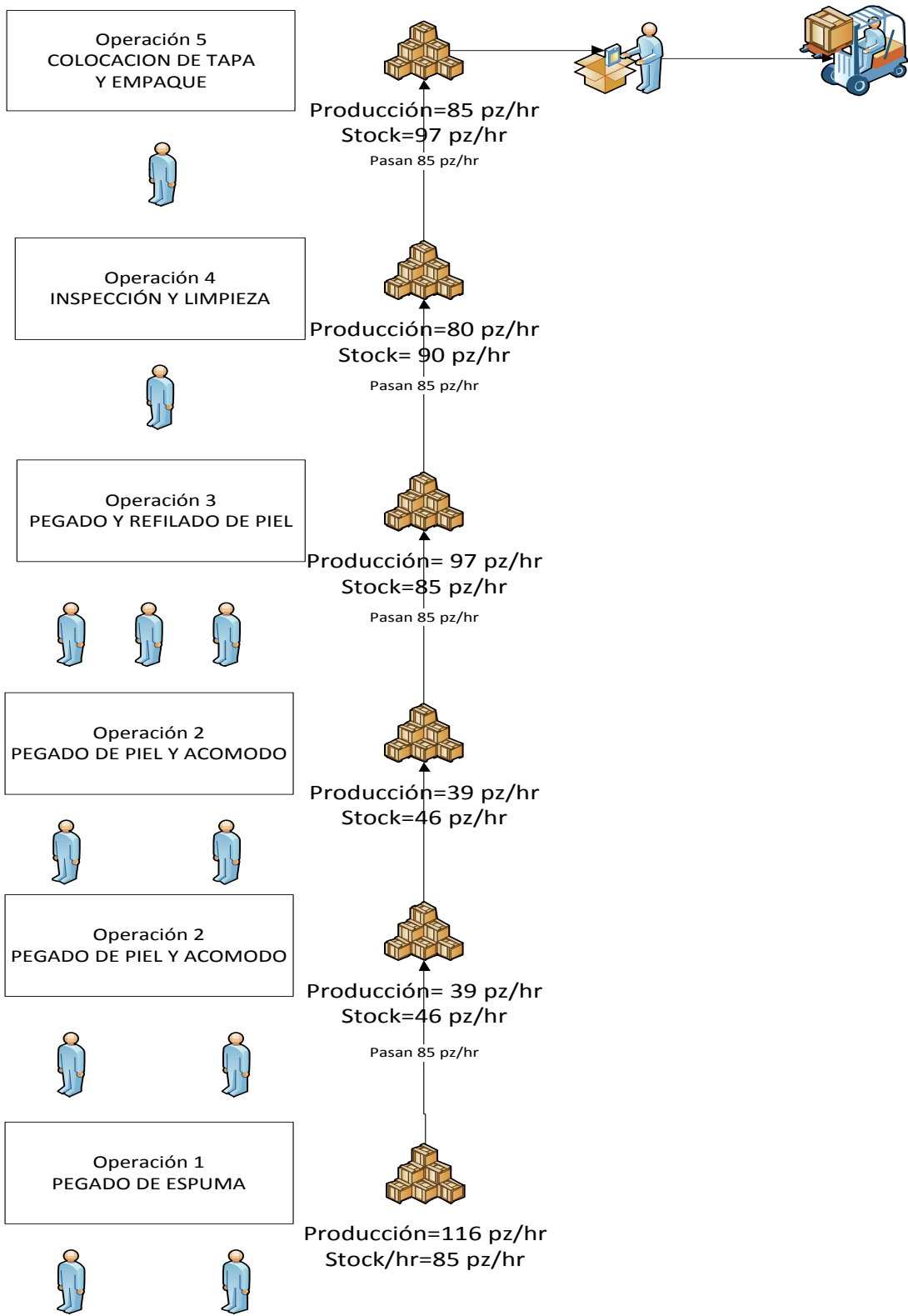


Figura 4.2 Propuesta del reacomodo y stock en cada operación. Fuente: Elaboración propia, 2014. Visio versión 2010.

Se propone cambiar el recorrido que realiza la pieza de grip como se muestra en la figura 4.3 con la finalidad de agilizar el movimiento de la pieza, reducir operaciones y/o acoplarlas con las que sean compatibles de esta manera los kanban estarán mejor organizados para agilizar el movimiento de las piezas entre una operación y otra. En el anexo 1 se puede observar el diagrama con las funciones de los operadores.

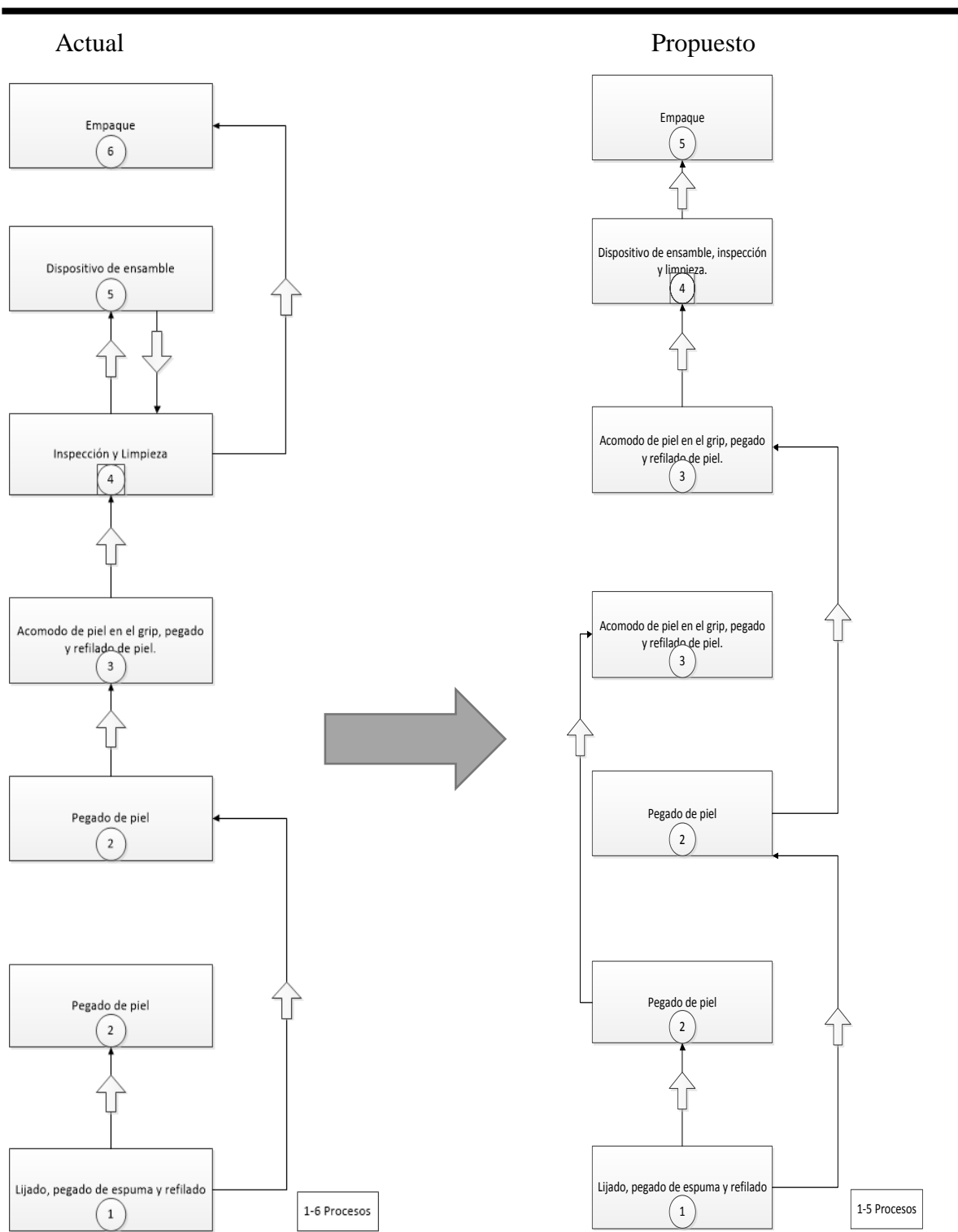


Figura 4.3 Diagrama de recorrido actual y propuesto. Fuente: Elaboración propia, 2014. Visio versión 2010.

Durante los meses de Junio a Agosto del año 2014, se realizaron algunos de los ajustes a la línea y esto tuvo como consecuencia una producción de 720 piezas al día tabla 8, con lo cual se cubria un embarque marítimo de tres meses para cumplir con la demanda del cliente.

Tabla No. 8 Producción de Junio a Agosto del año 2014 de la línea de recubrimiento de freno A7

Mes	Operadores	Cantidad de piezas producidas
Junio	11	720
Julio	11	720
Agosto	11	720

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cabe mencionar que la línea produce 720 piezas debido al estándar pack requerido por el cliente.

4.2 Formación de células de manufactura

Dentro del proceso de producción de freno se pueden observar tres líneas de ensamble acomodadas como se muestra en la Figura 4.4. Por lo que se realiza una propuesta en cuanto a la formación de células de manufactura que ayudan a todas las operaciones que son necesarias para producir y mantener flujos de producción continuos y/o para producir un componente o el subensamble de partes que son realizadas cerca, para permitir la retroalimentación entre operadores ante problemas de calidad u otros.

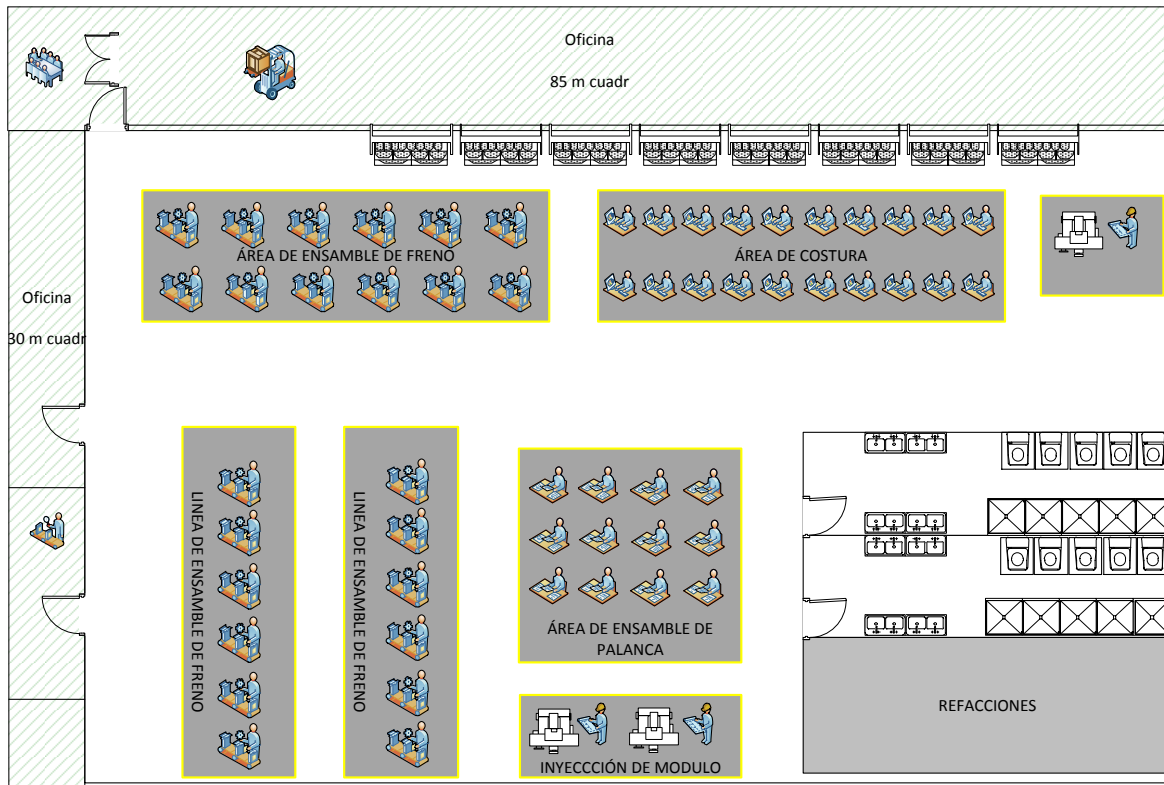


Figura 4.4 Lay-out actual. Fuente: Elaboración propia, 2014. Visio versión 2010.

Una célula de manufactura se usa en cualquier lugar dónde hay actividades continuas que añaden valor, pasando una pieza a la vez, de una estación de trabajo a otra, en donde los trabajadores realizan diversas funciones y por lo tanto son capaces de atender diversas interrogantes.

Después de realizar el método de flujo de análisis del proceso para la formación de células como se puede observar en el anexo 4 se propone el siguiente reacomodo Figura 4.5 en cuanto a las células de manufactura que nos arrojó el análisis.

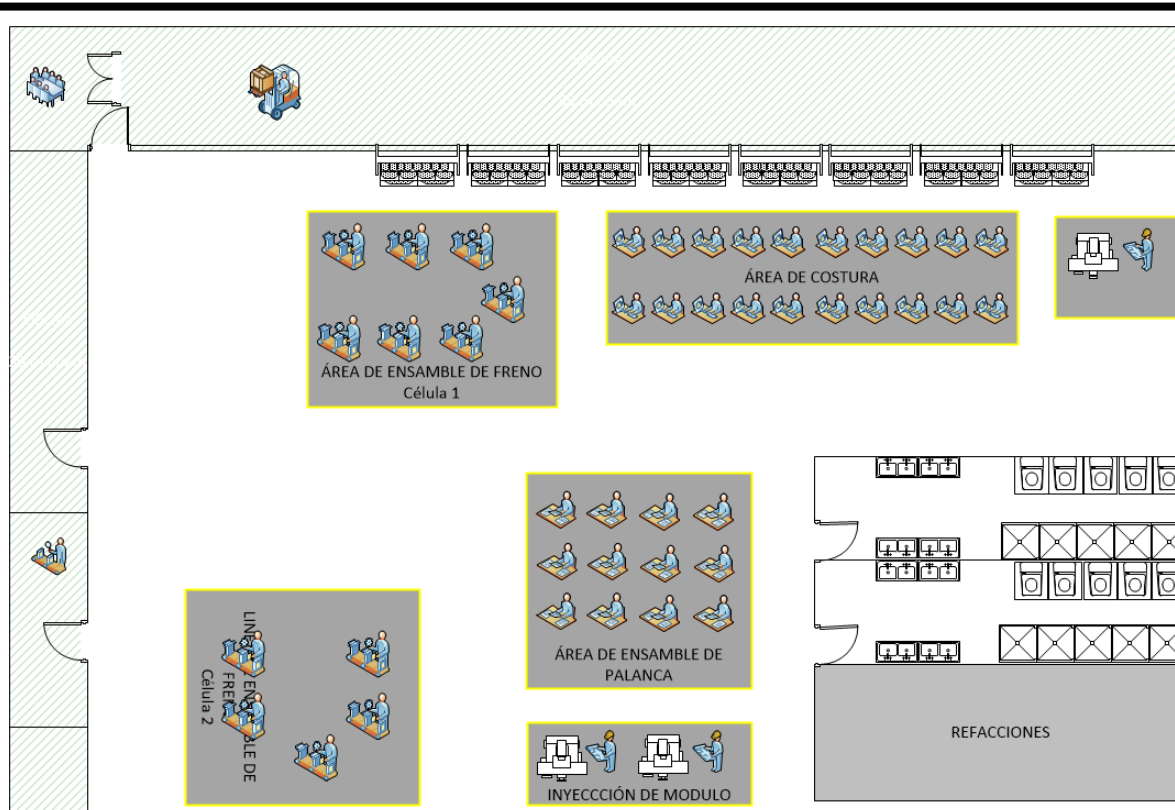


Figura 4.5 Lay-out propuesto. Fuente: Elaboración propia, 2014. Visio versión 2010.

En esta propuesta se tiene las células de manufactura 1,2 acomodadas en U considerando que es benéfica en cuanto a la flexibilidad, para aumentar o disminuir el número de trabajadores cuando hay que adaptarse a las fluctuaciones de la demanda y producto.

Como se cuenta con la flexibilidad de las células se propone que su funcionamiento sea ayudado por un sistema kanban en cada una de las ellas, ubicando un supermercado en cada operación realizada, debido a que esto ayudará a tener células de flujo continuo.

CAPITULO V CONCLUSIONES

La simulación ayuda a visualizar posibles escenarios que afecten en el funcionamiento de la cadena de suministros evitando el colapso de la misma, así mismo la simulación ayuda a realizar estas actividades sin afectar el tiempo o el proceso. Con la filosofía de la manufactura esbelta en las operaciones y con un sin fin de técnicas y herramientas de racionalización para la mejora en las empresas, se logran concentrar cambios significativos en los resultados de los procesos a través de la identificación de propósitos claros de su aplicación, los cuales se podrán reflejar en los resultados de los indicadores, en cuanto a operaciones de producción, por lo tanto impactarán en los resultados económicos, y ayudarán a impulsar nuevos proyectos dentro de la organización. A pesar de que cada empresa tiene diferentes productos y procesos, así como capacidades organizativas, las herramientas de la manufactura esbelta en las operaciones pueden ser aplicadas con diferente intensidad, de tal manera que evidencien su contribución en la disminución de desperdicios en los procesos de producción.

Con los resultados obtenidos de los modelos de simulación se concluye que la mejor alternativa de selección para este caso es manipular el stock de seguridad considerando que es una variable que se puede modificar con facilidad en la planificación de materiales, en algunos casos se ha llegado a creer que el tener un stock de seguridad al mínimo beneficiará a la compañía y no está del todo equivocado el concepto, sin embargo se sacrifican entregas con los clientes en tiempo y forma, producciones continuas debido a que estas se ven afectadas por paros a causa de la falta de material, es por esto que de implementarse el modelo propuesto no se presentarían rupturas en la producción, de esta manera se cumple con los tiempos de entrega de los pedidos y así el cliente se encontrará satisfecho en cuanto a las entregas y la cantidad surtida.

El impacto que tienen las variables del kanban como son el stock de seguridad afecta el desempeño en el sistema debido a que en el modelo de simulación se manipulo esta variable arrojando resultados positivos en cuanto al aumento de la producción, lo cual nos comprueba la hipótesis en donde esta variable impacta al cumplimiento de las entregas con el cliente considerando que si la producción aumenta, las entregas están en tiempo y forma con el mismo, en cuanto al objetivo general de la investigación este se cumple

considerando que el modelo de simulación puede dar una visión acerca de los escenarios que se tendrían en la línea de producción si alguna de las variables es manipulada, en lo que respecta a los objetivos específicos estos se cumplieron debido a que se llevó a cabo la simulación la cual ayudo en la identificación de áreas de oportunidad en el sistema kanban, proponiendo mejoras en el proceso de producción del recubrimiento de freno de mano A7. La producción del mes de junio a agosto del año 2014 aumento de 480 a 720 piezas diarias por lo tanto se ve reflejado en las producciones mensuales como se puede observar en la gráfica 1 con una disminución en el número de operarios de 14 a 11 personas laborando en la línea.

Con la propuesta de un stock de seguridad en la línea esta puede aumentar su productividad en un 150% en comparación con la producción actual anexo 5.

Referencias

- Análisis de los sistemas de control de la producción Kanban y Conwip bajo escenarios de reproceso (2003).
- Azadeh, A., Layegh, J., & Pourankooch, P. (2010). Optimal Model for Supply chain system controlled by kanban under JIT philosophy by integration of computer simulation and genetic algorithm. *Basic and Applied Sciences*, 370-378.
- Aziz, M., Bohez, E., Kanda, Y., Hibino, H., & Sakuma, T. (2013). Bottleneck Oriented Card- based Production Control for Push Repetitive Manufacturing Systems. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 377-397.
- Ballesteros, D. P., y Ballesteros, P. P. (2008). Una forma practica para aplicar el sistema Kanban en las MYPIMES colombianas. *Scientia Et Technica*, 200-205.
- Bernal, A. C. (2010). Metodología de la investigación. Colombia: Pearson.
- Campuzano, F., Cruz Lario, F., y Ros, L. (2008). Consecuencias del efecto Bullwhip según distintas estrategias de gestión de la cadena de suministro: modelado y simulación . *Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 49-66.
- Creswell, John W. (1994). Diseño de investigación. Aproximaciones cualitativas y cuantitativas.
- Dabee, F., Marian, R., y Amer, Y. (2013). An optimisation model for a simultaneous cost-risk reduction in just- in- time systems. *Multi- Disciplinary Engineering*, 139-148.
- Guillermo Andres, S., Juan Manuel, S., & Oscar Humberto, P. (2012). KANBAN allocation in a serial suply chain. *Tecnura*, 59-67.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. d. (2013). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.
- Hiraiwa, M., Tsubouchi, S., y Nakade, K. (2007). Base stock policy in a join- type production line with advanced demand information. *Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 399-407.
- Hwang, Cl., Yoonk (1981). Toma de decisiones, atributo múltiple: métodos y aplicaciones un estado de la técnica. Springer Verlag Berlín.
- Jimenez, J. E., y Hernández, S. (2002). Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque logistico. Sanfandila, Qro.

-
- Kerlinger, F. (1998). Investigación del comportamiento. México: McGraw- Hill.
- Koukourmialos, S., y Liberopoulos, G. (2005). An analytical method for the performance evaluation of echelon kanban control systems. *OR Spectrum*, 339-368.
- Koukourmialos, S., y Liberopoulos, G. (2005). An analytical method for the performance evaluation of echelon kanban control systems. *OR Spectrum*, 339-368.
- Krieg, G. N., y Kuhn, H. (2004). Analysis of Multi-Product Kanban Systems with State-Dependent Setups and Lost Sales. *Annals of Operations* , 141-166.
- Mitsuyuki, K., Kojima, F., Douba, H., Fukuda, Y., & Arai, E. (2004). Operation Method for Multi- Types and Multi- Stages Kanban System Using Discrete Event Simulation. *Production Engineering Department , DENSO CORPORATION.*, 274-279.
- Mora, A., Tobar, J., y Soto, J. (2010). Comparacion y analisis de algunos sistemas de control de la produccion tipo "pull", mediante simulacion. *Red de Revistas Cientificas de America Latina, el Caribe, España y Portugal*, 100-106.
- Noori, H. y Radford, R.: *Administración de Operaciones y Producción; Calidad total y respuesta sensible rápida*. Bogotá, Editorial McGraw – Hill, 1997.
- Parra, O. J., (s.f). *Sistemas de producción tipo kanban*. Panorama no.6 Resultados de Investigación Facultad de Ingeniería y Ciencias básicas.
- Peter, C., y Muñoz, F. (2009). Evaluación bajo Simulación de un Sistema Just In Time. *Treballs Docents curs*, 18-21.
- Reyes, P. (2002). *Manufactura delgada (Lean) y seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones*. *Contaduría y administración*, 51-69.
- Rother, M., y Shook, J. (1999). *Observar para crear valor cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar muda*. Brookline, MA 02446 USA: The Lean Enterprise Institute.
- Ruiz Usuano, R., Framiñan, J., Crespo, A., & Muñoz, M. (2001a). *Sistemas de control push-pull. Un estudio comparativo*. *Asociacion para el desarrollo de la Ingenieria de Organizacion*. Obtenido de <http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2001//simulacion/US-5.pdf>

-
- Ruiz-Usano, R., Framiñan, J., y Muñoz, M. (2001b). Simulación continua y discreta de un sistema de producción con inventario en proceso constante. Asociación para el desarrollo de la Ingeniería de Organización.
- Sanchez, G., Sanchez, J. M., y Patiño, O. (2012). Kanban allocation in a serial supply chain. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 59-67.
- Sánchez, P., y Echávarri, R. (2009). Dimensionado óptimo de buffers con metodología kanban sin tarjetas. International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, 1745-1753.
- Savsar, M. (2009). Modeling and Simulation of a Serial Production Line with Constant Work-In-Process. Proceedings of world academy of science, engineering and technology, 1236-1244.
- Sivakumar, G., y Shahabudeen, P. (2008). Design of multi-stage adaptive kanban system. Int. J Adv. Manuf Technol, 321-336.
- Soto Mejía, J., y Fernández Henao, S. (2011). Los metamodelos de regresión en simulación con aplicación en sistemas de manufactura. Scientia Et Technica, 285-290.
- Sterman, J. (1989). Modelling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. Management Science 35, 321-339.
- Uzun, O., Eski, O., & Araz, C. (2008). Determining the parameters of dual-card kanban system: an integrated multicriteria and artificial neural network methodology. Int J Adv Manuf Technol, 965-977.
- Wan, H.-d., & Chen, F. F. (2007). A Web-based Kanban system for job dispatching, tracking, and performance monitoring. Int J Adv Manuf Technol, 995-1005.
- Womack, & Jones. (2005). Lean thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa.
- Yamashita, H., Nakazawa, K., Nagasaka, H., & Shigemichi, S. (1989). Modeling and Analysis of a Production Line Operated According to Demand. JSME, 491-497.
- Young, R., Esqueda, P. (2005). Vulnerabilidades de la cadena de suministros: consideraciones para el caso de América Latina. Revista latinoamericana de Administración, no. 34, 63-78.

Anexo 1 Tiempos y movimientos

Tabla de tiempos y movimientos

Numero	Actividad	Minutos
1	Lijar, pegar espuma y refilar	1.03633333
2	Aplicar pegamento a la pieza y pegar piel	2.72333333
3	Acomodar piel en el grip	0.96166667
4	Poner pegamento, refilar piel y pegar	2.127
5	Limpieza de la pieza y la piel	1.01253333
6	Ensamble de la tapa high gloss	0.38666667
7	Limpieza e inspección de la pieza con la tapa	0.35833333
8	Empaque	0.15833333
	Total	8.7642

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Anexo 2 Notas de campo

- 8:18 am producción de freno
- Actividad 1 se encuentran dos personas



- Actividad 2 se encuentran 4 personas
- Actividad 3 1 persona



- Actividad 4 1 persona y una llega ayudar
- Actividad 5 2 personas realizan la actividad
- Actividad 6 1 persona ensambla
- Las piezas llegan al área de inspección y limpieza manchada de resistol, por lo que las personas encargadas de realizar estas actividades se tardan más de lo que les implica llevar la operación.

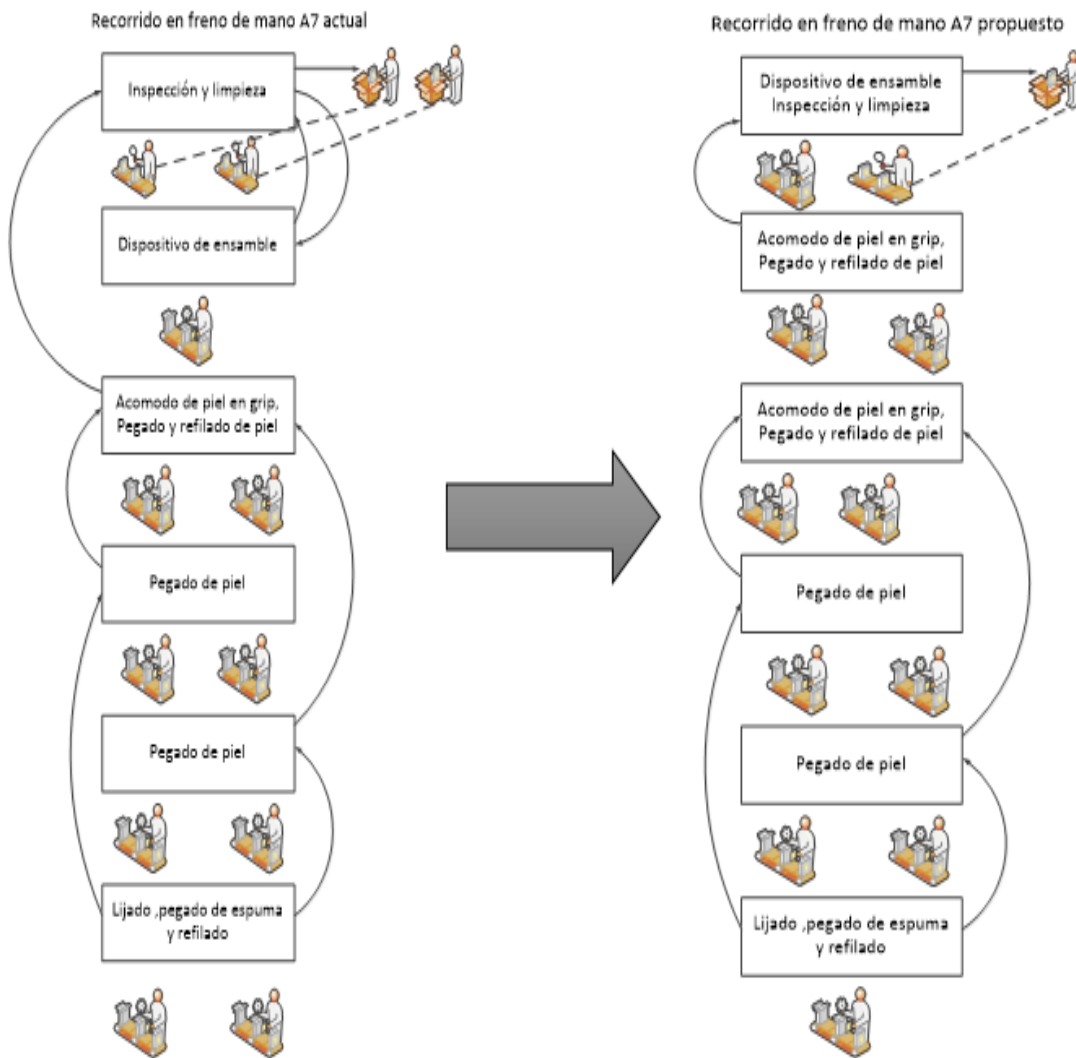


- En los horarios de comida los operarios no acuden balanceados de acuerdo a la actividad que realicen.
- Los ventiladores se encontraron apagados desde las 8:00 am hasta la 15:00 horas.



- Al realizar la última inspección una persona hace la inspección y limpieza la otra persona solo coloca la bolsa termoencogible.
- El horno necesita 2 horas de precalentamiento.
- Cuando se pasan las piezas por el horno lo hacen dos personas por lo tanto se dejan descuidadas otras actividades.
- Actitud negativa por parte del personal

Anexo 3 Diagrama de recorrido



Fuente: Elaboración propia, 2014.

Anexo 4 Formación de células de manufactura

De acuerdo con el método de flujo de análisis del proceso para formar células nos arrojó como resultado 2 células de manufactura, donde tenemos a la siguiente nomenclatura.

C=Componente

O=Operación

- O1 Pegado de espuma y diurex
- O2 Refilado de funda, voltear funda, bajado y acomodo de la misma
- O3 Doblado, aplicación de adhesivo y pegado de la funda
- O4 Estirado y refilado de la funda
- O5 Aplicación de adhesivo y pegado de la funda
- O6 Ensamble de anillo
- O7 Limpieza, colocación de funda termoencogible y empaque
- O8 Lijar, pegar espuma y refilar
- O9 Aplicar pegamento a la pieza y pegar piel
- O10 Acomodar piel en el grip
- O11 Poner pegamento, refilar piel y pegar
- O12 Limpieza de la pieza y la piel
- O13 Ensamble de la tapa high gloss

	O7	O5	O1	O2	O3	O6	O8	O9	O10	O11	O12	O4
C2	1	1	1	1	1	1						1
C4	1	1	1	1	1	1						
C1	1	1	↑				1	1	1	1	1	
C3	1		↑							↑		

Célula 1

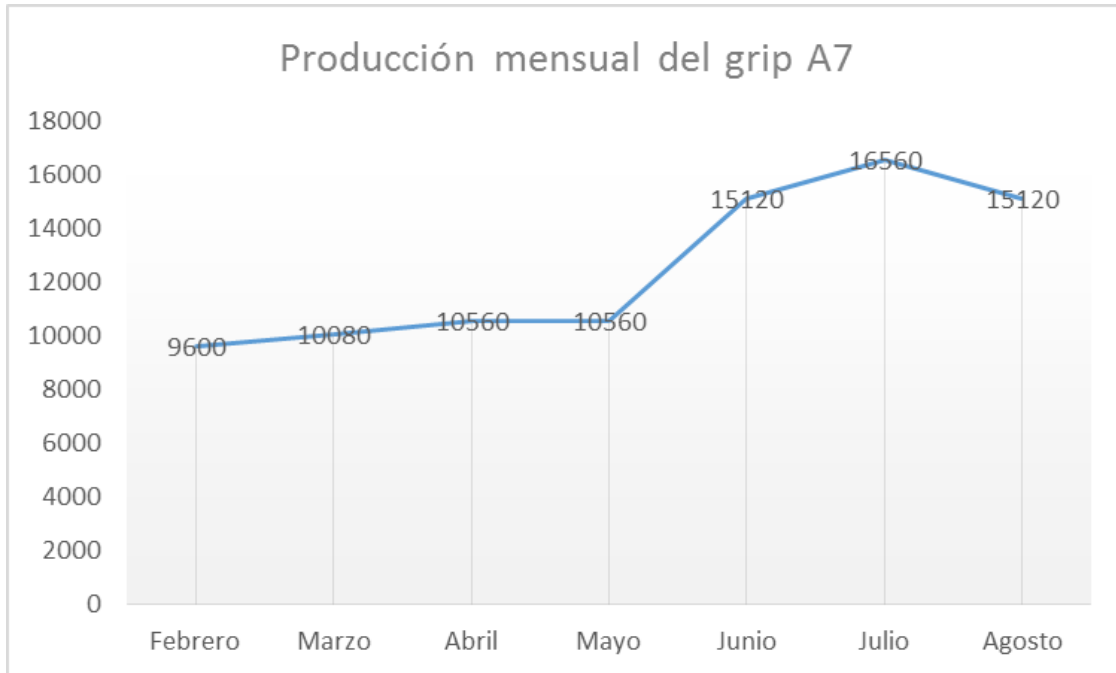
Célula 2

Fuente: Elaboración propia, 2014.

El componente 1 y 3 pueden realizarse en cualquiera de las dos células siendo más factible la célula 1 ya que es la que menos componentes se encontrara realizando, en cuanto a la operación 4 se puede agregar al área designada para célula 1.

Anexo 5 Producción mensual

Grafica 4 Producciones mensuales



Fuente: Elaboración propia, 2014.