

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

**“OPTIMIZACIÓN DE RUTA DE MATERIALES DE LÍNEA DE
ENSAMBLE EN EMPRESA AUTOMOTRIZ”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN
INDUSTRIAL**

PRESENTA:

Ing. Ramiro Pérez De La Fuente

DIRECTOR:

Dr. Claudio Alejandro Alcalá Salinas

H. Matamoros, Tamaulipas, México

Octubre del 2019



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS:

**“OPTIMIZACIÓN DE RUTA DE MATERIALES DE LÍNEA DE
ENSAMBLE EN EMPRESA AUTOMOTRIZ”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

PRESENTA:

Ing. Ramiro Pérez De La Fuente

DIRECTOR:

Dr. Claudio Alejandro Alcalá Salinas

ASESORES:

M.I.I. José Javier Treviño Uribe

M.A.I. Santa Iliana Castillo García.

H. Matamoros, Tamaulipas, México

Octubre del 2019



Agradecimientos

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, quien me dirigió para tener la fortaleza y alcanzar esta meta que con tanto esfuerzo logré culminar con éxito.

A mi madre María Antonia De La Fuente Guzmán.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha dado para ser una persona de bien, por su amor y comprensión que en todo momento me brindó para finalizar esta etapa de mi vida.

A mi padre Ramiro Pérez Camero.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me han ayudado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por todo el apoyo que me ha brindado durante mi carrera profesional. Por haberme forjado con sus valores y principios, además con su responsabilidad y determinación en cada momento de mi vida, al haberme ayudado a llegar hasta donde estoy.

A mis familiares.

A mi hermana Nidia Guadalupe por ser ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles; a mi hermano Carlos Alberto por ser una gran persona y mostrarme su determinación y por su apoyo que mostraron durante la culminación de mis estudios.

A mis maestros.

Mtra. Luz Oralía Perez Charles, Mtra. Santa Iliana, Mtro. José Javier Treviño Uribe y al Dr. Claudio Alejandro Alcalá Salinas por su gran apoyo y culminación de mi tesis profesional, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Resumen

En el periodo de enero – diciembre del 2018 en una empresa dedicada a la fabricación de interiores de automóviles, presentaba un gran problema en sus líneas de ensamble final, ya que tenían mucho personal en el área de materialista y además no tenían sus actividades estandarizadas, rutas de materiales no establecidas, inventario muy elevado de materia prima mal organizado, espacio utilizado para material de trabajo desperdiciado, por lo que ocasionaba un descontrol en el flujo de materia prima y pérdida de tiempo para los materialistas en encontrar los componentes que necesitaban. Por lo que tenían que dirigirse al almacén durante su turno demasiadas ocasiones, por la falta de organización en sus inventarios de materia prima y con un volumen muy alto.

El recorrido en demasiadas ocasiones al almacén originaban problemas de salud muy fuertes que se hacían presentes al final del turno, como por ejemplo rozaduras, estrés, cansancio, así como dolores musculares que presentaban los materialistas al final de su turno.

Este proyecto tiene como objetivo optar por las herramientas de la manufactura esbelta, para que ayudará en la eliminación de las actividades que no agregan valor al producto, los cuales algunos se hacían presente en nuestro proyecto, de los más notables son los tiempos de espera, transporte, inventarios y movimientos.

Implementar en las líneas de ensamble algunas herramientas de la manufactura esbelta, para disminuir los desperdicios que presentan en su proceso, además llevar a cabo acciones como por ejemplo la estandarización del lugar de trabajo, para un mayor flujo del proceso y con esto la reducción de tiempos en la distribución de la materia prima en las líneas de ensamble.

Por último dejar un pensamiento de mejora continua a cada trabajador, para que todos los días de su trabajo tengan la capacidad de detectar y a su vez mejorar cada actividad que realizan diariamente en su vida laboral, así como, disminuir los esfuerzos y los problemas de salud que pueden causarles.

Abstract

In the period of January - December 2018 in a company dedicated to the manufacture of car interiors, we present a big problem in your final assembly lines, since you have a lot of personnel as a materialist and also do not have your standardized activities, routes of materials not established, very high inventory of badly organized raw material, space for the use of working material, working time, work material, material for the material for the material you need to find the components you needed. So he had to go to the warehouse during his shift too many times, due to the lack of organization in his inventories of raw material and with a very high volume.

When going too many times to the store, there are very strong health problems that were present at the end of the shift, such as chafing, stress, fatigue, as well as the muscular pains that the materialists present at the end of their shift. .

This project aims at the tools of the lean manufacturing, so that they help the practice of the activity that does not add value to the product, as well as, the elimination of the 7 wastes of which have been presented in our project, of The most Notable are the waiting times, transportation, inventories and movements.

Implement in the assembly lines some lean manufacturing tools, to reduce the waste presented in their process, in addition to carrying out an example of the standardization of the workplace, for a greater flow of process and with this the reduction of times in the distribution of the raw material in the assembly lines.

Finally leave a thought of continuous improvement to each worker, so that all can be useful.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Agradecimientos | iii |
| Resumen..... | iv |
| Abstract..... | v |
| Índice | vi |
| Introducción | ix |
| CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA | 10 |
| 1.1. Descripción de la problemática | 11 |
| 1.2. Planteamiento del Problema | 12 |
| 1.3. Objetivos | 12 |
| 1.3.1. Objetivo General | 12 |
| 1.3.2. Objetivos Secundarios | 12 |
| 1.4. Hipótesis | 13 |
| 1.4.1. Hipótesis General | 13 |
| 1.4.2. Hipótesis Secundarias | 13 |
| 1.5. Justificación..... | 13 |
| 1.5.1.-Económica:..... | 14 |
| 1.5.2.- Social:..... | 14 |
| 1.5.3.-Tecnológica:..... | 14 |
| 1.6. Variables e indicadores | 14 |
| CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 15 |
| 2.1. Marco Terminológico | 16 |
| 2.2. Metodología de la Manufactura Esbelta | 20 |
| 2.2.1. Introducción. | 20 |
| 2.2.2. Definición. | 20 |
| 2.2.3. Historia..... | 21 |
| 2.2.4. Objetivos. | 25 |

| | |
|--|-----|
| 2.2.5. Beneficios. | 25 |
| 2.2.6. Pensamiento Esbelto. | 26 |
| 2.2.7. Definición de despilfarro vs valor añadido. | 28 |
| 2.2.8. Los Desperdicios de la Manufactura Esbelta. | 30 |
| 2.2.9.- La Casa de la Manufactura Esbelta. | 38 |
| 2.3. Herramientas de la Manufactura Esbelta. | 39 |
| 2.3.1. Las 5'S. | 41 |
| 2.3.2. Mejora continua (Kaizen). | 47 |
| 2.3.3. Estandarización. | 50 |
| 2.3.5 Control visual. | 52 |
| 2.3.6.- Técnicas de la calidad. | 55 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA | 57 |
| 3.1. Población o muestra | 58 |
| 3.2. Tipo de estudio. | 59 |
| 3.3. Selección del instrumento | 59 |
| 3.3.1. Definición. | 60 |
| 3.3.2. Observación. | 60 |
| 3.3.3.- Estandarización. | 73 |
| 3.3.4.- Kaizen de flujo y procesos. | 83 |
| 3.3.5.- Kaizen de equipos. | 90 |
| 3.3.6.- Kaizen de Layout. | 91 |
| 3.4. Plan de recolección | 95 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS | 96 |
| 4.1.- Hipótesis general. | 97 |
| 4.1.1.- Exceso de inventario de materia prima en las sublíneas de producción. | 97 |
| 4.1.2.- Exceso de Movimientos de material de trabajo. | 100 |
| 4.1.3. Esperas. | 102 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 4.1.4.- Transporte | 104 |
| 4.2.- Hipótesis secundaria 1..... | 105 |
| 4.3.- Hipótesis secundaria 2..... | 106 |
| 4.4.- Hipótesis secundaria 3..... | 109 |
| CAPÍTULO V CONCLUSIONES | 111 |
| Bibliografía | 113 |

Introducción

Hoy en día la competitividad en las empresas por los clientes ha tenido mucho auge ya que uno de los puntos principales es el costo de fabricación además de la manera en cómo se resuelven los problemas y por la rapidez que se realizan, por lo que ha llevado a las empresas a tener metodologías para resolución de problemas y una de las más importantes y utilizadas globalmente es la manufactura esbelta, que ha sido una herramienta muy eficaz en la solución de problemas durante mucho años. Es por eso que la aplicación de esta herramienta durante el proyecto ha sido muy importante, ya que se ha desarrollado en una empresa automotriz, con la cual se logró un ahorro muy importante en el proceso de distribución de materia prima, por lo que la redacción de esta tesis explica la manera en cómo se abordaron los problemas que surgieron además de la solución y el ahorro que se obtuvo al aplicar dicha metodología.

En el primer capítulo se aborda la descripción de la problemática, los objetivos a cumplir al finalizar el proyecto, además de las hipótesis que se tienen del proyecto, al final las justificaciones que se tienen para realizar este proyecto de tesis.

En el segundo capítulo se aborda la historia de la metodología, además de la explicación de cada una de las herramientas que se utilizarán durante el desarrollo del proyecto en la empresa automotriz que tiene como fin lograr un ahorro significativo al final.

En el tercer capítulo se explica cómo se desarrolló la metodología y los problemas que surgieron durante el proyecto, así como la solución que se le dio, con fin de cumplir los objetivos ya establecidos.

En el cuarto capítulo se da a conocer los resultados del proyecto, en base a datos retomados durante el desarrollo del mismo.

En el quinto capítulo se describen las conclusiones del proyecto, así como si se cumplieron los objetivos descritos en el primer capítulo, además si las hipótesis resultaron ser acertadas en base a los datos mostrados en el capítulo cuarto, de este proyecto.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la problemática

Inteva es un proveedor mundial impulsado por los clientes de componentes y sistemas diseñados para la industria automotriz, entre la línea de productos incluyen sistemas de cierre, sistemas de interiores, motores y electrónica y sistemas de techo, cuenta con más de 90 clientes, que incluyen prácticamente a todos los fabricantes de automóviles más importantes del mundo y regionales. Desde que se fundó Inteva en 2008, se ha expandido a 50 ubicaciones en 5 continentes. Es este rico patrimonio lo que le ha permitido a Inteva alcanzar el éxito como el socio de mayor confianza del mundo para los fabricantes de automóviles en todo el mundo.

Actualmente en México cuenta con 6 plantas, 3 de ellas en H. Matamoros, Tamaulipas, 1 en Silao, Guanajuato, 1 Cd. Juárez, Chihuahua y la última en Puebla. Es una de las maquiladoras que da trabajo a más de 3000 trabajadores en la ciudad de H. Matamoros, Tamaulipas, cuenta con diferentes líneas de ensamble final, en las cuales los componentes e insertos de plástico son reunidos por materialistas, que tienen un recorrido establecido por ellos y en ocasiones estos recorridos suelen demorar varios minutos, provocando al proceso falta de material. En la línea de ensamble final, las causas por las que los materialistas no tienen a tiempo los materiales necesarios para trabajar son variados, pero los principales son los siguientes:

- *La falta de atención del materialista a la línea de ensamble, al no percatarse a tiempo que el material se está agotando.
- *El materialista realiza una ruta más larga, para así tener tiempo de relajarse, lo que ocasiona que se tarde más de lo establecido.
- * El materialista en el camino de su ruta tiene conversaciones muy largas con otros empleados, lo cual lo distrae y cometen el error de equivocarse de material causando volver a regresar por el material correcto.

Por lo siguiente se requiere establecer rutas más cercanas y estandarizadas a los materiales, para que se reduzcan paros en las líneas de ensamble final, por causa de falta de material y equivocaciones.

Sin embargo el problema no termina ahí, ya que la carga de trabajo en algunas áreas está desequilibrada, generando que el porcentaje de utilización de los materialistas en la línea de producto sea bajo y en algunas otras muy alto.

Con la ayuda de las herramientas de manufactura esbelta, lograremos mejorar el flujo de materiales, eliminación de tiempos perdidos, así como una estandarización del material que se requiere por turno mejorando los tiempos de entrega estableciendo una ruta para los materialistas.

1.2. Planteamiento del Problema

¿Es posible que la creación de una nueva ruta de materiales permitirá optimizar los recursos y mejorar con un menor tiempo la disposición del material de trabajo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Establecer una nueva ruta de materiales en la línea de ensamble de K2XX SUV mediante la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta.

1.3.2. Objetivos Secundarios

1. Identificar los principales factores por los que los materialistas no entregan a tiempo el material de trabajo.
2. Seleccionar la mejor ruta de material respecto a tiempo y seguridad del empleado.
3. Precisar el número de componentes, que se distribuye por hora, día y semana en las líneas de ensamble final de K2XX SUV.
4. Integrar un banco de relleno de componentes únicos y otro de componentes comunes.

5. Determinar el tiempo estimado de relleno del banco de componentes únicos y comunes.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Con la aplicación de las herramientas de la Manufactura Esbelta se establece una nueva ruta de materiales y se logra optimizar los recursos con un menor tiempo en la disposición de material de trabajo de la línea de ensamble.

1.4.2. Hipótesis Secundarias

- 1.- Se reduce el tiempo de ruta de distribución de material en la línea de ensamble K2XX SUV.
- 2.- Se reduce en un 20% el costo de material de trabajo en los inventarios en línea, con respecto al inventario de la situación inicial.
- 3.- Se definen los parámetros de los porcentajes de utilización de materialistas, logrando reducir el personal de materialistas en un 20%.

1.5. Justificación

La aplicación de herramientas de la manufactura esbelta ha permitido a empresas lograr ser competitivas y eficientes en sus procesos, por lo que se han logrado resultados impresionantes y ahorro de costos, aumentando el valor de cada actividad que se realice y que agrega valor al producto.

Se espera que la aplicación de estas herramientas nos lleve a un ahorro de costo y mejorar la distribución de nuestra materia prima en la línea de ensamble final K2XX SUV, para que no existan tiempos perdidos y se eliminen las actividades que no agregan valor al producto.

Este proyecto presenta los resultados de la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta en el ámbito industrial, lo cual significará un ahorro de costos y

un beneficio a la empresa en la mejora del flujo interno de la materia prima. Por lo que impactará a gran medida las siguientes áreas:

1.5.1.-Económica:

El desarrollo de este proyecto permitirá reducir costos y mejorar la utilización de materialistas en ensamble final de la línea de producto de K2XX SUV, generando una reducción de mano de obra de materialistas a la empresa.

1.5.2.- Social:

Al mejorar la utilización de los materialistas contribuye a que el ser humano tenga un mejor desempeño tanto en el trato a los demás compañeros de trabajo como a un mejor rendimiento laboral durante el turno. En la implementación se cuenta con un ambiente laboral organizado y adecuado que deja al empleado el espíritu de mejora continua, además de trabajar de manera organizada y ordenada en todas sus actividades diarias.

1.5.3.-Tecnológica:

Se diseñaran racks y carros para material, conforme a la necesidad de la línea, además de la persona que estará a cargo de esta operación, por lo que se innovarán algunos racks que existen en la línea de producto para una mejor ergonomía.

1.6. Variables e indicadores

| VARIABLES | INDICADORES |
|--|---|
| Tiempo de ruta de material | Tiempo de ruta. |
| Número de materialistas en el área | Cantidad de empleados en el área. |
| Niveles de inventario de materia prima en el área. | Cantidad de inventario de materia prima en el área. |

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS

TEÓRICOS

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En este capítulo se describirán los diferentes marcos como lo son el conceptual y el histórico, a fin de que dejen una descripción más clara de lo que se realizó, y no tener dudas de las mejoras continuas que se desarrollaron a lo largo del proyecto, por lo que es de suma importancia para que se tenga con más claridad el desarrollo del proyecto.

2.1. Marco Terminológico

Censo.- Es un conteo y recuento de la población de un determinado país cada una cierta cantidad de tiempo, comúnmente, los censos son realizados cada 10 años, este estudio demográfico, arroja datos importantes para los institutos de estadística nacionales, a fin de constatar la cantidad de personas por región que hay y que necesidades o características específicas tienen las viviendas en las que habitan (CONCEPTOYDEFINICION.DE, 2011).

Desperdicio.- La palabra desperdicio tuvo origen en el latín “desperditio” acción y efecto de desperdiciar, o sea malgastar o despilfarrar, integrado el término por el prefijo de separación “des” y el verbo “perdere” en el sentido de perder (DeConceptos.com, 2019).

Despilfarro.- Se refiere a un derroche, gasto, desembolso, pago, consumición o dispendio de manera excesivo, sobrante, superfluo, inútil e innecesario en cuanto al caudal, dinero, capital y los recursos naturales (Group, 2013).

Flexibilidad.- Se denomina flexibilidad a la capacidad de ofrecer cambios ante las eventualidades del ambiente exterior (MX, 2014).

Inventario.- Es el conjunto de artículos o mercancías que se acumulan en el almacén pendientes de ser utilizados en el proceso productivo o comercializados (Isis Cervera, Juan Manuel Caurin, 2016).

Jidoka.- Significa "automatización inteligente" o "automatización humanizada". En la práctica, significa que un proceso automatizado es lo suficientemente "consciente" de sí mismo por lo que podrá:

- Detectar mal funcionamientos de los procesos o defectos de los productos.
- Detenerse por si solo.
- Alertar al operario (Olofsson, Oskar, n.d.)

Justo a tiempo (*just in time*). - El sistema de producción just-in-time (JIT) es un sistema de adaptación de la producción a la demanda que permite la diversificación de productos incrementando el número de modelos y de sus unidades. Uno de sus principales objetivos es reducir stocks, manteniendo estrictamente los necesarios (métodos de stock base cero), lo que supone un cambio en la mentalidad del proceso productivo, de la distribución y de la comercialización de los productos, buscando alcanzar ventajas sinérgicas en la cadena de producción-consumo (gestiopolis, 2001).

Kaizen.- KAI significa 'cambio' y ZEN significa 'bueno'.

El significado de la palabra Kaizen es mejoramiento continuo y esta filosofía se compone de varios pasos que nos permiten analizar variables críticas del proceso de producción y buscar su mejora en forma diaria con la ayuda de equipos multidisciplinarios.

Esta filosofía lo que pretende es tener una mejor calidad y reducción de costos de producción con simples modificaciones diarias (Odio, 2008).

Kanban.- Es una palabra de origen japonés que significa tarjeta, su concepto ha evolucionado hasta convertirse en señal, y se puede definir como un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, la movilización de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia pull o estrategia de jalonamiento (Lopez, 2016).

Líder.- Es la función que ocupa una persona que se distingue del resto y es capaz de tomar decisiones acertadas para el grupo, equipo u organización que preceda, inspirando al resto de los que participan de ese grupo a alcanzar una meta común. Por esta razón, se dice que el liderazgo implica a más de una persona, quien dirige (el líder) y aquellos que lo apoyen (los subordinados) y permitan que desarrolle su posición de forma eficiente (Definición.de, 2015).

Manufactura esbelta.- Son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones (Rodriguez, 2009).

Materia Prima.- Son todos aquellos recursos naturales que el hombre utiliza en la elaboración de productos. Dichos elementos que los seres humanos extraen de la naturaleza son transformados en diversos bienes, y el modo en que lo hacen es bajo algún proceso industrial. En este sentido se puede destacar que el sujeto que utiliza la materia prima para así poder desempeñar su labor es la industria, pues sin la utilización de la misma no podrían llevar a cabo sus objetivos (CONCEPTOYDEFINICION.DE, 2011).

Metodología.- Es un vocablo generado de tres palabras de origen griego: meta (“más allá”), odos (“camino”) y logos (“estudios”). El concepto hace referencia al plan de investigación que permite cumplir ciertos objetivos en el marco de una ciencia. Cabe resaltar que la metodología también puede ser aplicada en el ámbito artístico, cuando se lleva a cabo una investigación rigurosa. Por lo tanto, puede entenderse a la metodología como el conjunto de procedimientos que determinan una investigación de tipo científico o marcan el rumbo de una exposición doctrinal (Definición.de, 2015).

Poka Yoke.- Es un mecanismo que evita que los **errores humanos** en los procesos se materialicen en defectos. Su principal ventaja consiste en que puede considerarse como un recurso de inspección al 100% de las unidades del proceso, lo cual permite

retroalimentación y toma de acciones de forma inmediata, incluso, dependiendo de la naturaleza del mecanismo, este puede generar una medida correctiva.

La palabra *Poka-yoke* proviene de los términos japoneses:

Poka = Errores imprevistos

Yokeru = Acción de evitar

Su significado literal puede considerarse como "**evitar errores inadvertidos**"; sin embargo, por muchos años se ha considerado como "**mecanismo a prueba de tontos**", una definición muy poco ortodoxa.

En la actualidad su significado conceptual ha evolucionado hasta ser considerado como un mecanismo (dispositivo) utilizado para asegurar la producción de una buena unidad todo el tiempo, o simplemente un mecanismo libre de fallas, dependiendo del contexto (López, 2016).

Proceso.- Un proceso es una **secuencia** de pasos dispuesta con algún tipo de **lógica** que se enfoca en lograr algún resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema (MX, 2014).

Sistemas esbeltos.- Los sistemas esbeltos son sistemas de operaciones que maximizan el valor agregado de cada una de las actividades de una compañía, mediante la reducción de los recursos innecesarios y la supresión de los retrasos en las operaciones (KRAJEWSKI & RITZMAN, 2008).

SMED (Single Minute Exchange of Die) Cambio de herramienta en un solo dígito de minuto.- SMED es el acrónimo en lengua inglesa de Single Minute Exchange of Die, que en español significa "*cambio de matriz en menos de 10 minutos*".

El SMED sirve para reducir el tiempo de cambio y para aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, lo que reduce el riesgo de defectos y averías (Lean, 2015).

2.2. Metodología de la Manufactura Esbelta.

2.2.1. Introducción.

La manufactura Esbelta es practicada en la mayoría de las industrias para la reducción de costos en sus procesos, suele ser utilizada en el comienzo de nuevos proyectos, ya que ayudan a identificar que actividades son las que agregan valor al producto y cuáles no, por lo que su uso es conocido mundialmente y además sus resultados son satisfactorios.

El objetivo principal de estas herramientas, es por lo que una industria se fortalece que es el dinero, por lo que es conocida mundialmente porque se ha comprobado que se ha llegado a ahorrar millones de dólares a las industrias, una de las conocidas y donde se originaron estas herramientas es la industria TOYOTA, que actualmente es una industria que tiene altos estándares de calidad y cumplimiento al cliente.

2.2.2. Definición.

Manufactura Esbelta son varias herramientas que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. A continuación se presentan algunas de las muchas definiciones que tiene la manufactura esbelta.

“Manufactura esbelta es el nombre que recibe el sistema Justo a tiempo en Occidente. También se ha llamado Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota. Se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo” (Socconini, 2017).

“La manufactura esbelta es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación –personas, materiales, máquinas y métodos- que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante del despilfarro (Madariaga, 2019).”

“La manufactura esbelta es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios (Juan Carlos Hernández Matías, 2013).”

El sistema de Manufactura Esbelta se define como una filosofía de excelencia de manufactura y se basa en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador: Kaizen.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad.

2.2.3. Historia.

Los principales maestros de la manufactura esbelta que nació en Japón fueron William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shingeo Shingo, Eijy Toyoda.

En el libro “Lean Manufacturing Paso a Paso” el autor describe la historia de El Sistema de manufactura Esbelta o Sistema de Producción Toyota inició con Sakichi Toyoda, inventor y pensador japonés que nació en 1867 cerca de la ciudad de Nagoya, Japón. Aprendió el oficio de carpintero, heredado de su padre, más adelante, en 1890 aplicaría conocimientos aprendidos en ese oficio en la invención de sus telares automáticos.

Toyoda trabajó arduamente durante extensas jornadas y logró concebir varios inventos, uno de los más significativos es un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía un hilo, e indicaba con una señal visual al operador de la máquina que se había

detenido y que necesitaba atención. Lo cual más tarde, se convertiría en una herramienta esencial para el sistema de producción Toyota llamado Jidhoka, que significa autonomización de los defectos o automatización con enfoque humano. La palabra original es Jidoka, que significa automatización y se le agrega “h” para denotar que influye sobre las personas (humanos). Este invento lo llegó a posicionar como uno de los pilares para la industria de los telares, lo que lo consideró entre los japoneses como un gran ingeniero y el rey de los inventores de Japón.

Otro de los personajes principales fue Kiichiro Toyoda, quien iniciaría labores en la fábrica de Sakichi Toyoda llamada Toyoda Loom Works, en donde logró que los equipos se mantuvieran trabajando ininterrumpidamente sin paros por fallos durante largas jornadas. Con ello logró completar el diseño de la máquina de hilados tipo G, la cual podía trabajar varios turnos sin interrupción.

Con este gran invento en 1929, Kiichiro viajó a Inglaterra para negociar la venta de sus patentes de su invento, quien tuvo éxito y logró venderla a los hermanos Platt, quienes pagaron 100,000 libras esterlinas por el invento. Con este capital, Kiichiro inició la Toyota Motor Company (Fijimoto, 1999).

El Sistema de Producción Toyota, popularmente conocido como Just in Time (Justo a tiempo), tuvo su origen en Japón con la finalidad de hacer funcionar una economía (y, por ende, a una nación) devastada por la Segunda Guerra Mundial. Al finalizar la guerra, los japoneses se dieron cuenta que todo el esfuerzo por impresionar al mundo con su fuerza bélica debía cambiar radicalmente, dar un nuevo giro a la “batalla” y resurgir ahora en pos del liderazgo económico. Así fue como los industriales japoneses decidieron dirigir sus esfuerzos hacia la competitividad en sus empresas.

Kiichiro Toyoda, entonces presidente de Toyota, se dio cuenta de que la competitividad de los obreros japoneses era menor con relación a los obreros alemanes y estadounidenses, por lo que decidió crear un sistema que asegurará la rentabilidad y una sana participación en un mercado fuertemente competitivo.

Eiji Toyoda sucedió a Kiichiro en el mando de la compañía y al lado de Taiichi Ohno la llevó al éxito internacional, apoyándose para ello de su ingenioso sistema de producción *Just in Time*. Para la reconstrucción de Japón, tras la Segunda Guerra Mundial se adoptó la estrategia de capacitar a los directivos japoneses en técnicas de administración, como el control estadístico del proceso, técnica basada en el trabajo de Walter Shewhart.

La CCS (Sección de Comunicación Civil), en coordinación con la JUSE (Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses), se hizo cargo de la educación técnica y vocacional. La JUSE quería que se ofreciera más capacitación en control estadístico y le pidió a la CCS que le recomendará a un experto para continuar con el aprendizaje. Walter Shewhart era la mejor opción, pero no estaba disponible; la siguiente opción era un profesor de la Universidad de Columbia que había aprendido y aplicado las metodologías de Shewhart, de nombre William Deming. Así pues por recomendación de Homer Sarasohn, Deming entró a la historia de la manufactura japonesa. Deming ya era conocido en Japón, pues en 1947 había hecho una visita previa en una misión de censo. En 1950, la JUSE le pidió a Deming que proporcionará una capacitación exhaustiva de dos meses, durante los cuales enseñó a muchos ingenieros, gerentes y estudiantes.

Joseph M. Juran también fue invitado a impartir algunas lecciones, en las que puso énfasis en la responsabilidad de la dirección para liderar las mejoras en la calidad y estableció como un elemento clave la definición de la política de calidad y asegurar que cada persona la entendiera y apoyara.

En tiempos de Eiji Toyoda, Ohno decía que quería convertir una bodega en un taller de máquinas, para lo cual ordenaba que a todos los empleados se les diera capacitación. No decía como hacerlo, tenía la autoridad y solo daba órdenes, por lo que se sobreentendía que se tenía que cumplir. Fue indiscutiblemente un líder que superó el gran reto de convertir una fábrica de automóviles en uno de los negocios más rentables. Lo anterior lo constituyó un pilar fundamental en la creación de lo que hoy es *Manufactura Esbelta*.

La carrera de Ohno tuvo un avance importante gracias a sus grandes éxitos en la planta de ensamble, y fue promovido a vicepresidente ejecutivo en 1975. A principios de la década de 1980, Ohno se retiró y asumió la presidencia de Toyota Gosei, una de las compañías del grupo y proveedora de Toyota Motors. Murió en 1989 en la Ciudad de Toyota.

Por otra parte el doctor Shingo fue un ingeniero industrial que estudió detalladamente la administración científica del trabajo de Frederick Taylor, así como las teorías sobre tiempos y movimientos de Frank Gilbreth. Logró entender las diferencias entre los procesos y las operaciones, y los estudió para transformarlos en flujos continuos con el mínimo de interrupciones, con el fin de proporcionar al cliente únicamente lo que requiere sin necesidad de producir grandes lotes ni generar inventarios innecesarios. Entendió perfectamente que los procesos son cadenas de flujo, que se pueden optimizar cuidando ciertos detalles como la estandarización del trabajo, las mediciones de capacidad y de demanda, además de establecer flujos continuos y sin interrupciones que impulsen la producción sólo cuando el cliente lo requiera y a la velocidad que dicte la demanda. En su filosofía demostró su apertura al afirmar que así como hay muchas maneras de escalar una montaña, también hay muchas maneras de mejorar y resolver problemas.

Entre sus aportaciones a la manufactura, destaca la creación de los dispositivos *poka yoke*, que eliminan defectos al eliminar errores. Estos mecanismos se conocían anteriormente como *baka yoke* (“a prueba de tontos”), pero Shingo afirmaba que, además de que este término ofendía a las personas, había que reconocer que todas ellas, incluso las más inteligentes, cometen errores. Por ello le cambió el nombre a *poka yoke* que significa “a prueba de errores”.

En 1955 comenzó a laborar como consultor de Toyota y de otras empresas. En 1959 fundó su propia empresa de consultoría. Logró disminuir los tiempos de preparación en prensas de 1000 toneladas desde 49 horas hasta 3 minutos para cambiar de un producto a otro, creando así lo que hoy conocemos como SMED (Single Minute Exchange of Die o cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en

menos de 10 minutos). En la década de 1970 viajó por todo el mundo para enseñar sus técnicas. Escribió 14 libros y actualmente, en su honor y como un tributo a su genio y creación, se otorga el premio Shingeo Shingo a quienes contribuyen a la excelencia en la manufactura. Murió en 1990.

2.2.4. Objetivos.

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta tienen como función principal, implantar al personal de trabajo un hábito que permita a las compañías reducir los costos lo más bajo posible, mejorar los procesos y por último eliminar los desperdicios, y así con todo esto lograr aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Por consiguiente la manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para mejorar en un entorno global que día con día exige una mayor competitividad entre compañías, por lo que las mejores son las que tienen una mayor calidad, entrega más rápida a un bajo precio y con la cantidad requerida en sus productos.

Específicamente, Manufactura Esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más robustos.
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

2.2.5. Beneficios.

La mayoría de los beneficios que la implementación de la manufactura esbelta deja en las compañías tiene su enfoque en la eliminación de todo aquello que para la compañía no le deja un valor en sus productos, es por eso la importancia de desarrollarla en sus diferentes áreas.

Se emplean diferentes herramientas que ayudan y benefician a todos los empleados y a las empresas, en la reducción de costos que a lo largo de su ejecución van haciendo que los flujos de los procesos se mejoren en tiempos y costos.

Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de 50% en costos de producción.
- Reducción de inventarios.
- Reducción del tiempo de entrega.
- Mejor Calidad.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de los desperdicios:
 - Sobreproducción.
 - Tiempo de espera (los retrasos).
 - Transporte.
 - El proceso.
 - Inventarios.
 - Movimientos.
 - Mala calidad.

2.2.6. Pensamiento Esbelto.

El desarrollo de una estrategia esbelta implica cambios radicales en la manera de trabajar, por lo que al personal de trabajo le causa desconfianza y temor. Esto causa que al trabajador una serie de dudas con respecto a lo que se va hacer y su primera respuesta es el miedo a lo desconocido, por lo que empieza a no realizar los cambios que se le ha pedido para realizar la nueva estrategia. Los japoneses descubrieron que más allá de la implementación de una estrategia es la estrecha relación humana que existe entre los trabajadores de alto rango y los operadores, por lo que el concepto de manufactura esbelta implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo. Con lo que esto significa que la palabra clave es “líder”.

El liderazgo que emprenda la dirección será fundamental, ya que esto permitirá establecer metas y objetivos a corto, mediano y largo plazo y así conseguir los recursos para su realización. Un buen liderazgo hace la diferencia ya que de esto dependerá que las personas no solo se involucren, sino que se comprometan.

2.2.6.1. Los 5 Principios del Pensamiento Esbelto.

Existen 5 principios que en 1996 James P. Womack y Daniel T. Jones publican el libro “Lean Thinking” los cuales ayudan a las compañías a permanecer en el camino de la manufactura esbelta, que tienen como fin desarrollar un pensamiento esbelto en cada una de las áreas asimismo formar una cultura para los trabajadores que forman parte de la misma.

1.- Define el Valor desde el punto de vista del cliente:

Todos los clientes buscan comprar una solución, y así llenar la necesidad que carecen en el momento, por lo que no buscan un producto o un servicio, buscan cubrir una necesidad la cual necesitamos darle un valor y estar en empatía con el cliente.

2.- Identifica tu corriente de Valor:

Encontrar dentro del flujo del proceso todas aquellas actividades que solo se convierten en desperdicio y que no agregan un valor al producto, algunas actividades son inevitables eliminar, pero existen otras que sí y que ayudan hacer el flujo mucho más rápido y así poder tener flexibilidad y variedad en los diferentes productos.

3.- Crea Flujo:

Es hacer que la materia prima se vaya transformando sin interrupciones y que se convierta en un flujo continuo sin interrupciones para así llegar al consumidor con un menor tiempo posible.

4.- Produzca el “Jale” del Cliente:

Este siguiente paso va directamente enlazado con el paso anterior, una vez formado nuestro flujo, la compañía será capaz de producir órdenes que los clientes pidan y ya no más se producirá órdenes de acuerdo a pronósticos de ventas a largo plazo.

5.- Persiga la perfección:

Luego de haber logrado los primeros cuatro pasos la empresa, es importante que siga continuamente y revisando que se estén realizando por todos los involucrados lo que se acordó, para no romper la cadena, pero a su vez es importante fortalecer y blindar todas las actividades que se desarrollaron para que siga la empresa teniendo eficiencia en el flujo de los procesos.

2.2.7. Definición de despilfarro vs valor añadido.

Como se menciona anteriormente existe muchos beneficios para la empresa al momento de llevar a cabo la manufactura esbelta, pero la pregunta más esencial es como llevarla a cabo para que tenga éxito. Para ello la manufactura esbelta propugna un cambio radical cultural. Este cambio consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de “valor añadido” y “despilfarro”.

Todas las empresas usan indicadores de productividad como medida clave del rendimiento de sus procesos pero si las mediciones se realizan sobre lo que hacemos, sin plantearnos si está bien hecho o no, si tienen o no “valor”, es muy probable que las cifras camuflen todo el potencial de mejora de competitividad y costes de nuestro sistema.

Se dice que el valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente está dispuesto a comprar. Es de gran importancia entender esta definición a la hora de juzgar y catalogar nuestros procesos ya que el valor añadido es lo que realmente mantiene vivo al negocio y su cuidado y mejora debe ser de gran ocupación de todo el personal de la cadena productiva. Por lo tanto en este punto, el entorno de la manufactura esbelta se define como “despilfarro” como todo

aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo.

Cabe mencionar que no se debe cometer el error de confundir un desperdicio con lo necesario, ya que al identificar una operación o un proceso como desperdicio, asociamos dicho pensamiento con la necesidad de eliminar, por lo que puede causar confusión y rechazo. A su vez existen actividades que no agregan valor al producto pero son muy importantes para el sistema o proceso de elaboración del producto, por lo cual no pueden ser eliminadas. En este caso los despilfarros pueden ser asumidos.

Si las empresas actúan en la línea de eliminación de despilfarros dispondrán de la herramienta más adecuada para mejorar sus costes. Fue por este motivo cuando nace la manufactura esbelta, ya que en este entonces las empresas no podían vender sus productos a partir del cálculo de sus costes.

Con el pensamiento lean, la estructura de precios se fundamenta en la ecuación simple:

$$\text{Coste} = \text{Precio del mercado} - \text{Beneficio}$$

Según (Juan Carlos Hernández Matías, 2013), en un planteamiento Lean se parte del precio que el mercado está dispuesto a pagar y del beneficio que se desea obtener para afrontar la minimización de costes combinando, reduciendo o eliminando tantas actividades sin valor añadido como sea posible. Las organizaciones cuentan con un enorme potencial para reducir costes y ofrecer mejores productos a los clientes si simplifican o eliminan las actividades de valor reducido.

En la manufactura esbelta, toda eliminación de despilfarro se realiza a través de tres pasos que tienen como objetivo eliminar el despilfarro y todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido y que recibe el nombre de Hoshin (brújula), los cuales se mencionan a continuación:

- 1.- Reconocer el desperdicio y el valor añadido dentro de nuestros procesos.
- 2.- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la herramienta Lean más adecuada.

3.- Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido para, posteriormente, volver iniciar el ciclo de mejora.

Una idea fundamental del Hoshin es buscar, por parte de todo el personal involucrado, soluciones de aplicación inmediata tanto en la mejora de la organización del puesto de trabajo como en las instalaciones o flujos de producción. Algo muy importante para que la aplicación sea un éxito es que se involucre tanto el personal de mando como los operarios.

La mejor forma de entender todos los conceptos descritos, es identificar algunos de los tipos de despilfarros sobre los que se centra la manufactura esbelta; almacenamiento, sobreproducción, tiempos de espera, transporte, movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reproceso. Para cada uno de ellos identificaremos sus características y las probables causas de fallo, así como las posibles acciones que proponen el sistema de la manufactura esbelta para su eliminación.

Es muy importante saber reconocer cada uno de los despilfarros, ya que es el primer paso al aplicar el sistema de la manufactura esbelta, con esto se puede saber que herramientas Lean utilizar.

2.2.8. Los Desperdicios de la Manufactura Esbelta.

El sistema de la manufactura esbelta tiene definidos siete desperdicios muy importantes dentro de la industria, los cuales representan la mayor pérdida y genera costos que son innecesarios, a continuación se presentan y se describen cada uno de ellos:

- Sobreproducción.
- Transporte.
- Tiempo de espera.
- Exceso de procesos.
- Inventario.

- Movimientos.
- Defectos en el producto.
- Personal subutilizado.

Desperdicio por Sobreproducción.

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. Cabe destacar que la sobreproducción es uno de los desperdicios más críticos y no ayuda a la mejora, ya que significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita para nada lo que significa un consumo inútil de material que a su vez un incremento en los transportes y se elevan nuestro nivel de almacenes, provocando una pérdida de dinero muy grande.

En muchas ocasiones esto es ocasionado por una alta capacidad en la maquinaria, ya que los operarios preocupados por la tasa de producción tienden a fabricar materiales en exceso.

Según (Juan Carlos Hernández Matías, 2013) nos muestra las características, causas posibles y acciones de la manufactura esbelta que se pueden implementar al encontrar en los tipos de desperdicios que se describen en este proyecto.

a) Características:

- Gran cantidad de stock.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipos sobredimensionados.
- Tamaño grande de lote de fabricación.
- Falta de equilibrio en la producción.
- Equipamiento obsoleto.
- Necesidad de mucho espacio para almacenaje.

b) Causas posibles:

- Procesos no capaces y poco fiables.

- Reducida aplicación de la automatización.
 - Tiempos de cambio y de preparación elevados.
 - Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
 - Falta de comunicación.
- c) Acciones Lean para el despilfarro de sobreproducción:
- Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción).
 - Implementación del sistema pull mediante kanban.
 - Acciones de reducción de tiempo de preparación SMED.
 - Nivelación de la producción.
 - Estandarización de las operaciones.

Desperdicio por transporte y movimientos:

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Es por eso que la manufactura esbelta recomienda que las máquinas y líneas de producción se encuentren lo más cerca posible de la materia prima, de esta manera se ahorra un tiempo necesario para que el proceso se lleve a cabo mucho más rápido y así el flujo sea continuo y sin interrupciones. En este sentido es importante optimizar la disposición de la maquinaria y los trayectos de los suministradores. Además al tener mucho movimiento innecesario de material pueden tener daños físicos, lo cual compromete a la calidad del producto, que es lo más importante en el proceso.

a) Características:

- Los contenedores son demasiados grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.
- Los equipos de mantenimiento circulan vacíos por la planta.

b) Causas posibles:

- Layout obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes.

c) Acciones Lean para este tipo de desperdicios:

- Layout del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes o multifuncionales.
- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

Desperdicio por defectos, rechazos y reproceso.

Este es el desperdicio más común en todas las empresas, puesto que los defectos se dan con el flujo del proceso, por ello lo más importante es detectarlos cuando sucedan para así evitar inspeccionar de nuevo algún material que ya paso a otro proceso, esto es como consecuencia de no haber realizado en bien el trabajo a la primera vez. Por ello todos los procesos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos con la calidad exigida a la primera vez, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales. Asimismo debe de haber inspección en tiempo real, para que con ello se minimicen el número de piezas que requieren inspección y/o repetición de trabajos.

a) Características:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.

- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo del proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reproceso.
- Espacios y técnicas extras para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

b) Causas posibles:

- Movimientos innecesarios.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

c) Acciones Lean para este tipo de desperdicio:

- Automatización con toque humano (jidoka).
- Estandarización de las operaciones.
- Implantación de señales de aviso o sistema de alarma (andon).
- Mecanismos o sistemas anti-error (Poka-Yoke).
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas.
- Implantación mantenimiento preventivo.
- Aseguramiento de la calidad en puesto.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Control visual: Kanban, 5S y Andon.
- Mejora del entorno del proceso.

Desperdicio por “tiempos de espera”.

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo ineficiente. Por lo que los procesos mal diseñados se puede notar que algunos operarios están saturados de trabajo mientras que otros están parados, causando un tiempo de espera y por lo tanto provocando que el proceso no sea continuo. Por ello es preciso estudiar muy bien los tiempos de cada operación para así poder tener un mejor control del proceso.

a) Características:

- El operario espera a que la máquina termine.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.
- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario.

b) Causas posibles:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.
- Producción en grandes lotes.
- Baja coordinación entre operarios.
- Tiempos de preparación de máquina / cambios de utillaje elevados.

c) Acciones Lean para este tipo de desperdicio:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea.

- Layout específico del producto. Fabricación en células en U.
- Automatización con un toque humano (Jidoka).
- Cambio rápido de técnicas y utillaje (SMED).
- Adiestramiento polivalente de operarios.
- Sistema de entrega de operadores.
- Mejorar en mantenimiento de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.

Desperdicio por exceso de inventario.

El desperdicio por inventario es una de los más claros desperdicios que se llegan encontrar en las empresas, ya que esto esconde ineficiencias y problemas, incluso a este lo llaman los expertos la raíz de todos los males, puesto que engloba un gran problema de deficiencias en los procesos.

Desde la perspectiva de la manufactura esbelta, los inventarios se consideran como los síntomas de una fábrica ineficiente porque:

- Encubren productos muertos que se detectan cuando se realiza un conteo de inventario físico. Se trata de productos que se encuentran defectuosos, obsoletos, caducados, rotos, etc., pero que aún están contados dentro del sistema.
- Necesitan de muchos cuidados, vigilancia, contabilidad y gestión, para que tengan un buen flujo.
- Desvirtúan las partidas de los activos de los balances. La expresión “inversión en stock” no es válida, ya que no puede ser contada como inversión puesto que no ofrecen retribución y por lo tanto no puede ser considerada como tal en ningún momento.
- Generan costos difíciles de contabilizar: deterioros en la manipulación, obsolescencia de materiales, tiempo empleado en la detección de errores, incremento de lead time con posible insatisfacción para los clientes, mayor dependencia de las previsiones de ventas, etc.

Asimismo el desperdicio por inventario es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. Por lo tanto el dejar que se acumule material antes y después del proceso nos indica que el flujo no es continuo.

a) Características:

- Excesivo espacio del almacén.
- Contenedores o cajas demasiado grandes.
- Rotación baja de existencias.
- Costes de almacén elevados.
- Excesivos medios de manipulación (carretillas elevadoras, etc.)

b) Causas posibles:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o fuera de control.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Sobreproducción.
- Reproceso por defectos de calidad de producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

c) Acciones Lean para este tipo de desperdicio:

- Nivelación de la producción.
- Distribución del producto en una sección específica. Fabricación en células.
- Sistema JIT de entregas de proveedores.
- Monitorización de tareas intermedias.
- Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

A estos desperdicios podemos añadirle el empleo de maquinaria más grande, más compleja y costosas de lo necesario, por lo que tendremos una disponibilidad de espacio mucho más pequeña del necesario. Es conveniente añadir que la manufactura esbelta prioriza la saturación del trabajador antes que la saturación de máquinas y equipos.

El Desperdicio del Personal subutilizado.

En la manufactura esbelta existe un desperdicio inmaterial, el cual es probablemente el más importante de todos los desperdicios mencionados anteriormente, es el desperdicio del personal subutilizado. Muchas de las empresas tienen un grave problema y no reconocen tener una solución enfrente de sus ojos, cuando ignoran al personal operario, ya que ellos son los que tienden a generar ideas durante su horario de trabajo, puesto que ellos crean o mejoran el proceso que manejan, reduciendo el tiempo del proceso y terminar mucho más rápido. Cuando no facilitamos a las personas la posibilidad de aportar sus capacidades y experiencia para mejorar los procesos y resolver los problemas, se genera una falta de confianza y respeto; valores que son muy importantes para crear un proyecto Lean.

2.2.9.- La Casa de la Manufactura Esbelta.



Figura 1 La casa de la Manufactura Esbelta.

La manufactura esbelta es un nuevo modelo de organización y gestión del sistema de fabricación que persigue la mejor calidad, el menor lead time y el menor coste mediante la eliminación continua del desperdicio.

En la década de los setenta, Toyota desarrolló una analogía similar a la representada en la Figura 1, llamada “La casa de la manufactura esbelta”, puesto que representa los objetivos de la manufactura esbelta, expresados en el frontispicio de la casa, se sustenta sobre dos pilares: Just in Time (JIT) y Jidoka (automatización con un toque humano). Los pilares se apoyan sobre tres bases: Heijunka (producción nivelada), Estandarización y Kaizen, estas a su vez cuentan con amplias herramientas que ayudan a tener un éxito en la aplicación de la metodología, por lo que su implementación depende de cada una de ellas. Es muy importante que la casa de la manufactura esbelta está constituida sobre la confianza y cooperación entre dirección y trabajadores, el respeto y el liderazgo.

2.3. Herramientas de la Manufactura Esbelta.

El número de herramientas que nos ofrece la manufactura es muy elevado, por lo cual la mejor forma de obtener una visión simplificada, ordenada y coherente de las herramientas más importantes según (Juan Carlos Hernández Matías, 2013) es agruparlas en tres grupos distintos.

Un primer grupo estaría formado por aquellas cuyas características, claridad y posibilidad real de implantación las hacen aplicables a cualquier casuística de empresa/ producto/ sector. Su enfoque práctico y en muchas ocasiones, el sentido común, permite sugerir que deberían ser de “obligado cumplimiento” en cualquier empresa que pretenda competir en el mercado actual, independientemente de si tiene formalizada la aplicación sistemática de la manufactura esbelta.

- **Las 5S.** Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- **SMED.** Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.

- **Estandarización.** Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.
- **TPM.** Conjunto de múltiples acciones de mantenimiento productivo total que persigue eliminar las pérdidas por tiempos de parada de las máquinas.
- **Control visual.** Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.

Un segundo grupo estaría formado por aquellas técnicas que, aunque aplicables a cualquier situación, exigen un mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas, tanto directivos, mandos intermedios y operarios:

- **Jidoka.** Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar que se están produciendo errores.
- **Técnicas de calidad.** Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos.
- **Sistemas de Participación del Personal (SPP).** Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema de la manufactura esbelta.

En el último grupo se encuadrarían herramientas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística. En comparación con las técnicas anteriores son más avanzadas, en tanto en cuanto exigen de recursos especializados para llevarlas a cabo y suponen la máxima aplicación del paradigma JIT:

- **Heijunka.** Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.
- **Kanban.** Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas.

Es importante mencionar que cada una de estas herramientas ofrece grandes oportunidades de ahorro para la empresa que las implemente, pero más allá de esto, las acciones deben centrarse en el compromiso de la empresa en invertir en su personal y promover una cultura de mejora continua. El pensamiento de la manufactura esbelta es promover una cultura que se desarrolle dentro de cada empleado, para mejorar en cada momento, y poder implementar unas de las pequeñas acciones que nos ofrece para lograr un mini-éxito y con esto llevar a la empresa mucho más logros en el ahorro de costo, personal y materia prima.

A continuación se presentan detalladamente las herramientas que se desarrollarán a lo largo de este proyecto con el fin de dar una más clara comprensión y conocer el alcance que tiene cada una de ellas, asimismo el impacto que tiene en las tareas que se realizan y el beneficio que deja en el desarrollo del proyecto.

2.3.1. Las 5'S.

Esta herramienta es muy popular en la mayoría de las compañías, ya que ayuda a mantener áreas de trabajo mucho más limpias, organizadas y seguras, por lo que aporta mucho a las empresas que la emplean y su principal objetivo es promover una cultura al trabajador de que a mayor limpieza en el área, mayor seguridad y mejor desempeño tendrá en su puesto de trabajo. Por lo que es muy importante en el desarrollo del proyecto, ya que la situación actual que se tiene en la línea de ensamble K2XX SUV no emplean muy a menudo esta herramienta, por lo que es muy frecuente ver en el piso material de trabajo, como lo son tornillos, clips, conectores, etc. Asimismo, problemas con la basura y material de reciclaje como lo es el cartón y plástico, por lo que brinda una gran oportunidad de ahorro de espacio y a su vez una mejor organización en la línea de producción.

Las 5's provienen de términos japoneses y no son parte de una “cultura japonesa” ajena a nosotros, esto quiere decir que todos los seres humanos tenemos el hábito de realizar al menos dos o tres, y que ayudan a mejorar nuestra calidad de vida. Por lo tanto la práctica de esta herramienta en las compañías puede lograr mejorar los

costos, mejorar las entregas puntuales, la productividad y la calidad de los productos, además de promover un entorno seguro.

Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: **Seiri**
- Ordenar: **Seiton**
- Limpieza: **Seiso**
- Estandarizar: **Seiketsu**
- Disciplina: **Shitsuke**

Clasificar (seiri).

Clasificar es descartar del área de trabajo todos aquellos elementos que son inservibles o innecesarios para realizar la labor, esto aplica en cualquier área de la compañía incluyendo oficinas administrativas. Para realizar esta tarea de forma efectiva se identifica los elementos eliminados con un etiquetado en rojo. Lo que quiere decir con el color rojo es que es de expulsión, por lo que se considera a cualquier artículo etiquetado en este color que es no es necesario para la operación. Una vez apartado e identificado el artículo, este será llevado a un almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirma que son innecesarios, proseguiremos con dividirlos en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los que serán descartados. Este procedimiento ayuda a liberar espacios de piso, desechando cosas tales como: herramientas rotas, herramientas obsoletas y excesos de materia prima.

El principal beneficio que se logra al clasificar es dotar con áreas de trabajo y estaciones mucho más organizadas y limpias para prevenir accidentes y tener una mayor productividad. Por lo que al realizarlo se ha comprobado, que se reducen las áreas con mayor riesgo de accidente, al igual que se logra detectar y prevenir alguno. Lo que las compañías pierden al no empezar con este primer paso es, que el ambiente de trabajo sea tenso para el trabajador, le dificulta lograr un buen funcionamiento de las herramientas que tiene a su alcance, además de los equipos y máquinas que

trabajan alrededor de él, provocando muchas de las veces que herramientas obsoletas dañen al trabajador.

Ordenar (seiton).

El siguiente paso consiste en organizar los elementos que hemos decidido que son necesarios de manera que podamos encontrarlos con facilidad. Algunas de las mejores estrategias para este siguiente paso es dar un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, como por ejemplo: pintura de pisos delimitando las áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas marcadas de herramienta, así como estantería y/o gabinetes para guardar artículos de limpieza.

Existen diversos beneficios para el trabajador al mantener en orden todo lo necesario para su labor, algunos de ellos son los siguientes:

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.

Muy importante es que también recibe beneficios la empresa, los cuales son los siguientes:

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso.

- Eliminación de pérdidas por errores.
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías.
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa.
- Mejora de la productividad global de la planta.

Limpieza (seiso).

La limpieza en la vida cotidiana es muy importante, ya que evitamos con esto tener una mejor salud día con día, por lo que es considerada en todas las compañías como un factor importante para tener una maquinaria con excelentes operaciones, un producto con cero suciedad y un ambiente de trabajo limpio lo cual nos garantiza una mejor salud. Por lo que consiste en eliminar polvo y suciedad de todos los elementos de la fábrica, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos en las empresas, también se busca el diseño de aplicaciones que eviten o disminuyan la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.

Los principales beneficios de limpiar son:

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza.
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo (OEE).
- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

Estandarizar (seiketsu).

Se pretende mantener el estado de limpieza y organización que se alcanza con las primeras 3's, este principio solo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa de aplicación, todos los que colaboran en la empresa crean, diseñan y utilizan diferentes herramientas, una de las más importantes es la localización de fotografías, donde tienen fotografías de cómo debe estar el área en óptimas condiciones y otras donde no lo está, para resaltar la manera en cómo debe permanecer y así mantener las primeras 3's. Con lo cual esto propicia al trabajador desarrollarle una cultura, para así buscar la permanencia y un mejor proceso del producto.

Los beneficios al estandarizar son los siguientes:

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer con detenimiento el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares.
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

Disciplina (shitsuke).

La siguiente etapa significa llevar a cabo lo que se encuentra ya establecido, sin romper procedimientos. Solo así, se podrán disfrutar de los beneficios que brinda esta herramienta, requiere de supervisión periódica, además de un control de los empleados que están involucrados, visitas periódicas para verificar si están

cumpliendo con lo establecido, para así tener una mejor calidad de vida laboral, además:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de auto controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

Algunos de los beneficios que se consiguen al dominar esta etapa son los siguientes:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

2.3.1.1.- Beneficios de las 5'S.

La aplicación de las 5's en las empresas es importante, ya que con esta herramienta permite a la empresa el ahorro en costos, que pueden convertirse en despilfarros si no se lleva a cabo, así como previene muchos accidentes entre los pasillos dentro de

ellas, logrando mejorar la seguridad de cada trabajador. Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados.
- Mayor calidad.
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Genera cultura organizacional.
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.

2.3.2. Mejora continua (Kaizen).

La mejora continua se basa en una lucha constante contra el desperdicio, en definitiva toda aquello que añade coste al producto sin añadir valor (César Murria, 2005).

Los pilares importantes que sustentan a esta herramienta son en primer lugar todo el personal que se encuentra trabajando para la empresa y en segundo lugar la Ingeniería Industrial, que se enfoca en el mejoramiento de los procesos productivos. Está herramienta se enfoca principalmente a la gente y a la estandarización de los procesos. Se requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere para su elaboración y así los resultados se den mucho más rápido.

Su objetivo es incrementar la productividad, haciendo un control de todos los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclos, la estandarización de criterios de calidad, y de todos los procesos de trabajo por operación.

La mejora continua contempla cuatro aspectos fundamentales:

1. Kaizen del proceso.
2. Kaizen del tiempo.
3. Kaizen del hombre.

4. Kaizen de la tecnología.

1. El Kaizen del proceso hace hincapié en el proceso en sí mismo, en el control del proceso y en la mejora continua del mismo. Para ello se aplica mediante el continuo proceso de Planificación, Ejecución, Revisión y Acción (ciclo de Deming).

El ciclo Deming o conocido también por las siglas en inglés PDCA (Plan-Do-Check-Actuation) consiste en cada una de las siguientes etapas las cuales se describen a continuación:

1.- Planificar (Plan).

En esta etapa consiste en seleccionar el objeto a mejorar y con ello dar razones de dicha elección, para así definir los objetivos que se deben de alcanzar.

- Situación actual.
- Análisis de información (Datos del objeto).
- Objetivo.

2.-Hacer (Do).

Le corresponde al trabajo de campo de la mejora, consiste en propuestas de solución y rápida implementación de las mejoras de mayor prioridad. Los pasos que se incluyen en el hacer son:

- Propuestas de solución.
- Realizar propuestas.

3.- Verificar (Check).

Se debe comprobar el objetivo planteado en el plan respecto a la situación inicial que se identificó. Por ende comprobamos que se estén alcanzando los resultados o en caso contrario volveremos al Hacer. Este paso incluye:

- Monitorización.

- Verificación.

4.- Actuar (Actuation).

Esta es una etapa fundamental en la mejora continua, ya que debemos asegurar de que las mejoras se lleven a cabo, para ello depende del estándar u oficialización de las medidas correctivas. Para proceder a la estandarización debemos haber comprobado que las medidas correctivas han alcanzado los resultados esperados, además, debemos plantearnos siempre la posibilidad de seguir mejorando el objeto de análisis.

- Estandarización
- Búsqueda de la optimización

Es importante recalcar que el proyecto no contempla mejorar el proceso de trabajo de la línea de ensamble, pero se contempla mejorar el flujo de material que es un trabajo que realizan los materialistas de las líneas de ensamble, por lo que este tipo de kaizen se llevará a cabo en base al proceso que siguen los materialistas en su lugar de trabajo.

2. El Kaizen del tiempo es un recurso muy importante, ya que el mayor problema de las empresas es porque se desperdicia el tiempo, por lo que la Ingeniería Industrial, es el departamento donde aplican el análisis del tiempo en que un producto necesita para ensamblarse, por lo que al aplicarse el Kaizen, se logra una mayor velocidad, produciendo ventajas competitivas. Por lo que en nuestro proyecto se tiene contemplado aplicar este tipo de kaizen ya que los materialistas desperdician mucho el tiempo en sus recorridos por material de trabajo por lo que, una de las intenciones es mejorar y eliminar el desperdicio del tiempo, logrando que el proceso sea continuo y fluido, evitando tener paros de línea por la causa de falta de material.

3. El Kaizen del hombre tiene como principal fundamento que “el hombre es el recurso más importante de la organización”. Por tal razón, la calidad total no se puede conseguir si no existe como premisa básica la necesidad de la participación de todos los empleados en la dinámica de la mejora de las operaciones hacia el “cero defectos”. Es muy importante destacar que la participación del personal de la línea K2XX SUV es fundamental para que tenga éxito total el proyecto, ya que principalmente nuestra meta es lograr concientizar a los empleados a seguir una cultura, logrando con ello participar cada día en mejoras para lograr realizar el trabajo mucho más fácil y rápido.
4. El Kaizen de la tecnología busca como tener un mejoramiento continuo, el cual ayuda a tener un mayor conocimiento en las aplicaciones que realiza para tener una mayor productividad y flujo en los procesos. Este tipo de kaizen no se llevará a cabo ya que no se contempla mejorar la tecnología de la línea, pero posiblemente se tenga la mención de una alternativa de mejora para el reparto de material de trabajo en las líneas de ensamble.

2.3.3. Estandarización.

La “estandarización” junto con las 5S y el SMED son unos de los cimientos principales de la manufactura esbelta, por lo que el resto de las herramientas se fundamentan a través de estas. Una definición precisa de lo que significa la estandarización según (Juan Carlos Hernández Matías, 2013) es:

“Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las herramientas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente”.

La estandarización se ha convertido en un punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta de la manufactura

esbelta. Puesto que primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; lo siguiente es mejorarlo, se verifica el efecto de mejora y se estandariza de nuevo, por lo que el seguir estos pasos se ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de un ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo”.

Los estándares afectan a todos los procesos de la empresa, de manera que donde exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información debe existir un estándar. Las características que debe tener una correcta estandarización se pueden resumir en los cuatro principios siguientes según (Juan Carlos Hernández Matías, 2013):

1. Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
2. Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
3. Garantizar su cumplimiento.
4. Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.

La estandarización es clave importante en el desarrollo de las empresas, por lo que su principal objetivo es aclarar al empleado la manera correcta, fácil y más rápida de hacer un proceso, siendo aprobado a su vez por el departamento de ingeniería industrial, para que el empleado realice un trabajo seguro en su lugar de trabajo. En el proyecto es parte esencial el desarrollo de la estandarización ya que se planea estructurar un método más fácil y rápido para el materialista, para que realice sus actividades de forma eficaz y sin ningún problema, no obstante antes de estandarizar el proceso mencionar que será evaluado de forma continua para saber qué problemas pueden resultar y corregir antes de tenerlo ya establecido.

La estandarización persigue la eliminación del despilfarro y la reducción de la variación, por lo que es un proceso que consiste en establecer estándares y trabajar

de acuerdo a los mismos. En la manufactura esbelta un estándar es una referencia con que comparar y puede tratarse de un procedimiento, una instrucción de trabajo, norma o una especificación. Asimismo la estandarización es parte fundamental para que un proceso tenga un punto de mejora y comparación, por lo que nos será de gran ayuda al ahora de comparar los estándares establecidos, con el desarrollo del proyecto, y definir si el proyecto tiene un buen desarrollo o que se necesita para tenerlo.

2.3.5 Control visual.

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de producción con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se enfoca exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora.

Bajo el enfoque de la manufactura esbelta, estas técnicas son utilizadas para mantener informado al personal sobre cómo sus esfuerzos afectan a los resultados y darles el poder y responsabilidad de alcanzar sus metas.

El control visual presenta muchas ventajas en la comunicación de todo el personal, lo cual es de gran ayuda y hace que la difusión sea mucho más accesible y tenga un flujo continuo en todo el personal. Gracias a esta herramienta el empleado tiene la oportunidad de contribuir y además recibir reconocimientos, con esto, aumenta la motivación y se siente muy satisfecho por haber logrado ayudar a un mejor proceso industrial.

Existen diferentes tipos de control visual, a continuación te presentamos una lista de algunos que son muy utilizados en la industria:

Control visual de espacios y equipos:

- Identificación de espacios y equipos.
- Identificación de actividades, recursos y productos.

- Marcas sobre el suelo.
- Marcas sobre técnicas y estándares.
- Áreas de comunicación y descanso.
- Información e instrucciones.
- Limpieza.

Documentación visual en el puesto de trabajo:

- Métodos de organización: Hojas de instrucciones, estudios de tiempos / movimientos, planificación del trabajo, auto inspección, recomendaciones de calidad, procedimiento de seguridad.
- Recursos y tecnología. Instrucciones de operación y mantenimiento, cambios y ajustes, descripción de procesos y tecnologías.
- Productos y materiales. Especificaciones del producto, listas de piezas, requerimientos de empaquetado, identificación de defectos comunes en materiales y productos.

Control visual de la producción:

- Programa de producción.
- Programa de mantenimiento.
- Identificación de stocks.
- Identificación de reproceso.
- Identificación de trabajos en proceso (cargas, retrasos...).
- Indicadores de productividad.

La implementación de cualquiera de los mecanismos de comunicación visual solo puede tener éxito si se tiene un cambio cultural en todo el personal en la fábrica. Es importante mencionar que esto no sucede de la noche a la mañana, ya que se debe hacer continuamente y auditar continuamente si la metodología está funcionando en toda la fábrica, hasta lograr dominar una nueva cultura en el personal. A continuación se presentan unas recomendaciones para aumentar el éxito de su implementación:

- No empezar nunca un proyecto de comunicación visual sin primero verificar el compromiso de la compañía con unas pautas bien definidas y siguiendo los principios citados con anterioridad.
- No se debe hacer nunca una aproximación a la comunicación visual como una mera técnica. Si la dirección de la compañía no mantiene este concepto, la exposición pública de información no avanzará más allá del gesto sin contenido.
- Una vez que se han salvado los primeros escollos de relación entre dirección y posesión de información es posible empezar. Más allá del punto de partida, la comunicación visual llega a ser un verdadero aliado del proyecto cultural por su poder para estimular el diálogo y superar las barreras jerárquicas.
- La aplicación de un sistema de indicadores no consiste meramente en colocar gráficos de control de gestión en los lugares de trabajo. Más bien, se debe cambiar el modo de concebir el sistema de mediciones, enfatizando en los indicadores del proceso y descentralizando la adquisición, medición, presentación y análisis de los datos.
- La colocación de resultados en el dominio público requiere considerar los aspectos culturales del tipo de medición específica y la cultura del personal. Es necesario permitir a los usuarios participar en la creación de estándares, incrementar la cantidad de trabajo hecho por pequeños grupos y aumentar el contacto informal con la cadena jerárquica.
- Desarrollar un sistema de responsabilidades compartidas, especialmente entre los departamentos de producción y los funcionales (mantenimiento, instalaciones, ingeniería industrial, etc.).
- Reorientar las funciones de control de calidad hacia la observación de los hechos y la resolución de problemas en lugar de monitorizar a los individuos para buscar culpables.
- Fomentar la participación del personal de producción en proyectos de mejora en sus lugares de trabajo.

2.3.6.- Técnicas de la calidad.

Tener una alta calidad constituye un pilar muy importante en la manufactura esbelta. La calidad se entiende como el compromiso que tiene una empresa de “hacer las cosas a la primera”, por lo que es muy importante y muy complicado mantener este panorama en todos los empleados, por lo que en algunas ocasiones se tienen errores que pueden ser muy perjudiciales para la empresa, por lo que en el desarrollo del proyecto se tiene un enfoque de hacer las cosas a la primera, sin cometer ningún error. Asimismo para lograr realizar el proceso a la primera debe estar controlado el proceso para que con ello, se logre un mejor flujo continuo de material bueno y no se tengan contratiempos ni reproceso.

Por ello la única forma de asegurar que todo salga a la primera, es el esfuerzo continuo mediante el despliegue de las técnicas de calidad, donde cada empleado que elabora en el proceso debe participar convirtiéndose en cualquier puesto de trabajo como inspector de calidad en cada ensamble que haga, examinando cada pieza en su lugar de trabajo, para que con ello se detecten mucho más rápido anomalías y a su vez se corrija más rápidamente evitando que el problema no se detecte cuando el cliente reciba su producto.

Para alcanzar el objetivo de cero defectos, en nuestro proyecto se desarrollará un chequeo al material de trabajo que cada materialista entrega en cada uno de los puestos de trabajo, para que con ello, los materialistas aporten con la detección de material que no cumpla con las especificaciones, para que la detección de las anomalías sea mucho más rápida y no se llegue un material defectuoso al lugar de trabajo o se llegue ensamblar a una pieza. Con ello ayudaremos a cumplir con los estándares de calidad que se requieren para que el cliente se encuentre satisfecho y no detecte piezas en su pedido.

Se aplicará chequeo sensorial al material de trabajo de la línea K2XX SUV, lo cual contempla rayado de la pieza, la calidad de la pintura, etc., se utilizará si es conveniente muestras (aceptables y no válidas) para que el empleado tenga una mejor decisión y no contemple piezas que resulten buenas y las retire del proceso.

El materialista será entrenado para que se convierte en un inspector más en la línea de ensamble, pero sobre todo será de una gran ayuda para detectar anomalías antes de que el material sea colocado en el puesto de trabajo de los empleados, para que con esto se pueda realizar una respuesta mucho más rápida y se logre evitar paros del proceso por partes de dudosa calidad al producto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Población o muestra

Para efecto de estudio de la metodología de manufactura esbelta en nuestro proyecto se determinó para su aplicación los materialistas de la línea de ensamble K2XX SUV, ya que tienen muchos problemas de distribución de material de trabajo y además necesitaba un control de ruta de material, de inventario y de personal materialista, puesto que se tenía muchos empleados en el área y su porcentaje de utilización en actividades era muy bajo.

La línea de ensamble final del producto K2XX SUV cuenta con 5 sublíneas de ensamble las cuales son:

- 1.- Consola Uplevel.
- 2.- Consola Midlevel/Base.
- 3.- Consola Center.
- 4.-RH Trim.
- 5.- LH Trim.

Cada una de estas sublíneas se encargan de ensamblar distintas partes del interior del tablero del automóvil GMT K2XX SUV, el cual está integrado con materiales de poliolefina termoplástica (TPO), en la ilustración 1 se puede apreciar el ensamble de todas las partes del tablero.



Ilustración 1 Ensamble final de tablero GMT K2XX SUV.

Al inicio del proyecto se contaba con 3 materialistas encargados de la distribución del material de trabajo, y asimismo existen 2 materialistas de producto terminado, los cuales se encargan de enviar el producto ya terminado hacia almacén que es el destino final del producto donde es enviado al cliente, cabe mencionar que la línea de ensamble trabaja 2 turnos al día, dando como resultado a 10 materialistas trabajando por día para las cinco sublíneas de ensamble.

3.2. Tipo de estudio

El presente proyecto es del tipo:

De Campo:

Cuando la estrategia fundamental sea el observar el desarrollo concreto del fenómeno (Ocegueda, 2015). Por lo tanto nuestro proyecto, se considera de campo porque se desea observar y aplicar algunas de las herramientas de la manufactura esbelta, para saber el impacto en el ahorro de costos de mano de obra, material y tiempos perdidos en la línea de ensamble K2XX SUV de una industria automotriz ubicada en H. Matamoros, Tamaulipas.

Longitudinal:

Las variables en estudios son medidas en distintas ocasiones con la finalidad de estudiar la evolución en el tiempo y dar seguimiento (Ocegueda, 2015).

Nuestro proyecto es longitudinal ya que a lo largo del tiempo, se evaluará la evolución del proyecto, asimismo dar seguimiento de cualquier problema que surja, por lo que se dará una solución y tener en control el proceso para un buen flujo de material en la línea de ensamble.

3.3. Selección del instrumento

Para el planteamiento, desarrollo y control de nuestro proyecto, se aplicó la metodología OSKKK, que por sus siglas en inglés significa (Observe, Standardize, Kaizen flujo y procesos, Kaizen de Equipos y Kaizen de Layout). Esta metodología tiene un orden lógico, ya que primero se parte de la observación de la situación inicial,

después se llega a una estandarización del proceso, el cual permite el desarrollo ordenado de las actividades que realiza el materialista, lo siguiente es realizar Kaizen en el flujo del material del proceso con ello reducir el tiempo que se pierde al momento de surtir los componentes necesarios para el proceso, a continuación se hace el Kaizen en equipos en este caso se aplicará en el carro de materiales, para tener mejor organizado el material y mejorar la seguridad para el materialista, puesto que algunos materiales son demasiado grandes. Por último se analizarán opciones de cual ruta es la más viable y segura para que el materialista distribuya el material en la línea de producción, para esto se analizará el layout de la planta para implementar un centro de distribución externo de la línea de producción y que desde aquí se distribuyan los materiales necesarios para el proceso.

3.3.1. Definición.

La metodología OSKKK (**OSKKK**: **O**bserve, **S**tandardize, **K**aizen flujo y procesos, **K**aizen de Equipos y **K**aizen de Layout), por sus siglas en inglés, tiene como objetivo trabajar en el seguimiento de una serie de pasos, los cuales tienen un orden cronológico, que al finalizar el seguimiento se tiene una solución para cualquier problema, por lo que también se llega a tener un ahorro en costo muy satisfactorio, la estandarización por completo del proceso y la implementación de mejoras que ayudarán al proceso a ser mejor de lo que inicialmente se observó.

A continuación se da a conocer un pequeño resumen de cada paso de la metodología OSKKK, y algunos de los puntos más importantes para su comprensión.

3.3.2. Observación.

La línea de ensamble K2XX SUV cuenta con 5 sub líneas, las cuales son:

- 1.- Consola Up level.
- 2.- Consola Midlevel Base.
- 3.- Consola Center Compt.
- 4.- RH Trim

5.- LH Trim.

Iniciaremos con dar a conocer los siguientes datos de cada una de ellas, los cuales son muy importante, ya que con estos valores nos basaremos en el mínimo y máximo de stock de material ideal para la línea de producción.

- Volumen diario de producción.
- Cantidad de turnos requeridos.
- Capacidad.
- Takt time.

Esto datos se presentan a continuación en el siguiente subtema, el cual describe la información de cada sublínea y a su vez el diagrama de monitos representativo, tiene como fin calcular con la ayuda de estos datos el mínimo inventario que se debe de tener en el minimercado del rack de consolas K2XX SUV.

3.3.2.1.- Datos de producción de sublíneas en línea de ensamble K2XX SUV.

Los siguientes datos de producción fueron obtenidos en el periodo de agosto – noviembre del 2018, con el fin de tener en cuenta para el cálculo del inventario mínimo que se debe tener para la línea de ensamble K2XX SUV.

1.- Consola Up level.

Volumen diario= 396 piezas (5 días).

Turnos requeridos= 2 turnos.

Capacidad (90 %) = 528 piezas.

Takt time= 158 seg / Pza.

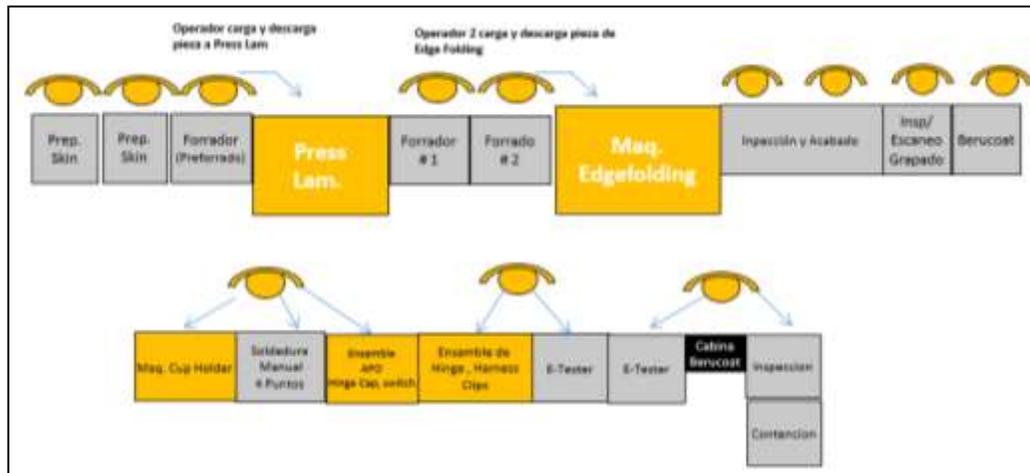


Ilustración 2.- Diagrama de monitos de sublínea Up Level.

A continuación en la tabla 1 se muestra la cantidad de operadores que trabajan en la sublínea de producción Up level, y la posición que ocupa cada uno, incluyendo la plantilla del segundo turno. Asimismo se resalta la cantidad de empleados que trabaja en nuestro proyecto, en este caso se trabajara únicamente con el personal materialista de esta empresa, ya que ellos son los encargados de repartir los componentes a cada una de las estaciones de trabajo.

| Posición | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Operadores | 11.5 | 11.5 |
| Reparador | 0.5 | 0.5 |
| Inspección | .5 | .5 |
| Materialista Interno | 0.4 | 0.5 |
| Materialista Externo | 0.4 | 0.5 |
| Lider | 1 | 1 |
| Totales | 13.9 | 14 |

Tabla 1.- Cantidad de personal y sus posiciones en la sublínea de UP LEVEL.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de personal directo e indirecto que trabaja en esta misma sublínea, se entiende como personal directo aquellas personas que están en una estación de trabajo y como personal indirecto son aquellas personas que

requieren trasladarse a otro lugar de trabajo y que no están del todo en el proceso por lo que en este caso solamente el materialista es considerado como personal indirecto.

| Clasificación | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Directos | 13.5 | 13.5 |
| Indirectos | 0.4 | 0.5 |
| TOTAL | 13.9 | 14 |

Tabla 2.- Cantidad de personal directo e indirecto en la sublínea Uplevel.

2.- Consola Midlevel Base.

Volumen diario= 696 piezas (5 días).

Turnos requeridos= 2 turnos.

Capacidad (80 %) = 718 piezas.

Takt time= 73.6 Seg. / Pza.

En la ilustración 3 se muestra el diagrama de monitos de la sublínea Midlevel Base, la cual representa la plantilla que integra todo el proceso asimismo se conoce el total de empleados que trabajan en esta sublínea.

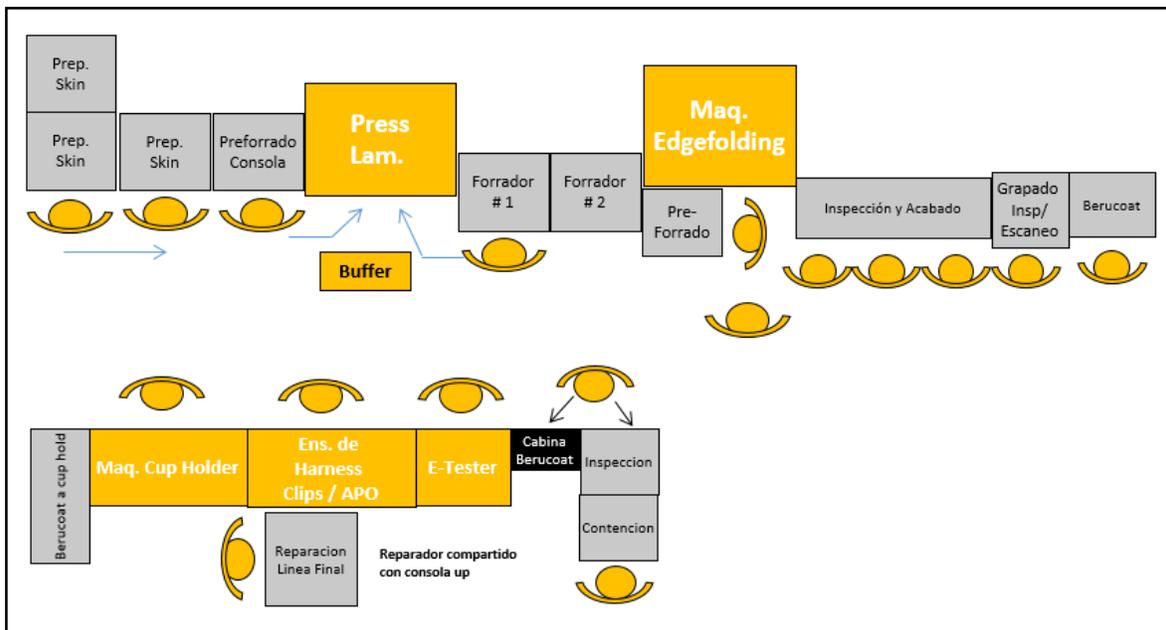


Ilustración 3.- Diagrama de monitos de sublínea Midlevel Base.

En la tabla 3 muestra la cantidad de empleados de cada puesto de trabajo del primer y segundo turno que trabaja en la sublínea midlevel base, subrayando el personal materialista que aquí trabaja.

| Posición | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Operadores | 14 | 14 |
| Reparador | 0.5 | 0.5 |
| Inspección | 1 | 1 |
| Materialista Interno | 0.4 | 0.5 |
| Materialista Externo | 0.4 | 0.5 |
| Líder | 1 | 1 |
| Totales | 17.3 | 17.5 |

Tabla 3.- Cantidad del personal y su posición en la sublínea Midlevel Base.

| Clasificación | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Directos | 16.9 | 17 |
| Indirectos | 0.4 | 0.5 |
| TOTAL | 17.3 | 17.5 |

Tabla 4.- Cantidad de personal directo e indirecto de la sublínea Midlevel Base.

3.- Consola Center Compt.

Volumen diario= 128 piezas (5 días).

Turnos requeridos= 1 turno.

Capacidad (90 %) = 196 piezas.

Takt time= 275 Seg. / Pza.

A continuación se muestra el diagrama de monitos de la sublínea Center Compt., asimismo también las estaciones de trabajo con la que cuenta la sublínea.

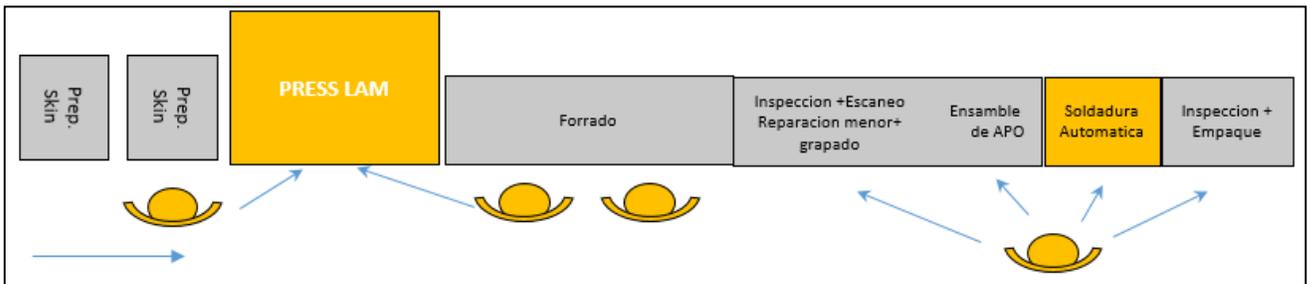


Ilustración 4.- Diagrama de monitos de la sublínea Center Compt.

En las siguientes tablas se muestra la cantidad de empleados directos e indirectos de la sublínea Center Compt.

| Posición | Cantidad 1er.Turno |
|-----------------------------|--------------------|
| Operadores | 4 |
| Reparador | 0.5 |
| Materialista Interno | 0.4 |
| Materialista Externo | 0.4 |
| Líder | 0.5 |
| Totales | 5.8 |

Tabla 5.- Cantidad de empleados y su posición en la sublínea Center Compt.

| Clasificación | Cantidad 1er.Turno |
|---------------|--------------------|
| Directos | 5.4 |
| Indirectos | 0.4 |
| TOTAL | 5.8 |

Tabla 6.- personal Directo e Indirecto.

4.- Consola RH Trim.

Volumen diario= 1264 piezas (5 días).

Turnos requeridos= 2 turnos.

Capacidad (90 %) = 1314 piezas.

Takt time= 51.09 Seg. / Pza.

El siguiente diagrama de monitos de la sublínea RH Trim muestra la cantidad de empleados que al inicio de nuestro proyecto, además del nombre de cada estación de trabajo.

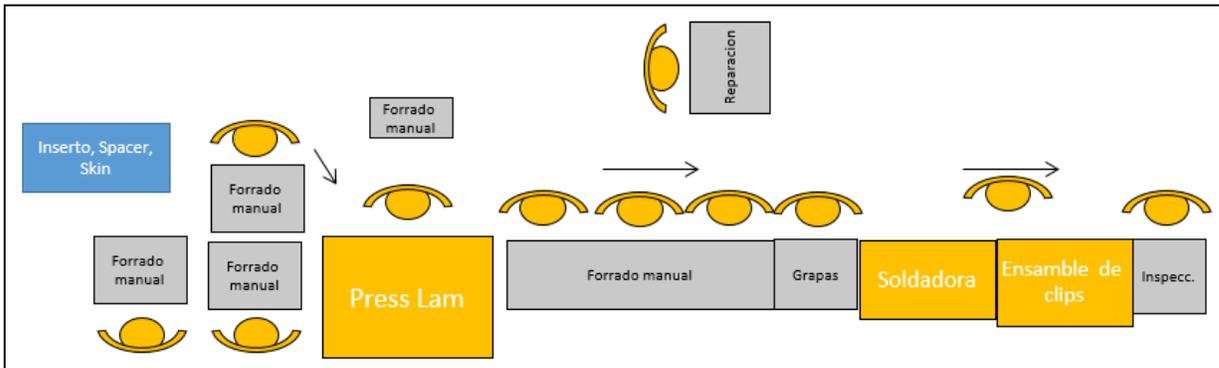


Ilustración 5.- Diagrama de monitos de sublínea RH Trim.

A continuación en la tabla 7 detalla la cantidad de empleados que trabaja según su operación.

| Posición | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Operadores | 9 | 9 |
| Reparador | 0.5 | 0.5 |
| Inspección | 1 | 1 |
| Materialista Interno | 0.4 | 0.5 |
| Materialista Externo | 0.4 | 0.5 |
| Líder | 0.5 | 0.5 |
| Totales | 11.8 | 12 |

Tabla 7.- Cantidad de empleados y su posición en la sublínea RH Trim.

Se muestra a continuación el personal directo e indirecto que trabaja actualmente en la sublínea RH Trim.

| Clasificación | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Directos | 11.4 | 11.5 |
| Indirectos | 0.4 | 0.5 |
| TOTAL | 11.8 | 12 |

Tabla 8.- Personal directo e indirecto de la sublínea RH Trim.

5.- Consola LH Trim.

Volumen diario= 1240 piezas (5 días).

Turnos requeridos= 2 turnos.

Capacidad (95 %) = 1518 piezas.

Takt time= 51.5 Seg. / Pza.

En la siguiente ilustración la cantidad de personal que elabora en la sublínea y en el nombre de cada estación de trabajo que la compone.

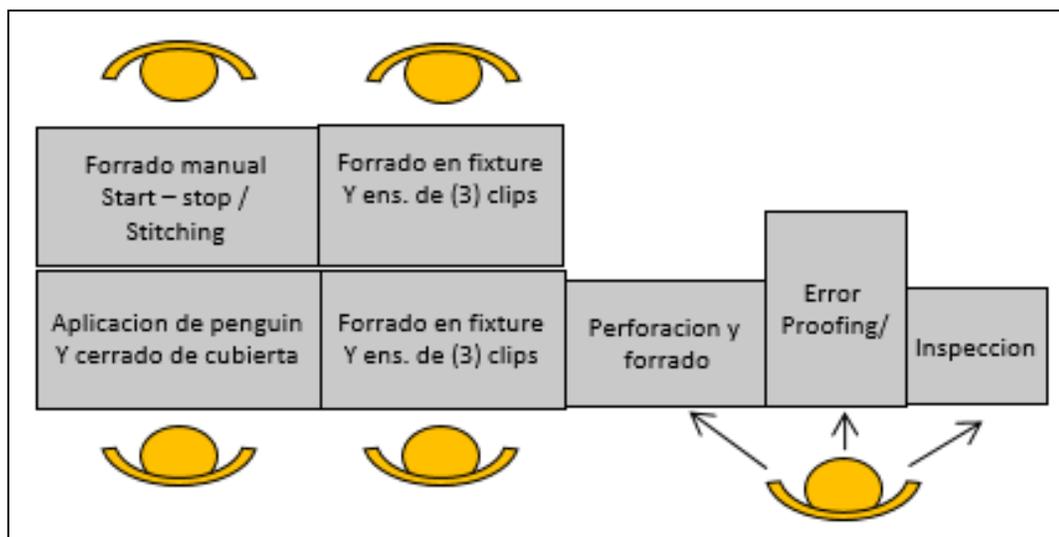


Ilustración 6.- Diagrama de monitos de sublínea LH Trim.

| Posición | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Operadores | 5 | 5 |
| Reparador | 1 | 1 |
| Materialista Interno | 0.4 | 0.5 |
| Materialista Externo | 0.4 | 0.5 |
| Lider | 0.5 | 0.5 |
| Totales | 7.3 | 7.5 |

Tabla 9.- Cantidad de empleados y su posición en la sublínea LH Trim.

| Clasificación | Cantidad 1er.Turno | Cantidad 2do.Turno |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Directos | 6.9 | 7 |
| Indirectos | 0.4 | 0.5 |
| TOTAL | 7.3 | 7 |

Tabla 10.- Personal directo e indirecto.

Una vez observado y expuesto los datos de las sublíneas que conforma la línea de ensamble K2XX SUV, se presenta en la tabla 11 el personal materialista que será objeto de estudio y parte importante del proyecto.

| Materialista | Up level | Midlevel Base | Center Compt. | RH | LH | Primer Turno | Segundo Turno | Total |
|-------------------------------|----------|---------------|---------------|-----|-----|--------------|---------------|-----------|
| Interno | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 2 | 2 | 4 |
| Externo | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 3 | 3 | 6 |
| Total de materialistas | | | | | | | | 10 |

Tabla 11.- Total de empleado en línea de ensamble K2XX SUV.

Como podemos ver el total de materialistas que hay en la línea de ensamble K2XX SUV son 10 materialistas, los cuales cada uno tiene diferentes actividades. El materialista interno es encargado de repartir los componentes que se utilizan en la línea de ensamble, asimismo es encargado de tirar el cartón y la basura de la línea a su lugar correspondiente. Por otro lado el materialista externo es el encargado de flejar los contenedores de producto terminado, etiquetarlo y llevarlo al almacén de producto terminado, a su vez es responsable de ir por contenedores vacíos para desde luego ocuparlos para empacar y cuando se llene el contenedor reponerlo para el próximo empaque.

A continuación se describe cada una de sus actividades del día durante su turno de trabajo según la categoría de materialista.

El materialista interno se encarga de las siguientes actividades:

- Dejar cajas vacías del componente cup holder e ir al almacén a surtir el mismo componente.
 1. Ir al almacén a surtir cajas de componentes para mini mercado.
 2. Disponer del cartón y basura.
 3. Flejar producto terminado en SPO.
 4. Rellenar los siguientes componentes en estación de trabajo:
 - a. *Harn console.
 - b. *Apo receptacle.
 - c. *Retainer.
 5. Rellenar estante del componente Cup Holder.
 6. Ir por bolsas a Tool Crip.

El materialista externo por su parte tiene las siguientes actividades en su turno de trabajo:

1. Preparar contenedores de producto terminado cuando se encuentre completo.
2. Etiquetar cada contenedor completo.
3. Ir a dejar contenedor a almacén de producto terminado.

4. Ir por contenedores vacíos para producto terminado.

Cabe destacar que en la línea de ensamble K2XX SUV se observaron exceso de componentes, material mal identificado, cajas de componentes sin un lugar apropiado, al igual que un total descontrol en las estaciones de trabajo las cuales no tenían una estandarización adecuada, ya que tenían un desorden y mal acomodado los componentes a ensamblar y lo más importante hacia falta la limpieza en las áreas, lo cual arriesga la calidad del producto. A continuación se presentan algunas de las fotografías del área que comprueba lo que observamos.



Ilustración 7.- Exceso de material de trabajo.



Ilustración 8.- Material sin ninguna ubicación.



Ilustración 9.- Carro de materialista con exceso de material.

En la siguiente fotografía que fue captada en la línea de ensamble se puede ver claramente que existen contenedores que no están completamente identificados, por lo que representa un problema muy grave en un proceso, ya que la operadora puede cometer el error de ensamblar un componente que no es el correcto para el producto. El proyecto conlleva eliminar y evitar todo tipo de error que pudiera surgir durante el proceso de surtir material de trabajo a cada estación, por lo que es parte importante esta observación para no cometer errores derivados por falta de identificación de componentes en el área de trabajo.



Ilustración 10.- Estación con falta de identificación de componentes en sublínea Up level en el área K2XX SUV.

Asimismo se observó material amontonado, lo cual puede causar problemas de calidad por raspones al componente, o dañarlo lo que ocasionaría un retrabajo al final del proceso, por lo que es necesario evitar que el componente sea dañado de esta manera, a continuación se muestra en la siguiente ilustración la manera en cómo se encuentra el material en una de las estaciones de trabajo.



Ilustración 11.- Componentes en contenedor mal acomodados.

3.3.3.- Estandarización.

Como segunda etapa, se tiene como resultado algunas de las mejoras continuas que se realizaron a la línea de ensamble con el fin de desarrollar un mejor proceso ágil y organizado, para que con ello se reduzcan los paros de producción por falta de material y además se tenga un mejor control de inventario en el minimercado de nuestro rack, para que con ello se cumplan los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Con el objetivo de tener una adecuada estandarización en cada uno de los contenedores de componentes se realizó la siguiente mejora continua, como medida para estandarizar el proceso de surtir material a las sublíneas de producción, con el fin de tener una mejor identificación, además de agregar información de duración que tiene el contenedor del componente enseguida se describe en el siguiente subtema está acción de mejora con mucho mayor detalle.

3.3.3.1.- Estandarización de etiquetas de componentes.

La estandarización de etiquetas en los contenedores de componentes de la línea de ensamble, fueron una solución al problema que se tenía por la falta de identificación de componentes en las estaciones de trabajo, por lo que se tomó la decisión de no solamente dar una identificación al contenedor, si no mejorarla, de esta manera se le agregó información con el fin de que brindará al materialista una fácil disposición y una advertencia visual de la duración que tenía el contenedor. Por lo que con la ayuda de un horario de entrega de componentes, fuese la manera más fácil de reducir la falta de material en las sublíneas de producción, eliminando así el paro de producción que sufrían anteriormente por la falta de un componente.

La identificación de cada contenedor de material de trabajo, contiene una información útil hacia el materialista, ya que ayuda y tiene como fin, advertir al materialista cuando el contenedor está por agotarse, por lo que se elimina la mala práctica de esperar hasta que un paro de producción se presente, y con ello no vuelva a ocurrir y el proceso de producción no se detenga. A continuación se presenta la información que tiene cada etiqueta:

- Nombre de la sublínea.
- Estación de trabajo.
- Descripción del componente.
- Número de parte.
- Cantidad máxima respecto a capacidad de contenedor.
- Cantidad mínima.
- Duración en horas.

Toda esta información tiene como fin reducir el tiempo de entrega del material de trabajo a cada estación, por lo que al estar identificado con esta información el materialista surtirá los contenedores de manera más rápida y eficiente, logrando evitar que cometa un error al surtir en cada estación de trabajo. Asimismo se tendrá previsto cuanta duración tendrán cada contenedor, y con esta información se elaborará un

horario de que contenedores se necesitan rellenar de una manera anticipada reduciendo los paros de producción por falta de componentes.

Otra de las ventajas al estandarizar la identificación de contenedores es que el operador evitará equivocarse y ensamblar un componente que no pertenece al número de parte que se desarrolle durante el proceso, puesto que el materialista ya tendrá los contenedores con el material correcto, el cual ya es supervisado desde que se surte el material.

A continuación dentro de las acciones de mejora que se presentan anteriormente, se muestra el diseño de tarjetas de identificación de materiales, de cada sublínea de producción que contempla la línea de ensamble K2XX SUV.

| UP LEVEL | | | |
|-----------------|----------------|--------------|-------------|
| NUMERO DE PARTE | | Cant. Piezas | Cant. Horas |
| 16914352 | | 20000 | 26 |
| DESCRIPCION | STAPLES | | |
| ESTACION | 2 | | |

Ilustración 12.- Etiqueta de sublínea Up Level.

| MID/BASE | | | |
|-----------------|-----------------|--------------|-------------|
| NUMERO DE PARTE | | Cant. Piezas | Cant. Horas |
| 13580623 | | 23 | 0.58 |
| DESCRIPCION | RETAINER | | |
| ESTACION | 4 | | |

Ilustración 13.- Etiqueta de sublínea Mid / Base

| CENTER | | | |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| NUMERO DE PARTE | | Cant. Piezas | Cant. Horas |
| 16899419 | | 1450 | 12.95 |
| DESCRIPCION | CLIPS | | |
| ESTACION | 3 | | |

Ilustración 14.- Etiqueta sublínea Center.

| LH | | | |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| NUMERO DE PARTE | | Cant. Piezas | Cant. Horas |
| 16899419 | | 1450 | 5.69 |
| DESCRIPCION | CLIPS | | |
| ESTACION | 4 | | |

Ilustración 15.- Etiqueta sublínea LH.

| RH | | | |
|-----------------|---------------|--------------|-------------|
| NUMERO DE PARTE | | Cant. Piezas | Cant. Horas |
| 84170984 | | 140 | 1.92 |
| DESCRIPCION | APPLIQUE-WOOD | | |
| ESTACION | 6 | | |

Ilustración 16.- Etiqueta sublínea RH.

Como se puede observar se utilizó un formato de colores con la finalidad de que el materialista tenga otra forma de identificar más rápido cada sublínea del departamento K2XX SUV, y de esta manera se logre mucho más fácil y rápida la colocación de cada uno de los contenedores en las estaciones de trabajo de la línea de ensamble.

3.3.3.2.- Estandarización en el diseño de contenedores.

La estandarización en la estación de trabajo es muy importante ya que es aquí donde el operador ensambla cada componente para formar el producto terminado, por lo que un componente incorrecto o que este fuera de su lugar, es capaz de afectar al proceso de manera que sea mucho más lenta la operación, ya que el operador estará ocupado en buscar el componente, por lo que en este proyecto enfatizamos mucho en la estandarización de la estación de trabajo.

Cabe destacar que una de las observaciones es la falta de estandarización de la estación de trabajo de la línea de ensamble K2XX SUV, por lo que fue de vital importancia realizar esta acción de mejora en cada una de las estaciones de trabajo:

- Verificar cada contenedor de las estaciones de trabajo de manera que no dañen los componentes, tengan buenas dimensiones para el componente, se establezca el correcto stock en el contenedor dependiendo de su producción y sea fácil, rápido y seguro su toma por el operador.
- Verificar que se encuentre al alcance del operador para dar un mayor flujo al proceso.

- Retirar y reponer contenedores que estén en mal estado y que representen un riesgo para el operador.
- Verificar contenedores con componentes pesados y ver el proceso de relleno, por lo que si representa un riesgo de accidente para el operador o materialista mejorarlo a fin de evitar un accidente.
- Verificar aquellos componentes que representan un riesgo a la salud y observar su proceso de relleno de manera que si se encuentra inseguro mejorarlo para evitar accidentes que pudieran dañar al operador o materialista.

En el primer punto que se refiere a la verificación de contenedores, se realizó un hoja de trabajo al departamento de Kaizen, para la elaboración de los siguientes contenedores los cuales se diseñaron para cumplir con las dimensiones según su componente, ya que los que se utilizaban estaban muy pequeños para la cantidad que se requería como stock y para el material que contenía dentro, además de que algunos otros contenedores ya presentaban deterioros, por lo que representaban un riesgo para la operadora que se encontraba en la estación de trabajo.

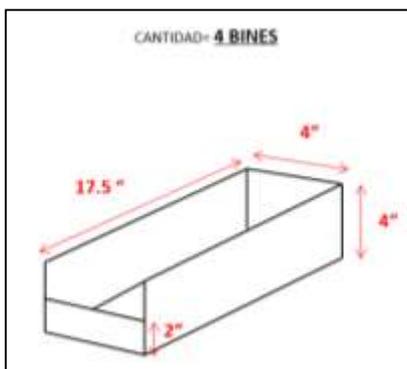


Ilustración 17.- Contenedor de Apo Receptacle.

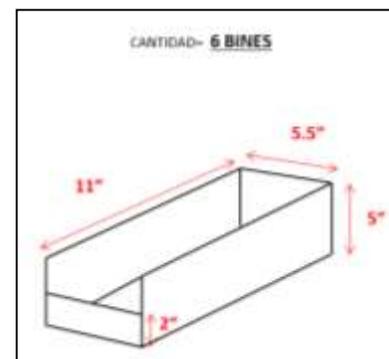


Ilustración 18.- Contenedor de clips.

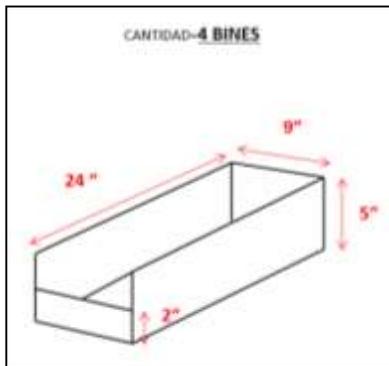


Ilustración 19.- Contenedor para Harness de consola.

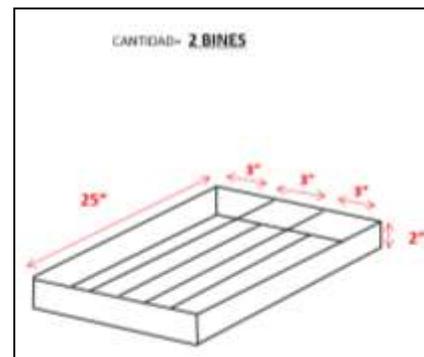


Ilustración 20.- Contenedor para adaptador USB.

Dentro de nuestro segundo punto señalamos la verificación de que todos los contenedores se encontrarán a una buena distancia para que el empleado tenga la facilidad de manipular los componentes y con esto el flujo del proceso llegue a ser más rápido, por lo que la colocación de cada uno de los contenedores estaban correctamente posicionados, por lo que el operador tenía facilidad de manipular los componentes, y el flujo del proceso era bueno. En la siguiente ilustración se muestra lo cerca que se encontraban los componentes del operario.



Ilustración 21.- Estación Midlevel Base.

Los siguientes puntos que se detallan son la verificación de contenedores deteriorados y pesados, por lo que fueron reemplazados y se detalló que las medidas deben ser adecuadas para que el materialista y operario no tenga algún riesgo de accidente al

momento de reponer el contenedor cuando se encuentre lleno, se verifico el peso del material y además se hicieron pruebas al contenedor, con la simulación previamente antes de colocar el contenedor para su función.

El punto final habla sobre material que necesita algún cuidado especial dentro de la línea de ensamble K2XX SUV, en este caso no se detectó ninguno, solamente el que representaba más cuidado para la línea de ensamble es la piel, la cual es utilizada para el forraje de las consolas, el cual tiene contenedores especialmente para su distribución y un lugar para su almacenamiento mucho más limpio, ya que este componente es uno de los puntos de calidad más importante en el proceso. Por lo que para este componente no fue necesario cambiar de contenedores, porque ya se encontraban construidos y eran adecuados para el transporte lo cual aseguraba muy bien el cuidado del mismo.

3.3.3.3.- Inventario mínimo en carro de materialista.

Como parte de la estandarización en el proceso de surtir el material por parte del materialista, se llevó acabo la implementación de diseñar un inventario mínimo adecuado para satisfacer las necesidades de la línea de ensamble, por lo que se optó por llevar a cabo una lista de material que traerá consigo el materialista a través de su carro, en el cual transporta el material, para que con ello se eliminen las malas prácticas de llevar altos volúmenes de cajas de material hacia las sublíneas de producción.

En la siguiente ilustración muestra una de las acciones inseguras que eran comunes en el traslado de material de trabajo hacia las estaciones.



Ilustración 22.- Acción insegura por materialista.

Por lo que en el proyecto se trabajó para eliminar este tipo de acciones y evitar accidentes por esta acción, estandarizando la cantidad de material y solamente lo necesario que utilizaría las sublíneas de producción, por lo que esta estandarización se basó en lo siguiente:

- Estudiar y establecer un stock en el carrito, en base a la producción diaria y la producción por hora de cada sublínea.
- Establecer mini mercado, para que el materialista no tenga que ir hasta almacén y solamente lleve lo necesario a la sublínea, reduciendo el tiempo de recorrido de materialista y optimizando el flujo de material hacia las sub líneas.

Como primer punto, al tener la información de producción por hora de cada sublínea y el saber cuántos componentes se utilizan en cada una de las piezas, multiplicaremos la producción por hora y la cantidad que se utiliza del componente que deseamos saber y obtendremos la cantidad necesaria por hora de dicho componente, por lo que esta misma operación se haría de cada componente que está conformado la pieza, para de

esta manera calcular el inventario mínimo, de manera que nuestra línea de ensamble no tenga paros o falta de material en las sublíneas de producción.

Por lo que para ello determinamos como inventario mínimo lo siguiente:

- Partes comunes tendrá un inventario de 3 a 4 horas, estos componentes se identifican por ser los más utilizados en la pieza de producción, por lo que se le llama así porque es muy utilizado para el ensamblaje de la pieza de producción. Además de que son componentes no muy pesados y además muy pequeños por ejemplo: tornillos, guasas, clips, grapas, etc.
- Partes únicas se conocen de esta manera, porque son componentes que no se utilizan en todos los números de parte que se ensamblan, sino que solo lo conforman un grupo de números de parte. Y se clasifican de la siguiente manera:
 - Partes medianas tendrán 2 horas como máximo de inventario, estos componentes se llaman así porque su tamaño es un poco más grande que los componentes comunes, además esta categoría de componentes son poco utilizados.
 - Partes grandes tendrán 2 horas como máximo de inventario, estos componentes por su tamaño son los que tienen un empaque mucho más grande, además que son los más utilizados, puesto que son los componentes más esenciales para la operación y para la línea de ensamble.

Una vez calculado el inventario mínimo de cada componente que se utiliza en la línea de ensamble, se procede a realizar una base de datos con esta información para realizar futuras modificaciones y poder contemplar cambios en futuros cambio de producción.

El total de componentes que se utilizan en la línea de ensamble K2XX SUV ya sean comunes y únicos son 58, los cuales cada uno tiene una base de datos en lo que se destacan importantes características como por ejemplo en que sublínea se utilizan,

largo, ancho y alto de su empaque, además del inventario que se encuentra en su presentación de partes y el costo unitario por cada componente.

Al terminar la base de datos se tiene que estandarizar el inventario mínimo de cada componente por lo que se presenta a continuación esta estandarización para tener un rack adecuado a solamente lo mínimo y eliminar malas prácticas por parte de los materialistas y reducir la acumulación de material innecesario en la línea de ensamble.

En la siguiente tabla se muestra los componentes y la cantidad mínima necesaria para el carrito de materialistas y así poder reducir menos accidentes en cuestión de cargas pesadas en el carro de materialistas:

| INVENTARIO MINIMO EN CARRO DE MATERIALISTA. | | | | | | | |
|---|---|----------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------|
| Part Number | Description | Std Pack | GROUP | Inventario en Presentación de partes | Cantidad de contenidos | inv total (hrs) | Dias de inventario |
| 13509947 | RECEPTACLE ASM-USB 2 PORT W/REM | 144 | MID/BASE | 61 | 1 | 4 | 0.39 |
| 16899419 | CLIPS (WSCO) (GMT900) | 5000 | UP-MID/BASE-LH-RH-CENTER | 1070 | 2 | 4 | 0.47 |
| 16931822 | 2 X 1 X .0085" LABEL-BARCODE-ADRIAN | 25000 | UP-MID/BASE-LH-RH-CENTER | 0 | 1 | 8 | 0.91 |
| 16914352 | STAPLES | 480000 | UP-MID/BASE-RH-CENTER | 24816 | 2 | 74 | 7.99 |
| 22936013 | APO RECEPTACLE | 500 | UP-MID/BASE-CENTER | 386 | 3 | 3 | 0.30 |
| 84349387 | "ENFRIADOR" (COOLBOX) | 144 | UP-MID/BASE | 144 | 1 | 2 | 0.23 |
| 13509945 | V8.5 2 PLUS USB | 144 | UP-MID/BASE | 90 | 2 | 2 | 0.23 |
| 16939952 | KEY CATCHER - CONSOLE | 24 | UP | 39 | 2 | 2 | 0.18 |
| 16939089 | BAR CODE (1"x0.33") | 40,000 | LH | 10000 | 1 | 476 | 26.56 |
| 13580623 | RETAINER ASM-ACSRYPWR RCPT (SPRING CAP) | 225 | UP-MID/BASE | 225 | 0 | 2 | 0.18 |
| 13580621 | RETAINER ASM-ACSRYPWR RCPT (HINGE CAP) | 225 | UP-MID-BASE-CENTER | 315 | 2 | 3 | 0.27 |
| 16932601 | CAGE - SWITCH -HC SEAT SWITCH (RH) JET BLK 600R | 200 | MID/BASE | 200 | 0 | 5 | 0.54 |
| 16932344 | CAGE - SWITCH -HC SEAT SWITCH (LH) JET BLK 600R | 200 | MID/BASE | 200 | 0 | 5 | 0.54 |
| 84127771 | SWITCH ASM-F/SEAT HTR - RH - 700S BLK CRBN MT | 224 | UP-MID/BASE | 56 | 1 | 3 | 0.35 |
| 84127770 | SWITCH ASM-F/SEAT HTR - LH - 700S BLK CRBN MT | 224 | UP-MID/BASE | 107 | 2 | 3 | 0.35 |
| 22905835 | SWITCH ASM - D/SEAT HTR LH | 224 | MID/BASE | 64 | 3 | 3 | 0.30 |
| 22905837 | SWITCH ASM - D/SEAT HTR RH | 224 | MID/BASE | 183 | 3 | 3 | 0.30 |
| 84349960 | HARN CONSOLE WIRING | 80 | UP-MID/BASE | 102 | 3 | 2 | 0.19 |
| 84349962 | HARN CONSOLE WIRING COOLBOX | 80 | UP-MID/BASE | 102 | 0 | 2 | 0.19 |
| 84349962 | HARN CONSOLE WIRING | 80 | MID/BASE | 102 | 0 | 2 | 0.22 |
| 84349961 | HARN CONSOLE WIRING COOLBOX | 80 | MID/BASE | 102 | 0 | 2 | 0.22 |

Tabla 12.- Inventario mínimo de carro de materialista.

Estas acciones nos ayudaron a tener una mayor seguridad en el transporte de material de trabajo, por lo que la siguiente ilustración muestra el resultado de la estandarización del carro de materialistas.



Ilustración 23.- Estandarización de carro de materialistas.

3.3.4.- Kaizen de flujo y procesos.

Nuestro tercer paso es realizar Kaizen de flujo y procesos, por lo que en este paso se ha de enfatizar en el flujo del material y el proceso, de manera que hay que analizar cada operación que se realice en los puntos de distribución, así como ver las deficiencias que se presentan en la ruta de materialistas, con eso dar una solución para minimizar el tiempo de distribución de materiales en la línea de producción K2XX SUV. Como puntos claves a realizar se detallan los siguientes:

- Entender y analizar todo el flujo del proceso (mapa de proceso).
- Entender y analizar el flujo del material en el área de trabajo, así como su distribución por cada punto donde avanza el materialista.
- Mejorar el flujo del material y la información en el área de trabajo.
- Identificar todos los tiempos que no añaden valor tanto en el flujo de información, como en el flujo del proceso, con ello trabajar para eliminar y minimizar el desperdicio de tiempo por la distribución de componentes.

3.3.4.1.- Proceso de materialista interno.

El primer punto abarcar es el entender, estudiar y verificar cual es el proceso que sigue el materialista interno y externo para poder ver las carencias en cada punto de distribución que recorre el materialista, por lo que a continuación se presenta el recorrido del materialista interno en la siguiente ilustración:

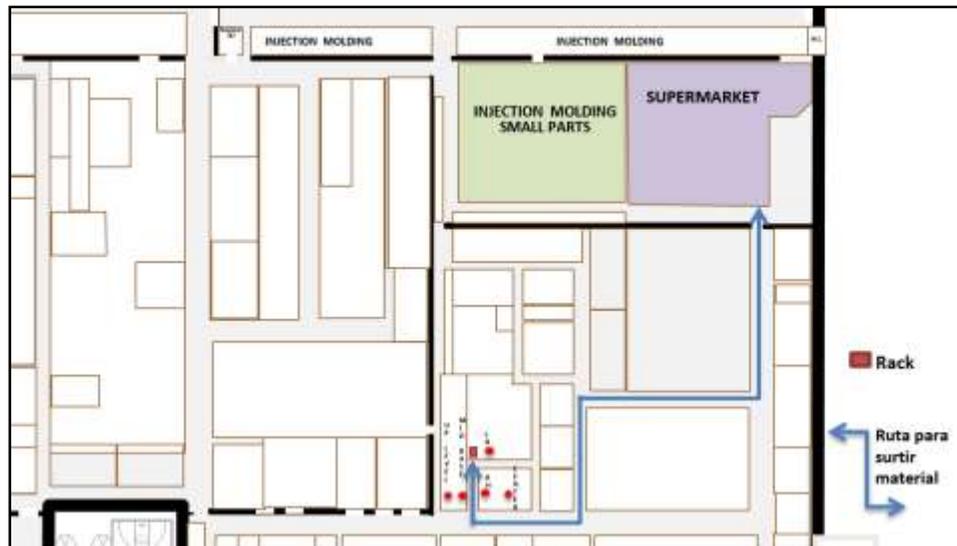


Ilustración 24.- Vista de sección del layout del recorrido de materialista interno.

Como se observa en la ilustración, el materialista interno es el encargado de distribuir los componentes en cada sublínea de producción, en los que se representan con un círculo de color rojo, por lo que primero tiene que llegar al área del supermercado y surtir su carrito, una vez relleno con los componentes necesarios se presenta otro proceso obligatorio dentro del supermercado, el cual consiste en escanear los códigos de cada caja de componentes que el materialista vaya a retirar, este proceso suele tardar mucho tiempo en algunas ocasiones ya que en el área de supermercado llegan más materialistas de otras líneas de ensamble a rellenar sus componentes y cada materialista lleva como mínimo 10 cajas de componentes, lo que es riesgoso porque puede causar un accidente al transportar mucha carga, por lo que para el proyecto es un punto importante a evitar. Una vez escaneado las cajas de componentes el materialista se dirige al rack de material representado por ■, el cual se encuentra dentro de la línea de ensamble, este rack contiene todas las cajas de los componentes

que se usan en el proceso de producción y se le conoce como mini mercado, una vez ahí el materialista descarga su material de trabajo e inicia el relleno de componentes faltantes en las sublíneas, todo este proceso que el materialista sigue suele demorar entre 15 o 20 minutos.

Dentro de las observaciones que se detectaron en el desarrollo del proyecto es que los materialistas no contaban con alguna forma de saber que el material de trabajo ya se estaba escaseando, por lo que eran los mismos operadores de las estaciones de trabajo son los que avisaban al materialista que ya no había más, por lo tanto el materialista tardaba mucho en traer el material necesario y provocaba que el proceso se detuviera, por falta de material, pero con la estandarización de etiquetas en la que se estima la duración del contenedor esto se logró evitar y con ello se realizó un horario para que el materialista cada hora rellene ciertos materiales dependiendo de la duración del contenedor.

3.3.4.2.- Designación de área para mini mercados de líneas de ensamble.

Una de las acciones de mejora para reducir el tiempo que tarda el materialista durante su recorrido de surtir material es contar con un espacio disponible fuera del supermercado, en el cual se contempla a futuro tener todos los racks de mini mercado de todas las líneas de ensamble de la planta automotriz, por lo que con esto ayudará a los materialistas internos de cada líneas de ensamble a tener un mejor control del material de trabajo, además de que se reducirán los espacios destinados a los racks de mini mercado dentro de las líneas de ensamble. De este modo el materialista tendrá una mejor distribución de material y con la ayuda del horario de distribución de material de trabajo se logrará eliminar los paros de producción en las líneas de ensamble, además se eliminará la mala distribución de cajas de componentes encontradas en el piso de la línea de ensamble, ya que representa una mala imagen, asimismo factor de falta de seguridad en la línea, también que se evitará que el operador de la estación de trabajo comunique al materialista que se terminaron los componentes en los

contenedores, puesto que el materialista ya tendrá relleno antes de que el material se termine.

A continuación se muestra una ilustración del área de mini mercado destinada por la compañía para nuestro proyecto:



Ilustración 25.- Área de mini mercado de las líneas de ensamble de producción.

Con el horario de relleno de cada contenedor en la línea de ensamble, se quiere evitar la escasez de componentes en la línea de ensamble y dar más control al proceso de surtir componentes por lo que es una herramienta muy útil para lograrlo.

3.3.4.3.- Asignación de la nueva ruta de materiales.

Como lo mencionamos anteriormente el tiempo del recorrido del materialista al surtir material duraba mucho tiempo, por lo que la siguiente ilustración muestra la manera en que quedó establecida la nueva ruta agregando el mini mercado fuera de la línea de ensamble, lo que ayudo a optimizar el espacio que ocupaba dentro de la línea de ensamble y con ello evitar los paros de producción por falta de material al incorporar un horario para el relleno de material a las estaciones de trabajo.

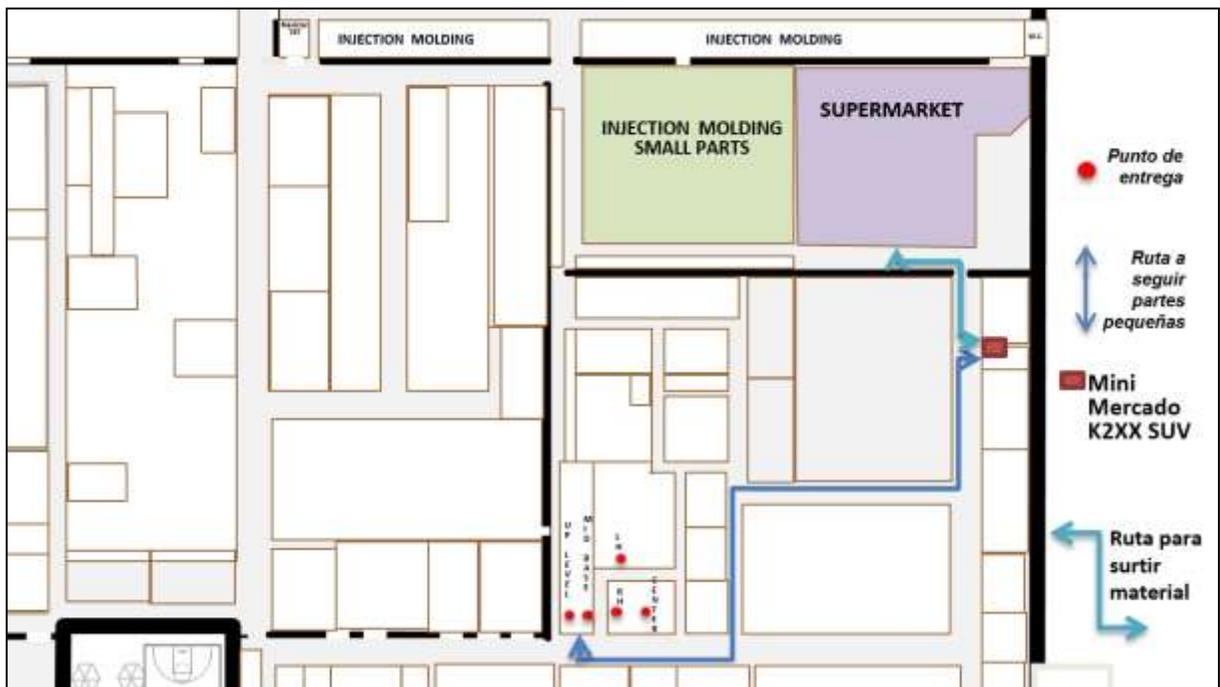


Ilustración 26.- Vista de sección de la ruta establecida del materialista interno.

La nueva ruta de materialista como se muestra en la ilustración, describe el recorrido que el materialista realiza durante su turno de trabajo, como se puede observar el materialista interno primero llena su carro de material en el área del supermercado, después se realiza el escaneo, pero ahora con la diferencia que ya no tiene que transportar una carga muy pesada hasta la línea de ensamble, la cual como se aprecia en la imagen es una distancia muy larga y puede lesionarse durante su trayecto, puesto que existen muchos obstáculos como maquinaria, incluso operadores que se encuentran en los pasillos, por lo que representa una acción para evitar accidentes muy graves.

Con la asignación de esta nueva ruta de materiales, se llegó a tener tiempos de hasta 7 minutos en surtir material y además el ahorro de vueltas y trabajo pesado de traer todo el material desde el supermercado hasta la línea de ensamble, por lo que se generó muchas ventajas y mucho más facilidad para el materialista. Otro de los beneficios con este proyecto se obtuvo el ahorro espacio en la línea de ensamble, ya

que el material que solía estar amontonado ya no se encontraba por lo que fueron utilizados para realizar cambios en las línea de ensamble.

3.3.4.4.- Horario de relleno de materiales.

Con el horario de relleno de cada contenedor en la línea de ensamble, se quiere evitar la escasez de componentes en la línea de ensamble y dar más control al proceso del materialista por lo que es una herramienta muy útil para lograrlo.

Esta acción de mejora que se implementó ayudo para que la carga que llevaba el carro de materialista se redujera, ya que al tener el conocimiento de cuánto tiempo durará el material en los contenedores de la sublínea de producción, nos da la ventaja de saber a qué hora se acabará, por lo que el materialista tendrá un horario para saber que contenedor debe de llenar antes de que se termine el material, a continuación se describe el horario empleado:

|  HORARIO | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|-------------------|--------|------------|----------|----------|-------------------|--------|------------|----------|----------|-------------------|--------|
| 6:40- 7:39 | | | | | 7:40- 8:39 | | | | | 8:40- 9:39 | | | | |
| Estacion | Area | # Parte | #Bines/ piezas | #Cajas | Estacion | Area | # Parte | #Bines/ piezas | #Cajas | Estacion | Area | # Parte | #Bines/ piezas | #Cajas |
| | UP | 16899419 | 1 | | | UP | 13580623 | 1 | | | UP | 13580623 | 1 | |
| | UP | 84349960 | 1 | | | UP | 13580621 | 1 | | | UP | 13580621 | 1 | |
| | UP | 84349962 | 1 | | | UP | 84127771 | 1 | | | UP | 84127771 | 1 | |
| | UP | 23464897 | 1 | | | UP | 84127770 | 1 | | | UP | 84127770 | 1 | |
| | UP | 22936013 | 1 | | | MID/BASE | 22905835 | 1 | | | MID/BASE | 22905835 | 1 | |
| | UP | 13580623 | 1 | | | MID/BASE | 22905837 | 1 | | | MID/BASE | 22905837 | 1 | |
| | UP | 13580621 | 1 | | | MID/BASE | 16932601 | | 1 | | MID/BASE | 16932601 | | 1 |
| | UP | 13509945 | 1 | | | MID/BASE | 16932344 | | 1 | | MID/BASE | 16932344 | | 1 |
| | UP | 84127771 | 1 | | | MID/BASE | 13580623 | 1 | | | MID/BASE | 13580623 | 1 | |
| | UP | 84127770 | 1 | | | MID/BASE | 13580621 | 1 | | | MID/BASE | 13580621 | 1 | |
| | UP | 84349387 | 1 | | | CENTER | 13580621 | | 1 | | CENTER | 13580621 | | 1 |
| | UP | 16914352 | | 1 | | | | | | | UP | 13509945 | 1 | |
| | UP | 16931822 | 1 | | | | | | | | MID/BASE | 84349962 | 1 | |
| | MID/BASE | 16899419 | 1 | | | | | | | | MID/BASE | 84349961 | 1 | |
| | MID/BASE | 84349962 | 1 | | | | | | | | MID/BASE | 84349963 | 1 | |
| | MID/BASE | 84349961 | 1 | | | | | | | | RH | 16899419 | 1 | |
| | MID/BASE | 84349963 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 22905835 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 22905837 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 16932601 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 16932344 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 13580623 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 13580621 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 84349387 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 22936013 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | MID/BASE | 16914352 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | LH | 16899419 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | LH | 16931822 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | RH | 16899419 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | RH | 16914352 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | RH | 16931822 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | CENTER | 16899419 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | CENTER | 13580621 | | 1 | | | | | | | | | | |
| | CENTER | 22936013 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | CENTER | 16914352 | 1 | | | | | | | | | | | |

Ilustración 27.- Parte del Horario de materialista interno de línea de ensamble K2XX SUV.

Con la mejora del horario de materialistas se eliminó la falta de componentes en la línea de ensamble, por lo que ayudo a generar un mejor proceso y mucho más ágil puesto que antes que se acabarán el relleno del contenedor, el material ya se encontraba listo para sustituir el contenedor vacío.

3.3.4.5.- Proceso de materialista externo.

Otra parte importante de los materialistas en el proceso, son los que llamamos materialistas externos los cuales son los encargados de las siguientes actividades:

- Se encargan de llevar los contenedores con producto terminado hacia el área de almacén de todas las sub líneas de producción de la línea de ensamble K2XX SUV.
- Traer contenedores vacíos del área de almacén para enviar producto terminado.
- Flejar cajas de producto terminado en las sub línea de LH Trim.
- Etiquetar contenedores de producto terminado en las sub líneas.
- Acomodar contenedores vacíos una vez que se haya llenado un contenedor de producto terminado.

A continuación se presenta el recorrido que realiza el materialista externo dentro de su turno de trabajo.

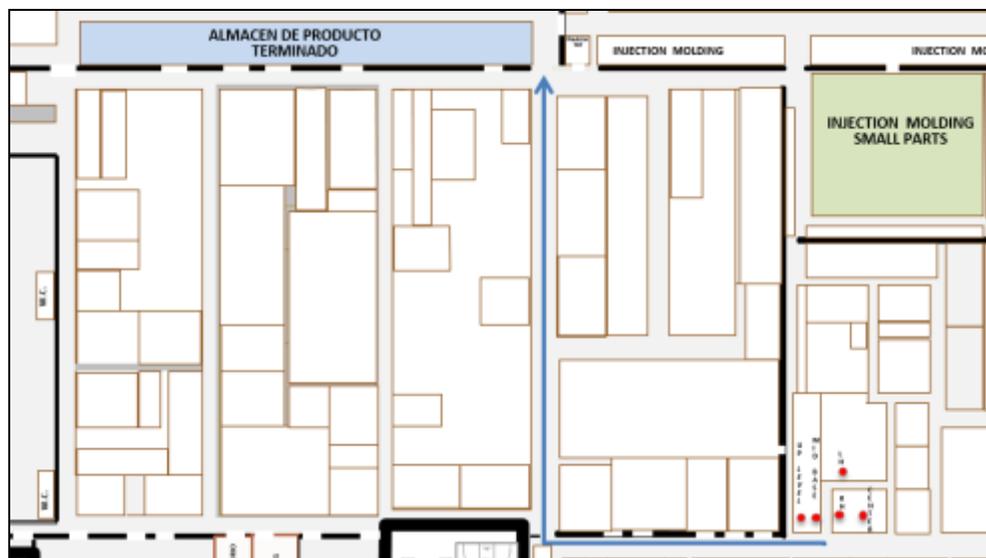


Ilustración 28.- Vista de sección de Layout de recorrido de materialista externo.

En la línea de ensamble K2XX SUV solamente se contaba con dos materialistas externos, encargados de las cinco sub líneas que conforman la línea de ensamble por lo que en el proceso de estos dos materialistas, se concluyó en base a tiempos tomados de sus actividades que era la cantidad adecuada para las actividades que realizaban, ya que algunas sub líneas tenían contenedores con poca capacidad por lo que los contenedores salían mucho más rápido, solo la sub línea LH es la que registraba su contenedor con mucho más capacidad, por lo que cada contenedor terminado, tenía un tiempo estimado de cada 4 horas por lo que solamente salían 2 contenedores en todo el turno, mientras que en las otras cuatro sublíneas los contenedores salían cada 10 minutos, por lo que causaba que muchas veces coincidían dos líneas o más que tenían contenedor lleno y tenían que ocuparse los dos materialistas, por lo que no fue necesario agregar a otro materialista, ni reducir el personal de materialista externo, ya que mediante la toma de sus tiempos se tomó la decisión que eran justamente la cantidad de materialista que se necesitaban.

Como conclusión en el recorrido de los materialistas externos no se realizó ningún cambio, ya que la ruta que ellos ya establecieron era la más segura y con el tiempo mejor registrado, por lo que en este proceso no se realizó ningún cambio de ruta ni se redujo el personal, por las conclusiones de los tiempos y las capacidades de los contenedores terminados.

3.3.5.- Kaizen de equipos.

El siguiente paso a seguir es la mejora de equipos por lo que en este paso se analiza los equipos que se emplean en el proceso, para con ello buscar mejorar su eficiencia, por lo tanto durante el desarrollo de este proyecto, no se efectuará una mejora en equipos, ya que no se contempla en este proyecto la mejora de un equipo del proceso, por lo que queda descartado este paso en nuestro proyecto.

3.3.6.- Kaizen de Layout.

Por último se realiza el Kaizen de layout, el cual en este paso se analiza cada ruta de materialista, evaluar sus tiempos de distribución y con ello tomar la ruta de materiales idónea, para la distribución de componentes en la línea de producción K2XX SUV. Asimismo notificar a los encargados del área para evaluar la mejora y dar un tiempo estimado para su aplicación y ver que deficiencias pueda tener durante el transcurso de nuestro proyecto. Los puntos clave a evaluar son:

- Asegurar que los pasos previos de OSKKK han sido trabajados antes de reordenar el Layout.
- Recoger datos: Flujos de proceso, capacidades, flujos de información, etc.
- Mínimo de 2 propuestas de Layout, todas mostrando las flechas de flujo.
- Los nuevos layouts deben considerar todos los principios Lean y eliminar el trabajo que no aporta valor para justificar los costes.
- Se debe mejorar el trabajo de hombre-máquina-materiales.
- Simular el nuevo Layout, previamente con la autorización de encargados de línea de producción K2XX SUV, asimismo evaluar durante el tiempo de simulación que deficiencias se encontraron y solucionarlos.

Como primer punto importante a seguir durante el kaizen de equipos, es asegurar que todos los pasos previos y las mejoras que hemos implementado las estén siguiendo correctamente los materialistas, por lo que se les dio un entrenamiento de manera directa y durante su turno para que estuvieran al tanto del proceso y de todas las mejoras realizadas, asimismo se plantearon los problemas que ellos tenían al momento de su entrenamiento respecto a las nuevas acciones de mejora y cambios que se habían generado, las cuales fueron de suma importancia puesto que se mejoró aún más y se volvió más ágil el proceso de surtir el material a la línea de producción. Además se les superviso durante todo su entrenamiento de duración de aproximadamente de 4 semanas comprendidas del mes de septiembre a octubre del 2018. Cabe destacar que este en este entrenamiento se abarcó la manera en como

los materialistas realizarían sus actividades de manera que el porcentaje de utilización fuera lo más óptimo y de esta manera se redujera la fatiga de un materialista a otro.

En segundo punto se tiene la recolección de información sobre el flujo del proceso, uno de la información que se tiene son las capacidades de cada sublínea de producción que conforman el departamento K2XX SUV, esta información se muestra en la siguiente tabla, en la cual se pueden apreciar los siguientes datos de las sublíneas de producción:

- Volumen diario de producción.
- Cantidad de turnos requeridos.
- Capacidad.
- Takt time.

| CAPACIDADES DE SUBLINEAS EN K2XX SUV | | | | |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|---------------|------------------|
| SUBLINEAS DE PRODUCCION | VOLUMEN DIARIO | TURNOS REQUERIDOS | CAPACIDAD | TAKT TIME |
| <i>Up Level</i> | 396 pza | 2 | 90%= 528 pza | 158 seg. /pza. |
| <i>Midlevel Base</i> | 696 pza | 2 | 80%= 718 pza | 73.6 seg. /pza. |
| <i>Center Compt.</i> | 128 pza | 1 | 90%= 196 pza | 275 seg. /pza. |
| <i>RH Trim</i> | 1264 pza | 2 | 90%= 1314 pza | 51.09 seg. /pza. |
| <i>LH Trim</i> | 1240 pza | 2 | 95%= 1518 pza | 51.5 seg. /pza. |

Tabla 13.- Capacidades de sublíneas K2XX SUV.

Al tener como información las capacidades de sublíneas de ensamble y tener establecido el mínimo inventario de minimercado para la línea de ensamble K2XX SUV, continuamos con la generación del diseño de ruta de materiales, buscando el menor tiempo posible para su recorrido, además de eliminar los paros de producción en las sublíneas de trabajo, con ello dar mayor rapidez al proceso de los materialistas.

Por lo que a continuación se presentan las propuestas para la nueva ruta de materialistas en la línea de ensamble K2XX SUV.

3.3.6.1.- Propuestas de Layout.

Enseguida se muestran las 2 proposiciones de layout que se plantearon para surtir el material mucho más rápido y ágil, y con ellos disminuir o eliminar los paros de línea por la falta de material en las sublíneas K2XX SUV. Además para buscar el ahorro de espacios en la línea K2XX SUV.

En la siguiente ilustración se muestra la primera propuesta de layout, en la cual cómo se puede observar se plantea donde se ubica el rack de material de producción que se representa con un rectángulo de color guindo, el cual se encuentra fuera del área de las sublíneas de producción esto con el fin de ahorro de espacio, además de reducir el problema de falta de ubicación de material de trabajo, y con ello evitar que cajas de material se encuentren en el suelo de producción, provocando una mala organización de materia prima en la línea de ensamble.

Esta propuesta de layout tiene un tiempo de recorrido menor registrando en promedio entre 8 y 10 minutos con respecto a distancia tienen la misma distancia aproximadamente 120 metros, esta ruta no es muy utilizada por los materialistas de otras líneas de ensamble, en comparación con la segunda propuesta de layout dentro de su recorrido tiene menos obstáculos en el camino, por lo que representa la mejor opción que la segunda propuesta de layout.

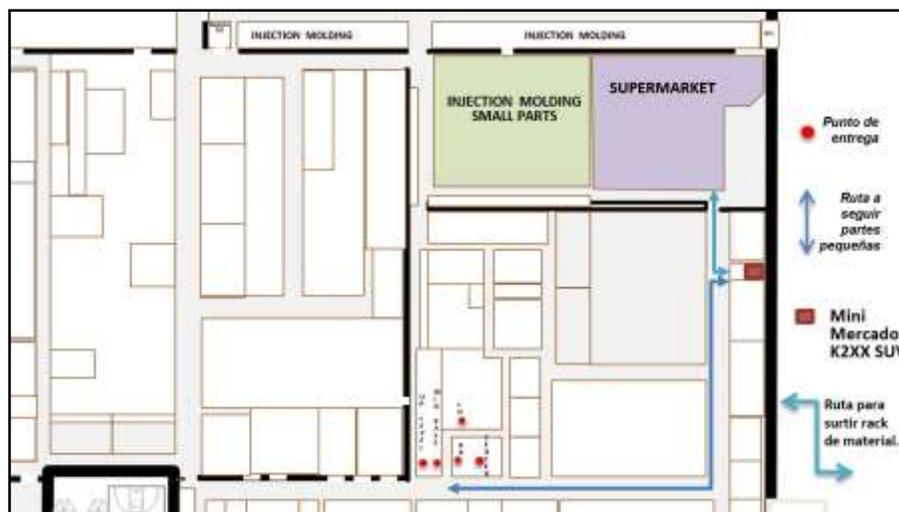


Ilustración 29.- Propuesta #1 de ruta de materiales K2XX SUV.

En la segunda propuesta de Layout se propone dejar el rack de materia prima dentro de la línea de ensamble, con lo cual cambia la ruta de materialista, provocando que no se tenga un ahorro de espacio de trabajo, además no tendrían los materiales de producción en una ubicación adecuada, provocando mala organización de material de trabajo y con ello, se tendrían problemas de paros de líneas, ya que el materialista, cuando va hacia el almacén a surtir material de producción, trae consigo mucho material y lo que se desarrolla es una acumulación de material que provoca un desorden en la línea de ensamble y trae consigo problemas de espacio, además de que no verifican y no saben que material es el que tienen acumulado. Otros de los problemas que provoca esta segunda opción de layout es que no se tiene el suficiente espacio disponible en la línea de ensamble para que la cantidad de inventario mínimo que se necesita de todo los componentes se encuentren bien organizados y al alcance del materialista. En cuestión de tiempos de ruta de materialista, es mucho más duración por lo que descartamos esta segunda opción de propuesta de layout, la cual se muestra en la siguiente ilustración:

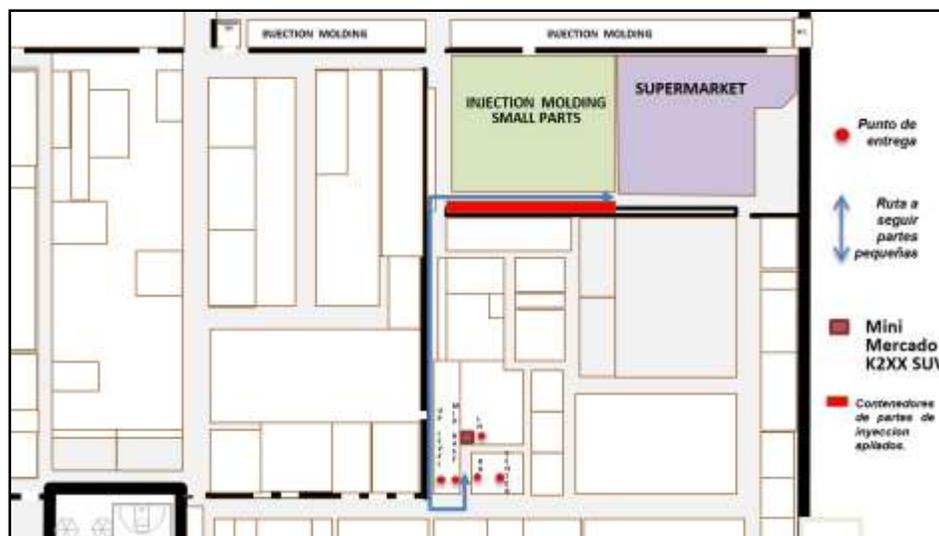


Ilustración 30.- Propuesta # 2 de Ruta de materialista K2XX SUV.

Un punto importante a mencionar en la propuesta 2 de layout, es que durante el recorrido detectamos que existe un inventario muy grande de contenedores de partes de inyección los cuales se encuentran apilados, por lo que la mayor parte del turno

mueven este inventario con montacargas, lo cual provoca que el pasillo este bloqueado por las maniobras que hace el montacarguista, esto genera un tiempo perdido ya que el materialista no tiene otra forma que esperar o darse la vuelta y tomar la ruta de la propuesta 1, por lo que esto provoca un mayor tiempo en la ruta de materialista, demorando aún más el surtir de los componentes, al igual que también es un punto muy importante a evitar ya que se tiene un riesgo muy alto de accidentes en este punto por el uso de montacargas en esta zona.

En conclusión, la propuesta que se emplea por cuestiones de mucho más beneficios hacia la línea de ensamble K2XX SUV es la propuesta número 1, ya que esta ruta genera mayor agilidad en la línea de ensamble y a su vez la ruta es mucho más segura y rápida para los materialistas, ya que se tendrá mucho mayor espacio disponible en la línea de ensamble, con ello se eliminan malas prácticas como lo son acumular cajas de componentes en pasillos, además que esta opción de layout nos permite tener nuestros componentes en un rack diseñado solamente para un stock mínimo previamente ya establecido en base a capacidades de cada sublínea de ensamble, por lo que representa una ruta con mucho más beneficios que la segunda propuesta de layout.

3.4. Plan de recolección

El plan de recolección se presenta de la siguiente manera:

Observación del personal operativo de la línea de ensamble con el fin de obtener puntos importantes, para la reducción de tiempos de ruta de materiales en la línea de ensamble K2XX SUV.

Se recolecta información a través de la medición de tiempos de ruta de materiales para dar una elección de cual ruta de material es la más viable, para el proyecto. Además se medirán los tiempos de actividades de cada materialista para tener con ello, el tiempo que utiliza en su jornada para realizar los trabajos, con ello tendremos el porcentaje de utilización para que de esta manera darnos cuenta si contamos con personal excedente en la línea de ensamble.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1.- Hipótesis general.

Con la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta se establece una nueva ruta de materiales y se logra optimizar los recursos con un menor tiempo en la disposición de material de trabajo de la línea de ensamble.

El resultado fue satisfactorio ya que con las herramientas que conlleva la manufactura esbelta se logró diseñar una nueva ruta de materialista, ya que con su aplicación en la línea de ensamble K2XX SUV se eliminaron varios desperdicios que la aplicación de la manufactura esbelta logra eliminar por completo los cuales se describen a continuación:

4.1.1.- Exceso de inventario de materia prima en las sublíneas de producción.

Uno de los mayores problemas que tenían las sublíneas de producción, ya que los materialistas en sus recorridos hacia el supermercado, cargaban en su carro de materiales mucho más cajas de componentes por lo que se generaba un exceso de cajas de componentes en los pasillos de la línea de ensamble y era muy notable ya que se encontraban cajas fuera de su ubicación e incluso en los pasillos de la línea de ensamble, por lo que parte del desarrollo del proyecto era eliminar este tipo de prácticas con el objetivo de prevenir accidentes y tener un mejor control del inventario que se encontraba en las sublíneas de producción.

Algunas de las ilustraciones que se visualizan a continuación muestran la manera en cómo se encontraban fuera de lugar cajas de material de trabajo, además de excedían la carga del carro de materiales, con el fin de no dar muchas vueltas al supermercado, como resultados de estas malas prácticas las cajas se encontraban en el piso de la línea de ensamble, por lo que generaban un exceso de inventario lo cual es un problema muy grave ya que esto ocasiona daños al material de trabajo, provocando problemas de mala calidad en el producto.



Ilustración 31.- Exceso de material de trabajo.



Ilustración 32.- Exceso de carga en carro de materiales.

En respuesta a este problema se muestran las siguientes ilustraciones, donde ya se tiene un lugar exclusivo y determinado para caja de componentes, generando a su vez ya un mayor control para que el materialista no se exceda en la carga del carro de materiales y provocando que ya no se acumulen más cajas en los pasillos de la línea de ensamble. Con la aplicación de la manufactura esbelta se obtuvieron los siguientes resultados, por lo que la eliminación del desperdicio del exceso de inventario nos llevó a mejorar y optimizar mucho mejor el espacio que comprendía la línea de ensamble K2XX SUV, a su vez nos ofreció mucho mayores ventajas como un mejor proceso y agilidad en el material de trabajo.



Ilustración 33.- Material de trabajo con ubicación en rack de minimercado.



Ilustración 34.- Carro de materialista con inventario mínimo de carga.

4.1.2.- Exceso de Movimientos de material de trabajo.

Otro de los principales desperdicios que se encontraron dentro de la línea de ensamble K2XX SUV, fue el exceso de movimientos que realizaba el materialista por turno, ya que el rack de minimercado se encontraba dentro de la línea de ensamble como se muestra a continuación:

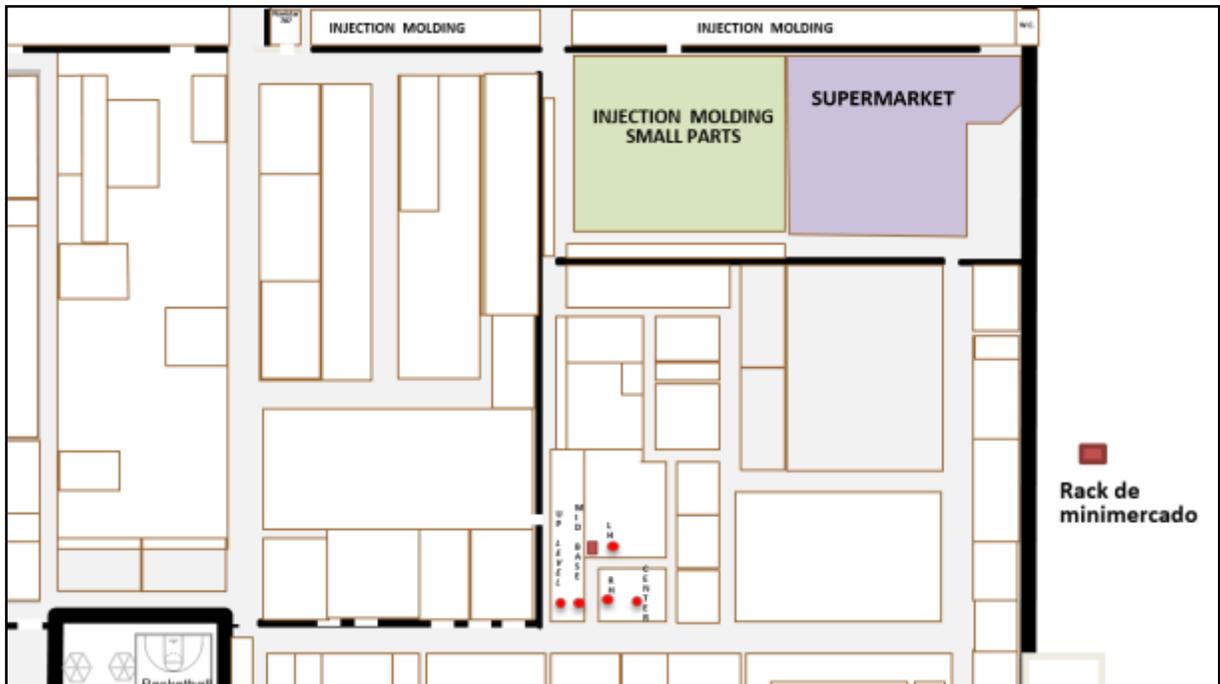


Ilustración 35.- Posición inicial de mini mercado inicial en línea de ensamble K2XX SUV.

En la ilustración se aprecia la posición inicial del rack de mini mercado, en la cual se realizaban muchos movimientos de material de trabajo innecesario, ya que no se encontraban una posición para cada componente, por lo que se apreciaba material sin ninguna posición en el rack de mini mercado, lo que para el materialista era un problema ya que tenía que mover caja por caja para encontrar el material que el buscaba, con ello además de exceder de movimientos de caja de componentes, se perdía mucho tiempo lo que causaba paros en la línea de producción por lo que fue necesario modificar la posición del rack de mini mercado y darle una estandarización para que cada caja de componente tuviera un lugar en el rack, eliminando así el exceso de movimientos. A continuación se muestra la posición que el rack tuvo final del proyecto y su estandarización:

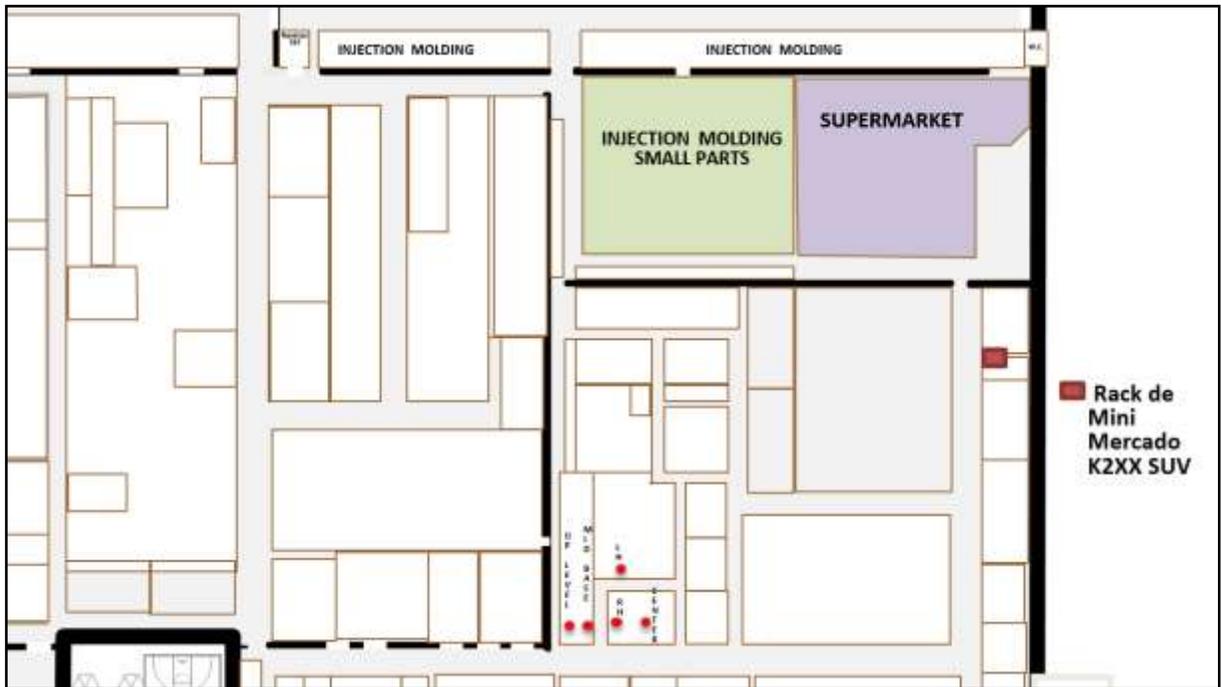


Ilustración 36.- Posición final de rack de mini mercado.



Ilustración 37.- Estandarización de rack de mini mercado.

4.1.3. Esperas.

El desperdicio con mayor impacto en la línea de ensamble K2XX SUV , es el de las esperas o pérdidas de tiempo a causa de una razón, una de las principales problemas que se notó durante este proyecto es que en la ruta inicial los materialistas recorrían una parte donde se utilizaban montacargas, la cual era frecuentemente durante el turno que estuviese haciendo maniobras para bajar contenedores, por lo que se perdía demasiado tiempo en la espera de que se le diera el acceso al materialista hacia el área de supermercado a continuación se muestra en la siguiente ilustración el recorrido inicial del materialista:

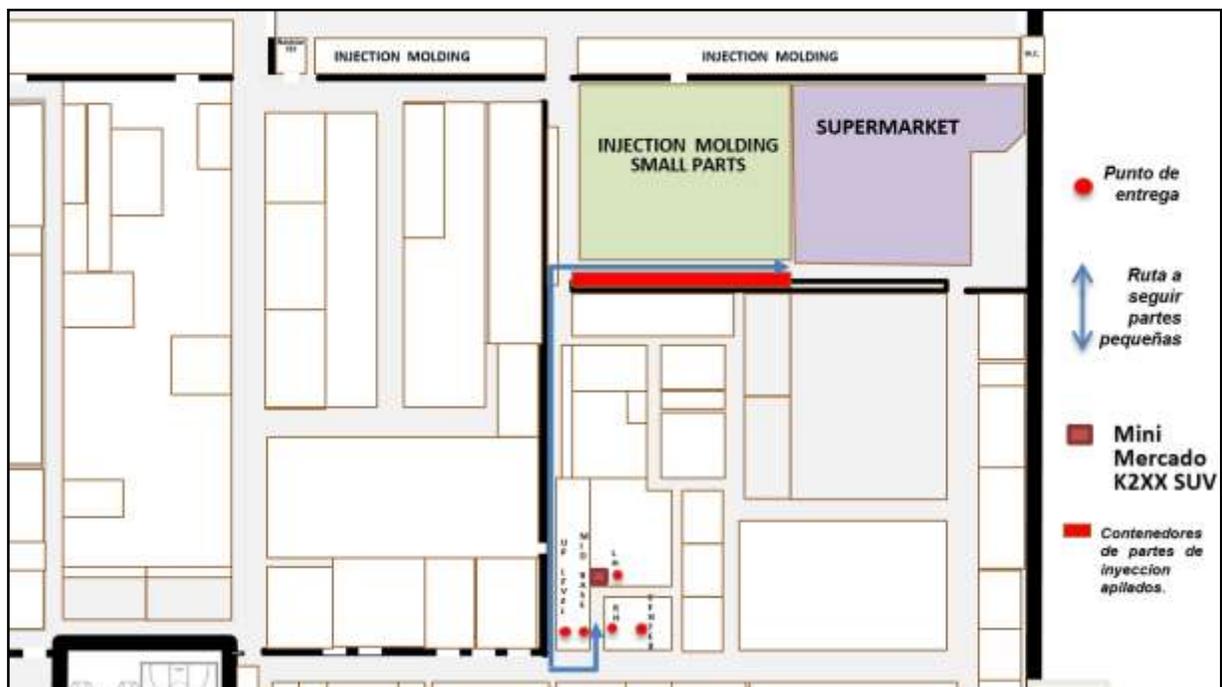


Ilustración 38.- Ruta inicial de materialista.

En este recorrido del materialista, se tenían registrados tiempos de espera de hasta 15 minutos por lo que fue necesario cambiar la ruta para eliminar estos tiempos de espera y el materialista realizará con mucho mayor agilidad la recolección de material de trabajo para la línea K2XX SUV. En respuesta a esta situación se optó por la siguiente ruta de materiales que se muestra en la siguiente ilustración, la cual no se usa montacargas durante el recorrido por lo que el materialista llegará más rápido a su

destino y realizar la recolección de material de trabajo para las sublíneas de producción.

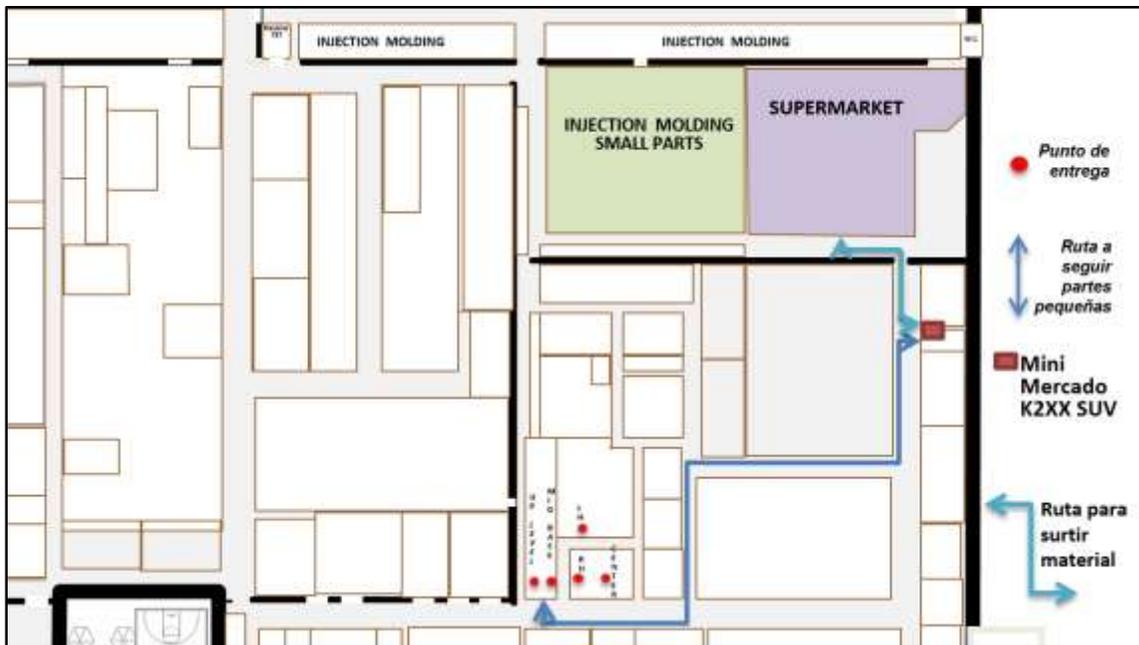
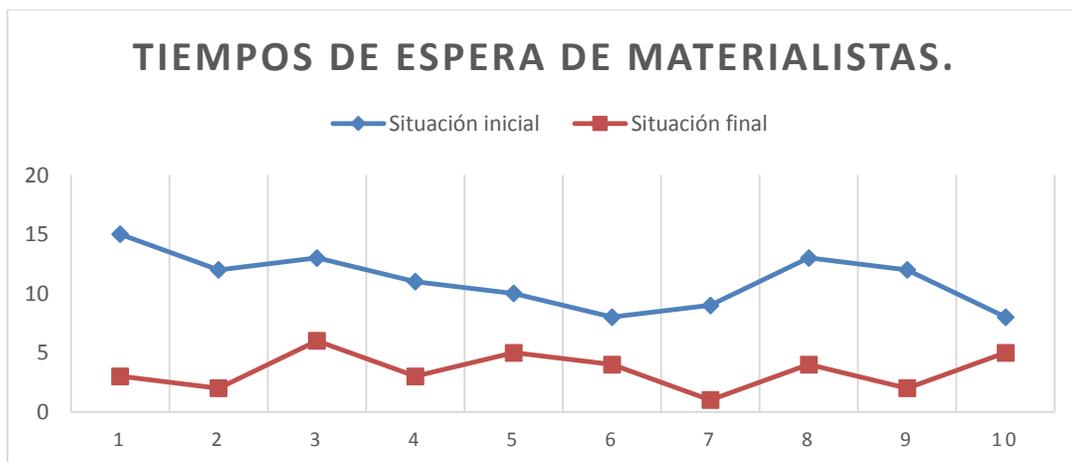


Ilustración 39.- Recorrido final de materialistas.

En la siguiente gráfica se dan a conocer los tiempos de espera que se registraron durante el recorrido inicial y en esta misma se da a conocer la situación final del proyecto, en la cual se redujo el tiempo de esperas en el recorrido de materialistas, con los cambios de ruta que se hicieron.



Gráfica 1.- Tiempos de esperas de recorrido de materialistas.

4.1.4.- Transporte.

Al inicio del proyecto, se observó que el tiempo de recorrido de materialista era muy alto en la ruta que tenían al inicio del proyecto, además de que generaba que una de las sublíneas dejará de trabajar, ya que tenía que esperar que regresará el materialista con el material que necesitaban por lo que el cambio de ruta de materialista, favoreció en la eliminación de estos paros de producción, y ayudó a mejorar el proceso de la entrega de materiales en las estaciones de trabajo, ya que una vez estandarizado el material necesario el materialista realizaba menos movimientos por lo que se redujeron los tiempos de entrega eliminando con ellos los paros de línea de producción. A continuación se presenta en la siguiente ilustración de la ruta inicial y la nueva ruta de materiales que se decidió para la mejora del proceso.

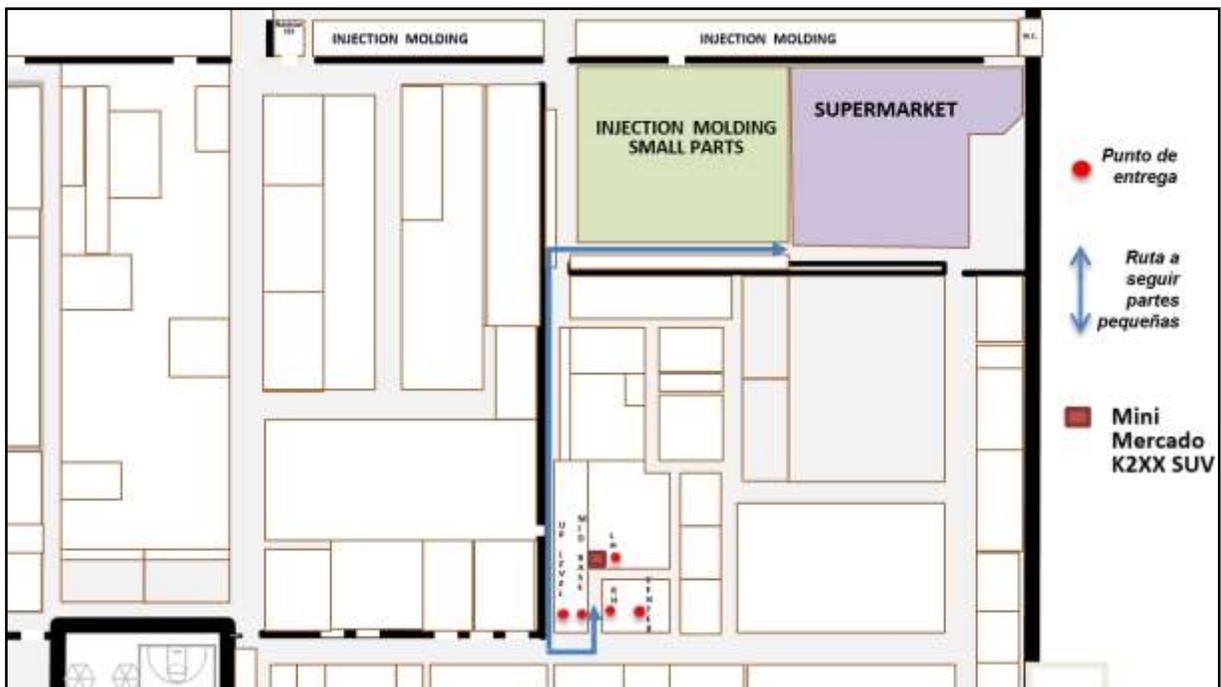


Ilustración 40.- Ruta inicial del proyecto.

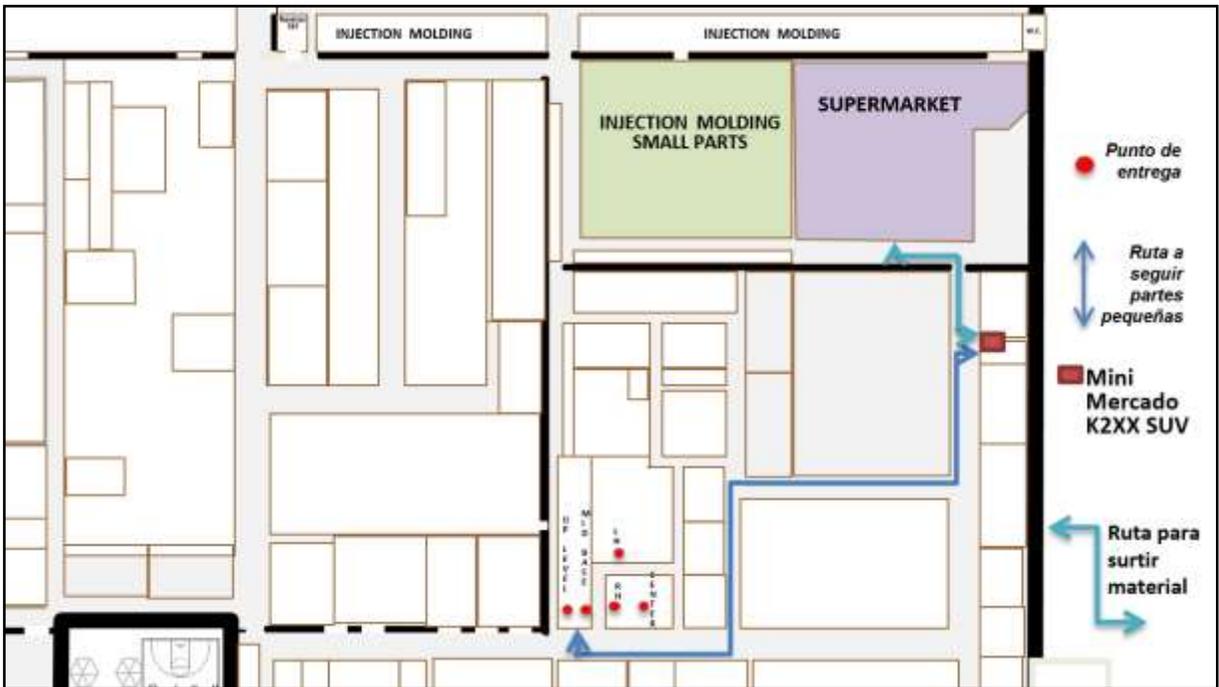
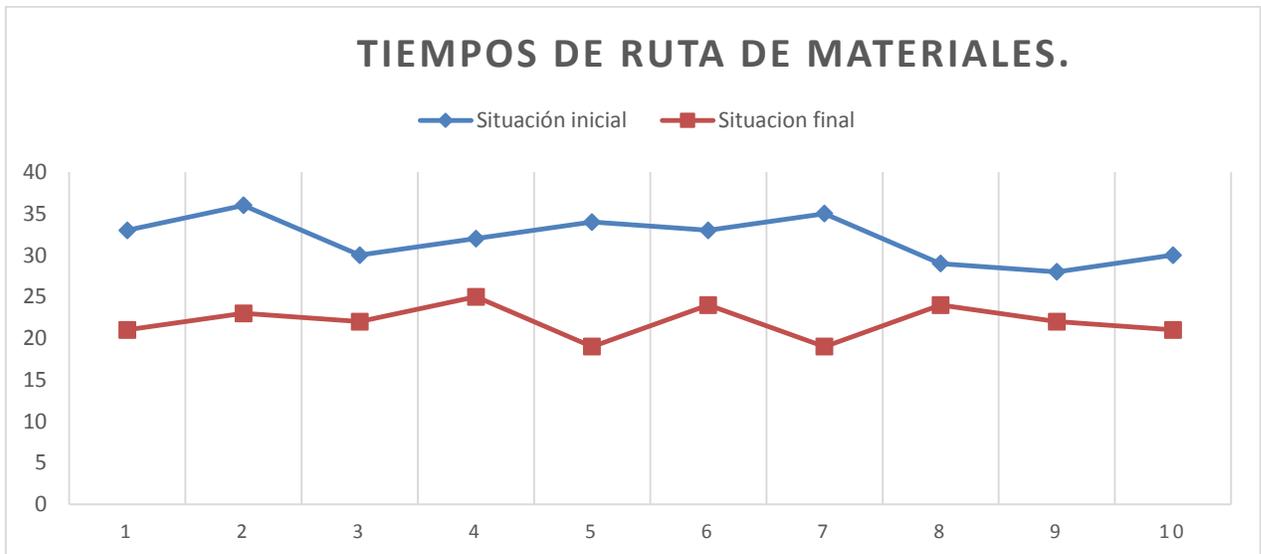


Ilustración 41.- Ruta final del proyecto.

4.2.- Hipótesis secundaria 1.

Se reduce el tiempo de ruta de distribución de material en la línea de ensamble K2XX SUV.



Gráfica 2.- Tiempos de ruta de materiales.

| Tiempos de ruta de materiales (min) | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Situación inicial (Agosto) | Situación final (Septiembre) |
| 33 | 21 |
| 36 | 23 |
| 30 | 22 |
| 32 | 25 |
| 34 | 19 |
| 33 | 24 |
| 35 | 19 |
| 29 | 24 |
| 28 | 22 |
| 30 | 21 |

Tabla 14.- Tiempos de ruta de materiales.

En la gráfica y tabla anterior se describen los tiempos de ruta de materiales en situación inicial en comparación con la situación final, como se aprecia se redujeron los tiempos hasta 10 minutos, cabe señalar que dentro de estos tiempos están incluidos los tiempos de espera que realizó el materiales durante su recorrido, por lo que los cambios resultados favorecieron en la reducción del tiempo de ruta.

Interpretación de resultados.

La hipótesis se acepta debido a que si se redujo el tiempo de recorrido de la ruta de materialista en más del 20 %, por lo que el resultado muestra un tiempo y un proceso con menor tiempo de lo que inicialmente se tenía. La gráfica 2 expone esta interpretación y la información se respalda en la tabla 14.

4.3.- Hipótesis secundaria 2.

Se reduce en un 20% el costo de material de trabajo en los inventarios en línea de producción, con respecto al inventario de la situación inicial.

| Part Number | Description | Inventario en Presentación de partes | inventario actual en Línea (pcs) | inventario actual minimercado (pcs) | Total de inventario (pcs) | \$Costo Unitario | \$Costo total del inventario |
|-------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|
| 13509947 | RECEPTACLE ASM-USB 2 PORT W/REM | 61 | 61 | 144 | 205 | \$ 15.45 | \$ 3,166.49 |
| 16889419 | CLIPS (WSCO) (GMT900) | 1070 | 1070 | 0 | 1070 | \$ 0.02 | \$ 24.68 |
| 16931822 | 2 X 1 X .0085" LABEL-BARCODE-ADRIAN | 0 | 0 | 25000 | 25000 | \$ 0.01 | \$ 227.00 |
| 16914352 | STAPLES | 24816 | 24816 | 140000 | 164816 | \$ 0.01 | \$ 1,496.53 |
| 22936013 | APO RECEPTACLE | 386 | 386 | 500 | 886 | \$ 0.49 | \$ 437.52 |
| 84349387 | "ENFRIADOR" (COOLBOX) | 144 | 144 | 144 | 288 | \$ 2.89 | \$ 833.07 |
| 13509945 | V8.5 2 PLUS USB | 90 | 90 | 0 | 90 | \$ 15.08 | \$ 1,357.28 |
| 16939952 | KEY CATCHER - CONSOLE | 39 | 39 | 72 | 111 | \$ 3.14 | \$ 348.95 |
| 16939089 | BAR CODE (1"x0.33") | 10000 | 10,000 | - | 10000 | \$ 0.0015 | \$ 15.00 |
| 84170984 | APPLIQUE-WOOD- I/P LWR TR RH - 483C Mastique Ash | 70 | 140 | - | 140 | \$ 15.807 | \$ 2,212.98 |
| 13580623 | RETAINER ASM-ACSRYP PWR RCPT (SPRING CAP) | 0 | 0 | 338 | 338 | \$ 0.39 | \$ 133.32 |
| 13580621 | RETAINER ASM-ACSRYP PWR RCPT (HINGE CAP) | 315 | 315 | 225 | 540 | \$ 0.34 | \$ 185.69 |
| 16932601 | CAGE - SWITCH - HC SEAT SWITCH (RH) JET BLK 600R | 0 | 0 | 200 | 200 | \$ 0.32 | \$ 64.71 |
| 16932344 | CAGE - SWITCH - HC SEAT SWITCH (LH) JET BLK 600R | 0 | 0 | 200 | 200 | \$ 0.32 | \$ 64.71 |
| 84127771 | SWITCH ASM-F/SEAT HTR - RH - 700S BLK CRBN MT | 56 | 56 | 488 | 544 | \$ 9.33 | \$ 5,074.29 |
| 84127770 | SWITCH ASM-F/SEAT HTR - LH - 700S BLK CRBN MT | 107 | 107 | 488 | 595 | \$ 9.33 | \$ 5,550.04 |
| 22905835 | SWITCH ASM - D/SEAT HTR LH | 64 | 64 | 224 | 288 | \$ 8.68 | \$ 2,499.62 |
| 22905837 | SWITCH ASM - D/SEAT HTR RH | 183 | 183 | 224 | 407 | \$ 8.68 | \$ 3,532.45 |
| 84349960 | HARN CONSOLE WIRING | 102 | 306 | 100 | 406 | \$ 10.38 | \$ 4,212.57 |
| 84349962 | HARN CONSOLE WIRING COOLBOX | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 11.22 | \$ 897.36 |
| 23464897 | HARN CONSOLE WIRING (SPO) | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 10.44 | \$ 835.20 |
| 84349962 | HARN CONSOLE WIRING | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 11.22 | \$ 897.36 |
| 84349961 | HARN CONSOLE WIRING COOLBOX | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 9.36 | \$ 749.08 |
| 84349963 | HARN CONSOLE WIRING (SPO) | 7 | 0 | 20 | 20 | \$ 8.68 | \$ 173.53 |
| 16955372 | CUP HOLDER ASSEM W/COOL BOX (BASE/MID - NO PAINT) - JET BLK 600R | 5 | 90 | 12 | 102 | \$ 10.15 | \$ 1,035.02 |
| 16955365 | CUP HOLDER ASSEM (BASE/MID-NO PAINT) - PLATE ASM-F/FLR CNSL - JET BLK 600R | 32 | 32 | 10 | 42 | \$ 9.38 | \$ 394.11 |
| 16955376 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL - COOLBOX (NO PAINT) PILLION BROWN 358X | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 33.99 | \$ 169.96 |
| 16955369 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) PILLION BROWN 358X | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 33.23 | \$ 166.14 |
| 16955367 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) JET BLK 600R | 11 | 44 | 20 | 64 | \$ 32.90 | \$ 2,105.83 |
| 16955368 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) COCOA 413P | 5 | 90 | 0 | 90 | \$ 32.90 | \$ 2,961.32 |
| 16955370 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) DK ATMOSPHERE 303X | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 32.90 | \$ 164.52 |
| 16939950 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (SHALE TPO W/SHALE PAINT) | 0 | 0 | 10 | 10 | \$ 35.40 | \$ 353.95 |
| 16955377 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL COOLBOX (NO PAINT) DK ATMOSPHERE 303X | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 33.67 | \$ 168.34 |
| 16954978 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - DK ATMOSPHERE 303X/OMNI KHAKI 8927 | 80 | 80 | 80 | 160 | \$ 7.28 | \$ 1,165.47 |
| 16954974 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADET GRY 324V | 60 | 60 | 80 | 140 | \$ 6.67 | \$ 933.51 |
| 16954976 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - PILLION BROWN 358X/OMNI KHAKI 8927 | 42 | 42 | 80 | 122 | \$ 10.12 | \$ 1,234.41 |
| 16954975 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHAKI 8927 | 1 | 1 | 80 | 81 | \$ 6.76 | \$ 547.25 |
| 16954977 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - SHALE 149B/OMNI KHAKI 8927 | 64 | 64 | 80 | 144 | \$ 7.28 | \$ 1,048.92 |
| 16954970 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHAKI 8927 | 26 | 26 | 80 | 106 | \$ 7.28 | \$ 772.12 |
| 16954965 | SKIN - PLATE ASSEM - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADET GRY 324V | 28 | 28 | 80 | 108 | \$ 6.67 | \$ 720.14 |
| 16954969 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADET GRY 324V | 49 | 49 | 80 | 129 | \$ 6.67 | \$ 860.22 |
| 16954971 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - DK ASH GRY 999K/CADET GRY 324V | 66 | 66 | 80 | 146 | \$ 6.76 | \$ 986.40 |
| 16954972 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - DUNE 514Q/OMNI KHAKI 8927 | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 6.76 | \$ 540.49 |
| 16954966 | SKIN - PLATE ASSEM - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHAKI 8927 | 43 | 43 | 80 | 123 | \$ 6.77 | \$ 833.20 |
| 16954967 | SKIN - PLATE ASSEM - CUT & SEWN - DUNE 514Q/OMNI KHAKI 8927 | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 6.77 | \$ 541.92 |
| 16932618 | SKIN - COMPARTMENT ASM-I/P LWR CTR - CUT AND SEWN - JET BLK600R/CADET GRY 324V | 15 | 15 | 40 | 55 | \$ 4.81 | \$ 264.61 |
| 16932619 | SKIN - COMPARTMENT ASM-I/P LWR CTR - CUT AND SEWN - COCOA 413P/OMNI KHAKI 8927 | 33 | 33 | 40 | 73 | \$ 5.25 | \$ 383.24 |
| 16932620 | SKIN - COMPARTMENT ASM-I/P LWR CTR - CUT AND SEWN - DUNE 514Q/OMNI KHAKI 8927 | 33 | 33 | 40 | 73 | \$ 5.25 | \$ 383.24 |
| 16932848 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - PILLION BROWN 358X/PILLION BROWN 358X/ | 130 | 130 | 200 | 330 | \$ 3.96 | \$ 1,307.73 |
| 16932684 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - Jet Blk 600R/Cadet Gry 324V | 110 | 110 | 200 | 310 | \$ 2.68 | \$ 831.94 |
| 16932685 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHAKI 8927 | 100 | 100 | 200 | 300 | \$ 2.91 | \$ 873.33 |
| 16932686 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - DK ASH GRAY W999/CADET GRY 324V | 169 | 169 | 200 | 369 | \$ 2.91 | \$ 1,074.20 |
| 16932688 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - W54Q DUNE /OMNI KHAKI 8927 | 156 | 156 | 200 | 356 | \$ 2.91 | \$ 1,036.36 |
| 16932671 | SKIN - IP LWR TR RH (W/ WOOD) - CUT & SEWN - Jet Blk 600R/Cadet Gry 324V | 31 | 31 | 200 | 231 | \$ 2.26 | \$ 521.72 |
| 16932672 | SKIN - IP LWR TR RH (W/ WOOD) - CUT & SEWN - SHALE 149B/OMNI KHAKI 8927 | 176 | 176 | 200 | 376 | \$ 2.44 | \$ 916.20 |
| 16932673 | SKIN - IP LWR TR RH (W/ WOOD) - CUT & SEWN - DK ATMOSPHERE 303X/OMNI KHAKI 8927 | 97 | 97 | 200 | 297 | \$ 2.44 | \$ 723.69 |
| 16932622 | SKIN - IP LWR TR LH N/SS - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADET GRY 324V | 238 | 238 | 0 | 238 | \$ 1.0539 | \$ 250.83 |
| 16932624 | SKIN - IP LWR TR LH N/SS - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHAKI 8927 | 260 | 260 | 0 | 260 | \$ 1.1243 | \$ 292.33 |
| 16932625 | SKIN - IP LWR TR LH N/SS - CUT & SEWN - DK ASH GRAY W999/CADET GRY 324V | 112 | 112 | 280 | 392 | \$ 1.1243 | \$ 440.74 |
| | | | | | | TOTAL (\$)= | \$ 58,826.32 |

Tabla 15.- Costo de Inventario inicial en línea de ensamble K2XX SUV.

En la tabla anterior se muestra el costo total de inventario que inicialmente se tenía en la línea de ensamble K2XX SUV, el cual era de \$58,826.32 dólares, por lo que al terminar el proyecto se realizó el mismo inventario pero ahora mejor estandarizado y con el mínimo inventario necesario para que las sublíneas de producción no tuvieran paros de producción muy seguido por falta de material por lo que en la siguiente tabla se muestra el resultado final de nuestro proyecto:

| Part Number | Description | Inventario en Presentación de partes | inventario actual en Línea (pcs) | inventario actual minimercado (pcs) | Total de inventario (pcs) | \$Costo Unitario | \$Costo total del inventario |
|--------------------|---|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------------------|
| 13509947 | RECEPTACLE ASM-USB 2 PORT W/REM | 61 | 61 | 144 | 144 | \$ 15.45 | \$ 2,224.27 |
| 16899419 | CLIPS (WSCO) (GMT900) | 1070 | 1070 | 0 | 4280 | \$ 0.02 | \$ 98.74 |
| 16931822 | 2 X 1 X .0085" LABEL-BARCODE-ADRIAN | 0 | 0 | 25000 | 4166.666667 | \$ 0.01 | \$ 37.83 |
| 16914352 | STAPLES | 24816 | 24816 | 140000 | 48000 | \$ 0.01 | \$ 435.84 |
| 22936013 | APO RECEPTACLE | 386 | 386 | 500 | 500 | \$ 0.49 | \$ 246.91 |
| 84349387 | "ENFRIADOR" (COOLBOX) | 144 | 144 | 144 | 288 | \$ 2.89 | \$ 833.07 |
| 13509945 | V8.5 2 PLUS USB | 90 | 90 | 0 | 288 | \$ 15.08 | \$ 4,343.28 |
| 16939952 | KEY CATCHER - CONSOLE | 39 | 39 | 72 | 48 | \$ 3.14 | \$ 150.90 |
| 16939089 | BAR CODE (1"x0.33") | 10000 | 10,000 | - | 40,000 | \$ 0.0015 | \$ 60.00 |
| 13580623 | RETAINER ASM-ACSRYPWR RCPT (SPRING CAP) | 0 | 0 | 338 | 225 | \$ 0.39 | \$ 88.75 |
| 13580621 | RETAINER ASM-ACSRYPWR RCPT (HINGE CAP) | 315 | 315 | 225 | 450 | \$ 0.34 | \$ 154.74 |
| 16932601 | CAGE - SWITCH -HC SEAT SWITCH (RH) JET BLK 600R | 0 | 0 | 200 | 200 | \$ 0.32 | \$ 64.71 |
| 16932344 | CAGE - SWITCH -HC SEAT SWITCH (LH) JET BLK 600R | 0 | 0 | 200 | 200 | \$ 0.32 | \$ 64.71 |
| 84127771 | SWITCH ASM-F/SEAT HTR - RH - 700S BLK CRBN MT | 56 | 56 | 488 | 448 | \$ 9.33 | \$ 4,178.82 |
| 84127770 | SWITCH ASM-F/SEAT HTR - LH - 700S BLK CRBN MT | 107 | 107 | 488 | 448 | \$ 9.33 | \$ 4,178.85 |
| 22905835 | SWITCH ASM - D/SEAT HTR LH | 64 | 64 | 224 | 224 | \$ 8.68 | \$ 1,944.15 |
| 22905837 | SWITCH ASM - D/SEAT HTR RH | 183 | 183 | 224 | 224 | \$ 8.68 | \$ 1,944.15 |
| 84349960 | HARN CONSOLE WIRING | 102 | 306 | 100 | 240 | \$ 10.38 | \$ 2,490.19 |
| 84349962 | HARN CONSOLE WIRING COOLBOX | 0 | 0 | 80 | 240 | \$ 11.22 | \$ 2,692.08 |
| 23464897 | HARN CONSOLE WIRING (SPO) | 0 | 0 | 80 | 240 | \$ 10.44 | \$ 2,505.60 |
| 84349962 | HARN CONSOLE WIRING | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 11.22 | \$ 897.36 |
| 84349961 | HARN CONSOLE WIRING COOLBOX | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 9.36 | \$ 749.08 |
| 84349963 | HARN CONSOLE WIRING (SPO) | 7 | 0 | 20 | 80 | \$ 8.68 | \$ 694.10 |
| 16955372 | CUP HOLDER ASSEM W/COOLBOX (BASE/MID - NO PAINT) - | 0 | 0 | 12 | 6 | \$ 10.15 | \$ 60.88 |
| 16955365 | CUP HOLDER ASSEM (BASE/MID-NO PAINT) - PLATE ASM-F/F | 32 | 32 | 10 | 5 | \$ 9.38 | \$ 46.92 |
| 16955376 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL - COOLBOX (NO PAINT) PILL | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 33.99 | \$ 169.96 |
| 16955369 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) PILLION BROW | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 33.23 | \$ 166.14 |
| 16955367 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) JET BLK 600R | 11 | 44 | 20 | 5 | \$ 32.90 | \$ 164.52 |
| 16955368 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) COCOA 413P | 3 | 3 | 0 | 5 | \$ 32.90 | \$ 164.52 |
| 16955370 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (NO PAINT) DK ATMOSPHE | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 32.90 | \$ 164.52 |
| 16939950 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL (SHALE TPO W/SHALE PAIN | 0 | 0 | 10 | 5 | \$ 35.40 | \$ 176.98 |
| 16955377 | CUP HOLDER ASSEMBLY-UPLEVEL COOLBOX (NO PAINT) DK A | 0 | 0 | 5 | 5 | \$ 33.67 | \$ 168.34 |
| 16954978 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - DK ATMOSP | 80 | 80 | 80 | 80 | \$ 7.28 | \$ 582.73 |
| 16954974 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - JET BLK 600R/ | 60 | 60 | 80 | 80 | \$ 6.67 | \$ 533.43 |
| 16954976 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - PILLION BROV | 42 | 42 | 80 | 80 | \$ 10.12 | \$ 809.45 |
| 16954975 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - COCOA 413P/ | 1 | 1 | 80 | 80 | \$ 6.76 | \$ 540.49 |
| 16954977 | SKIN - PLATE ASSEM - UP LEVEL - CUT & SEWN - SHALE 149B/G | 64 | 64 | 80 | 80 | \$ 7.28 | \$ 582.73 |
| 16954970 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMN | 26 | 26 | 80 | 80 | \$ 7.28 | \$ 582.73 |
| 16954965 | SKIN - PLATE ASSEM - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADET GR | 28 | 28 | 80 | 80 | \$ 6.67 | \$ 533.43 |
| 16954969 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADE | 49 | 49 | 80 | 80 | \$ 6.67 | \$ 533.47 |
| 16954971 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - DK ASH GRYP999K/ | 66 | 66 | 80 | 80 | \$ 6.76 | \$ 540.49 |
| 16954972 | SKIN - PLATE ASSEM - MID - CUT & SEWN - DUNE S14Q/OMNI | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 6.76 | \$ 540.49 |
| 16954966 | SKIN - PLATE ASSEM - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHA | 43 | 43 | 80 | 80 | \$ 6.77 | \$ 541.92 |
| 16954967 | SKIN - PLATE ASSEM - CUT & SEWN - DUNE S14Q/OMNI KHAK | 0 | 0 | 80 | 80 | \$ 6.77 | \$ 541.92 |
| 16932618 | SKIN - COMPARTMENT ASM-I/P LWR CTR - CUT AND SEWN - J | 15 | 15 | 40 | 40 | \$ 4.81 | \$ 192.44 |
| 16932619 | SKIN - COMPARTMENT ASM-I/P LWR CTR - CUT AND SEWN - C | 33 | 33 | 40 | 40 | \$ 5.25 | \$ 209.99 |
| 16932620 | SKIN - COMPARTMENT ASM-I/P LWR CTR - CUT AND SEWN - I | 33 | 33 | 40 | 40 | \$ 5.25 | \$ 209.99 |
| 16932848 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - PILLION BROWN 358X/PI | 130 | 130 | 200 | 200 | \$ 3.96 | \$ 792.56 |
| 16932684 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - Jet Blk 600R/Cadet Gry 3 | 110 | 110 | 200 | 200 | \$ 2.68 | \$ 536.74 |
| 16932685 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI KHA | 100 | 100 | 200 | 200 | \$ 2.91 | \$ 582.22 |
| 16932686 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - DK ASH GRAY W999/CAD | 169 | 169 | 200 | 200 | \$ 2.91 | \$ 582.22 |
| 16932688 | SKIN - IP LWR TR RH - CUT & SEWN - W54Q DUNE /OMNI KHA | 156 | 156 | 200 | 200 | \$ 2.91 | \$ 582.22 |
| 16932671 | SKIN - IP LWR TR RH (W/ WOOD) - CUT & SEWN - Jet Blk 600R | 31 | 31 | 200 | 200 | \$ 2.26 | \$ 451.71 |
| 16932672 | SKIN - IP LWR TR RH (W/ WOOD) - CUT & SEWN - SHALE 149B | 176 | 176 | 200 | 200 | \$ 2.44 | \$ 487.34 |
| 16932673 | SKIN - IP LWR TR RH (W/ WOOD) - CUT & SEWN - DK ATMOSP | 97 | 97 | 200 | 200 | \$ 2.44 | \$ 487.34 |
| 16932622 | SKIN - IP LWR TR LH N/SS - CUT & SEWN - JET BLK 600R/CADE | 238 | 238 | 0 | 280 | \$ 1.0539 | \$ 295.09 |
| 16932624 | SKIN - IP LWR TR LH N/SS - CUT & SEWN - COCOA 413P/OMNI | 260 | 260 | 0 | 280 | \$ 1.1243 | \$ 314.81 |
| 16932625 | SKIN - IP LWR TR LH N/SS - CUT & SEWN - DK ASH GRAY W999 | 112 | 112 | 280 | 280 | \$ 1.1243 | \$ 314.81 |
| TOTAL (\$)= | | | | | | \$ 43,039.44 | |

Tabla 16.- Costo de inventario final del proyecto.

Interpretación de resultados.

La hipótesis se acepta ya que se ahorró un 26.83% del costo total inicial con respecto al costo total al final el proyecto, incluso el resultado fue mucho mayor al esperado inicialmente. Como se puede ver en las tablas de inventario que se realizaron inicialmente se calculó que el costo del inventario de la línea de ensamble fue de \$58,826.32 dólares y al finalizar el proyecto se obtuvo un resultado de \$43,039.44 dólares, por lo que el ahorro respecto al inicial fue de \$15,786.88 dólares, por lo que el porcentaje de ahorro respecto al inicial fue de 26.83%.

4.4.- Hipótesis secundaria 3.

Se definen los porcentajes de utilización de materialistas, logrando reducir el personal de materialistas en un 20%.

| Materialista | Up level | Midlevel Base | Center Compt. | RH | LH | Primer Turno | Segundo Turno | Total |
|-------------------------------|----------|---------------|---------------|-----|-----|--------------|---------------|-----------|
| Interno | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 2 | 2 | 4 |
| Externo | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 3 | 3 | 6 |
| Total de materialistas | | | | | | | | 10 |

Tabla 17.- Total de empleado en línea de ensamble K2XX SUV.

Como se puede observar en la tabla 11, se muestran que la cantidad de materialistas que trabajan durante los dos turnos son 10, por lo que a continuación se muestran los porcentajes de utilización de los materialistas internos.

| ACTIVIDADES DE MATERIALISTAS | Idas a almacen/SM o rellenar por turno | Duración por ida | Tiempo total (segundos) | Tiempo total min | Tiempo total hrs |
|---|--|------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| Dejar cajas vacias C.H./Ir a almacen por Cup Holder | 4.1 | 15 min 36 seg | 3726 | 62.10 | 1.04 |
| Ir a almacen sutir cajas para el minimercado | 3.0 | 8min 13 seg | 1453 | 24.22 | 0.40 |
| Disposicion de carton/Basura | 5.0 | 10 min 36 seg | 3036 | 50.60 | 0.84 |
| Flejar en SPO | 11.6 | 1 min | 660 | 11.00 | 0.18 |
| Rellenar linea Comp.P | 11.0 | 14 min 3seg | 9243 | 154.05 | 2.57 |
| Rellenar HARN CONSOLE | 3.6 | 1 min 73 seg | 289 | 4.82 | 0.08 |
| SWITCH | 7.3 | 2 min 31 seg | 907 | 15.12 | 0.25 |
| APO RECEPTACLE | 3.5 | 1 min 02 seg | 241 | 4.02 | 0.07 |
| RETAINER | 16.1 | 2 min 46 seg | 1978 | 32.97 | 0.55 |
| Rellenar carrito de CUP HOLDER | 10.3 | 1 min 20 seg | 638 | 10.63 | 0.18 |
| Rellenar rack(minimercado) | 2.0 | 1 min 15 seg | 135 | 2.25 | 0.04 |
| Ir a traer bolsas de Tool crip | 2.0 | 10 min 54seg | 1254 | 20.90 | 0.35 |
| | | | | Tiempo utilizado | 6.54 |
| | | | | Hrs disponibles | 9.27 |
| | | | | % utilizacion | 71% |

Tabla 18.- Utilización de materialista interno.

El método que se utilizó para tener el porcentaje de utilización del materialista interno fue el siguiente:

- 1.- Primero se determinaron todas las actividades que el materialista interno realizaba en la línea de ensamble.
- 2.- Mediante el uso de un cronómetro se midió el tiempo de cada una de las actividades, por lo que se realizó una tabla para registrar cada tiempo de las actividades la cual se representa en la tabla 18, que se muestra anteriormente.
- 3.- Por último se determinó las vueltas que daría el materialista en total en cada turno y con ello se sumaron los tiempos de cada actividad, este resultado determinó el porcentaje de utilización comparado con el tiempo disponible total del turno.

Interpretación de resultados.

La hipótesis se acepta ya que se logró reducir el personal en un 20 %, lo cual representa 2 materialistas de la línea de ensamble, de 10 materialistas que tenía en total la línea de ensamble K2XX SUV.

CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

La presentación de esta tesis me ha ayudado a utilizar, comprender y realizar, algunas de las herramientas de la metodología de la manufactura esbelta, en la aplicación de la industria de la manufactura, por lo que para mí es una experiencia muy confortable y agradable, ya que el realizar una metodología que se encontraba solamente teóricamente en mi desempeño académico, el aplicarle en la vida diaria y en un caso real es una experiencia inigualable, ya que no conocía realmente lo que en costos puede causar a una empresa que es un beneficio muy grande, y por otro lado en el proceso es mucho más satisfactorio ya que se agiliza y recortan tiempos que a gran escala parecen pequeños, pero cumplen metas que la empresa se plantea al iniciar un negocio.

En conclusión se aceptan la hipótesis general y secundarias planteadas al inicio del proyecto, ya que los resultados expuestos en capítulo IV es un evidencia muy importante pues comprueban que utilizando las herramientas de la manufactura esbelta se reducen costo y tiempos de procesos en la industria.

Por último mediante esta tesis se comprueba que se pueden lograr objetivos a medianos plazos a través de las herramientas de la manufactura esbelta, ya que ayuda a mejorar los procesos industriales, y favoreciendo el ahorro de costos en la industria, optimizando mejor cada una de las actividades que se realiza en las operaciones.

Mi recomendación es que se lleven en práctica cada una de las herramientas de la manufactura en los procesos de los materialistas en las diversas líneas de ensamble que en la empresa se llevan a cabo, para que se logre optimizar y generar una cultura a través de la mejora continua en cada una de ellas, asimismo tener como evidencia está presente tesis para el aprovechamiento académico en las clases del Instituto Tecnológico de Matamoros.

Bibliografía

- César Murria, F. H. (2005). *Excelencia en las operaciones: La mejora continua*. Madrid, España: LeanSis Personas Procesos Productividad. Recuperado el 07 de Mayo de 2019
- CONCEPTOYDEFINICION.DE. (2011). *CONCEPTO Y DEFINICION.DE*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <https://conceptodefinicion.de/censo/>
- DeConceptos.com. (2019). Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/desperdicio>
- Definición.de. (2015). *Definición.de*. Obtenido de Definición.de: <http://definicion.de/productividad/>
- gestiopolis. (26 de Febrero de 2001). *gestiopolis*. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de <https://www.gestiopolis.com/que-es-justo-a-tiempo/>
- Group, E.-C. (2013). *Definiciona*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de <https://definiciona.com/despilfarro/>
- Isis Cervera, Juan Manuel Caurin. (2016). *economia simple.net*. Obtenido de <https://www.economiasimple.net/glosario/inventario>
- Juan Carlos Hernández Matías, A. V. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España: Fundación EOI. Recuperado el 03 de Junio de 2019
- KRAJEWSKI, L., & RITZMAN, L. (2008). *Administración de Operaciones* (Octava ed.). (L. M. Castillo, Ed.) Mexico: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. Recuperado el 05 de Mayo de 2019
- Lean, P. (2015). *Progressa Lean*. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de Progressa Lean: <https://www.progressalean.com/que-es-smed/>
- Lopez, B. S. (2016). *Ingenieria Industrial.com*. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/kanban/>
- López, I. B. (2016). *INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE.COM*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de INGENIERIA INDUSTRIAL ONLINE.COM: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/poka-yoke-a-prueba-de-errores/>

-
- Madariaga, F. (2019). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Recuperado el 10 de Julio de 2019
- MX, E. D. (2014 de Febrero de 2014). *Definicion*. Recuperado el 22 de Mayo de 2019, de Definicion: <https://definicion.mx/flexibilidad/>
- Ocegueda, M. C. (2015). *Metodología de la Investigación, Métodos, Técnicas y Estructuración de Trabajos Académicos* (Cuarta ed.). México: Albox Editores. Recuperado el 22 de Marzo de 2019
- Odio, J. (2008). *Manufactura Inteligente*. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de <http://www.manufacturainteligente.com/kaizen/>
- Olofsson, Oskar. (s.f.). *World Class Manufacturing*. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de World Class Manufacturing: <https://world-class-manufacturing.com/es/jidoka.html>
- Rodriguez, F. D. (2009). *Lecturas de Ingeniería 6 La Manufactura Esbelta*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Ingeniería, Cd. de Mexico. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf
- Socconini, L. (2017). LEAN MANUFACTURING PASO A PASO. En L. Socconini, *LEAN MANUFACTURING PASO A PASO*. Guadalajara, Mexico: Pandora Impresores. Recuperado el 29 de Marzo de 2019