



**INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR  
DE HUATUSCO**

---

---

**PREPARACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA  
DE ENSAMBLE DE PUERTAS PASSENGER DEL AVIÓN  
A220 PARA LOGRAR UN TAKT TIME DE 3 DÍAS**

**I. TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:  
C. ALEJANDRO TEMIS SÁNCHEZ**

**DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL:  
DR. LUIS ANTONIO CALDERÓN PALOMARES**

**HUATUSCO, VER.**

**OCTUBRE 2019**

# **Dedicatoria**

A mi familia que nunca dudó de mí, y siempre ha estado apara apoyarme en cada paso que he dado, que se ha esforzado de una y mil maneras para que pueda salir adelante y me ha brindado lo más importante para el desarrollo de la vida, que es el amor y los valores, los amo.

A mi Dios, por regalarme la vida, por llenarme de dones y gente maravillosa a mí alrededor y poner ante mí su máxima creación que es la naturaleza y el universo.

# **Agradecimientos**

Especial agradecimiento al Dr. Luis Antonio Calderón Palomares, por la paciencia y el apoyo demostrado a lo largo de este proyecto, por la oportunidad de demostrar mis capacidades y la confianza que me brindó.

A mis docentes a lo largo de mi formación profesional que dieron lo mejor de sí en cada una de sus clases, por sus aprendizajes y enseñanzas para poder desarrollarme y abrir mis ojos hacia la vocación que he elegido que es ser un ingeniero industrial.

A mis compañeros de equipo que hicieron de mis prácticas profesionales una maravillosa experiencia, por su apoyo y comprensión, no dejándome caer en la monotonía de un empleo y enseñarme a disfrutar mi trabajo.

Al Ing. Noé Hernández González que además de ser un grandioso asesor, supo ser un excelente amigo y compañero de trabajo, por todas las lecciones y consejos que brindó para mi desarrollo intelectual y personal, por brindarme la confianza de llevar a cabo mis ideas, corregirme cuando fue necesario y enseñarme que existen muchas maneras de lograr los objetivos que nos ponemos en mente; siendo mejor cada día, con admiración y respeto, gracias.



## Resumen

El presente proyecto está enfocado a una propuesta de mejora que implica la reducción de takt time a 3 días, con la finalidad de poder acelerar la producción en un 500%, propuesta en la cual fue necesario basarse en herramientas de mejora continua tales como el estudio de tiempos a través de la metodología Yamazumi logrando reducir los desperdicios en un 30%, diagrama de flujo de operaciones, eventos Kaizen, VSM, balanceo de líneas y metodología 5's, además de llevar optimizar el uso de la herramienta denominada Andon, la cual redujo el tiempo de respuesta por parte de los equipos naturales en un 25%, teniendo como finalidad, generar la propuesta para contar con la capacidad instalada para producir una cantidad de 75 sets de puertas anuales como visión al año 2021.

**Palabras clave:** Takt time, estudio de tiempos, diagrama de flujo, Kaizen, VSM, balanceo de línea, 5's, sets.



## Abstract

The present project is focused on an improvement proposal that implies the reduction of takt time to 3 days, in order to accelerate production by 500%, a proposal in which it was necessary to rely on continuous improvement tools such as the study of time through the Yamazumi methodology, managing to reduce waste by 30%, flowchart of operations, Kaizen events, VSM, line balancing and 5's methodology, as well as optimizing the use of the tool called Andon, the which reduced the response time by natural teams by 25%, with the purpose of generating the proposal to have the installed capacity to produce an amount of 75 sets of annual doors as vision by 2021.

**Keywords:** Takt time, time study, flowchart, Kaizen, VSM, line balancing, 5's, sets



# CONTENIDO

<b>Dedicatoria.....</b>	<b>II</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>III</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>I</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>1. Capítulo 1 Generalidades .....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Importancia del problema.....	5
1.6 Alcances y limitaciones.....	5
1.7 Información de la empresa.....	6
<b>2. Capítulo 2 Marco teórico.....</b>	<b>10</b>
2.1 Productividad .....	10
2.2 Estudio de tiempos y movimientos .....	11
2.3 Diagrama de precedencias.....	14
2.4 Diagrama de flujo de proceso.....	15
2.5 Value Stream Mapping.....	16
2.5 Metodología Kaizen.....	21
2.6 Balanceo de línea.....	22
2.4 Metología 5S .....	26
<b>3. Capítulo 3 Desarrollo .....</b>	<b>30</b>
3.1 Fase 1 Definir el problema.....	30
3.1.1 Carta proyecto .....	30
3.1.2 Value Stream Mapping .....	32
3.2 Fase Medir .....	36
3.2.1 Mapa de proceso del ensamblaje .....	36
3.2.2 Diagrama de Spaghetti .....	38
3.2.3 Diagrama de flujo de proceso .....	41
3.2.4 Estudio de tiempos .....	44
3.3 Fase analizar.....	47
3.3.1 Recomendación para línea de ensamblaje 2021 .....	50
3.4 Fase mejorar.....	65
3.4.1 Kaizen .....	65
3.4.2 Andon .....	71
3.4.3 Metodología 5's .....	72
<b>4. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>83</b>
4.1 Conclusiones.....	83
4.2 Recomendaciones.....	85
<b>5. Glosario .....</b>	<b>93</b>

# Lista de figuras

<i>Figura 1-1 Croquis de ubicación de la planta Bombardier.....</i>	6
<i>Figura 1-2 Avión A220 .....</i>	8
<i>Figura 1-3 Familia de puertas A220 .....</i>	9
<i>Figura 2-1 Casilleros para VSM.....</i>	16
<i>Figura 2-2 Mapa completo de la cadena de valor para un proceso de manufactura. ....</i>	20
<i>Figura 2-3 Mapa de futuro de la cadena de valor con eventos Kaizen. ....</i>	21
<i>Figura 3-1 Carta proyecto .....</i>	31
<i>Figura 3-2 Ejemplo de operaciones críticas obtenidas .....</i>	32
<i>Figura 3-3 Value Stream Mapping .....</i>	33
<i>Figura 3-4 Caja de datos VSM, en los datos mostrados en esta imagen, el lead time es medido en días. ....</i>	34
<i>Figura 3-5 Participación del equipo de trabajo .....</i>	35
<i>Figura 3-6 Lead time resultante del VSM.....</i>	36
<i>Figura 3-7 Mapa de proceso .....</i>	38
<i>Figura 3-8 Diagrama de Spaghetti.....</i>	38
<i>Figura 3-9 Pareto de oportunidades por centro de trabajo .....</i>	41
<i>Figura 3-10 Diagrama de flujo de proceso.....</i>	43
<i>Figura 3-11 Situación actual del proceso.....</i>	43
<i>Figura 3-12 Situación actual del proceso.....</i>	43
<i>Figura 3-13 Gráfica Yamazumi estudio de tiempos.....</i>	44
<i>Figura 3-14 Pareto de paros permitidos .....</i>	45
<i>Figura 3-15 Pareto de tiempo perdido.....</i>	46
<i>Figura 3-16 Gráfica de tiempo por libro de trabajo .....</i>	47
<i>Figura 3-17 Propuesta final para contención 2019 .....</i>	48
<i>Figura 3-18 Posiciones para contención 2019.....</i>	49
<i>Figura 3-19 Propuesta de balanceo para 23 posiciones.....</i>	55
<i>Figura 3-20 Propuesta de layout para 23 posiciones.....</i>	56
<i>Figura 3-21 Propuesta de balanceo para 12 posiciones.....</i>	61
<i>Figura 3-22 Propuesta de layout para 12 posiciones.....</i>	62
<i>Figura 3-23 Ejemplos de los pasos para la ejecución de balanceos.....</i>	64
<i>Figura 3-24 Ejemplo de inversión por remodelación.....</i>	64
<i>Figura 3-25 Evento Kaizen .....</i>	65
<i>Figura 3-26 Evento Kaizen 2 .....</i>	66
<i>Figura 3-27 Pareto de problemas principales .....</i>	67
<i>Figura 3-28 División de acciones para cada equipo.....</i>	68
<i>Figura 3-29 Formato de avance calidad .....</i>	70
<i>Figura 3-30 Formato de avance operaciones .....</i>	70
<i>Figura 3-31 Pantalla Andon.....</i>	72
<i>Figura 3-32 Selección de objetos innecesarios .....</i>	73
<i>Figura 3-33 Antes de delimitar.....</i>	78
<i>Figura 3-34 Despues de delimitar .....</i>	74

<i>Figura 3-35 Antes de ordenar.....</i>	74
<i>Figura 3-36 Después de ordenar .....</i>	75
<i>Figura 3-37 Señalización de lugar .....</i>	75
<i>Figura 3-38 Caja de herramientas sin orden .....</i>	76
<i>Figura 3-39 Caja ordenada.....</i>	76
<i>Figura 3-40 Limpieza de Jigs .....</i>	76
<i>Figura 3-41 Limpieza de área .....</i>	77
<i>Figura 3-42 Estándar de puestos .....</i>	78
<i>Figura 3-43 Tablero estandarizado.....</i>	79
<i>Figura 3-44 Calendario PCS.....</i>	81
<i>Figura 3-45 PCS ejemplo caja de herramientas.....</i>	81
<i>Figura 3-46 PCS ejemplo kit de partes .....</i>	82
<i>Figura 3-47 PCS ejemplo tableros .....</i>	82
<i>Figura 4-1 Línea sin S&amp;F .....</i>	87
<i>Figura 4-2 Línea con S&amp;F .....</i>	87
<i>Figura 4-3 Espacio potencial .....</i>	88
<i>Figura 4-4 Baggage instalada .....</i>	88
<i>Figura 4-5 Vista de layout 1 .....</i>	89
<i>Figura 4-6 Vista de layout 2 .....</i>	89
<i>Figura 4-7 Vista de layout 3 .....</i>	90
<i>Figura 4-8 Mejoras Kaizen 1 .....</i>	90
<i>Figura 4-9 Mejoras Kaizen 2 .....</i>	91
<i>Figura 4-10 Mejoras Kaizen 3.....</i>	91
<i>Figura 4-11 Mejoras Kaizen 4 .....</i>	92
<i>Figura 4-12 Mejoras Kaizen 5.....</i>	92



# **Lista de tablas**

<i>Tabla 2-1 Símbolos estándar en un mapa de proceso.....</i>	15
<i>Tabla 2-2 Uso de símbolos en el Value Stream Mapping.....</i>	19
<i>Tabla 3-1 Datos para el cálculo de tiempo disponible .....</i>	51
<i>Tabla 3-2 Datos para calcular el takt time .....</i>	51
<i>Tabla 3-3 Resultados de cálculos a un turno .....</i>	51
<i>Tabla 3-4 Propuesta de reparto libros para 23 posiciones .....</i>	54
<i>Tabla 3-5 Propuesta de balanceo para 23 posiciones .....</i>	55
<i>Tabla 3-6 Datos para calcular el takt time .....</i>	57
<i>Tabla 3-7 Resultados de cálculos a un turno .....</i>	58
<i>Tabla 3-8 Propuesta de reparto libros para 12 posiciones .....</i>	60
<i>Tabla 3-9 Propuesta de balanceo para 12 posiciones .....</i>	60
<i>Tabla 3-10 Problemas principales .....</i>	67
<i>Tabla 3-11 Ejemplo de distribución de tareas 1 .....</i>	69
<i>Tabla 3-12 Ejemplo de distribución de tareas 2 .....</i>	69
<i>Tabla 3-13 Ejemplo de distribución de tareas 3 .....</i>	69

# Introducción

Los modelos tradicionales de gestión no cumplen adecuadamente las exigencias de competitividad y por eso, se considera hoy muy lejos de la excelencia.

El presente proyecto está enfocado en proponer un escenario para la línea de ensamble de puertas del avión A220 que sea capaz de producir 75 set de puertas anualmente. Como inicio se presentan algunas herramientas como base de mejoramiento continuo que disminuyen el tiempo entre el momento en el que el cliente realiza una orden hasta que recibe el producto, además de servir como apoyo para un análisis completo de la línea en la que se trabajará, dado es el caso del VSM herramienta que nos brindó un análisis detallado de los problemas presentados en cada una de las estaciones.

Se presenta algunos diagramas como el de flujo de proceso y el de Espaguetti, que nos dan una vista preliminar de las posiciones, los tiempos y desplazamientos que realiza una persona en la línea de ensamble para completar un trabajo.

La implementación de un estudio de tiempos como medio de análisis de datos para la validación del tiempo estándar la cual es una técnica de medición de trabajo para registrar los tiempos y el ritmo de trabajo de la producción. También se presenta el balanceo de línea lo cual tiene como base el generar estaciones de trabajo con un tiempo menor al tiempo ritmo de producción (takt time).

La metodología kaizen la cual se integra en el sistema alcanzar la excelencia como sistema de sostenimiento del proceso de mejora continua e integral que comprende todos los elementos: comportamientos, componentes, procesos, actividades y productos de la organización; para finalizar se agrega la implementación de las 5s como una metodología que nos permite una mejora al lograr mantener ordenado y funcional nuestro lugar de trabajo.

# **1. Capítulo 1 Generalidades**

## **1.1 Planteamiento del problema.**

La empresa Bombardier Aerospace México ha venido presentado problemas e incertidumbres, en el contrato de las puertas A220 a lo largo del tiempo que se ha encargado de ello, en su gran mayoría por las horas tarde que vienen a surgir por problemas técnicos y humanos; es por eso que en el presente proyecto se planteará una reingeniería a la línea de ensamblaje de puertas Passenger, que nos permita reducir el takt time a 3 días, esto es debido a que la línea actual está diseñada para un takt time de 20 días y no cuenta con la capacidad de personal, herramientas y maquinaria para cumplir dicho requerimiento, del 6 de Agosto del 2018 al 6 de Febrero del 2019

## **1.2 Antecedentes.**

La empresa Bombardier está en busca consolidar su contrato con Airbus, y tiene como objetivo producir una mayor cantidad de sets de puertas; para esto será necesario realizar un análisis detallado en la línea de producción de puertas Passenger del avión A220 en términos de: personal, herramientas y maquinaria, con esto se podrá tener un mayor detalle del ensamblaje pudiendo hacer frente a la problemática presentes en cuestión de retrasos en entregas y WIP en las estaciones de trabajo y a su vez mejorar el takt time de fabricación. Esto es sabido mediante informes por parte del departamento de ingeniería Industrial, además de una visita realizada por el mismo cliente Airbus

## **1.3 Objetivos de la investigación.**

### **1.3.1 Objetivo general**

Estructurar una propuesta de mejora que permita alcanzar un takt time de fabricación de 3 días.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Realizar VSM situación actual
2. Reestructurar el proceso mediante libros de trabajo
3. Balancear líneas
4. Proponer layout
5. Crear flujo de materiales
6. Integrar herramienta Andon
7. Incorporar 5's

## **1.4 Justificación de la investigación.**

La empresa Bombardier Aerospace México planta el marques en el estado de Querétaro, es encargada de la fabricación de distintas partes aeronáuticas que finalmente son utilizadas para crear aviones de gran calidad, trabajan con el sistema pull, en el cual, el movimiento de materiales y productos es ajustado en todo momento a la demanda existente. Actualmente se ha planteado un escenario futuro en el cual se produzcan 75 sets de puertas de manera anual; es por eso que mediante el presente proyecto se analizarán las características con las que cuenta la línea actual y se hará una propuesta de mejora.

## **1.5 Importancia del problema.**

1. Refiere a un incremento en la producción de las puertas hasta en un 500%.
2. Crear un buen flujo de material que nos permitirá evitar el incremento de los costos de producción, causados por las horas tarde con las que se cuenta.
3. Evitar la pérdida del contrato que puede ser causada debido a entregas tarde al cliente.

## **1.6 Alcances y limitaciones.**

### **1.6.1 alcances**

El presente proyecto comprenderá desde el análisis de la situación actual del proceso hasta la propuesta del diseño de línea, pudiendo obtener con ello:

1. Disponibilidad del personal
2. Inversión en herramientas e infraestructura
3. Cambios en procesos y procedimientos

### **1.6.2 Limitaciones**

Algunos puntos que pudieran llegar a ser considerados para no llevar a cabo esta propuesta son:

1. Espacio en la planta de producción PU1, En el parque Industrial el Marqués
2. Herramientas de trabajo (manuales y fijas)
3. Personal con poca experiencia sin flexibilidad

Cabe mencionar que existe información del proceso que es de carácter confidencial y no puede ser mostrada.

## 1.7 Información de la empresa.

### Ubicación.



Figura 1-1 Croquis de ubicación de la planta Bombardier

Bombardier Aerospace, cuenta con una planta en México ubicada en el Retorno El Marqués No. 4-F, Parque Industrial El Marqués, 76246 Municipio de El Marqués, Querétaro

### Acerca de Bombardier.

Bombardier es el fabricante líder mundial de aviones y trenes. “Mirando hacia el futuro mientras se realiza hoy”, Bombardier está evolucionando la movilidad en todo el mundo al responder a la exigencia de un transporte más eficiente, sostenible y agradable en todas

partes. Nuestros vehículos, servicios y, sobre todo, nuestros 69.500 empleados son los que nos convierten en un líder mundial en transporte.

### **Sobre Aeroespacio.**

Con más de 29,400 empleados y una posición de liderazgo en los mercados globales, Bombardier Aerospace diseña, fabrica y brinda soporte a productos de aviación innovadores para los mercados de aviones comerciales, especializados y de negocios. Con esta cartera completa de aviones, ocupamos el primer puesto en aeronaves comerciales y regionales. Nuestros aviones y servicios de alto rendimiento establecen el estándar de excelencia en varios mercados, que incluyen:

1. Aviones de negocios: familias de aviones Learjet , Challenger y Global.
2. Aviones regionales - CRJ Series y familias de aviones de la serie Q.
3. Servicios de ingeniería y aeronáutica: estructuras de aeronaves, reparación de componentes y otros servicios.
4. Soluciones especializadas para aviones - Aviones Bombardier modificados para misiones especiales.
5. Servicios y capacitación en aeronaves: piezas de aeronaves, mantenimiento, capacitación integral, soporte técnico y publicaciones, y servicios en línea.

### **Misión.**

Somos Bombardier Aerospace México, como equipo orgullosamente contribuimos a la fabricación de aeronaves de mejor rendimiento en el mundo. Diseñamos y manufacturamos soluciones de calidad competitivas de estructuras metálicas, materiales compuestos y arneses eléctricos. Juntos y con pasión nos superamos para crear valor a nuestras líneas de ensamble final, nuestros clientes, empleados y la comunidad.

### **Visión.**

Somos reconocidos como líderes de la industria Aeroespacial en México. Somos la mejor opción para nuestros grupos de interés al ser expertos en el negocio de partes de aeronaves

mediante la seguridad, calidad e innovación. Somos un modelo de responsabilidad social empresarial. Nuestra pasión, orgullo y compromiso son nuestra esencia.

### **Política de calidad.**

Mejorar continuamente nuestros procesos de negocio garantizando al mismo tiempo que los clientes sean provistos con productos y servicios de alta calidad, que satisfagan sus expectativas y que cumplan con los requisitos regulatorios e industriales.

### **Sobre A220.**

El avión “Airbus A220”, anteriormente conocido como Bombardier “C Series” es una familia de aviones propulsados por motores de reacción, es decir, producen un chorro de gases a gran velocidad para generar un empuje, cuentan con un fuselaje estrecho, son bimotor, y la empresa encargada de manufacturarlos es C Series Aircraft Limited, compañía canadiense que está conformada por las empresas Airbus, Bombardier y el Gobierno de Quebec. Airbus es quien se encarga de la comercialización de este avión, mientras que es diseñado y fabricado en instalaciones de la empresa canadiense Bombardier Aerospace.



*Figura 1-2 Avión A220*

En la planta de “El Marqués” son fabricados los sets de puertas utilizadas para el avión A220.

Un set de puertas se compone de la siguiente manera:

1. After Passenger Door y Forward Passenger Door
2. After Service Door y Forward Service Door
3. Cargo Door A y B
4. Overhead Door A y B

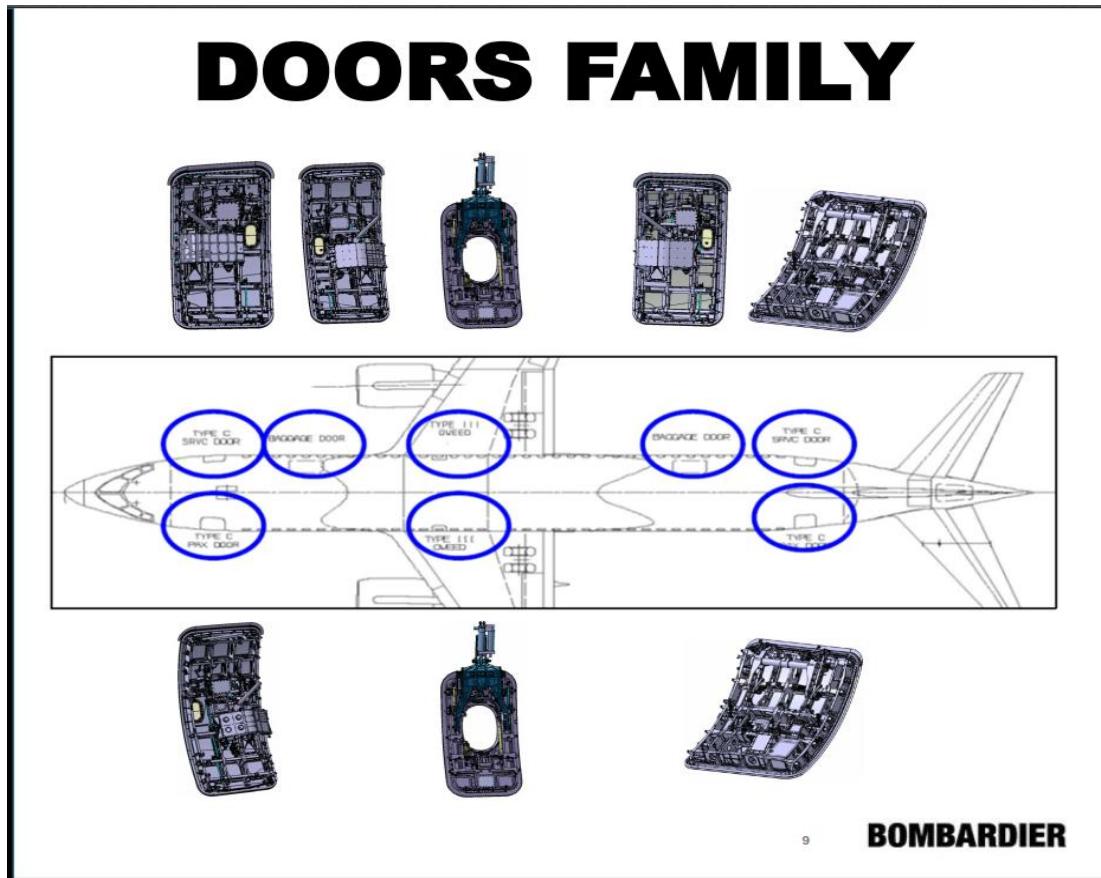


Figura 1-3 Familia de puertas A220

## 2. Capítulo 2 Marco teórico

### 2.1 Productividad

Las aproximaciones al conocimiento de la actividad económica de cualquier región, o sector, conllevan un estudio del comportamiento que, a través del tiempo, presenta cualquier variable económica relacionada con el resultado del valor del producto. Entre éstas, la productividad se revela como una de las variables clave para medir la eficiencia y la evolución de los sectores económicos, o de la economía en su conjunto, ya que sus mejoras pueden dar lugar a la elevación del nivel de vida de las sociedades (Estiballo y Zamora, 2002). El concepto de productividad es simple de definir, pero extremadamente complejo de analizar y comprender en profundidad.

Pocas áreas de ciencias económicas son tan relevantes y complejas. Desde una perspectiva social, la productividad es uno de los determinantes de la calidad de vida de los habitantes de un país. Desde un punto de vista macroeconómico es uno de los determinantes de la rentabilidad de la empresa y, consecuentemente, de su éxito en un mercado competitivo. La productividad tiene, en general, dos significados (SENA, 2003): la productividad física y la productividad del valor. La primera se refiere a la productividad como unidad básica cuantitativa y la segunda al valor económico creado a través de una serie de actividades. La productividad física como unidad base puede aplicarse a una industria particular o a un proceso específico de operación. Este tipo de medición aunque importante tiene limitaciones cuando se trata de hacer evaluaciones inter temporales. Por otro lado, la productividad entendida como el valor creado en una empresa puede compararse con la de otra empresa y entre sectores industriales, a pesar de sus diferencias, ya que en el valor de los bienes o servicios quedan incorporados los cambios en el cuerpo del producto o el servicio.

El valor de estos cambios se revela por el reconocimiento que el consumidor realiza a través del precio que paga. El concepto de productividad se encuentra íntimamente relacionado con el de producción. Son conceptos paralelos entre los que se pueden establecer similitudes y diferencias.

En este sentido la producción, sea ésta bruta o neta es, como señala Miguel (1959), un concepto absoluto, desde el punto de vista cuantitativo, mientras que el concepto de productividad es relativo, ya que a la idea de cantidad se le asocia la de calidad (Estiballo y Zamora, 2002). La productividad es definida como un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes y servicios.

Ahumada (1987) plantea que la importancia que adquirió el concepto de productividad, se debió a la necesidad que tuvieron los países de utilizar lo más eficiente y racional posible los recursos productivos.

En las últimas décadas las empresas descubrieron que el arma secreta de sus competidores no está basada en una mayor potencia comercial o fuerza financiera, si no en la capacidad de elaborar sus productos de una forma más eficiente, más fiable y precisa (Hayes, Whealwright Clark, 1988).

La productividad es la que la refiere como una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos, y denota la eficiencia con la cual los recursos son usados para producir bienes y servicios en el mercado (Levitan, 1984; Martínez, 1998). La productividad parcial te da la oportunidad de medir los factores que infieren en el proceso de manera individual para observar en qué medida impactan estos dentro de la productividad del proceso.

## **2.2 Estudio de tiempos y movimientos**

Fue en Francia en el siglo XVIII, con los estudios realizados por Perronet acerca de la fabricación de alfileres, cuando se inició el estudio de tiempos en la empresa, pero no fue sino hasta finales del siglo XIX, con las propuestas de Taylor que se difundió y conoció

esta técnica, el padre de la administración científica comenzó a estudiar los tiempos a comienzos de la década de los 80's, allí desarrolló el concepto de la "tarea", en el que proponía que la administración se debía encargar de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo debía tener un estándar de tiempo basado en el trabajo de un operario muy bien calificado. Después de un tiempo, fue el matrimonio Gilbreth el que, basado en los estudios de Taylor, ampliará este trabajo y desarrollara el estudio de movimientos, dividiendo el trabajo en 17 movimientos fundamentales llamados Therbligs (su apellido al revés).

Es el método en el que piensan la mayoría de los empleados de manufactura cuando hablan de estándares de tiempo. Frederick W. Taylor empezó alrededor de 1880 a usar el cronómetro para estudiar el trabajo. Debido a su larga trayectoria, esta técnica está incluida en muchas empresas manufactureras. Los estudios de tiempos se definen como el proceso de determinar el tiempo que requiere un operador diestro y bien capacitado a un ritmo normal, para hacer una tarea específica (Meyers, 2000).

Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos con el uso del cronómetro, el continuo y el de regreso a cero.

### **Método Continuo**

El método continuo se emplea para tareas que son muy concretas, que son difíciles de dividir en sub tareas; luego consiste en dejar que el cronómetro correr desde que se empieza la tarea hasta que se termina, registrando el tiempo total (Sancho, 2008).

### **Método Regreso a Cero**

En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada sub tarea, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo final será la suma de los tiempos de cada sub tarea en la que se ha dividido la tarea (Sancho, 2008).

### **Objetivos del estudio de tiempos**

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservar los recursos y minimizar los costos.
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

### **Takt Time**

El takt time es el tiempo en el que se debe obtener una unidad de producto. Es un término muy conocido en la manufactura el cual se utiliza para establecer el tiempo que se debe tardar en completar una unidad para cumplir con la demanda (Ortiz, 2006).

### **Tolerancias o suplementos**

Es el suplemento que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales (Sempere, Miralles, Romano y Vicens 2003). Valor de la actuación. Para que la comparación entre la escala del tiempo observado de trabajo, y la escala de trabajo estándar sea más efectiva, es necesario tener una escala numérica para hacer una evaluación. Esta evaluación podrá ser utilizada como un factor por el cual el tiempo observado podrá ser multiplicado para dar el tiempo estándar. Hay varios sistemas de evaluación, la más común es el Sistema Westinghouse: Desarrollado por Westinghouse Electric Corporación, el cual ha tenido mucha aplicación especialmente en el ciclo corto y en las operaciones repetitivas. Este método considera 4 factores a evaluar, habilidad, esfuerzo, condición y consistencia. La eficiencia general se obtiene sumando las calificaciones de los 4 factores a una constante de 1 (Salvendy, 2001).

### **Yamazumi**

Yamazumi es una palabra japonesa que significa literalmente “Apilar”.

Una herramienta o diagrama Yamazumi en el Lean Manufacturing se refiere a un diagrama de columnas apiladas que representa las formas en que se reparte el tiempo o la

capacidad de los medios productivos entre producción y problemas. Entendiendo como problema toda parada no planificada de los medios de producción. Toyota utiliza gráficos Yamazumi en sus procesos para presentar visualmente el contenido del trabajo de una serie de tareas y facilitar la coordinación del trabajo y la eliminación de valor no agregado en las operaciones de un proceso productivo.

Un gráfico de Yamazumi es una gráfica de barras, que muestra el balance de cargas de trabajo y el tiempo de ciclo entre un número de operarios de una línea de producción o conjunto de células, de tal forma, que se puede saber cuáles son las actividades que realiza cada operario y el tiempo de duración de cada una de ellas. Las tablas Yamazumi pueden ser de un solo producto o línea de ensamble de múltiples productos

El proceso empresarial comienza en la base de la columna, donde se registran los puestos de trabajo que componen un proceso productivo, y cada bloque se muestra el tiempo que emplea en cada operación tomada en minutos. Las actividades son registradas con un color característico al tratamiento que se le debe dar para el análisis, es decir, los pasos que son necesarios para el proceso, pero en realidad no "añaden valor" son de color naranja; los pasos que marcan una diferencia real y transforman el producto, es decir, agregan valor al producto son de color verde y finalmente los residuos en el proceso como transportes, reprocesos, y desperdicios en general son de color rojo. De los resultados que arroja una tabla Yamazumi, se debe centrar en las actividades de color rojo, las cuales deben ser eliminadas mediante técnicas como Kaizen y demás herramientas del Lean Manufacturing.

## 2.3 Diagrama de precedencias

Es una presentación gráfica de eventos, pasos u operaciones que son parte de un proceso.

Pasos básicos en un Mapa de procesos

1. Define las fronteras o límites del proceso.
2. Identifique las mayores actividades dentro del proceso.

3. Identifique los pasos en el proceso y descubra las complejidades usando lluvia de ideas y técnicas en base a la experiencia.
4. Arregle los pasos en secuencia de tiempo, y diferencie las operaciones por símbolos.
5. Valide el mapa del proceso “caminando a través” del proceso actual y dejando que otros expertos del proceso lo revisen para consistencia.

	Conejito: Junta Múltiples paso		Transporte: Mover de un lugar a otro.
	Actividad: Actividad/Paso del proceso		Transmisión: Enviar información por medios electrónicos
	Puntos de decisión: Un paso donde un cambio puede ocurrir (pasa/ no pasa)		Almacenamiento: Almacenar para usar después
	Inicio/Punto de finalización: Frontera del proceso.		Retraso: Espera la próxima operación, no agrega valor.

Tabla 2-1 Símbolos estándar en un mapa de proceso

## 2.4 Diagrama de flujo de proceso.

Es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos períodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos.

Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta (Niebel, 2009).

## 2.5 Value Stream Mapping.

Es el proceso de identificar y graficar los flujos de: información, procesos y bienes físicos a través de toda la cadena de suministro desde el proveedor de materia prima hasta la posesión del cliente (Dailey 20013)

Es una herramienta básica de la planeación para identificar desperdicios y diseñar soluciones.

Womack y Jones (Pensamiento Lean, 1996) visualizar la cadena de valor, así: materias primas, junto con el conocimiento y la información entran en el sistema de aguas arriba (los proveedores), y los productos o servicios de flujo de valor fuera de los sistemas de aguas abajo (los clientes). Los procesos individuales que tienen lugar en el medio son los que agregan valor al producto o servicio a medida que fluye a través de ellos. (Jones, 2003) Es un modelo simple pero poderoso. Si una actividad o proceso no agrega valor, se elimina.

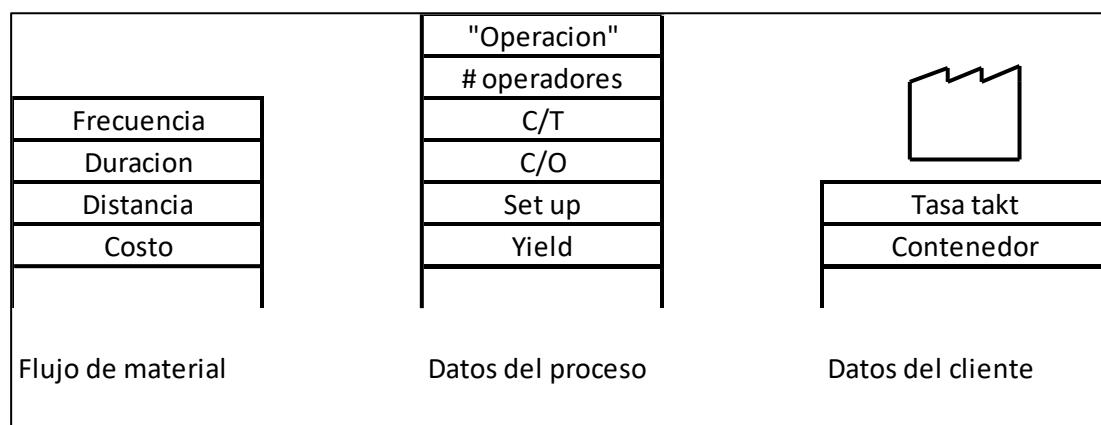
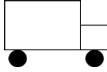
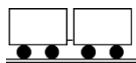
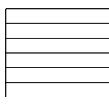


Figura 2-1 Casilleros para VSM.

Las siguientes variables de proceso son usualmente recomendadas:

- Número de operadores.
- Numero de partes.
- Tiempo de ciclo “C/T” (el tiempo que tarda cada paso en el proceso en completar sus tareas).
- Tiempo de trabajo efectivo (minutos de break y tiempo excluido).
- Setup time (el tiempo que toma cambiar que se tarda en pasar un la producción a otro tipo de producción).
- Tiempo disponible (el tiempo durante el cual las personas y las maquinas agregan valor).
- Producción por turno.
- EPE (Producción de tamaño de lote).
- Tasa de desechos. (Número de piezas retrabajadas y merma por cada operación).
- RTY.
- Disponibilidad del equipo

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
	Fuentes externas: representa clientes y proveedores.		Enlace de operaciones basado en la secuencia "primeras entradas, primeras salidas".
	Flecha de traslado de proveedor a planta o de planta al cliente.		Relámpago kaizen. Sirve para dar a entender que en este punto de la cadena de valor se debe realizar un evento de mejora enfocado a implementar la herramienta Lean que contenga el relámpago.
	Transporte mediante camión de carga.		Inventario: Producto y material que no ha empezado a ser procesado.
	Transporte por tren.		Supermercado.
	Transporte por avión.		Célula de manufactura.
	Operación del proceso.		Caja de nivel de carga.
	Reserva o stock de seguridad.		Casillero de datos, que se coloca debajo de las operaciones. En él se incluye información como tiempo de

			ciclo, tiempo de cambio entre productos, fiabilidad del equipo, tiempo disponible por turno, yield, etcétera.
	Flecha de empuje que se utiliza para conectar operaciones en las que el material se mueve mediante un sistema empujar.		Kanban post
	Retrabajo		Retiro de kanban
			Producción kanban

Tabla 2-2 Uso de símbolos en el Value Stream Mapping

Pasos para un VSM (Design for Six Sigma +Lean Toolset 2009) :

1. Defina grupos de producto y / o familias del producto
2. Describa el proceso en un nivel de alto
3. Determine nivel de detalle del nivel de proceso
4. Visualice el proceso
5. Determine el material y flujo de información

6. Añada cajas de datos, determine las medidas para coleccionar datos

7. Defina e identifique el tiempo de operación.

- Mapa del estado actual. El mapa del estado actual será un documento de referencia para determinar excesos en el proceso y documentar la situación actual de la cadena de valor.

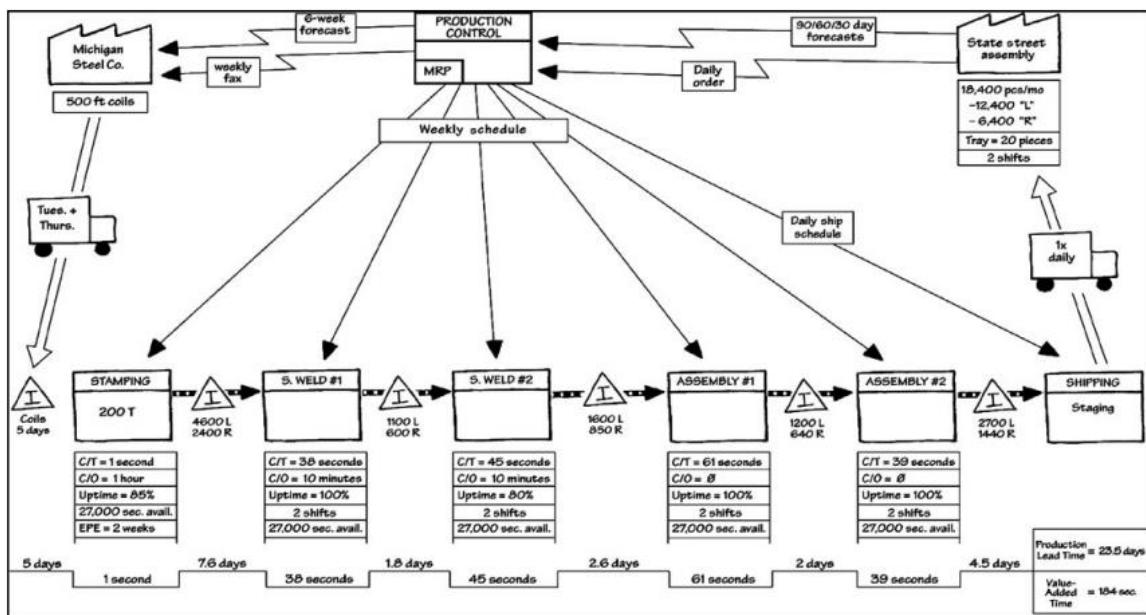


Figura 2-2 Mapa completo de la cadena de valor para un proceso de manufactura.

- Mapa del estado futuro. El mapa de valor futuro presenta la mejor solución a corto plazo para la operación, tomando en cuenta las mejoras que se van a incorporar al sistema productivo. Es importante observar que los mapas futuros presentan sistemas jalar, a diferencia de los mapas actuales, que muestran sistemas de empuje. El mapa futuro representa parte del plan de acción para implementar las herramientas Lean, dada una situación previamente analizada.

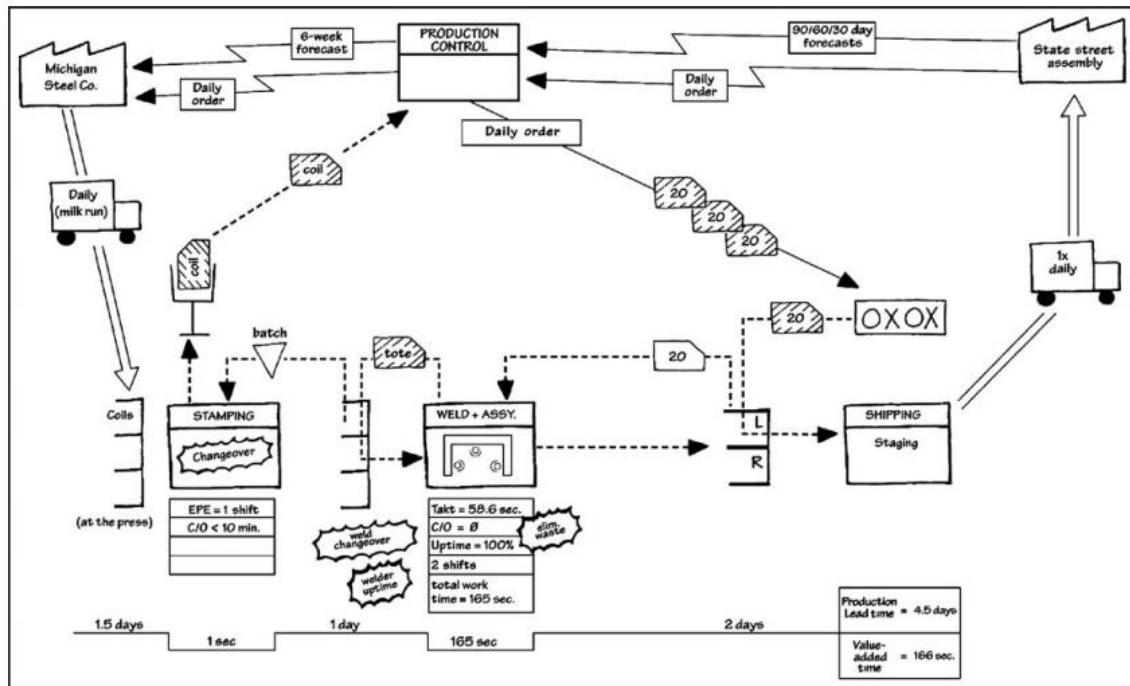


Figura 2-3 Mapa de futuro de la cadena de valor con eventos Kaizen.

## 2.5 Metodología Kaizen

Kaizen (Mejora continua) es una estrategia en la que los empleados de todos los niveles de una empresa trabajan de forma proactiva para lograr mejoras periódicas e incrementales en el proceso de fabricación. En cierto sentido, combina los talentos colectivos dentro de una empresa para crear un potente motor de mejora.

El significado de kaizen es “Cambio para mejorar”. Y si una frase puede sintetizar el concepto es “siempre hay un método mejor”.

Kaizen es parte de un plan de acción y parte de una filosofía.

Como plan de acción, Kaizen trata de organizar eventos enfocados en mejorar áreas específicas dentro de la empresa. Estos eventos involucran equipos de empleados en todos los niveles, con un énfasis especial en la participación de los empleados de la planta.

Como filosofía, Kaizen se trata de construir una cultura en la que todos los empleados participen activamente en sugerir e implementar mejoras en la empresa. En compañías realmente esbeltas, se convierte en una forma natural de pensar tanto para los gerentes como para los empleados de la planta.

Kaizen trabaja mano a mano con el trabajo estandarizado. El Trabajo estandarizado captura las mejores prácticas actuales para un proceso, y Kaizen busca encontrar mejoras para esos procesos. Tenga en cuenta el énfasis en la corriente; El trabajo estandarizado es la documentación viva (evoluciona continuamente a través de Kaizen).

## 2.6 Balanceo de línea

En toda empresa, el diseño de líneas para sistemas de producción es de suma importancia debido a que la situación económica de las mismas depende del rendimiento de fabricación. Como todo la fabricación es una función con valor agregado, la eficiencia de las actividades contribuirá de manera destacada en la rentabilidad económica de la empresa a corto y a largo plazo (Muñoz, 2009). Por tanto, este autor menciona que el ambiente actual demanda que las empresas respondan con rapidez a los múltiples requerimientos de los clientes. En base a esto, han surgido estrategias de fabricación, entre ellas la manufactura esbelta, que se considera un método viable y efectivo para alcanzar la eficiencia. La manufactura esbelta o lean manufacturing es un término genérico que se da a las aplicaciones del sistema de producción Toyota. Este sistema se refiere tanto a fabricación flexible, manejable, sincrónica, como a la fabricación según el flujo de demanda. El objetivo último de un sistema de este tipo consiste en reducir los siete despilfarros principales tal y como los presenta Taiichi Ohno. Entre estos despilfarros se encuentran: el procesado, movimientos innecesarios, esperas, nivel de existencias, sobreproducción, transportes y la corrección de defectos.

Así pues, “El valor de la manufactura esbelta es eliminar todos los desperdicios o muda, incluyendo las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio o procesos”. En este sentido, la muda es una palabra Japonesa, muy sencilla y útil que significa cualquier

actividad, proceso u operación que no agrega valor al producto o servicio para el consumidor o cliente. Así pues, en la empresa bajo estudio, se ha introducido un nuevo producto llamado BT Ibox, en el cual su línea de producción no cuenta con los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento ya que se presenta principalmente tiempo de ocio y scrap (desperdicio), por lo que se quiere eliminar estos desperdicios.

Así pues, en la empresa bajo estudio, se ha introducido un nuevo producto llamado BT Ibox, en el cual su línea de producción no cuenta con los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento ya que se presenta principalmente tiempo de ocio y scrap (desperdicio), por lo que se quiere eliminar estos desperdicios. Los autores Kosky, Balmer, Keat y Wise (2009), aseguran que la manufactura esbelta es la manera óptima de producir bienes a través de la eliminación del desperdicio y de la implementación del flujo. Según los mismos autores, la manufactura esbelta es una filosofía de administración de procesos que se enfoca en la reducción de los 7 desperdicios identificados por Toyota.

Andriani, Biasca y Rodríguez (2003), dicen que los 7 desperdicios clasificados por Taiichi Ohno, padre del sistema Toyota de producción son los siguientes más uno identificado actualmente:

1. Sobreproducción.
2. Inventario.
3. Defectos, retrabajos y reparaciones.
4. Movimiento.
5. Del proceso.
6. Esperas (colas).
7. Transporte.
8. Desperdicio del talento humano

Por su parte, el autor Bohan, menciona que estos son algunos ejemplos de desperdicios o muda que se presentan en las áreas o líneas de producción:

- Áreas de trabajo con exceso de personal.
- Líneas de producción desequilibradas. Una operación, una persona o un equipo trabajan a un ritmo más rápido o más lento que otros en la línea.
- Falta de asignación de trabajo.
- Los operarios que carecen de una capacitación adecuada.
- Esperas para realizar cambios o ajustes de moldes.
- Configuración deficiente del área de trabajo.
- Errores en la planeación o en la programación y secuencias de trabajo.
- Excesiva distancia de desplazamiento de productos durante el proceso de producción.

### **Líneas de producción**

Las líneas de producción son secuencias de actividades que dan lugar a la producción de bienes y servicios determinados. Suponen una combinación determinada de insumos, una cantidad de trabajo, de materias primas y de equipo e instalaciones necesarios para producir un “lote de producto” en un periodo dado.

### **Balanceo de Líneas**

El aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizaran un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra. Los pasos para iniciar el estudio de equilibrado o balanceo de líneas es el mismo que en cualquier otro tipo de proceso productivo que consiste en:

1. Definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo.
2. Tiempo necesario para desarrollar cada tarea.

3. Los recursos necesarios.

4. El orden lógico de ejecución. Así mismo, se señala que los propósitos de la técnica de balanceo de líneas de ensamble son las siguientes:

- Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Reducir el costo de producción.
- Establecer el tiempo estándar.

El balanceo de líneas se hace para que en cada estación de trabajo exista el mismo tiempo de ciclo, es decir, el producto fluya de una estación a otra cada vez que se cumple el tiempo de ciclo por lo que no se acumula. Todas las estaciones deben pasar el trabajo realizado a la siguiente estación de trabajo cada vez que se cumple el tiempo de ciclo, por lo tanto no hay cuellos de botella porque todas las estaciones tardan lo mismo.

Trabajo Estandarizado En toda empresa de manufactura podemos encontrar líneas de producción, y son responsables desde el diseño hasta la producción. Por consiguiente, ¿Cómo sería el resultado si cada persona en cada área, trabajara de diferente modo? Por ejemplo, si el método de operación fuese diferente entre cada uno de los turnos.

Possiblemente se presentarían las siguientes problemáticas:

- Se producen diferentes defectos por cada uno de los miembros
- Se dificulta conocer la causa de las fallas de la operación
- La mejora de la operación se hace problemática dado que cada quien realiza la operación a su forma de pensar
- Se realizan actos inseguros por cada uno de los miembros
- Se dificulta la capacitación y el entrenamiento del personal
- Se generan retrasos entre operaciones que se reflejan en el incumplimiento de las entregas de la producción al siguiente proceso
- Se incrementan los costos por daños en el producto por malas prácticas en la operación.

Por lo tanto, la operación estándar debe de incluir todos los requisitos importantes dentro de la organización e incluirlos para que estos se realicen de forma sistemática (González, 2007).

## 2.4 Metología 5S

Las herramientas Lean constituyen un gran avance para la implementación de las mejoras en los procesos que generan valor en un negocio. Sin embargo, uno de los elementos de gran importancia para esto tiene que ver con la cultura y los hábitos desarrollados a lo largo del tiempo. Por ello, al hablar aquí de orden y limpieza, consideramos no solo la aplicación de una herramienta básica, si no del desarrollo de buenos hábitos de orden y limpieza que establezcan bases más consistentes y apreciables para la edificación y aplicación de muchas herramientas que se verán más adelante.

El método de las 5's fue desarrollado por Hiroyuki Hirano y representa una de las piedras que enmarquen el inicio de cualquier herramienta o sistema de mejora. Por ello, se dice que un buen evento de mejora es aquel que inicia con las 5's.

A este sistema se le conoce como 5's porque cada una de las palabras originales (en Japonés) de la metodología inicia con la letra "s".

- Seiri – Seleccionar
- Seiton – Organizar
- Seiso – Limpieza
- Seiketsu – Estandarizar
- Shitsuke – Seguimiento

### Definición

Las 5's constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en 5 etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios en el largo plazo.

Se dice que si una empresa no ha funcionado la implementación de las 5's, cualquier otro sistema de mejoramiento de los procesos está destinado a fracasar, esto se debe a que no requiere tecnología ni conocimientos especiales para implementarlas, sólo disciplina y autocontrol por parte de cada uno de los miembros de la organización. Este autocontrol organizacional adquirido en estas 5 etapas será el cimiento de sistemas más complejos, de mayor tecnología y mayor inversión.

Un programa de 5's constituye mediante el desarrollo de las siguientes etapas:

- **Seiri (Seleccionar)**

Consiste en retirar de nuestro lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios.

- **Seiton (Organizar)**

Consiste en ordenar los artículos que necesitamos para nuestro trabajo, estableciendo un lugar en específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación localización, disposición y regreso al mismo lugar después de usarla.

- **Seiso (Limpiar)**

Consiste básicamente en eliminar la suciedad y evitar ensuciar, siempre con la idea en mente de que al limpiar, también estamos inspeccionando lo que limpiamos.

- **Seiketsu (Estandarizar)**

Consiste en lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logrados en las tres primeras etapas, se ejecuten consistentemente y de manera regular para asegurar que la selección, organización y la limpieza se mantengan en las áreas de trabajo.

- **Shitsuke (Seguimiento)**

Consiste en convertir en un hábito las actividades de las 5's, manteniendo correctamente los procesos generados mediante el compromiso de todos, así como participando en los eventos Kaizen que resultan también de las necesidades de mejora surgidas en el lugar de trabajo.

### **¿Para qué se implementan las 5's?**

Un programa de 5's nos ayuda a mejorar la limpieza, la organización y el uso de nuestras áreas de trabajo. Con esto conseguimos:

- ✓ Aprovechar mejor nuestros recursos, en especial nuestro tiempo.

- ✓ Hacer visibles y evidentes anomalías y problemas.
- ✓ Gozar de un ambiente de trabajo más seguro y placentero.
- ✓ Incrementar nuestra capacidad de producir más artículos de mejor calidad.
- ✓ Tener un lugar presentable ante nuestros clientes.

### **¿Cuándo se utilizan las 5's?**

Cuando necesitamos reducir los tiempos de ciclo aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir y reduciendo el tiempo para cambiar herramientales. También resultan útiles cuando deseamos implementar nuevos sistemas en la administración de la cadena de valor, ya que todos dependen en gran medida de la calidad (disciplina) de las personas que en ellos participan.

Esta herramienta es muy poderosa y podemos aplicarla en áreas como:

- Almacenes.
- Áreas de producción.
- Áreas de uso común.
- Oficinas.
- Talleres.
- Vehículos.
- Portafolios.
- En el propio hogar.

### **¿Cuánto tiempo toma implementar las 5's?**

La implementación inicial, con las tres primeras etapas a un nivel aceptable es de uno a seis meses. Es preciso tomar en cuenta que la cuarto y la quinta etapas consisten en la estandarización y el seguimiento, por lo que este proceso tiene un inicio, pero nunca un final.

Cuando hablamos de tiempo de implementación es recomendable seguir esta secuencia:

Etapa 0. Planeación y preparación: 1 mes.

Etapa 1. Selección: “el mes de la selección” para todos.

Etapa 2. Orden: 1 mes.

Etapa 3. Limpieza: 1 mes.

Etapa 4. Estandarizar: 1 mes.

Etapa 5. Seguimiento: no tiene fin.

(Socconini, 2008).

## **3. Capítulo 3 Desarrollo**

### **3.1 Fase 1 Definir el problema.**

El enfoque del presente estudio se centrará en la propuesta de mejora a la línea de ensamble de puertas, para la cual se recomienda ampliar la capacidad de producción del programa del avión A220, al establecerse la línea no fue diseñada para cubrir altos volúmenes de producción sin embargo parte de la propuesta ayudará a incrementar hasta en un 500% la capacidad de la línea actual ofreciendo oportunidad de empleo para la región en el sector aeronáutico.

Desde 2013 que arrancó la línea de producción la capacidad instalada es de 15 sets de puertas, al asociarse Bombardier con Airbus la demanda del avión incrementa por lo que la capacidad de ensamble de la línea de producción requiere ser revisada para cubrir la demanda requerida por el cliente; así mismo se revisarán las oportunidades con base en Lead time actuales, deficiencias del proceso para sugerir una propuesta con un enfoque y pensamiento Lean en el que el resultado garantice el seguimiento de los procesos.

#### **3.1.1 Carta proyecto**

Se realizó una carta de proyecto que nos muestra los puntos más importantes a considerar para entender más fácilmente a qué se enfoca el proyecto y cuál será el desarrollo del mismo.

Project Charter (one per Key Strategy)										
Project Identification			Strategic Alignment							
Initiative Name:	Preparación para la producción en la línea de ensamblaje de puertas Passenger del avión A220 para lograr un takt time de 3 días			Strategic Priority	Flawless Execution					
Leader:	Alejandro Temis Sánchez			AES Lever	Productivity					
Key Players:	Noé Hernández González, Juan Manuel Barrón Villagrán									
Collaborators:	David Eduardo Fernández (logística), Carlos Calzonzi (calidad), Salvador Zúñiga (producción), Juana Anahí López (métodos)									
Decision Makers:	Fernando Becerril, Philippe Harpin, Manuel Ruiz									
Date:	Oct - 16 - 2015									
Timeline			Metric/Objective	Metric	takt time	Objective				
Suggested Start Date	Ago - 06 - 15	Suggested End Date	Feb - 06 - 19			3 days				
BSC Target	12-15 Months	Duration (Months)	6	Other Metrics Impacted	Lead time, unit cost, eficiencia, overtime					
General Description			Specific Deliverables							
Se implementará una reingeniería a la línea de ensamblaje que nos permita tener un takt time de 3 días, esto es debido a que la línea actual cuenta con un takt time de 20 días y no tiene la capacidad tanto de personal, herramientas y maquinaria para cumplir dicho requisito.			VSM situación actual Reestructuración del proceso (cahiers) Análisis de capacidad Balanceo de líneas Propuesta de layout Flujo de materiales Andon Trabajo estandar Ayudas visuales 5 s							
In Scope (Inclusions)		Known Dependencies With Other Processes			Major Success Factors (Assumptions)					
Desde el análisis de la situación actual hasta la propuesta del diseño de línea.		Métodos (configuración de los pasos a seguir en el proceso) Ingeniería de planta (Mantenimiento e instalación de servicios) Almacén (entrega del material requerido) Calidad (validación de un buen trabajo)			Disponibilidad del personal Inversión en herramientas e infraestructura Cambios en procesos y procedimientos					
Out of Scope (Exclusions)		Stakeholders (Other Dept. Impacted)	Suggested Governance		Risks / Constraints					
Implementación y verificación de resultados.		Ingeniería Industrial Master Scheduler Logística Producción Finanzas Métodos	Ingeniería Industrial Master Scheduler Logística		Espacio Herramientales de trabajo (manuales y fijas) Personal con poca experiencia					
Key Resources Needed?										
		Timeline								
		Main activities	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre				
Capital humano (autorización por parte del equipo de liderazgo y apoyo por parte de los involucrados)		Análisis de la situación actual (recopilación de datos)				Diciembre				
Capital monetario (recurso económico para cumplir el presupuesto que se requerirá)		VSM actual				Enero				
		Reestructuración del proceso (cahiers)								
		Análisis de capacidad								
		Balanceo de líneas								
		Propuesta de layout								
		Flujo de materiales								
		Andon								
		Trabajo estandar								
		Ayudas visuales								
		5 s								

BOMBARDIER

Figura 3-1 Carta proyecto

Antes de llevar a cabo el plan mencionado en la carta proyecto fue necesario conocer más a fondo el proceso de la línea de ensamblaje, y de la misma manera definir y tener una visión más amplia sobre los problemas que presentan en ella.

### 3.1.2 Value Stream Mapping

Para un mayor entendimiento del problema se optó por la realización de un VSM, el cual nos permitió ver a detalle cada estación de trabajo y los problemas que presentó, para poder llevar a cabo este ejercicio se solicitó la ayuda de los “líderes de equipo” de cada estación, lo cual nos permitió tener un conocimiento más a fondo de cada paso que conlleva el ensamble de una puerta, además de hacer partícipes a los supervisores del área y al gerente del contrato.

Al comenzar el desarrollo de esta herramienta se pusieron en discusión los puntos ya conocidos de la línea de ensamble; uno de ellos es que cuenta con 4 estaciones de trabajo, el equipo de soporte conformado por calidad, métodos, logística, producción, aprendizaje organizacional e ingeniería industrial en conjunto con el equipo de producción definieron y entraron en detalle acerca de las actividades que se realizan en cada estación, estas fueron desglosadas como muestra la figura 3.2 y 3.3, representan las operaciones que consumen más tiempo en el proceso dentro de cada estación.

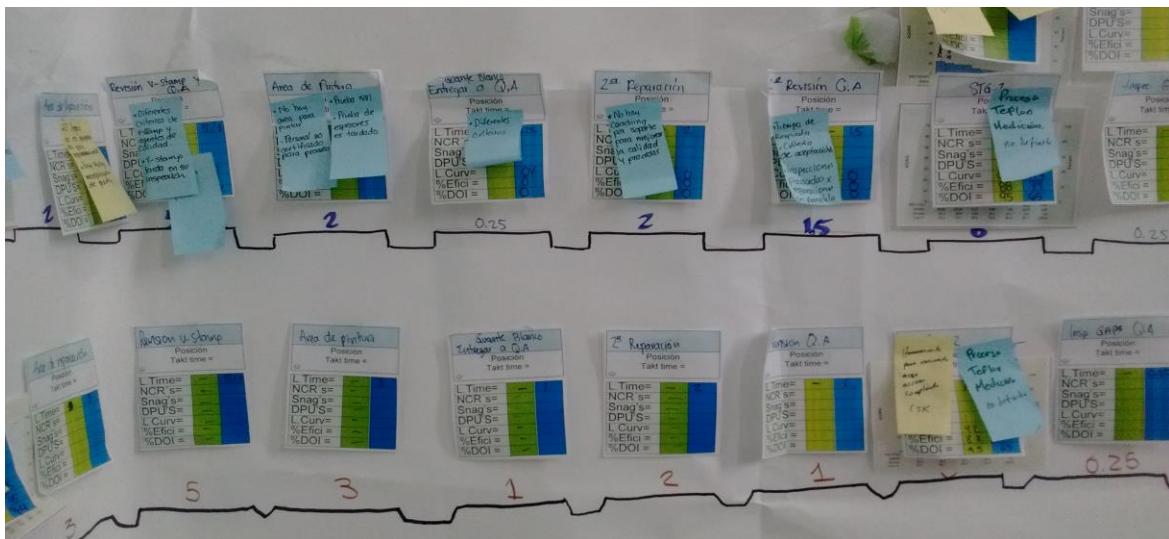


Figura 3-2 Ejemplo de operaciones críticas obtenidas

Figura 3-3 Value Stream Mapping



En la figura 3.4 Se presenta la manera en que se dividió la información para cada actividad, los datos mostrados en las casillas fueron definidos por el equipo natural de soporte, considerando los necesarios para realizar el VSM, en color verde se colocó el estándar de cada una de ellas, y en azul la información que se obtuvo del análisis realizado con ayuda del equipo de producción.

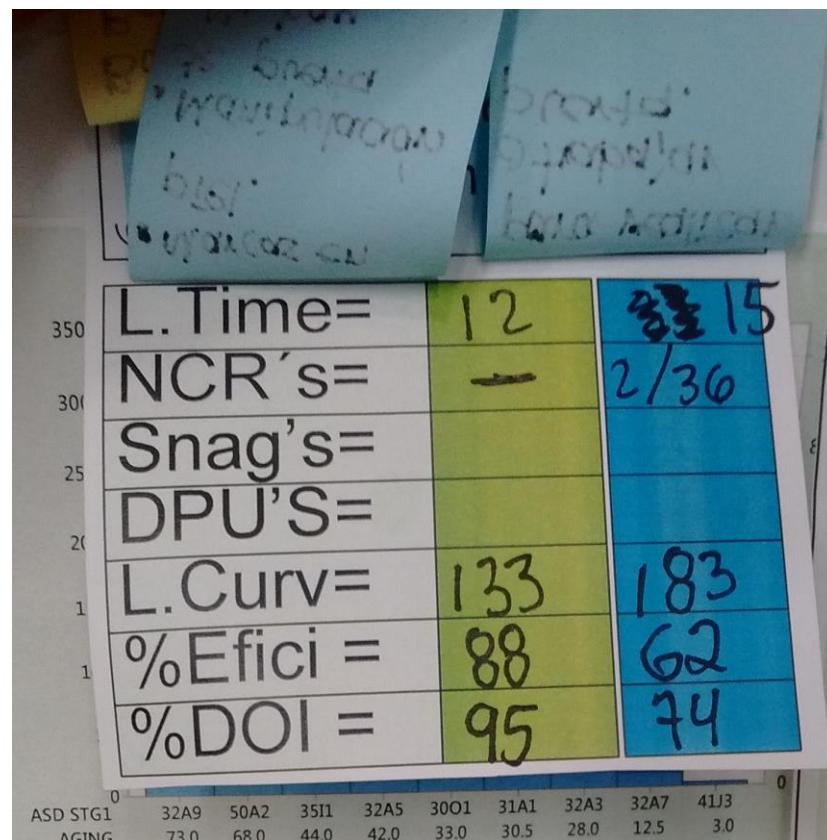


Figura 3-4 Caja de datos VSM, en los datos mostrados en esta imagen, el lead time es medido en días.

Como parte del ejercicio del VSM en la figura 3.5 se puede apreciar la lluvia de ideas que se realizó a través del involucramiento del equipo de trabajo natural liderado por el área de producción dando objetivamente las causas por las que se presentan dichos desperfectos a lo largo de la línea de ensamble.

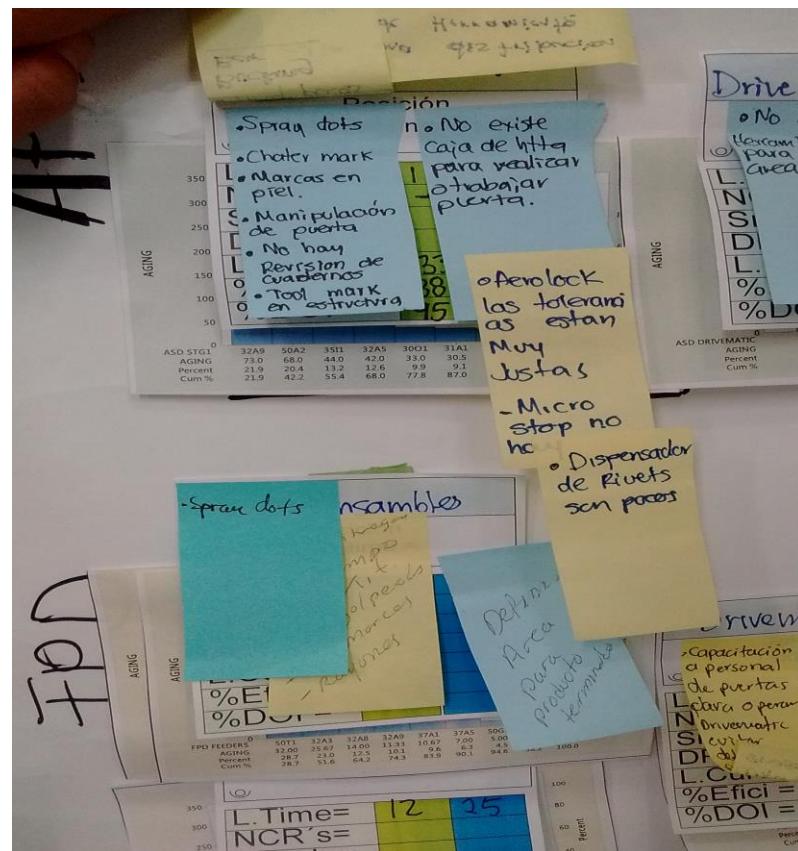


Figura 3-5 Participación del equipo de trabajo

Al tomar en cuenta todas las acciones discutidas durante la realización de VSM y realizando la suma de cada tiempo definido por parte del equipo de trabajo se logró determinar un lead time promedio, el cual demostró ser mayor hasta en un 200% del estándar en que debería ser terminada figura 3.6

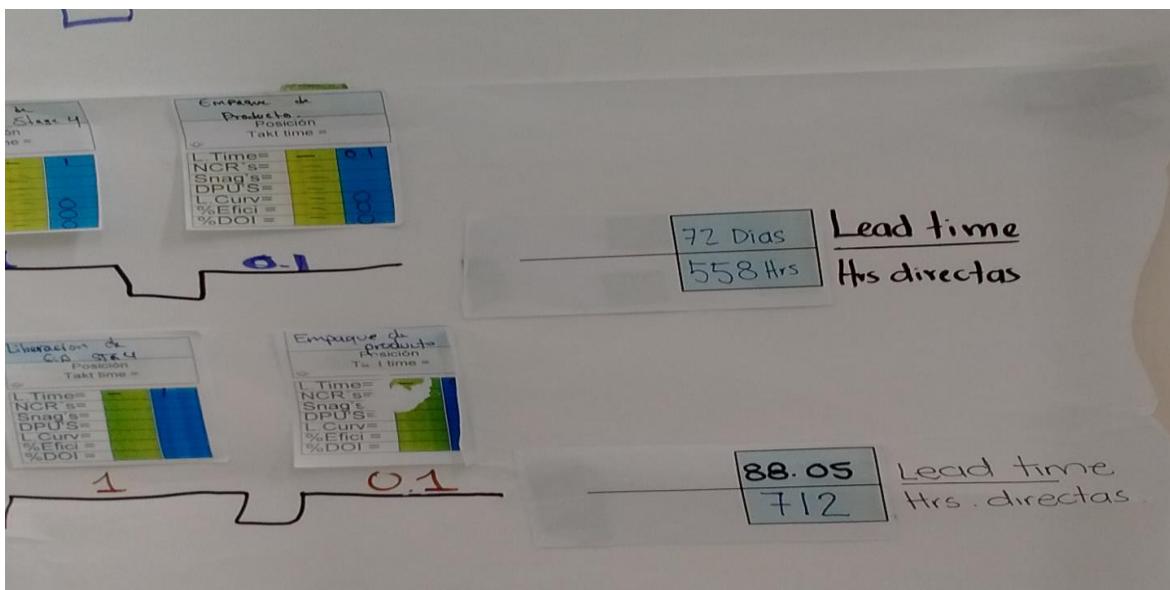


Figura 3-6 Lead time resultante del VSM

## 3.2 Fase Medir.

Antes de realizar la planificación a mayor escala, es necesario: identificar y medir el impacto de los principales problemas con el fin de considerar un plan de control óptimo del proceso, el cual a través del VSM realizado y de un análisis de datos obtenidos de observaciones en piso de producción, análisis de datos extraídos de sistemas de registro de tiempo por medio de operadores, nos arrojaron los resultados adecuados para poder hacer un análisis preciso; para obtener una mejor visión en diferentes perspectivas del proceso a trabajar, se desarrollaron las siguientes herramientas.

### 3.2.1 Mapa de proceso del ensamblaje.

A través de este gráfico se proyecta una idea de las acciones principales que tienen lugar en la línea de ensamblaje de la puerta y la relación que existe entre cada una de ellas, con la finalidad de ampliar el conocimiento acerca de los pasos a realizar durante el proceso,

además de definir los roles y responsabilidades para cada departamento y equipo de trabajo que integran la línea de producción.

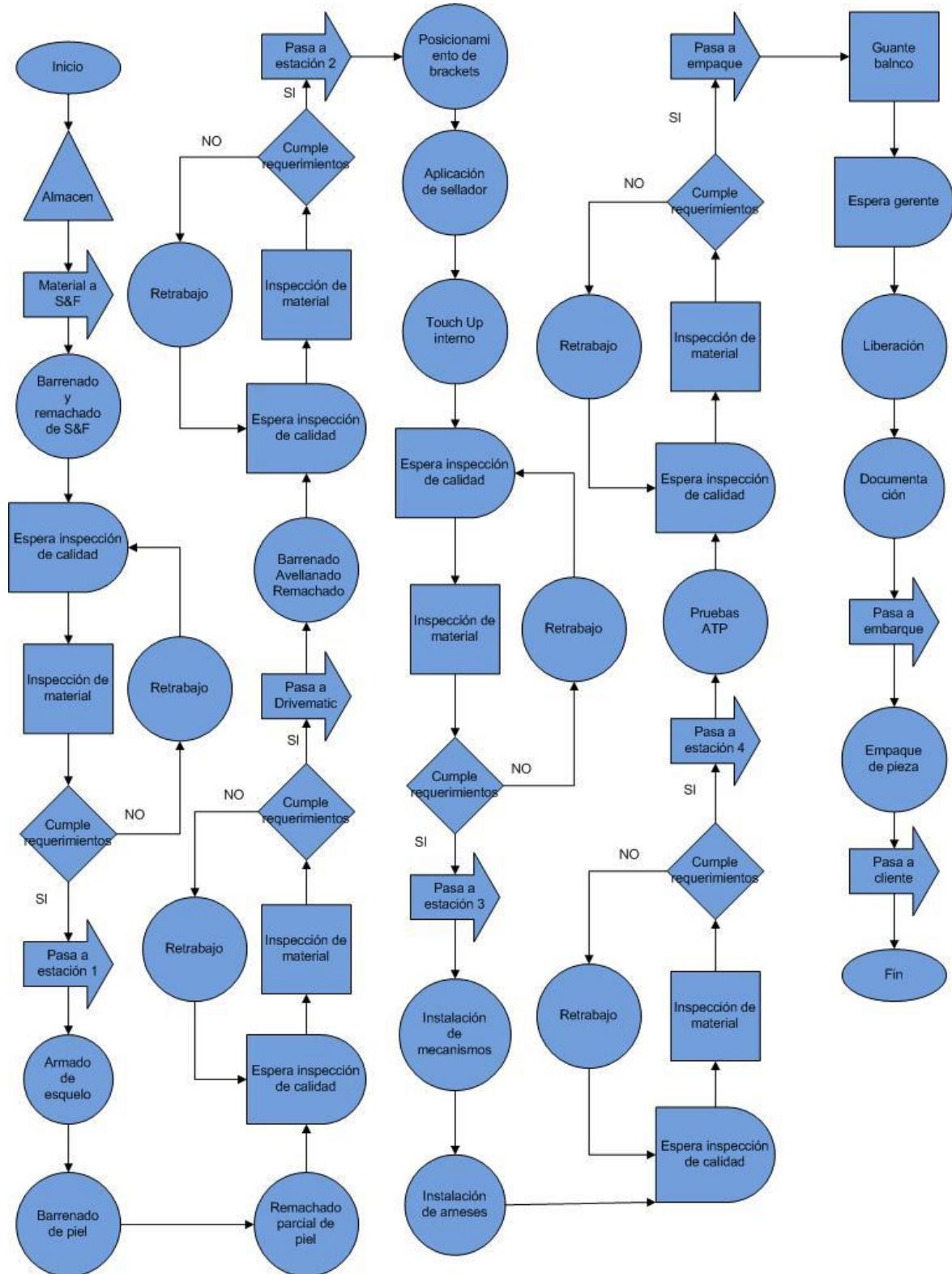


Figura 3-7 Mapa de proceso

### 3.2.2 Diagrama de Spaghetti.

Es una herramienta mediante la cual determinamos una visualización de los flujos existentes a través de nuestros sistemas de producción. Representamos los movimientos que realizan los operadores dentro del área de trabajo, buscando con esto el orden adecuado y más lógico del proceso, reduciendo los tiempos de desplazamiento que realizan los operarios para poder llevar a cabo sus actividades, aumentando también con ello su rendimiento de producción.

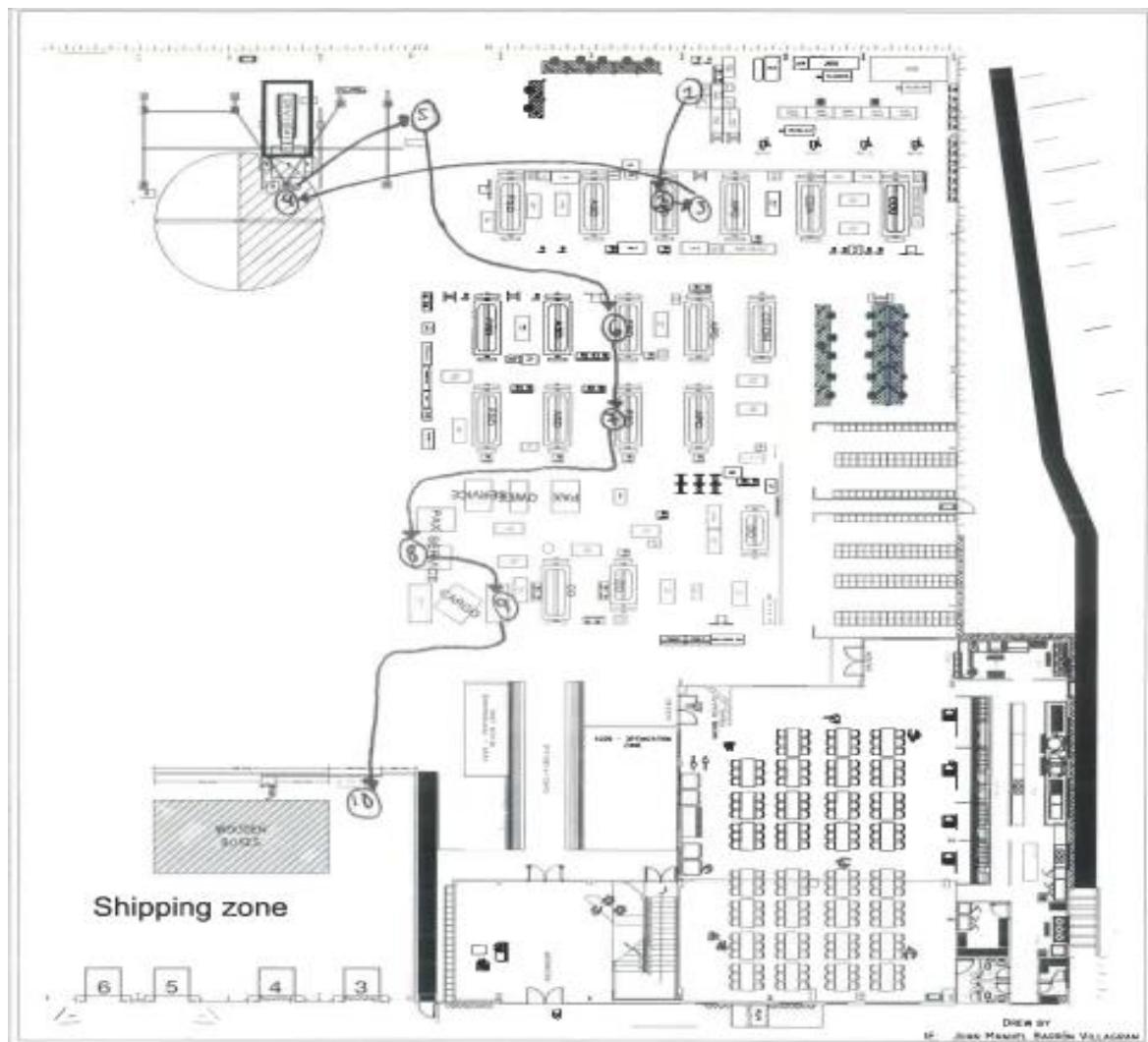


Figura 3-8 Diagrama de Spaghetti

La planta cuenta con una superficie de 1134 m<sup>2</sup> destinada para el área de las puertas; en la figura 3.8 Podemos darnos observar que no existe un flujo de producción visible en la línea de ensamble, otro punto tomado en consideración son las 10 posiciones diferentes por las cuales debe de pasar cada ensamble antes de ser enviadas al cliente, las cuales son descritas a continuación:

- **Subs & Feeders (Posición 1)**

La primera parte del proceso se encarga de realizar los sub-ensambles, piezas pequeñas que son las principales para poder armar la estructura interna de la puerta, además de feeders, que son los mecanismos para el funcionamiento de la puerta.

- **Estación 1 (Posición 2 y 3)**

Esta estación cuenta con dos posiciones, en la primera se hace el ensamble del esqueleto sobre un jig y en la segunda se realiza el barrenado, avellanado y remachado de la piel sobre una mesa diseñada para la puerta.

- **Drive Matic (Posición 4, también se contempla como estación 1)**

Esta es una máquina, la cual es controlada mediante dos controles manuales que hacen se mueva en 3 ejes, es configurada para que realice el barrenado, avellanado y remachado de manera automática.

- **Inspección y reparaciones (Posición 5)**

En esta posición se realiza una inspección por parte del personal de calidad, el cual mediante las especificaciones aeronáuticas, determina si el trabajo realizado es el adecuado para que la puerta pueda seguir avanzando de estaciones, en caso de que se encuentre un desperfecto son señalados, con la finalidad de que se haga un re-trabajo o reparación en esa zona y poder corregir el error.

- **Estación 2 (Posición 6)**

En esta estación se realiza el posicionamiento de sujetadores (brackets) internos y externos los cuales sirven para posicionar cables, posteriormente se realiza Touch Up procedimiento en el que se detalla la estructura interna de la puerta con pintura y sellador.

- **Estación 3 (Posición 7)**

El trabajo correspondiente a esta estación es la instalación de mecanismos o feeders, como palancas, manijas, ventanas, líneas aerodinámicas, selladores de presión, cables eléctricos, etc.

- **Estación 4 (Posición 8)**

Se realizan las pruebas de ATP, las cuales consisten en verificar el funcionamiento del cerrado de la puerta simulando un fuselaje.

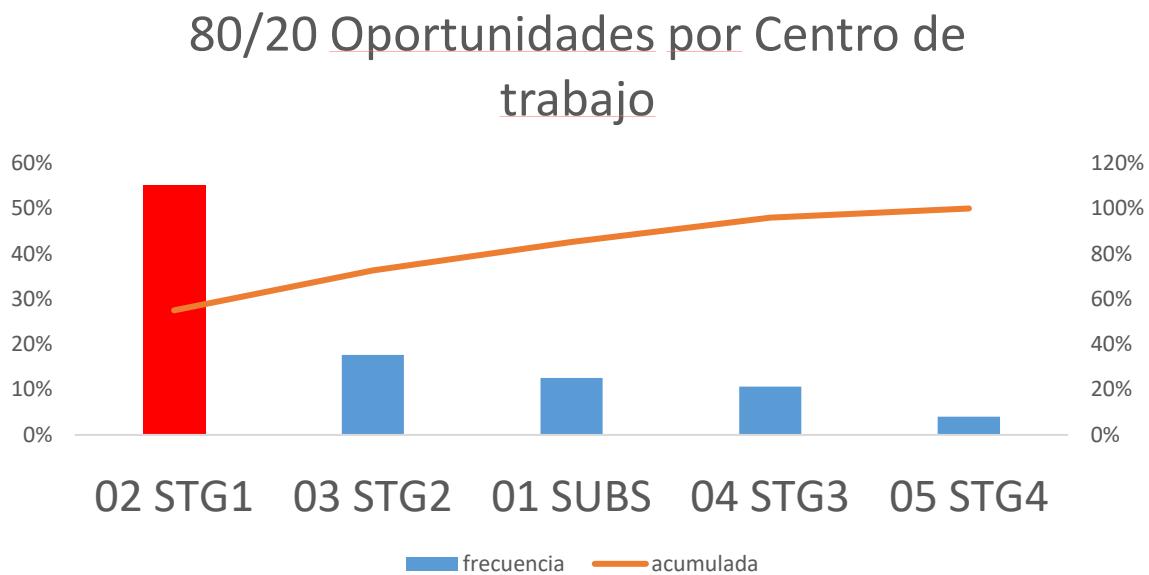
- **Guante blanco (Posición 9)**

Consiste en inspecciones por parte del equipo de calidad, seguido de la orden de liberación, el supervisor revisa que el trabajo sea completo y da seguimiento al gerente para que pueda ser liberada, y enviada al área de embarques.

- **Embarque (Posición 10)**

Se encargan de empaquetar la puerta, también se le agrega su documentación correspondiente, para que comience su traslado hasta donde finalmente es ensamblada al avión.

Para segmentar el proyecto y proponer una mejora enfocada de proceso, se realizó un diagrama de Pareto, gráfica que nos ayudó a identificar de forma visual que estación de trabajo es aquella que nos genera un problema mayor, identificando de esta manera el cuello de botella; en este caso como se muestra en la figura 3.9 la estación 1 es la que acumula más horas, con un total de hasta 5 veces su estándar, tomando datos históricos que fueron proporcionados por el departamento de ingeniería industrial y comprenden un año de producción, además de proponer un diagrama de flujo de proceso que nos diera un aproximado de los tiempos consumidos por operación.



*Figura 3-9 Pareto de oportunidades por centro de trabajo*

### 3.2.3 Diagrama de flujo de proceso.

A diferencia de los diagramas anteriores, esta representación incluye información considerada deseable para el análisis, en este caso se están considerando los tiempos de producción para las actividades realizadas, esto con la finalidad de conocer el tiempo aproximado en el cual se realizan las operaciones durante un ensamble; en la figura 3.10 se observa el diagrama realizado con un promedio de los datos, dándonos una vista preliminar de las operaciones que nos consumen un mayor tiempo.

Diagrama de flujo del proceso			
Ubicación: Bombardier Aerospace México, planta "El Marques"		Resumen	
Actividad:	Elemento	Presente	Propuesto
Fecha: 28/10/2018	Operación	18	
Operador: -	Transporte	13	
Analista: Alejandro Temis Sánchez	Retrasos	3	
Encierre el método y tipo apropiados	Inspección	13	
Método: Presente Propuesto	Almacenamiento	8	
Tipo: Trabajador Material Maquina	Tiempo (hrs)	570.515	
Comentarios:			
Descripción de los elementos	Símbolo	Tiempo (Hrs)	Recomendaciones al método
Almacén		48	
Hacia Subs & Feeders		0.17	
Subs & Feeders		0	
Llegada de kit de partes		54.07	
Ensamble de Sub-ensambles		57.2	
Ensamble de Feeders		16.13	
Inspección de ensambles		0.08	
Hacia estación 1		0.17	
Estación 1		0.017	
Llegada de las pieles y subensambles		15.305	
Hacia los Jig		8.17	
Armando de esqueleto en el Jig		2.4	
Barrenado		6.1	
Inspección del barrenado		4.33	
Avellanado		29.12	
Inspección del avellanado		0.05	
Colocación y remachado de los rivets		8.31	
Hacia la mesa (Trolley)		0.08	
Inspección del flushness		0.05	
Hacia Drive Matic		18.13	
Drive Matic		2.21	
Llegada de esqueleto y piel		94.04	
Montado a casset		3.72	
Barrenado, avellanado y remachado		2.86	
Inspección		6	
Retrabajo		2.96	
Inspección		0.08	
Aplicación de pintura		0.08	
Tiempo de espera		0.17	
Inspección		0.05	
Hacia Stage 2		9.74	
Estación 2		2.93	
Llegada de esqueleto unido a piel y subs		29.81	
Hacia la mesa (Trolley)		5.31	
Barrenado de los bordes de la puertas		9.77	
Inspección		4.54	
Instalación del resto de subensambles		8.66	
Inspección		4.23	
Aplicación del sellador		1.82	
Inspección del sellador		0.08	
Aplicación de la pintura anticorrosiva		0	
Inspección de la pintura		0.17	
Tiempo de espera		71.62	
Hacia Stage 3		8.13	
Estación 3		0.08	
Llegada de los esqueletos unidos a la pieles y retocado de pintura		0	
Hacia la mesa (Trolley)		0.05	
Instalación de los feeders y cableado		16.46	
Inspección		0.33	
Hacia Stage 4		7.47	
Estación 4		0.2	
Set estructural y electricamente terminado		8.71	
Hacia el trolley		0.083	
Retoque		0.083	
Hacia el ATP		7.43	
Colocación y pruebas ATP			
Inspección final			
Desmontaje del ATP			
Hacia el almacen			
Puerta almacenada, empaquetada y listo			

Figura 3-10 Diagrama de flujo de proceso

Con ayuda de los diagramas realizados, se puede tener una visión más amplia sobre el proceso, en la figura 3.11 se muestra una perspectiva de la manera en la que se encuentra estructurada la línea de producción, el flujo comienza con el ensamblaje de la estructura interna, es llevado a la zona del remachado (drive matic), pasa por la zona de detallado y pintura, continua por la estación tres que arma a la estructura con mecanismos y finalmente termina con pruebas de ATP

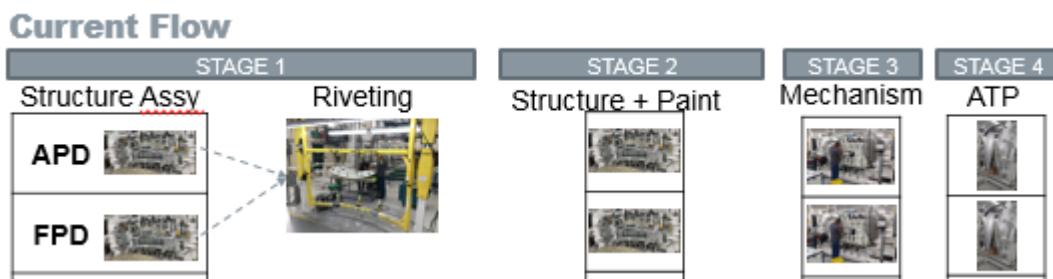


Figura 3-11 Situación actual del proceso

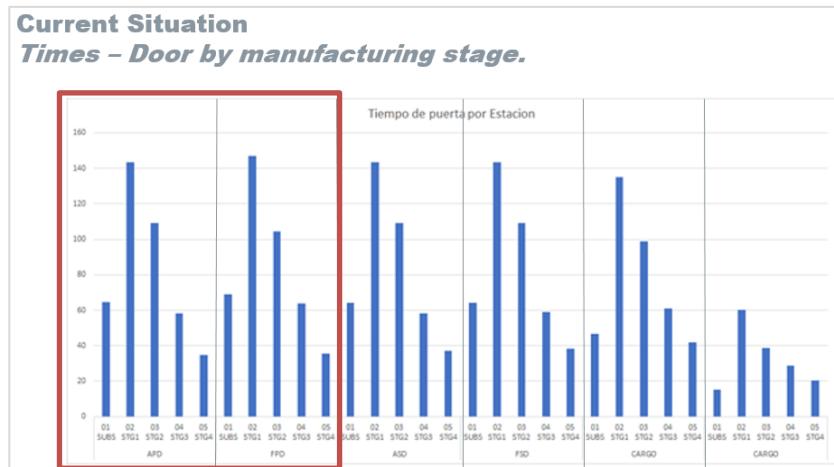


Figura 3-12 Situación actual del proceso

Para tener una idea de la manera en que los centros de trabajo no se encontraban balanceados de manera óptima podemos observar la figura 3.12, que muestra como la estación del remachado cuenta con una tendencia de horas muy elevada, tomando en cuenta las horas de trabajo transcurridas por estación.

### 3.2.4 Estudio de tiempos.

Se realizó un estudio de tiempos, basado en la metodología Yamazumi, enfocado en la identificación de desperdicios, el cual nos ayudó a obtener los siguientes gráficos, los cuales describen de forma visual el desempeño que tiene la línea de ensamble, así como las acciones que se llevan a cabo; este estudio se realizó durante 29 días, tiempo en el cual tardó el proceso para avanzar a la siguiente estación de ensamble y que también fue el tiempo en el cual se siguieron dos operadores que fueron los encargados del ensamble.

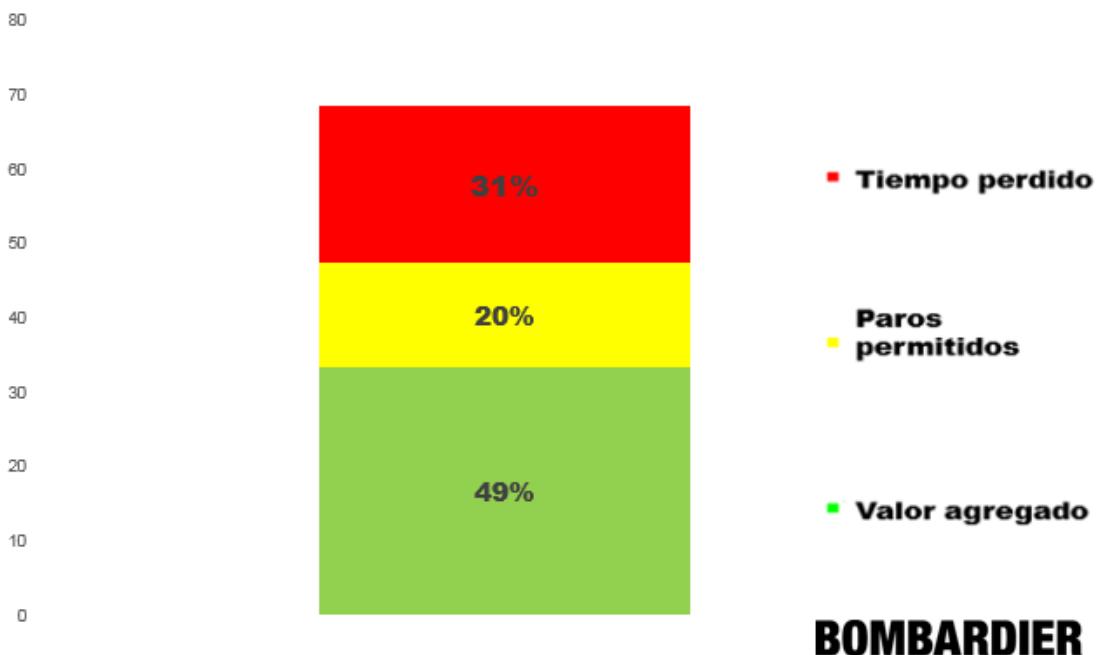


Figura 3-13 *Gráfica Yamazumi estudio de tiempos*

La interpretación de la gráfica Yamazumi presentada en la figura 3.13 es la siguiente:

- Se presenta en color rojo que el 31% del tiempo se utilizó en acciones que no agregan valor al ensamble, tales como tiempo perdido, acciones personales, re-trabajos, ausentismo etc.

- Con color amarillo se muestra el 20% del tiempo que se utiliza en acciones que no agregan valor al producto pero son permitidas, tales como el desayuno, la comida, pausas activas, necesidades fisiológicas e incluso la preparación de herramiental.
- En color verde se puede observar que el 49% del tiempo fue ocupado en acciones que si agregan valor al producto, en el cual se incluyen las inspecciones por parte de calidad, siempre y cuando sean planeadas, esto quiere decir, que vengan señaladas en los libros de trabajo.

A través de las observaciones tomadas se realizaron las gráficas de Pareto que nos muestran a detalle las acciones realizadas y en cuales debemos enfocarnos para disminuir el 80% de nuestros problemas.

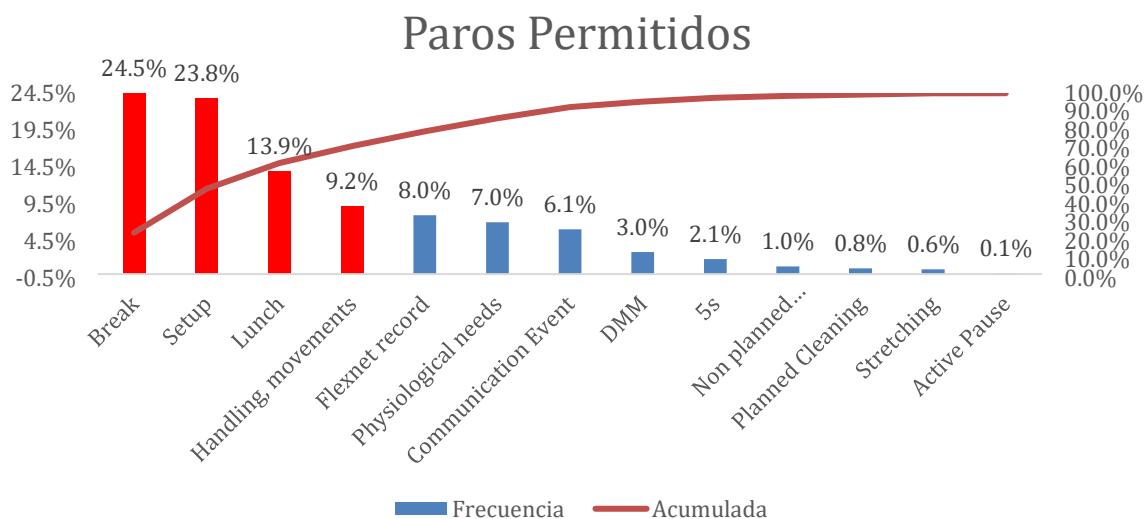


Figura 3-14 Pareto de paros permitidos

En el diagrama de pareto mostrado en la figura 3.14, nos podemos percatar que se cuenta con un problema de disciplina al momento de tomar los recesos (break) los cuales suelen ser de 15 minutos, durante el tiempo que se realizó el estudio de tiempos, fue sobrepasado hasta en un 200%.

Otro punto a tomar en cuenta fue el set up, que contempla la preparación, ajuste y búsqueda de herramienta y material de trabajo, que a pesar de ser un tiempo permitido ocupa el segundo lugar en este gráfico, apuntando ser un punto importante de revisión para las personas de producción.

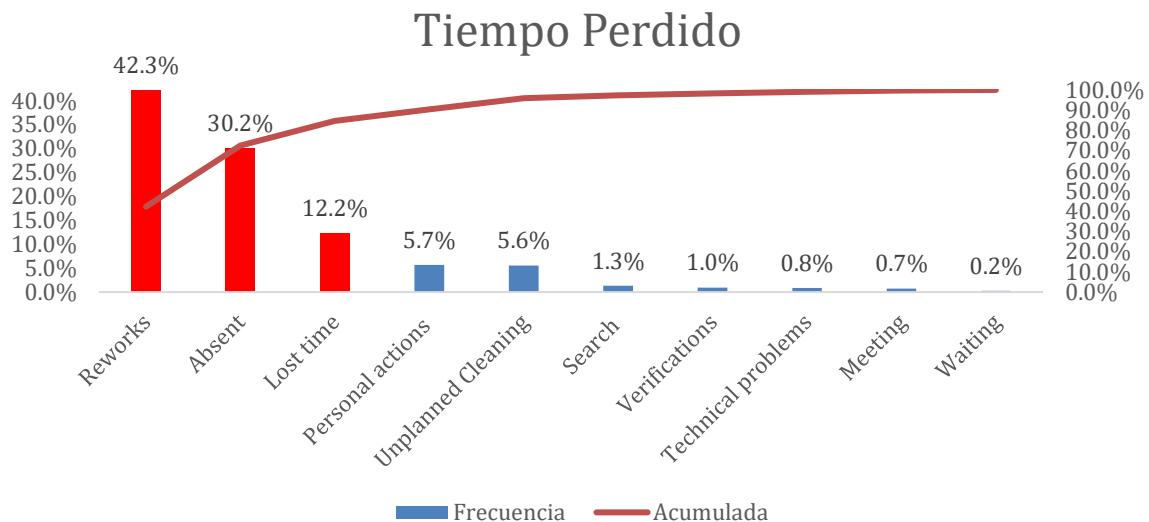


Figura 3-15 Pareto de tiempo perdido

Al analizar nuestro gráfico de Pareto de la figura 3.15, podemos percibirnos que en primer lugar tenemos los re-trabajos, los cuales ocuparon una enorme cantidad de horas en este ensamble, por otro lado se tiene el ausentismo, que en este caso se presentó debido a que el operador en turno debía en ocasiones salir del área de trabajo para poder realizar ajustes en otras puertas o incluso ayudar a sus demás compañeros, ya sea en acciones que requerían dos operadores o por la falta de experiencia de los mismos y por último el tiempo que se perdió platicando, viendo el celular, etc.

### Gráfica de tiempos por libro de trabajo.

Una vez teniendo a la estación uno como nuestro cuello de botella, y analizando los paretos obtenidos mediante el estudio de tiempos realizado a la misma, proseguimos a identificar el tiempo de la operación que más nos afecta al momento de realizar el proceso.

Se tomaron en cuenta los libros de trabajo utilizados en la estación uno para realizar el ensamble y se compararon los tiempos que consumió cada uno; estos libros son ayudas visuales que nos muestran paso por paso como llevar a cabo el ensamble.

Como resultado la figura 3.16 nos arroja que de las operaciones realizadas durante el proceso se identificó que la de mayor conflicto resultó ser una operación de re-trabajo que se hizo a partir del remachado en la Drive matic, la cual aumentó en un 300% según su tiempo estándar.

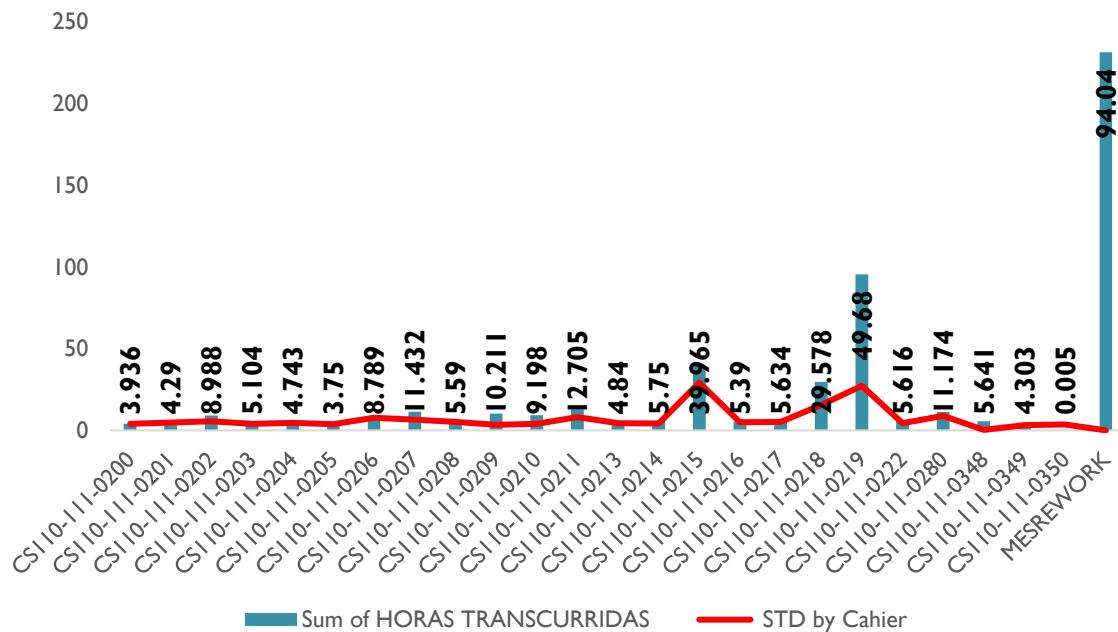


Figura 3-16 Gráfica de tiempo por libro de trabajo

### 3.3 Fase analizar.

Durante el ejercicio en donde se analizaron los datos obtenidos con los diferentes estudios, se tomó la decisión de realizar un escenario de contención para el año 2019.

Esto fue considerado debido al enorme cambio que representaría pasar de un ritmo de producción de 15 a 75 sets anuales, surgiendo como una preparación para el personal tanto de operaciones como el equipo natural de soporte a un incremento mayor.

La figura 3.17 nos da una perspectiva del layout propuesto para dicha contención, el cual considera un área mayor, esto se debe al incremento a siete estaciones dentro del mismo.

### Final proposal 2019

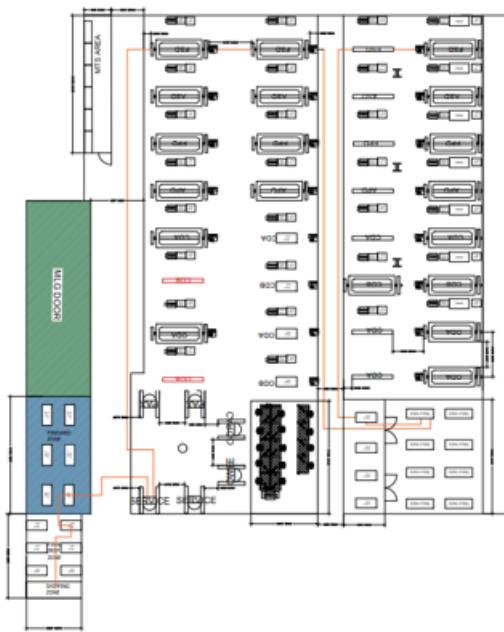


Figura 3-17 Propuesta final para contención 2019

La propuesta tomada para el 2019 requiere:

- Instalación de 2 casetes de remachado.
- Instalación del área de pintura.
- Reacomodo de rea de soporte.
- 1400 m<sup>2</sup>.
- Relocalización e instalación del área de ensamble de la puerta Baggage.

Ventajas:

- Flujo lineal de producción (excepto en área de pintura).
- Instalación de área final y de inspección-
- Reducción en el tiempo ciclo del detallado (Touch Up).

Desventajas:

- Mayor cambio de diseño (jigs, instalación eléctrica y de aire, grúas).
- Reacomodar área de lockers.

## New Production Capacity

	Structure	Riveting	Brackets	Paint	Mechanism	ATP	FINISH
<b>Passenger</b>							
<b>Cargo</b>							
<b>Oweed</b>							
<b>New capacity in terms of days rate</b>							
<b>One Shift</b>	14	11	21	3	12	8	3
<b>Two shifts</b>	7	6	10	2	6	4	2

Program	Quarter	Q1-2019			Q2-2019			Q3-2019			Q4-2019			
		Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
A220	MS Rate (Days)		40	20	20	20	20	56	38	14	14	12	10	10
Doors	Recovery Rate (Days)		40	20	20	20	20	56	28	14	14	12	10	10
	Equivalent Sets to Produce		0.6	1.0	1.0	1.0	1.1	0.4	0.8	1.6	1.4	1.9	2.0	1.9

Scenario A based on Master Scheduler proposal

**BOMBARDIER**

Figura 3-18 Posiciones para contención 2019

La figura 3.18 nos muestra en color gris la nueva capacidad que presentará la línea en término de días para uno y dos turnos de producción, en color azul podemos ver la cantidad de días por mes en los que un ensamblaje debe avanzar, concluyendo que teniendo la capacidad al máximo con dos turnos en la segunda estación de trabajo, es posible cumplir con el requerimiento máximo en diciembre.

La línea de producción contará con 7 posiciones visibles y serán divididas de la siguiente manera:

- Armado de estructura.
- Área de remachado, se utilizarán estructuras adecuadas para realizar un remachado correcto.
- Posicionamiento de brackets internos y externos.
- Área de pintura.
- Área de mecanismos.
- Pruebas ATP
- Área de finalizado

### **3.3.1 Recomendación para línea de ensamble 2021.**

Una vez teniendo el escenario de contención para el 2019 se procedió a realizar la propuesta para el año 2021.

Para tener una idea del impacto que tendría el aumento de la producción se surgieron dos propuestas que muestran cual debería ser la capacidad de la línea para cumplir dicho requisito.

Como primer punto para estas propuestas se realizó el cálculo del takt time, en el cual como es mencionado se desea tenga un ritmo de 3 días.

Un objetivo de estas propuestas es especializar una estación y al personal para llevar acabo las acciones que le serán asignadas, evitando así tener ensambles detenidos por mucho tiempo en una sola estación.

Cada propuesta llevó consigo una serie de pasos que nos permitieron definir qué tan adecuadas serían para nuestro objetivo, desde una rigurosa revisión y reparto de libros de trabajo, creación de nuevas estaciones de trabajo, y propuestas de layout que fueron simuladas con ayuda del Tecnológico de Monterrey dentro del programa FlexSim.

Para obtener el tiempo disponible que se utilizaría para los cálculos se analizó la diferencia entre el tiempo pagado en horas y el tiempo obtenido en la suma de los paros programados, como se muestra en la figura 3.1

Descripción	Turno 1	Turno 2
<b>Horarios</b>	7 am - 4:30 pm	4:30 pm - 12 am
Tiempo pagado (hrs)	9.5	7.5
<b>Paros programados:</b>		
Estiramientos	0.11	0.17
Juntas	0.25	0
Receso	0.25	0
Comida	0.67	0.67
<b>Total de paros programados</b>	1.28	0.84
<b>Tiempo diario total disponible</b>	<b>8.22</b>	<b>6.66</b>

Tabla 3-1 Datos para el cálculo de tiempo disponible

- a) El primer escenario que se presenta es a un turno de 8.22 horas efectivas de trabajo realizado por los operadores.

Datos 1 turno	
Tiempo total disponible (hrs)	8.22
Días laborales al año	250
Eficiencia del operador	0.85
Sets requeridos	75

Tabla 3-2 Datos para calcular el takt time

<b>Tiempo anual disponible hrs</b>	1398
<b>Takt time</b>	19
<b>Estaciones requeridas</b>	22

Tabla 3-3 Resultados de cálculos a un turno

Para obtener los resultados de la tabla 3.3, como primer paso se realizó la multiplicación del tiempo disponible y los días que son laborables de manera anual teniendo como resultado 2055 hrs de trabajo directo, a este resultado fue necesario restarle 410 hrs que corresponde a llenar la línea de ensamble con el primer set de puertas, el resultado de 1645

se multiplicó por la eficiencia a la que trabajan los operadores, teniendo un total de 1389 hrs disponibles anualmente, resultado que fue dividido entre la cantidad de sets requerida, en esta ocasión fueron 74, debido al set que se descontó para llenar la línea, obteniendo el takt time de 19 horas, debe tenerse en cuenta que al realizar la conversión de horas a días se obtiene un total de 2.31 días, el cual es considerado óptimo; el número de estaciones requeridas para el ensamblaje se obtienen al dividir el tiempo estándar de una puerta, el cual equivale a 410 entre el takt time requerido.

Para llevar a cabo la distribución de los libros de trabajo se consideró como punto importante la infraestructura en la que se realiza cada operación señalada por los libros, de esta manera se logró identificar la manera adecuada para cada propuesta.

Para un turno de trabajo, la división resultó es de la siguiente manera:

Secuencia de ensamblaje	Libro de trabajo	Tiempo STD	Infraestructura	Posición
1	CS110-111-0200	5.5	JIG	1
2	CS110-111-0201-B	3.45	JIG	
3	CS110-111-0201-A	1.15	JIG	
4	CS110-111-0202	4.8	JIG	
5	CS110-111-0203	3.4	JIG	
6	CS110-111-0206-A	6.24	JIG	2
7	CS110-111-0206-B	1.56	JIG	
8	CS110-111-0222	6.4	JIG	
9	CS110-111-0223-A	3.6	JIG	
10	CS110-111-0223-B	3.6	JIG	3
11	CS110-111-0280-A	4.45	JIG	
12	CS110-111-0280-B	4.45	JIG	
13	CS110-111-0207	4.5	JIG	
14	CS110-111-0208	3.3	HOLDER JIG	4
15	CS110-111-0209	4.9	HOLDER JIG	
16	CS110-111-0213	3.6	HOLDER JIG	
17	CS110-111-0216	7.1	HOLDER JIG	
18	CS110-111-0216 Touch up	1	HOLDER JIG	
19	Barrenado DM	5.28	Mesa / Jig de remachado	5
20	CSK DM	10.56	Mesa / Jig de remachado	

21	CS110-111-0204	6	Mesa	6
22	CS110-111-0213	3.6	Mesa	
23	CS110-111-0211	4.8	Mesa	
24	CS110-111-0214	3.6	Mesa	
25	CS110-111-0215-A	13.58	JIG Remachado	7
26	CS110-111-0215-B	13.58	JIG Remachado	8
27	CS110-111-0215-A	15.58	JIG Remachado	9
28	CS110-111-0215-B	15.58	JIG Remachado	10
29	CS110-111-0223-C	3.6	Mesa	11
30	CS110-111-0217	5	Mesa	
31	CS110-111-0218	10	Mesa	
32	CS110-111-0715	4	Cabina de pintura	12
33	Curado	12	Cabina de pintura	
34	CS110-111-0298	2.7	Mesa/JIG	13
35	CS110-111-0299	2.7	Mesa/JIG	
36	CS110-111-0212	4.4	Mesa/JIG	
37	CS110-111-0221	4	Mesa/JIG	
38	CS110-111-0246-A	2	Mesa/JIG	
39	CS110-111-0247-A	2	Mesa/JIG	
40	CS110-111-0246-B	3.3	Mesa/JIG	14
41	CS110-111-0247-B	2.6	Mesa/JIG	
42	CS110-111-0277	4.1	Mesa/JIG	
43	CS110-111-0244	4.8	Mesa/JIG	
44	CS110-111-0245-A	2.2	Mesa/JIG	
45	CS110-111-0227	4.1	JIG	15
46	CS110-111-0245-B	2	Mesa/JIG	
47	CS110-111-0226	5.3	JIG	
48	CS110-111-0281	4.6	Mesa/JIG	
49	Skin map	22	Mesa	16
50	Paint Skin		Cabina de pintura	
51	Groco	14	Cabina de pintura	17
52	CS110-111-0249	11.5	Cabina de pintura	18
53	CS110-111-0250			
	CS110-111-0253			
54	CS110-111-0261	3.1	Mesa	19
55	CS110-111-0243	3.1	Mesa	
56	CS110-111-0248	4.8	Mesa	
57	CS110-111-0264	4.7	Mesa	
58	CS110-111-0256	3.4	Mesa/JIG	
59	CS110-111-0257	4.1	JIG Remachado	20
60	CS110-111-0263	4.4	JIG Remachado	
61	CS110-111-0253	5.6	JIG Remachado	
62	CS110-111-0258	3.5	JIG Remachado	
63	CS110-111-0260	3.5	Mesa/JIG	21

			Remachado	
64	CS110-111-0254	4.3	Mesa/JIG Remachado	
65	CS110-111-0262	2.1	Mesa/JIG Remachado	
66	CS110-111-0255	2.9	JIG Remachado	
67	CS110-511-1004	2.7	JIG Remachado	
68	CS110-111-0730	5	JIG Remachado	
69	CS110-111-0731	1.5	JIG Remachado	
70	CS110-111-0000	4	JIG	22
71	CS110-511-1005	5.2	JIG ATP	
72	CS110-111-0731	7	JIG ATP	
73	CS110-111-0252	3	JIG ATP	
74	CS110-111-1052	3	JIG	
75	Transferencia de mesa	0.3	Trolley	23
76	CS110-111-0586	5.5	Mesa	
77	CORBAND	TPD	Mesa	
78	CS110-111-0269	3.4	Mesa	
79	CS110-111-0266	2.4	Mesa	
80	CS110-111-0268	2.3	Mesa	
81	CS110-111-0267	4.2	Mesa	

Tabla 3-4 Propuesta de reparto libros para 23 posiciones

Position	Std Time	Takt time
1	18	22
2	18	22
3	17	22
4	20	22
5	16	22
6	18	22
7	14	22
8	14	22
9	16	22
10	16	22
11	19	22
12	16	22
13	18	22
14	17	22
15	16	22
16	22	22
17	14	22

18	12	22
19	19	22
20	18	22
21	22	22
22	22	22
23	22	22

Tabla 3-5 Propuesta de balanceo para 23 posiciones

Es de gran importancia mencionar que la cantidad de las estaciones que surgieron en el análisis del takt time es considerando un tiempo idéntico para cada una y al llevar a cabo el ejercicio de manera real nos percatamos que existen libros de trabajo que no pueden ser divididos para acortar su tiempo, es por eso que al realizar el balanceo se tuvieron que contemplar algunas estaciones extras.

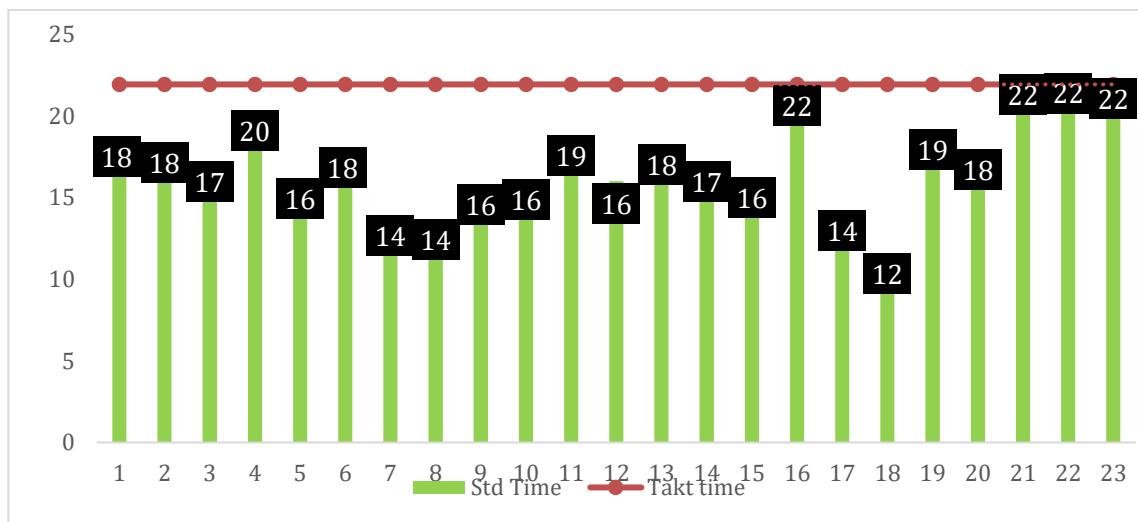


Figura 3-19 Propuesta de balanceo para 23 posiciones

El balanceo de la figura 3.19 nos demuestra la manera en la que se compondrán los tiempos estándar por estación de trabajo, la manera en que fueron divididos los libros nos dejó un total de 23 posiciones.

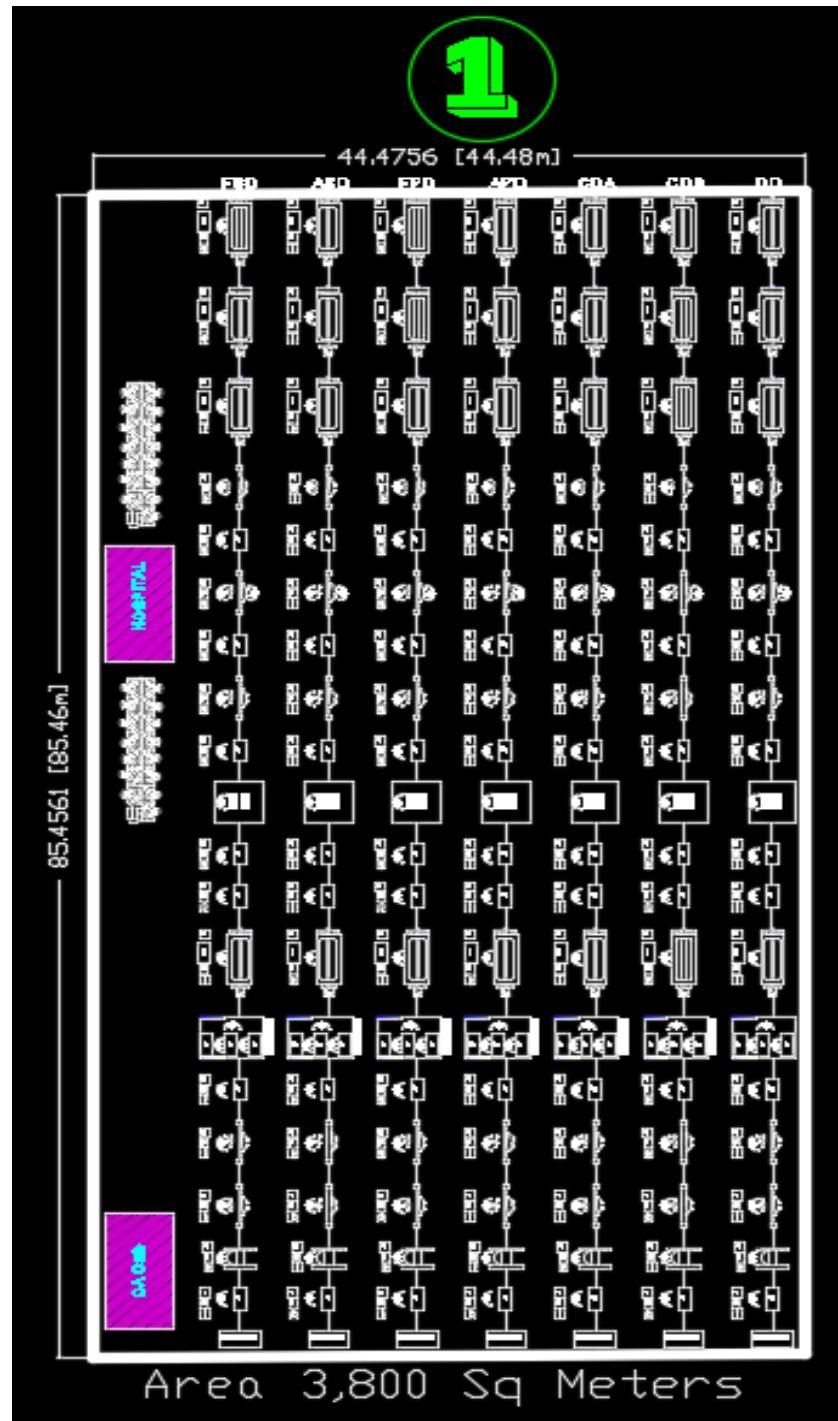


Figura 3-20 Propuesta de layout para 23 posiciones

Requisitos para propuesta de un turno como muestra la figura 3.20:

- Área equivalente a 3,800 m<sup>2</sup>

- 24 operadores en la línea
- Nueva infraestructura de trabajo
- Incrementar el equipo natural de soporte

Ventajas:

- Flujo de una pieza
- Cada posición con un promedio de 17 horas estándar
- Reducir problemas de calidad
- Capacidad de reacción

Desventajas:

- No existe espacio disponible

- b) Para realizar el segundo escenario se tomaron en consideración dos turnos, el primer de 8.22 y el segundo de 6.66 horas efectivas, fue utilizado el mismo procedimiento que se siguió para obtener los cálculos de un turno, a continuación se muestran los resultados:

Datos 2 turnos	
Tiempo total disponible (hrs)	14.88
Días laborales al año	250
Eficiencia del operador	0.85
Sets requeridos	75

Tabla 3-6 Datos para calcular el takt time

<b>Tiempo anual disponible hrs</b>	3372
<b>Takt time</b>	45
<b>Estaciones requeridas</b>	9

Tabla 3-7 Resultados de cálculos a un turno

Debe de tenerse en cuenta que al realizar la conversión de horas a días se obtiene un total de 3.02 días, el cual es considerado óptimo.

La distribución de los libros de trabajo que corresponde a la configuración de dos turnos es de la siguiente manera:

Secuencia de ensamble	Libro de trabajo	Tiempo STD	Infraestructura	Posición
1	CS110-111-0200	5.92	JIG	1
2	CS110-111-0201-B	3.71	JIG	
3	CS110-111-0201-A	1.24	JIG	
4	CS110-111-0202	5.16	JIG	
5	CS110-111-0203	3.66	JIG	
6	CS110-111-0206-A	6.71	JIG	
7	CS110-111-0206-B	1.68	JIG	
8	CS110-111-0222	6.88	JIG	
9	CS110-111-0223-A	3.87	JIG	
10	CS110-111-0223-B	3.87	HOLDER JIG	2
11	CS110-111-0280-A	4.79	HOLDER JIG	
12	CS110-111-0280-B	4.79	HOLDER JIG	
13	CS110-111-0207	4.84	HOLDER JIG	
14	CS110-111-0208	3.55	HOLDER JIG	
15	CS110-111-0209	5.27	HOLDER JIG	
16	CS110-111-0213	3.87	HOLDER JIG	
17	CS110-111-0216	7.64	HOLDER JIG	
18	CS110-111-0216 Touch up	1.08	HOLDER JIG	
19	Barrenado DM	5.68	TABLE	3
20	CSK DM	11.36	TABLE	
21	CS110-111-0204	6.45	TABLE	
22	CS110-111-0213	3.87	TABLE	
23	CS110-111-0211	5.16	TABLE	

24	CS110-111-0214	3.87	TABLE		
25	CS110-111-0215-A	14.61	RIVETING JIG	4	
26	CS110-111-0215-C	16.76	RIVETING JIG		
27	CS110-111-0215-B	14.61	RIVETING JIG	5	
28	CS110-111-0215-D	16.76	RIVETING JIG		
29	CS110-111-0223-C	3.87	TABLE	6	
30	CS110-111-0217	5.38	TABLE		
31	CS110-111-0218	10.76	TABLE		
32	CS110-111-0715	4.30	PAINT ZONE		
33	Curado	2.15	PAINT ZONE		
34	CS110-111-0298	2.90	TABLE		
35	CS110-111-0299	2.90	TABLE		
36	CS110-111-0212	4.73	TABLE		
37	CS110-111-0221	4.30	TABLE		
38	CS110-111-0246-A	2.15	JIG	7	
39	CS110-111-0247-A	2.15	JIG		
40	CS110-111-0246-B	3.55	JIG		
41	CS110-111-0247-B	2.80	JIG		
42	CS110-111-0277	4.41	JIG		
43	CS110-111-0244	5.16	JIG		
44	CS110-111-0245-A	2.37	JIG		
45	CS110-111-0227	4.41	JIG		
46	CS110-111-0245-B	2.15	JIG		
47	CS110-111-0226	5.70	JIG		
48	CS110-111-0281	4.95	JIG		
49	Skin map	15.06	TABLE	8	
50	Paint Skin		PAINT ZONE		
51	Groco	13.98	PAINT ZONE		
52	CS110-111-0249	12.37	PAINT ZONE		
53	CS110-111-0250				
54	CS110-111-0253				
55	CS110-111-0261	3.33	TABLE	9	
56	CS110-111-0243	3.33	TABLE		
57	CS110-111-0248	5.16	TABLE		
58	CS110-111-0264	5.06	TABLE		
59	CS110-111-0256	3.66	TABLE		
60	CS110-111-0257	4.41	RIVETING JIG		
61	CS110-111-0263	4.73	RIVETING JIG		
62	CS110-111-0253	6.02	RIVETING JIG		
63	CS110-111-0258	3.76	RIVETING JIG	10	
	CS110-111-0260	5.92	RIVETING JIG		

64	CS110-111-0254	7.53	RIVETING JIG	
65	CS110-111-0262	2.26	RIVETING JIG	
66	CS110-111-0255	3.12	RIVETING JIG	
67	CS110-511-1004	2.90	RIVETING JIG	
68	CS110-111-0730	5.38	RIVETING JIG	
59	CS110-111-0731	2.68	JIG	
70	CS110-111-0000	7.00	JIG ATP	11
71	CS110-511-1005	7.10	JIG ATP	
72	CS110-111-0731	11.83	JIG ATP	
73	CS110-111-0252	6.45	JIG ATP	
74	CS110-111-1052	3.55	JIG ATP	
75	Transferencia de mesa	3.23	Trolley	
76	CS110-111-0586	5.92	TABLE	12
77	CORBAND	12.91	TABLE	
78	CS110-111-0269	3.76	TABLE	
79	CS110-111-0266	2.69	TABLE	
80	CS110-111-0268	2.69	TABLE	
81	CS110-111-0267	4.52	TABLE	

Tabla 3-8 Propuesta de reparto libros para 12 posiciones

Position	Std Time	Takt time
1	36	42
2	37	42
3	34	42
4	27	42
5	31	42
6	38	42
7	37	42
8	42	42
9	37	42
10	21	42
11	24	42
12	22	42

Tabla 3-9 Propuesta de balanceo para 12 posiciones

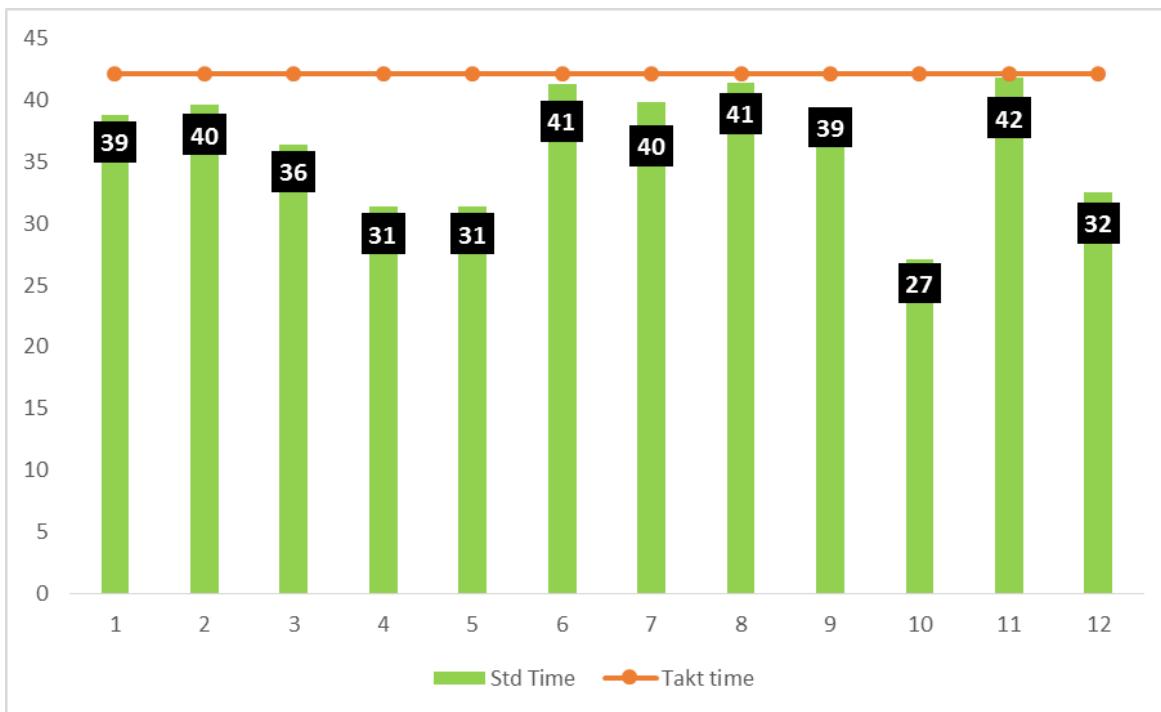


Figura 3-21 Propuesta de balanceo para 12 posiciones

Como podemos observar, en esta ocasión se pasó de tener 9 posiciones a 12, como se mencionó anteriormente, es debido a que algunos libros de trabajo no pueden ser divididos de ciertas maneras, y tomando como consideración la infraestructura sobre la que se van a realizar las operaciones descritas en los libros de trabajo.

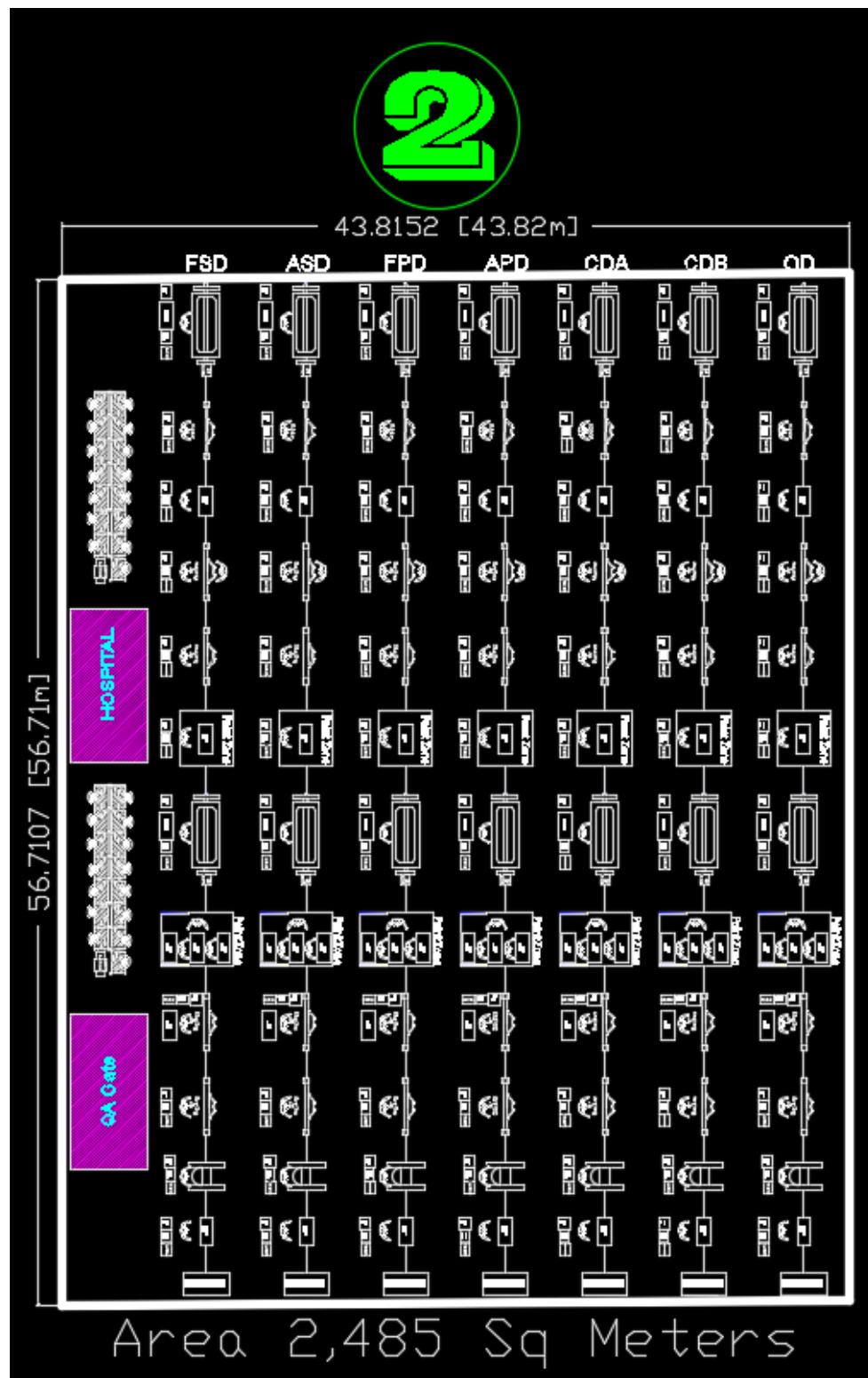


Figura 3-22 Propuesta de layout para 12 posiciones

Requisitos para propuesta de dos turnos como muestra la figura 3.22:

- Un área de 2,485 m<sup>2</sup>
- 13 operadores en la línea por turno
- Nueva infraestructura de trabajo
- Incrementar el equipo natural de soporte

Ventajas:

- Flujo de una pieza
- Cada posición con un promedio de 32 horas estándar
- Reducir problemas de calidad
- Capacidad de reacción

Desventajas:

- No existe espacio disponible

**BACK UP****SOME EXAMPLES ABOUT EXECUTION**

**Process Split:**  
 • Operations Level  
 • Sequence  
 • Infrastructure required



New WC integration



Software simulation



Layout proposal

© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.  
 PRIVATE AND CONFIDENTIAL

© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.  
 PRIVATE AND CONFIDENTIAL

**BOMBARDIER**

*Figura 3-23 Ejemplos de los pasos para la ejecución de balanceos*

**Investment required**

Components	Need	Unit cost	Total cost
Riveting Jig	2	\$ 2,000.00	\$ 4,000.00
Paint Zone	1	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
Services installation	1	\$ 13,000.00	\$ 13,000.00
Nodes Installation	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Fast tubing Furniture's	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Inspection area Services	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Shooting Testing Jigs	6	\$ 2,500.00	\$ 15,000.00
Toolbox			
Tools			
Buggies		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
<b>Total</b>			<b>\$ 57,000.00</b>

**BOMBARDIER**

*Figura 3-24 Ejemplo de inversión por remodelación*

Por política de la empresa no es posible mostrar el cálculo completo de inversión que sería realizar los movimientos de layout propuestos anteriormente, para tener una idea de lo que conllevaría monetariamente el cambio, la figura 3.24 nos muestra un porcentaje de la inversión.

## 3.4 Fase mejorar.

### 3.4.1 Kaizen.

Se realizó un evento kaizen de 5 días para poder presentar los problemas encontrados a partir del VSM y del estudio de tiempos, en esta ocasión el equipo natural de soporte fue quien se encargó de validar todos los puntos a tratar, aunado a esto se hizo participes a los líderes de equipo por cada estación de trabajo para juntos buscar alternativas y así poder dar una buena solución a cada uno de los problemas.



Figura 3-25 Evento Kaizen



Figura 3-26 Evento Kaizen 2

### Acciones a mejorar

Durante las sesiones kaizen se pudieron discutir las observaciones encontradas en el estudio de tiempo, además de encontrarse nuevas oportunidades de mejora que involucran no solo a los operadores, si no, también al equipo de soporte, herramientas, etc que provocan retrasos importantes, al momento de estarse realizando el producto

Se realizó una tabla con la información obtenida mediante las sesiones Kaizen, considerando las horas de impacto de algunas acciones, y el porcentaje que representa cada una de ellas y son mostradas en la tabla 3.10, estos datos fueron sometidos a un diagrama de Pareto, el cual nos dio la pauta sobre lo que debemos de enfocarnos, es decir, lo que nos causa mayor problema.

Tiempo real total de horas (set de puertas)	7,061
Tiempo estándar total de horas (set de puertas)	2,800
Diferencia en horas por set de puerta	4,261
Código	Problemas principales
A01	Retrabajos por defectos de calidad y sobre inspección de calidad
A05	Falta de motivación y disciplina
A07	Breaks no planeados
A06	Configuración y actualización de los libros
A03	Falta de maestría técnica (conocimiento técnico)
A08	Fallas en Drivematic
A04	Falta de orden en el área
A02	Mantenimiento y cuidado de herramienta
	Tiempo total de impacto estimado (horas)
	4261

Tabla 3-10 Problemas principales

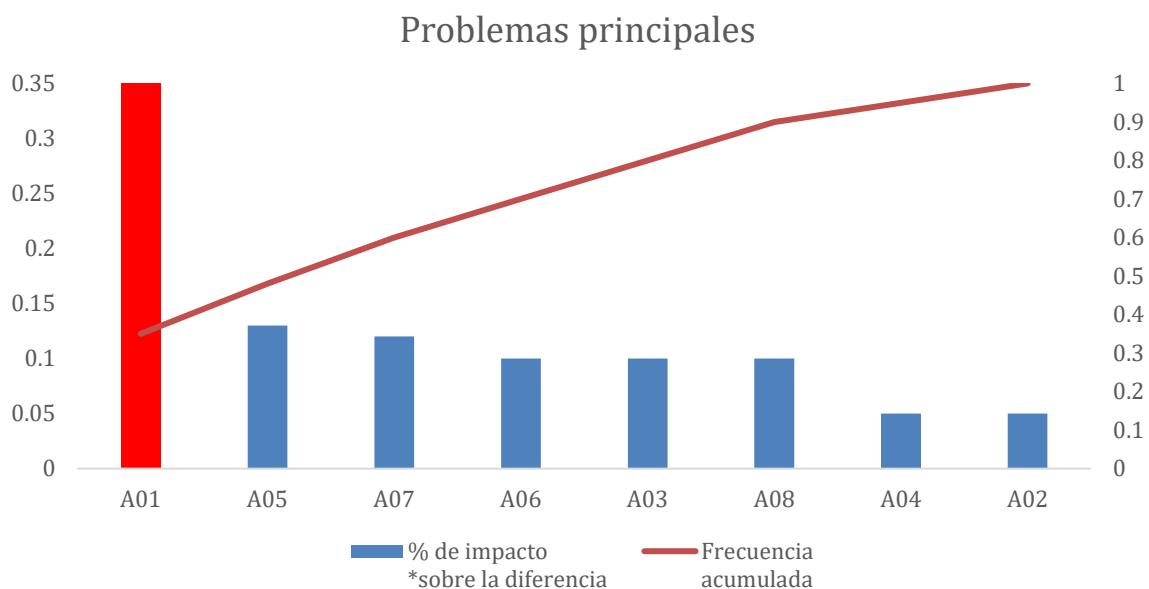


Figura 3-27 Pareto de problemas principales

Como bien puede notarse en la figura 3.27 los re-trabajos por defectos de calidad y sobre inspección de calidad, son el cuello de botella que nos está causando mayor pérdida de horas ocupando hasta un 35% del tiempo utilizado.

Para lograr mitigar el impacto que tienen estas acciones sobre nuestro producto, se propuso una lluvia de ideas que a su vez nos dieran las causas de nuestros problemas principales, estas fueron asignadas a su equipo natural, para trabajar con ellas, y lograr con esto una mejora; la figura 3.28 nos muestra la manera en la que realmente fue llevado a cabo el proceso de asignación de actividades, las tablas 3.11 - 3.13 se colocan como ejemplo para mostrar las actividades a realizar para lograr combatir el problema que se tiene como causa principal.

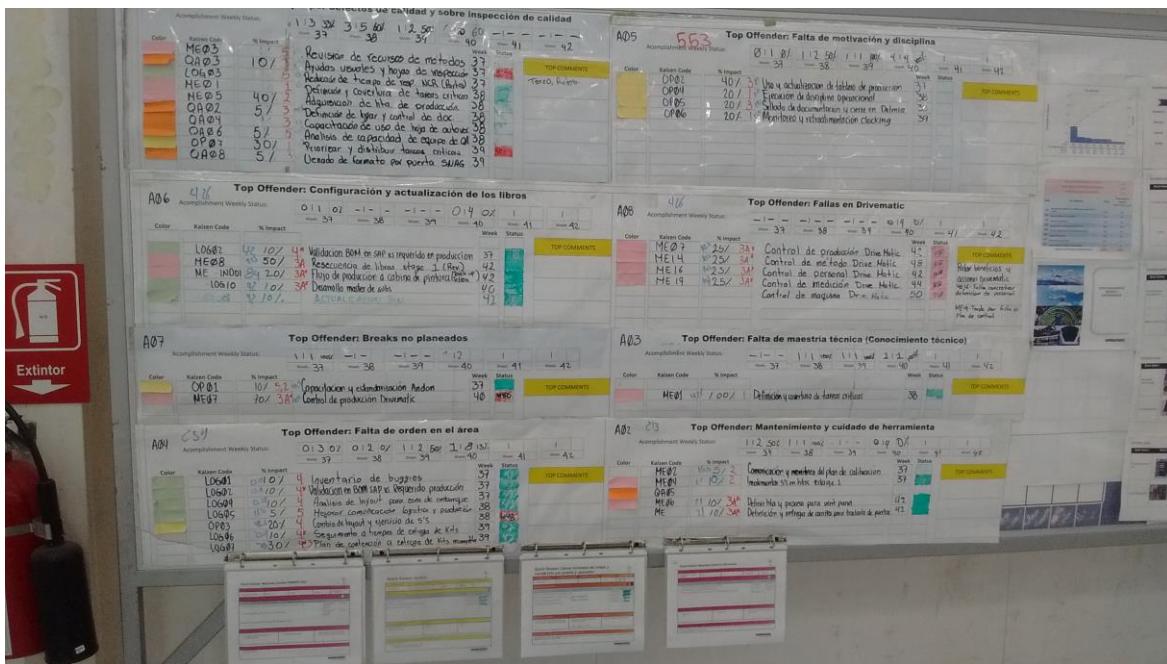


Figura 3-28 División de acciones para cada equipo

De las acciones obtenidas en el Kaizen algunos ejemplos son los siguientes, tomando en cuenta que:

ME = Métodos

QA = Calidad

LOG = Logística

OP = Operaciones (Industrial, Aprendizaje organizacional y Producción)

A01 Retrabajos por defectos de calidad y sobre inspección de calidad	
Código de área	Acciones
ME03	Revisión de recursos de métodos
QA02	Ayudas visuales y hojas de inspección
LOG03	Reducción del tiempo de respuesta NCR (partes)
ME01	Definición y cobertura de tareas críticas
ME05	Adquisición de herramienta de producción
QA01	Definición del lugar y control de documentación
QA03	Capacitación de hoja de auto verificación
QA05	Ánalysis de capacidad de equipo de Calidad
OP06	Priorizar y distribuir tareas críticas
QA07	Llenado de formato por puerta de SNAG

Tabla 3-11 Ejemplo de distribución de tareas 1

A05 Falta de motivación y disciplina	
Código de área	Acciones
OP02	Uso y actualización de tablero de producción
OP04	Ejecución de disciplina operacional
OP05	Sellado de documentación y cierre de DELMIA
OP06	Monitoreo y retroalimentación de Clocking

Tabla 3-12 Ejemplo de distribución de tareas 2

A08 Fallas en Drivematic	
Código de área	Acciones
ME07	Control de producción Drivematic
ME09	Control de método Drivematic
ME10	Control de personal Drivematic
ME11	Control de medición Drivematic

Tabla 3-13 Ejemplo de distribución de tareas 3

En las figuras 3.29 y 3.30 se presenta el formato que se elaboró permitiéndonos ver el estado de avance de las mejoras a realizar en las acciones obtenidas durante el kaizen. Contiene las acciones a realizar por parte del equipo, el nombre de la persona que será el

responsable, la fecha para la cual deben estar cerradas estas acciones, y se pide un ejemplo de monitor que demuestre la mejora que se está realizando.

Quick Kaizen: Llenar formatos de snags y vaciar info por puerta y operador.					
Leader/Accountable	Top Offender code Impacted	% Impacted on Top Offender	Quick Kaizen Code	Target Week to Finish	
Pedro Gardoño	A01	5%	QA08	39	
Main Action to close Quick Kaizen					
Action	Responsible	KPI			
Generar datos a través de hojas de auto verificación y snags	Pedro Gardoño	✓			
Como se va difundir la información y cada que (como ) (será mensual)	Pedro Gardoño	✓			
Tocar base con salvador (govern)(cada que) (Será mensual)	Pedro Gardoño	✓			
SNC cargar información más detallada en este	Pedro Gardoño	✓			
KPI to monitor the improvement					
Número total de SNAGS identificados por puerta por STAGE (debe ir disminuyendo con el tiempo)	Base line	Forecast			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con una base de datos pero carece de información.</li> <li>• Ver <u>fecha</u> DP03</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir los SNAGS en un 4% mensual.</li> <li>• _____</li> </ul>				
What current system is linked to maintain results? Do we need created any one?					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este Quick Kaizen estará ligado a las juntas de estatus de puertas diarias de las 10 am, para revisar los top SNAGS por Stage y generar acciones correctivas especializadas al top tres de cada revisión.</li> </ul>					

Figura 3-29 Formato de avance calidad

Quick Kaizen: Realizar ejercicio de 5S's respetando Layout firmado.																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Leader/Accountable</th> <th>Top Offender code impacted</th> <th>% impacted on Top Offender</th> <th>Quick Kaizen Code</th> <th>Target Week to finish</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Salvador Zufiga</td> <td>A04: Falta de orden en el área.</td> <td>• 20%</td> <td>• 0P03</td> <td>• 38</td> </tr> </tbody> </table>					Leader/Accountable	Top Offender code impacted	% impacted on Top Offender	Quick Kaizen Code	Target Week to finish	• Salvador Zufiga	A04: Falta de orden en el área.	• 20%	• 0P03	• 38														
Leader/Accountable	Top Offender code impacted	% impacted on Top Offender	Quick Kaizen Code	Target Week to finish																								
• Salvador Zufiga	A04: Falta de orden en el área.	• 20%	• 0P03	• 38																								
Main Action to close Quick Kaizen																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Action</th> <th>Responsible</th> <th>ECO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Layout de  contención firmado</td> <td>Juan Barrón</td> <td> ✓</td> </tr> <tr> <td>Realización de movimiento de Layout</td> <td>Juan Barrón / Salvador Zufiga</td> <td> ✗</td> </tr> <tr> <td>Realización de ejercicio de 5Ss por estación luego de cambio de Layout</td> <td>Salvador Zufiga</td> <td>5-10-18</td> </tr> <tr> <td>Realización de PCs por Tablero de TL</td> <td>Juan Barrón</td> <td> ✗</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>					Action	Responsible	ECO	Layout de  contención firmado	Juan Barrón	✓	Realización de movimiento de Layout	Juan Barrón / Salvador Zufiga	✗	Realización de ejercicio de 5Ss por estación luego de cambio de Layout	Salvador Zufiga	5-10-18	Realización de PCs por Tablero de TL	Juan Barrón	✗									
Action	Responsible	ECO																										
Layout de  contención firmado	Juan Barrón	✓																										
Realización de movimiento de Layout	Juan Barrón / Salvador Zufiga	✗																										
Realización de ejercicio de 5Ss por estación luego de cambio de Layout	Salvador Zufiga	5-10-18																										
Realización de PCs por Tablero de TL	Juan Barrón	✗																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>KPI to monitor the improvement</th> <th>Base line</th> <th>Forecast</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>0%</del></li> <li>• <del>0%</del></li> <li>• PCs audit result / Logbook action closed</li> <li>• Hoja de trabajo #10 del TL</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0%</li> <li>• 0%</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100%</li> <li>• 100%</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>					KPI to monitor the improvement	Base line	Forecast	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>0%</del></li> <li>• <del>0%</del></li> <li>• PCs audit result / Logbook action closed</li> <li>• Hoja de trabajo #10 del TL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0%</li> <li>• 0%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100%</li> <li>• 100%</li> </ul>																		
KPI to monitor the improvement	Base line	Forecast																										
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <del>0%</del></li> <li>• <del>0%</del></li> <li>• PCs audit result / Logbook action closed</li> <li>• Hoja de trabajo #10 del TL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0%</li> <li>• 0%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100%</li> <li>• 100%</li> </ul>																										
<p>What current system is linked to maintain results? Do we need created any one?</p> <p>• PCS 5Ss</p>																												

Figura 3-30 Formato de avance operaciones

### 3.4.2 Andon

La herramienta Andon “es reparar el proceso en el momento y no dejar pasar el problema” (Norman Thompson).

Esta herramienta es una alarma para los equipos de soporte, aprovechando el hecho de que existen computadoras mediante las cuales los operadores llevan un registro del tiempo de proceso, se ancló al sistema el programa de Andon en el los operadores tienen acceso a una red que conecta a las estaciones de trabajo de los encargados de soporte de su línea, al ocurrir algún problema o inconveniente se realiza la acción denominada “levantar Andon” en esta acción se notifica del problema, añadiendo las características del mismo, causa y equipo de contención encargado de resolver dicho desperfecto.

Al notificar el problema se cuentan con 5 minutos de respuesta por parte del equipo natural, en caso de no recibir apoyo, el Andon cuenta con escalas que contemplan al supervisor y gerente del equipo, y en casos especiales, puede hacerse el llamado incluso a los directores.

Una vez solucionado el problema, se procede a retirar de pantalla la alerta, evitando confusiones posteriormente. Esta herramienta hace participes a todos los operadores, teniendo como objetivo disminuir el tiempo de respuesta a los problemas.

La figura 3.31 nos da una idea del monitor de la herramienta mencionada, esta herramienta cuenta con un sistema semáforo, el color verde nos muestra un estado normal, con un flujo de acuerdo a lo planeado, el color amarillo muestra que se tiene un Andon que está siendo atendido, y el color rojo nos demuestra un paro en el flujo del proceso.



Figura 3-31 Pantalla Andon

### 3.4.3 Metodología 5's.

Las 5's es una metodología que permite mejorar la productividad hasta un 25% al mantener organizado el lugar de trabajo, manteniéndolo funcional, limpio, estandarizado y logrando sostenerlo con la disciplina necesaria para lograr hacer un buen trabajo. Tanto los operadores como la propia empresa trabajando en conjunto pueden lograr las condiciones adecuadas para elaborar y ofrecer productos de calidad.

Cabe mencionar que las siguientes acciones fueron consideradas para la propuesta de este proyecto, y al mismo tiempo se comenzaron a utilizar con la finalidad de que los operadores comiencen a familiarizarse y poco a poco poder tomar un estándar que será llevado a futuro, con las próximas actualizaciones.

- **Seleccionar**

Antes de comenzar a realizar los movimientos, se pidió a los operadores que se encargaran de sus áreas y seleccionaran todo aquello que no les sirviera, logrando con ello, depurar el

área y dejar solamente lo necesario, esto con ayuda de los supervisores y el gerente del contrato.



*Figura 3-32 Selección de objetos innecesarios*

En la figura 3.32 se designó un lugar específico, en el cual se agrupó todo aquello que se consideró innecesario, para poder dar paso a una selección más a fondo del material, con la finalidad de no desechar algún objeto que pudiera servir para otra área u ocasión.

- **Ordenar**

Para esta fase se realizó la delimitación de cada zona, para determinar un lugar para cada objeto que se utiliza en la estación. Para ello se llegó a un acuerdo con los operadores en el cual se logró acomodar de manera correcta las áreas, además de colocar letreros de señalización en cada zona delimitada.



*Figura 3-33 Antes de delimitar*



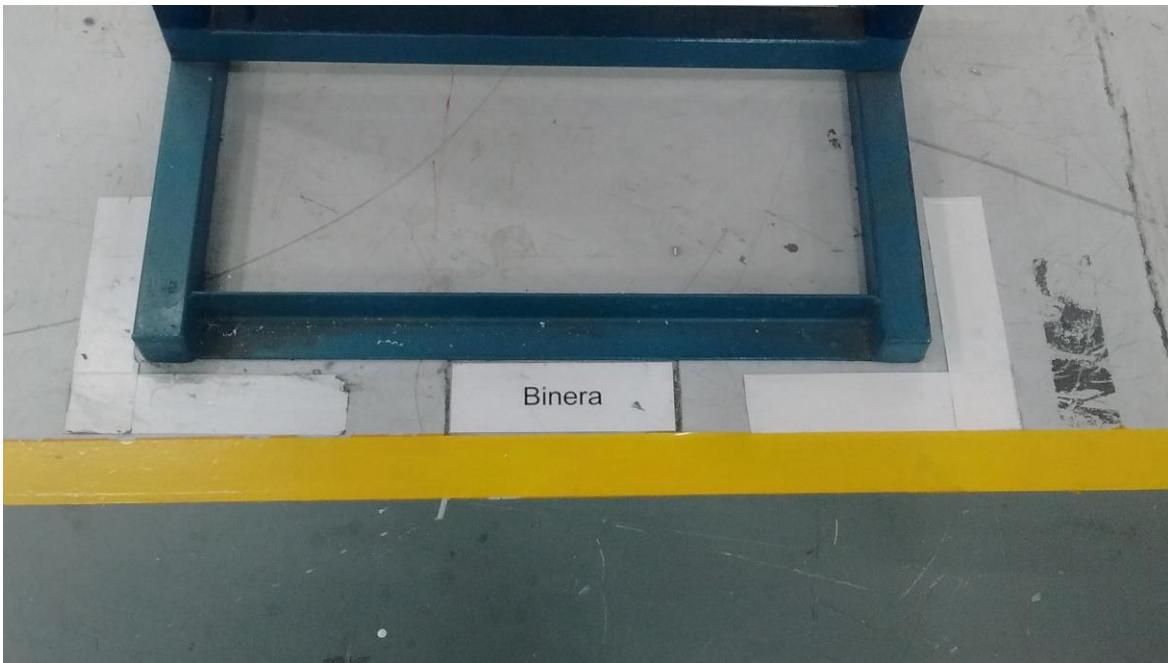
*Figura 3-34 Despues de delimitar*



*Figura 3-35 Antes de ordenar*



*Figura 3-36 Despues de ordenar*



*Figura 3-37 Señalización de lugar*

Colores de cintas:

Blanco: Objetos que permanecen fijos al lugar (mesas de trabajo, jigs).

Azul: Objetos que pueden moverse a diferentes lugares, en caso de ser utilizados (caja de herramientas, kits de partes, tablero, etc)

Amarillo: Delimita el contorno del lugar de trabajo que se utilizará.

Rojo: Señala objetos de primera reacción al momento de algún accidente (botiquín, extintores)

Negro con amarillo: Riesgos eléctricos

### Cajas de herramienta

Para evitar la búsqueda de herramienta en el lugar de trabajo, se ordenaron y mejoraron las cajas de manera que cada cosa se encuentre en su lugar, usando la metodología Poka Yoke, también conocida como “a prueba de errores” haciendo el sombreado a cada uno de los cajones:



Figura 3-38 Caja de herramientas sin orden



Figura 3-39 Caja ordenada

- **Limpiar**

Las medidas que fueron tomadas para esta acción surgieron de los quick kaizen derivados del estudio de tiempos, además de que al tener todo ordenado, y para que luzca de una mejor manera, debe de estar limpio, dando paso con esto a una revisión de cada uno de los jigs de trabajo, identificando si existía algún problema o falla con ellos, y así poder darles un correcto mantenimiento.



Figura 3-40 Limpieza de Jigs



Figura 3-41 Limpieza de área

- **Estandarizar**

#### **Estándar de puestos**

Es esta una ayuda visual que nos permite comparar como es que debe estar ordenada nuestra área de trabajo, cual es la manera en la que luce a lo largo del día, y como es que debe lucir al final del turno, después de realizar la limpieza correspondiente al área.



Figura 3-42 Estándar de puestos

## Tableros

De igual manera se estandarizaron los tableros de producción, en los cuales de manera diaria se tiene la junta de equipo, se dan comunicados, llevan el control de las piezas que elaboran y sirven además como lugar de almacenamiento para sus libros.

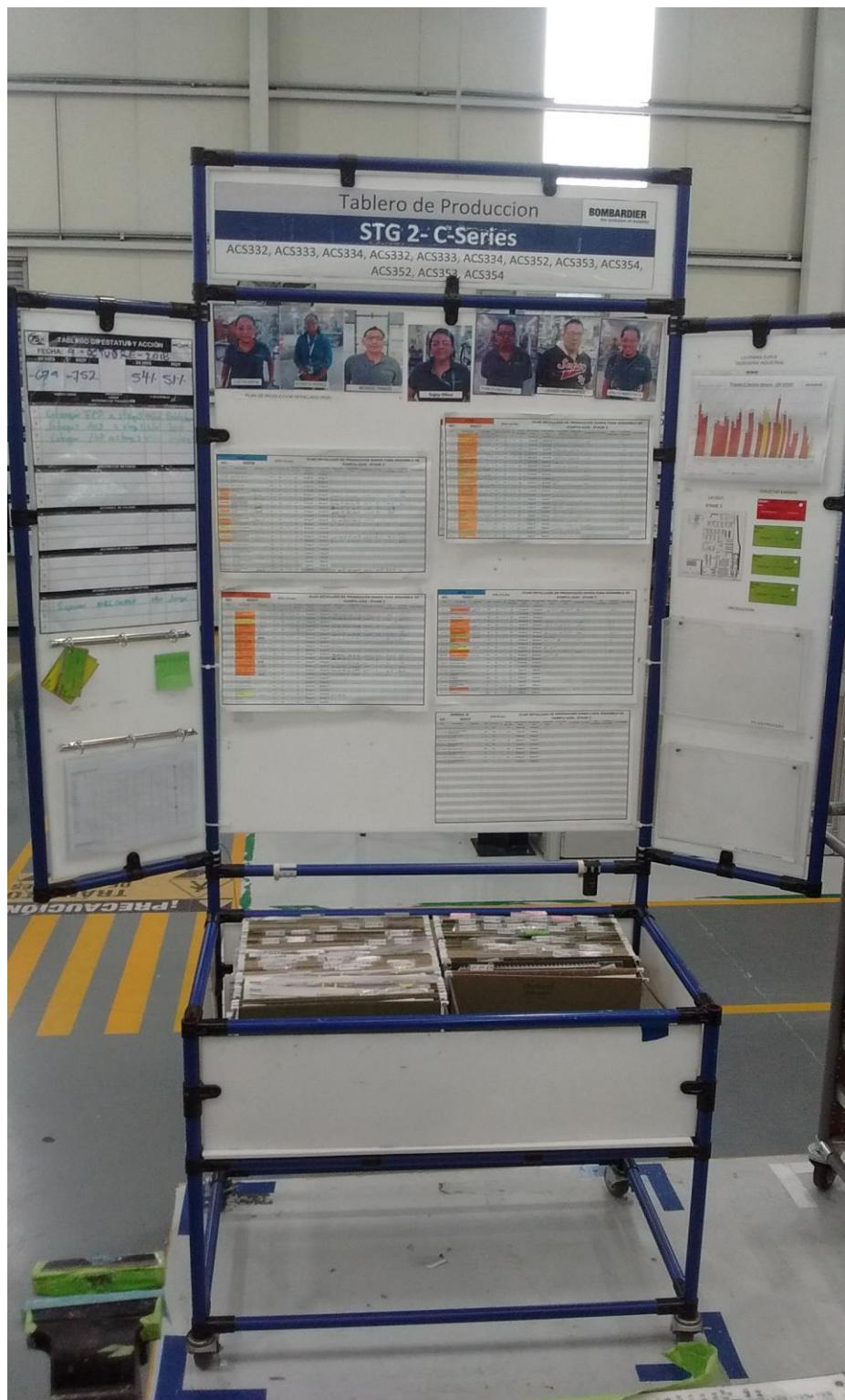


Figura 3-43 Tablero estandarizado

- **Sostener**

### **PCS**

Para poder lograr que los operadores se vayan familiarizando con las acciones, fueron colocadas las Process Confirmation System (sistema de confirmación de proceso), que son una serie de tarjetas que nos permiten realizar una evaluación de cada parte que compone una estación de trabajo.

Estas tarjetas están identificadas con nombre y una letra del abecedario (A-G) con la finalidad de ser localizadas con mayor facilidad, estas a su vez cuentan con un calendario donde aparece de manera aleatoria una letra por día, que corresponde a realizar una PCS diaria, el team leader, es el responsable de que se lleve a cabo el ejercicio con su equipo y también de asignar de manera aleatoria la persona que lo realizará cada día.

Cada tarjeta cuenta con distintas acciones a revisar por los operadores, en la misma tarjeta se hace la anotación si cumplen o no dicho requerimiento, en caso de no cumplir con alguno, está en manos del operador el poder resolverlo, ya sea arreglándolo por el mismo, o en su defecto dejando una observación en su hoja de registros, mismas que recibirán seguimiento por parte de los supervisores y le darán el escalamiento correcto con el departamento correspondiente y así arreglar el desperfecto.

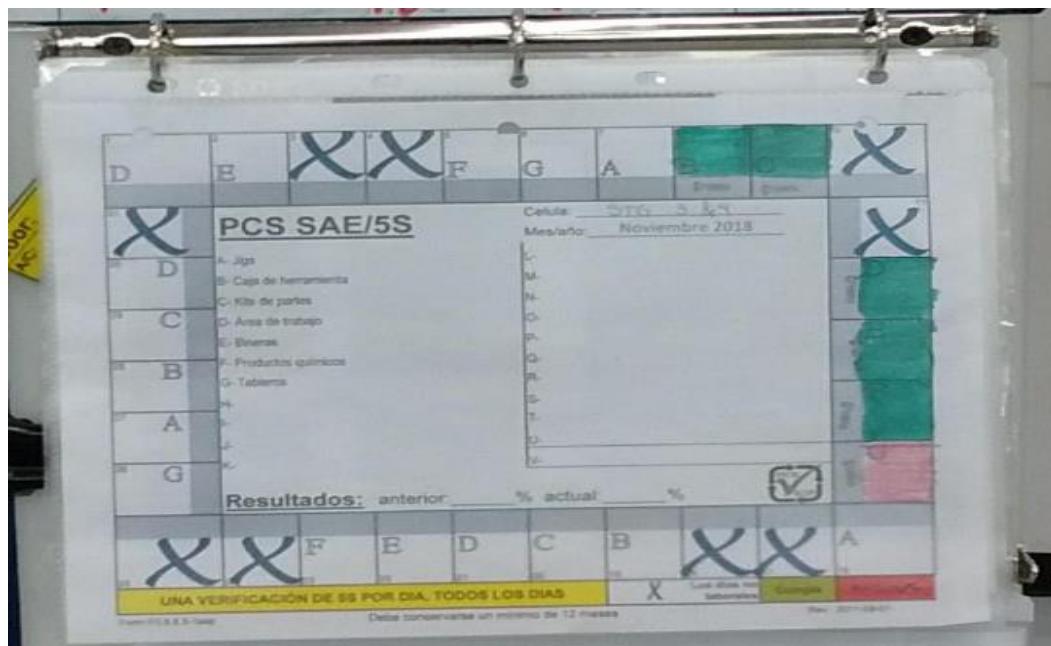


Figura 3-44 Calendario PCS

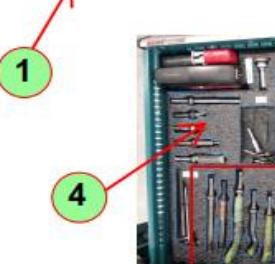
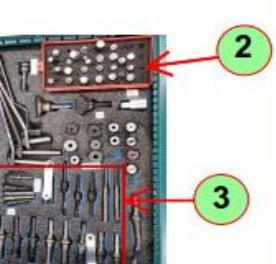
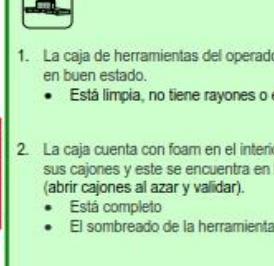
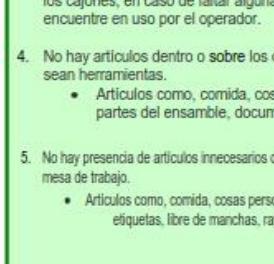
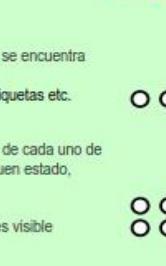
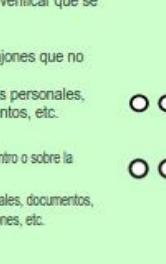
Caja de herramientas		Self-Assessment Card 10 minutes
 	<input checked="" type="checkbox"/>	
 	<input checked="" type="checkbox"/>	
 	<input checked="" type="checkbox"/>	
 	<input checked="" type="checkbox"/>	
 	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 3-45 PCS ejemplo caja de herramientas

**BOMBARDIER** the evolution of mobility **C**

**Kits de partes**

**Self-Assessment Card** **PCS** **10 minutes**

**C or NC**

Photos are for illustrative purposes only, the items in your work area may be different.

**1** 

**2** 

**3** 

**4** 

**Document non-conformities in action register**

1. Solo hay piezas para la efectividad que se está ensamblando, (abrir charolas al azar por buggie y validar).

2. No hay artículos dentro de las charolas que no sean materiales, (abrir charolas al azar por buggie y validar).

- Artículos como, comida, cosas personales, hardware, consumibles, documentos, etc.

3. Las charolas presentes en el buggie están en buen estado y limpias.

- No están rotas o estrelladas
- El foam con el que cuentan está completo y es funcional
- El foam cuenta con las etiquetas de diferenciación de sub-ensambles
- Cada charola tiene a la vista las etiquetas que hace mención de los sub-ensambles presentes en ellas (Tomar 5 sub-ensambles presentes en las charolas y comprobarlo)
- El tamaño de la charola es el adecuado para las divisiones del buggie.

4. El buggie es funcional.

- Su estructura metálica se encuentra en buen estado y está limpio.

Figura 3-46 PCS ejemplo kit de partes

**BOMBARDIER** the evolution of mobility **G**

**Tableros**

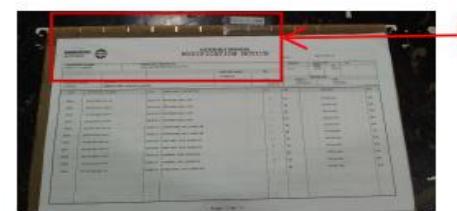
**Self-Assessment Card** **PCS** **10 minutes**

**C or NC**

Photos are for illustrative purposes only, the items in your work area may be different.

**1** 

**2** 

**3** 

**Document non-conformities in action register**

1. El área correspondiente a los cahiers está en orden.

- No hay otros artículos como, comida, cosas personales, piezas, herramientas, etc
- El área está limpia
- Los cahiers están ordenados y completos
- Todos los cahiers cuentan con folder

2. El tablero se encuentra en buen estado y actualizado

- El acrílico al igual que el armazón no está roto o estrellado
- Cuenta con la foto de todo el equipo de trabajo
- Tiene sus PDP correspondientes a la efectividad que se trabaja y con su plan de trabajo al día
- El tablero de estatus y acción está actualizado al día
- Cuenta con su layout y tarjetas Kanban
- El learning curve se encuentra actualizada

3. Tomar 5 folders y verificar.

- El cahier corresponde al stage en el que se encuentra
- El cahier es el correspondiente al folder
- El cahier se encuentra en buen estado, es legible, no está doblado o roto.

Figura 3-47 PCS ejemplo tableros

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones.

El presente capítulo se muestran las principales conclusiones que pueden considerarse, derivadas del desarrollo de la investigación.

En el sector aeronáutico es indispensable contar con líneas balanceadas, personal capacitado y un excelente equipo de soporte, debido a que los ensambles son realizados de manera artesanal, existe gran probabilidad de cometer un error, que podría traducirse en pérdidas.

Es de gran importancia hacer partícipes de las acciones al personal de producción, esto es debido a que ellos al ser en gran parte los dueños del proceso tienen un amplio conocimiento de los problemas que en él se presentan.

Todo el personal de producción requiere de entrenamientos especializados, de acuerdo a las tareas que desarrollará, además de poder hacer uso del herramiental de trabajo, realizar reparaciones y aprender a reconocer en qué momento es necesario solicitar la ayuda del equipo de soporte.

Al realizar un movimiento de Layout debe de considerarse el espacio necesario para los herramientales y un correcto desplazamiento del personal de producción, también un buen flujo del material, esto es, que cuente con un punto de recibo para el material, un flujo de transformación del mismo y otro punto de producto terminado. La propuesta debe de ser revisada con las personas de producción, el supervisor del ensamble y el gerente del contrato para que pueda recibir retroalimentación y ser aprobada.

Para implementar las 5's es necesario crear una cultura en las personas, con la finalidad de que pueda rendir fruto, en esta ocasión la implementación de las tarjetas PCS sirven de ayuda en la acción de sostener, ya que al realizarse de manera diaria, contribuye a que el personal vaya creando un hábito.

Retiro de operaciones en Drive matic para futuras configuraciones de línea debido a identificar el cuello de botella en los re-trabajos derivados del remachado realizado en ella.

Con base a las herramientas implementadas, podemos decir lo siguiente:

El VSM demostró ser una técnica eficaz al momento de realizar la definición de los problemas, permitiendo ver más allá de las estaciones de trabajo y mostrando acciones que requerían ser atendidas con emergencia.

Reducción de un 30% a los desperdicios encontrados en el estudio de tiempo, acciones que fueron mitigadas con ayuda del seguimiento en el Kaizen e implementación de 5's. Para poder realizar el estudio de tiempos es necesario no perder de vista el ensamble, debido a que son tiempos largos de producción, resulta complicado y tardado el volver a analizar las operaciones.

Reducción del tiempo takt teniendo en consideración flujo de una pieza para las propuestas del año 2021, equilibrando y dando visibilidad del flujo de las operaciones.

Reducción del tiempo estándar en tareas para las propuestas del 2021 que aseguran repetibilidad y reproductibilidad.

Reducción en un 40% del tiempo de respuesta por parte del equipo natural de soporte, con base a la correcta utilización de la herramienta Andon.

El balanceo de líneas no puede ser idéntico en esta situación, debido a que los libros de trabajo presentan acciones que no pueden ser divididas, ocasionando estaciones de trabajo extras.

## 4.2 Recomendaciones.

Definir quién es el cliente, sus requerimientos y entender el proceso que se ve afectado, además de determinar el alcance del proyecto y cuáles serán sus limitantes siempre será un plus para la satisfacción del cliente.

Medir el desempeño que presenta la línea que se desea mejorar, se realiza una recopilación de datos de diversas fuentes, se determinan los tipos de defectos a seguir durante el proyecto.

Analizar la información recolectada para poder determinar la causa raíz de los defectos y las oportunidades de mejora, los cuales se deben priorizar de acuerdo a su importancia y se pueden validar las causas de variación.

Mejorar los defectos encontrados, diseñar soluciones que ataquen el problema raíz, además de desarrollar un plan de implementación.

Definir un plan de control y mejora por parte del equipo de Calidad al momento de realizar inspecciones en el proceso; definir tolerancias, herramientas a utilizar, estandarizar puntos de referencia al tomar medidas.

Contar con un plan de surtimiento de piezas adecuado por parte de almacén, que permita tener un flujo adecuado de los materiales en la planta, evitando al mismo tiempo los retrasos en línea por falta de material o el amontonamiento del mismo.

Tener el control del proceso de administración de herramientas al personal de línea, contar con un listado de las herramientas por estación de trabajo, además de otorgar herramientas adecuadas y en buen estado.

Realizar identificadores visuales para cada estación de trabajo, ayudando a facilitar la localización de dichas estaciones.

Indicar puntos de recepción de material por parte de almacén, así evitamos que el material se revuelva o que llegue a ser utilizado en ensambles al que no corresponde.

Actualizar los libros de trabajo conforme a las actividades que se realizan durante el proceso de ensamble incluir trabajo estandar.

Crear cultura en el personal de producción para un uso correcto y efectivo del equipo de protección personal.

Al realizar un movimiento de layout se debe considerar, tomar las medidas de todos los componentes que se encuentran dentro del área, mesas de trabajo, cajas de herramienta o racks de partes, de manera correcta, con la finalidad de hacer un dibujo preciso y confiable, con base en la necesidad del cliente.

Validar la propuesta de layout realizada y el flujo de material con el personal de producción, supervisores y gerentes.

Tomar en cuenta instalaciones de luz, aire, agua, etc. según sea requerido en el proceso.

Contar con un plan detallado de las acciones a realizar durante una tarea, que incluya actividades, el tiempo de duración, y el nombre de quien realizará el trabajo, además de validarla con las personas involucradas.

Realizar archivos de seguridad para cada avance que se realice de una propuesta o mejora.

## A. Anexo: Propuestas llevadas a cabo.

Para poder realizar el movimiento planteado como contención 2019, fue necesario el acomodo de dos áreas, conocidas como Subs & feeders, al igual que el ensamblaje de la puerta Baggage que forma parte del contrato Global 5K/6K.

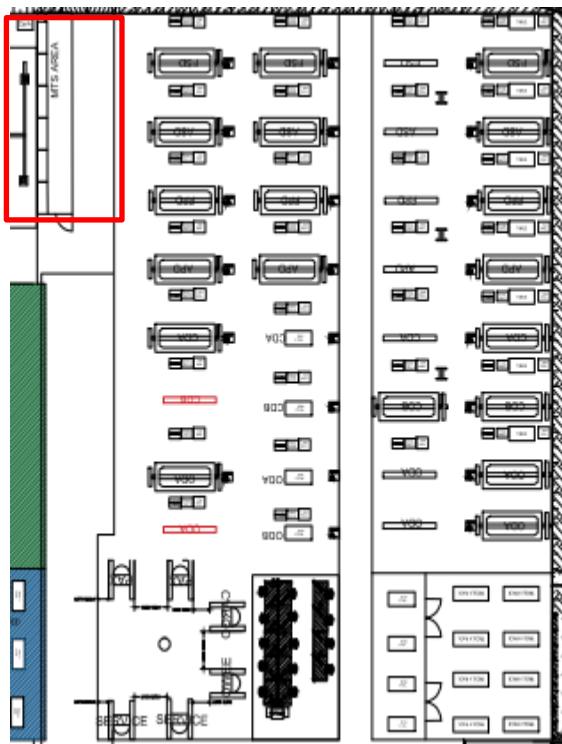


Figura 4-1 Línea sin S&F

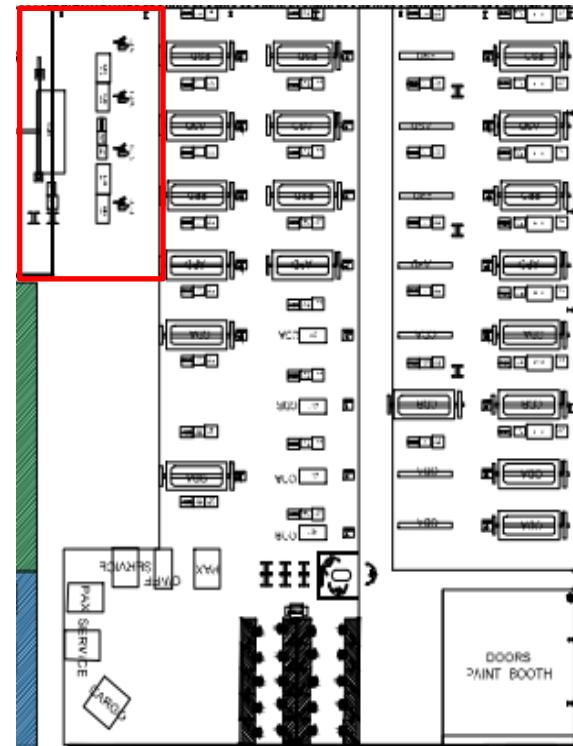


Figura 4-2 Línea con S&F

Para obtener un buen flujo de material se necesitaba tener al área de Subensambles y Feeders cerca de la línea de ensamblaje de puertas A220, por lo que se dio la propuesta de reacomodar el ensamblaje de Baggage marcado en color rojo en la figura 4.1 en otra zona, debido a que pertenece a otro contrato, no habría inconveniente de realizar dicho movimiento.

Se realizó una análisis en la planta que nos permitiera encontrar un lugar adecuado para realizar el movimiento, contemplando el tamaño las áreas, el flujo de materiales y que no se viera afectado o afectara a otro contrato.

La figura 4.3 nos muestra la alternativa propuesta, y la figura 4.2 y 4.4 las propuestas que fueron llevadas a cabo.

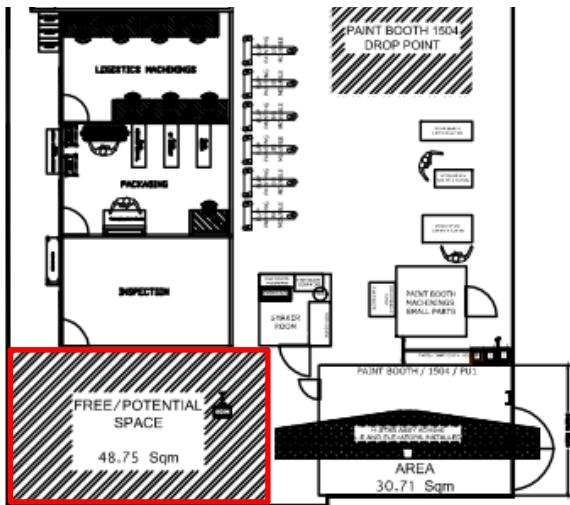


Figura 4-3 Espacio potencial

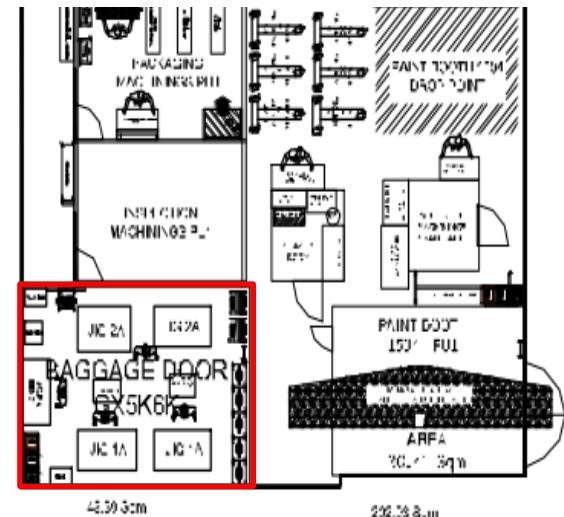
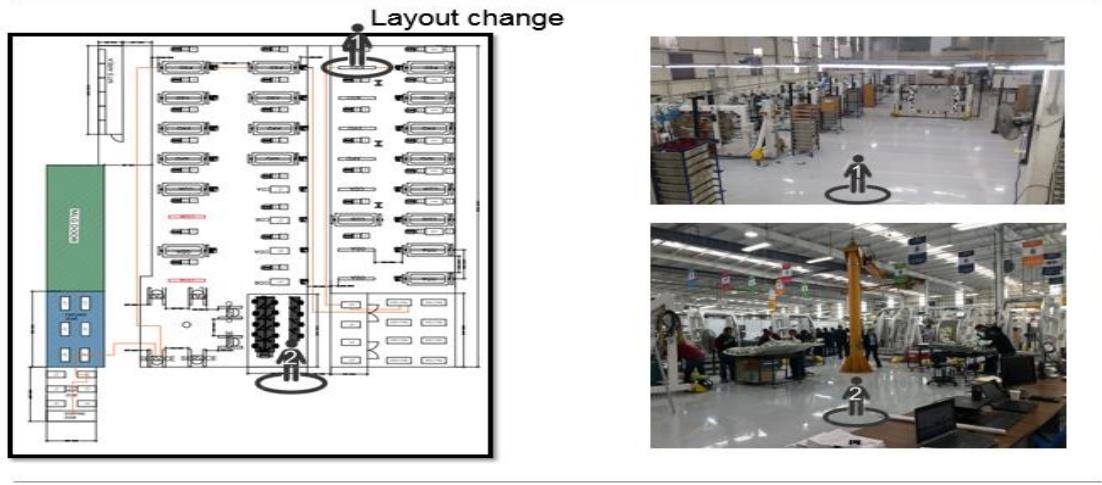


Figura 4-4 Baggage instalada

## B. Anexo: Resultados de la implementación 2019

### BACK UP

#### SOME EXAMPLES ABOUT EXECUTION



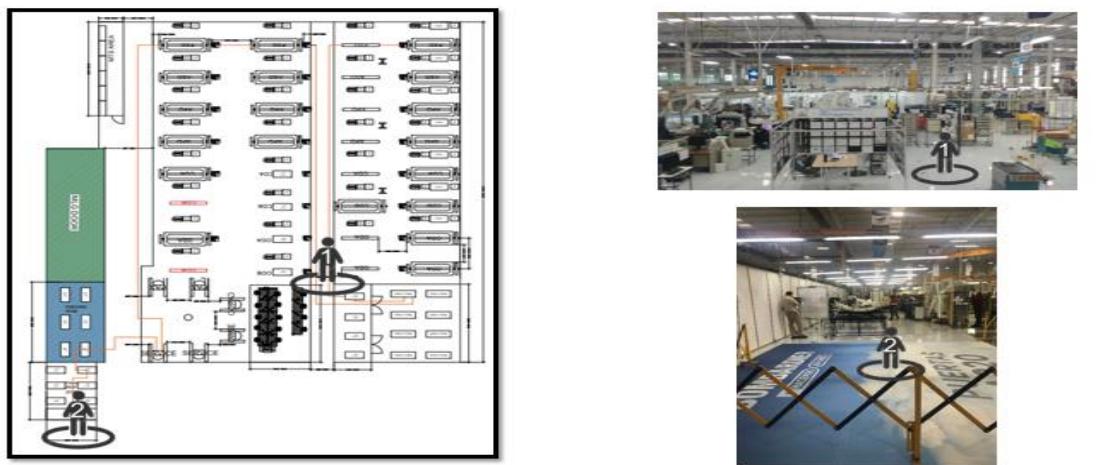
PRIVATE AND CONFIDENTIAL  
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

**BOMBARDIER**

Figura 4-5 Vista de layout 1

### BACK UP

#### SOME EXAMPLES ABOUT EXECUTION



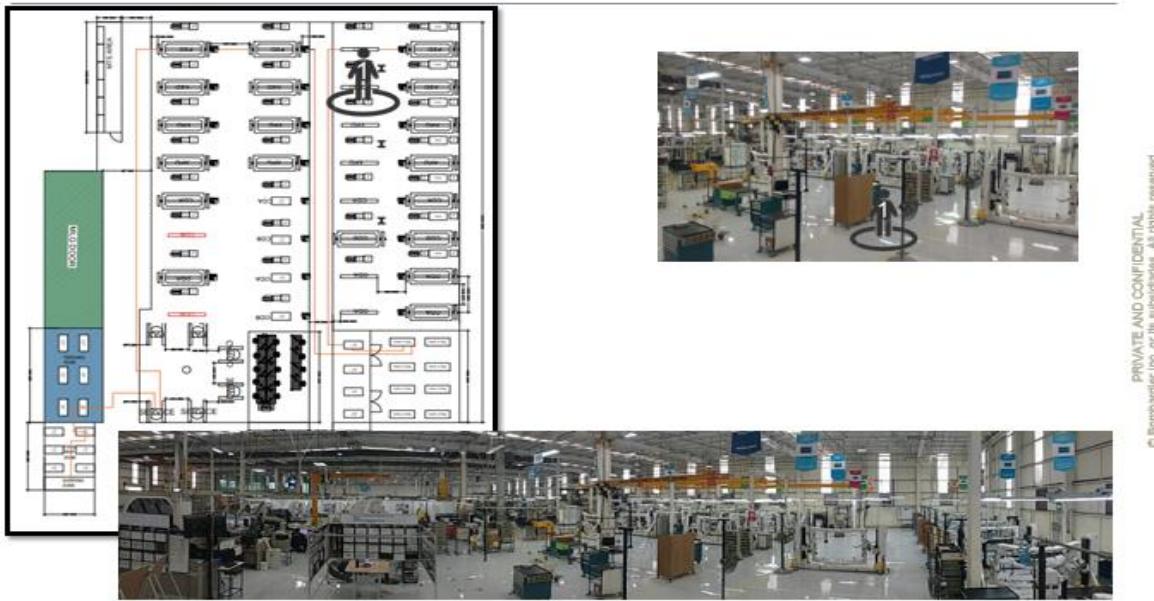
PRIVATE AND CONFIDENTIAL  
© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

**BOMBARDIER**

Figura 4-6 Vista de layout 2

## BACK UP

### SOME EXAMPLES ABOUT EXECUTION



**BOMBARDIER**

Figura 4-7 Vista de layout 3

## KAIZEN A220

Kaizen	Antes	Después	Beneficio
Tableros de producción	Not Available		<ul style="list-style-type: none"> <li>Diálogo diario de desempeño entre el líder del equipo y el equipo.</li> <li>Reducción de 25 a 15 días en STG 1</li> <li>Gestión de Operaciones en términos de: Progreso, NCRS.</li> </ul>
Andon			<ul style="list-style-type: none"> <li>Estaciones de andon estandarizadas.</li> <li>Personas entrenadas</li> <li>Reducción del tiempo de contención de Andon de 15 horas a 9 horas.</li> </ul>

Figura 4-8 Mejoras Kaizen 1

## KAIZEN A220

Kaizen	Antes	Después	Beneficio
Gestión de documentación			<ul style="list-style-type: none"> <li>Se colocó en los Jigs un contenedor para gestionar documentaciones.</li> <li>Incrementa la calidad de la puerta en 10 puntos porcentuales de 76% a 86%</li> </ul>
Crear área de stock			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lugar definido para gestionar subs y alimentadores.</li> <li>Rack para subs seguros y alimentadores</li> </ul>

Figura 4-9 Mejoras Kaizen 2

## KAIZEN A220

Kaizen	Antes	Después	Beneficio
Organización del lugar de trabajo			<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de dos horas diarias por búsqueda de herramientas por puerta</li> </ul>
Administración de herramientas			<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de cajas de herramienta en estaciones de trabajo</li> <li>Reducción de dos horas diarias por búsqueda de herramientas por puerta</li> </ul>

Figura 4-10 Mejoras Kaizen 3

## KAIZEN A220

Kaizen	Antes	Después	Beneficio
Reconocimiento de cajas de herramienta			<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoy es posible identificar la cantidad de herramientas que existen por estación.</li> </ul>
Administración de herramientas			<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestión de caja de herramientas en pinzas de clecos.</li> <li>Reducción y control por pérdida de clecos. Reducción en preparación.</li> </ul>

Figura 4-11 Mejoras Kaizen 4

## KAIZEN A220

Kaizen	Antes	Después	Beneficio
Definición y entrega de carros para traslado de puertas.			<ul style="list-style-type: none"> <li>Con la nueva cubierta del carro, la piel es más segura porque esta cubierta no mantiene el material eliminado del proceso de perforación.</li> </ul>
Incluir un espacio en el layout para área de envío.			<ul style="list-style-type: none"> <li>Para el escenario 2019 hemos considerado un espacio para el envío, de esta manera mejoramos el flujo en la zona.</li> </ul>

Figura 4-12 Mejoras Kaizen 5

## 5. Glosario

**Estudio de tiempos:** técnica de medición de trabajo para registrar los tiempos y el ritmo de trabajo para los elementos de una tarea específica.

**Yamazumi:** palabra japonesa que significa literalmente acumularse.

**Balanceo de línea:** igualar los tiempos de trabajo en todos los puestos de un proceso productivo.

**Takt time:** cada cuanto se debe entregar un producto dependiendo de la demanda del cliente.

**Kaizen:** es un sistema de mejora continua e integral que comprende todos los elementos, componentes, procesos, actividades, productos e individuos de una organización.

**Lead time:** es el tiempo de entrega/el tiempo de ciclo son dos métricas importantes en Lean y la mejora de procesos en general.

**Pensamiento Lean:** medir y obtener datos de forma continua para eliminar o corregir aquellas tareas o procesos que no aportan valor al producto final o al cliente final, y para potenciar aquello que sí aporta valor, todo esto con el foco puesto en la mejora continua.

**VSM:** Value Stream Mapping ó Mapeo de Flujo de Valor se basa en ver y entender un proceso en profundidad e identificar sus desperdicios (waste) y actividades que no que no agregan valor, tanto dentro de la organización como en la cadena de suministro.

**Estándar:** Que sirve de patrón, modelo o punto de referencia para medir o valorar cosas de la misma especie.

**Diagrama de Flujos:** Es un diagrama que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender

**Sub-ensambles:** Piezas pequeñas que forman parte de un ensamble mayor y que sirven principalmente para unir piezas más grandes.

**Feeders:** Son mecanismos utilizados para completar un ensamble y comprenden cables, manijas, ventanas etc.

**Jig:** Una plantilla es un tipo de herramienta personalizada que se utiliza para controlar la ubicación y / o el movimiento de piezas u otras herramientas.

**Barrenado:** Barrenar es la acción en la que un dispositivo o herramienta se utiliza para realizar agujeros o pozos cilíndricos extrayendo el material sólido perforado.

**Avellanado:** Es la acción alisar las hendiduras que se hacen en el hierro y demás metales. Las hay de varias figuras y dimensiones que varían según su aplicación

**Remachado:** Esta acción implica la utilización de herramientas manuales o hidráulicas, con las cuales un elemento de fijación llamado rivet se emplea para unir de forma permanente dos o más piezas.

**Diagrama de pareto:** También llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras.

**Cuello de botella:** Este término hace referencia a una fase de la cadena de producción más lenta que otras, que ralentiza el proceso de producción global.

**Tendencia:** Inclinación o disposición natural que una persona tiene hacia una cosa determinada.

**Layout:** Sirve para hacer referencia al esquema que será utilizado y cómo están distribuidos los elementos y formas dentro de un diseño.

**Set:** En este proyecto se hace referencia al conjunto de puertas que debe ser entregado.

**Casete de remachado:** Estructura de soporte diseñada para realizar la acción del remachado de la piel al esqueleto de la puerta.

## Bibliografía

- [1].Christian Staudter, Jens-Peter Mollenhauer, Renata Meran, Olin Roenpage, Clemens von Hugo, Alexis Hamalides. «Design for Six Sigma + Lean Toolset: Implementing Innovations Successfully.» Frankfurt: Stephan Lunau, 2009.
- [2].Dailey, Kenneth W. *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. DW publishing Co., 2003.
- [3].Niebel, Benjamin W., y Andris Freivalds. *Ingenieria Industrial: Metodos, estandares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill, 2009.
- [4].Socconini, Luis. *Lean Manufacturing paso a paso*. Norma, 2008.
- [5].Womack, James P., y Daniel T. Jones. *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press, 2003.
- [6].González, F. (2007).Revista Panorama Administrativo. “Manufactura esbelta. Principales herramientas”. Beachmold Mexico S. de R.L. de C.V.
- [7].Meyers, F. (2000). “Estudios de tiempos y movimientos”. Editorial Pearson.
- [8].Ortíz, C. (2006). “Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line. Editorial CRC Press.
- [9].Sancho Frías, J. (2008). “Implantación de productos y servicios”. Editorial Vértice.
- [10]. Sempere Ripoll, F., Miralles Insa, C., Romano, C., & Vicens Salort, E. (2003).”Aplicaciones de mejora de métodos de trabajo y medición de tiempos”. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- [11]. Salvendy, G. (2001). “Handbook of industrial engineering: technology and operations management”. Tercera edición. Editorial Wiley.

- [12]. Muñoz Negrón, D. (2009). “Administración de operaciones: Enfoque de administración de procesos de negocios”. Editorial Cengage Learning.