

## 1 CAPITULO 3 ANALISIS DE LA EMPRESA

---

### 1.1 MAPA DE LA CADENA DE VALOR ACTUAL

---

En este capítulo se describirá detalladamente cómo se elaboró el mapa de la cadena de valor del estado actual de la empresa. Este mapa es de gran utilidad para entender cuál es la situación actual del piso de producción y revela información relevante acerca de los problemas y fuentes de desperdicio que se presentan día a día. Posteriormente, se describe detalladamente el comportamiento de las estaciones de trabajo a estudiar y con la ayuda de gráficas y tablas se facilita la comprensión de la problemática en cada una de ellas. Una vez identificadas las razones principales de los problemas, se describen las sugerencias de mejora que se consideraron tendrían un impacto significativo en la planta. Por último se explicará cuales son los pasos a seguir para iniciar el proceso de mejora establecido por la metodología de “lean manufacturing”.

El mapa de la cadena de valor es una técnica que se utiliza para analizar el flujo de información y materiales requeridos para llevar un producto o servicio al consumidor<sup>1</sup>. Ayuda a la comprensión del flujo tanto de material como de información y es de gran utilidad para desarrollar e implementar las estrategias a seguir para convertirse en una empresa que opere bajo un esquema de “lean manufacturing”<sup>2</sup>.

Para poder dibujar la cadena de valor actual, es necesario caminar por la línea de producción y registrar tanto los tiempos de procesos con cronómetro, como los inventarios entre estaciones de ese momento<sup>3</sup>. Esto se debe a que el mapa de cadena de

---

<sup>1</sup> (Rother & Shook, 1999).

<sup>2</sup> [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com)

[www.strategosinc.com](http://www.strategosinc.com)

<sup>3</sup> (Rother & Shook, 1999).(p.14)

valor es una herramienta cualitativa y busca plasmar la situación real del piso de producción en ese momento para entender cuáles son los problemas a los que se enfrentan los operadores día con día, para que las mejoras estén enfocadas a resolverlos.

El estudio se hizo primordialmente para tener datos tangibles de la duración del tiempo de ciclo de todas las estaciones de trabajo en minutos y la cantidad de inventario entre estaciones. A continuación, se dibujó el mapa de valor con toda la información necesaria para describir el comportamiento de la línea de producción.

Posteriormente se dividió el mapa por estaciones de trabajo independientes y para cada una se obtuvo el tiempo disponible de la máquina (considerando descomposturas), el tiempo de ciclo y el número de operadores que trabajaba en esa estación. Esta información describe detalladamente cuál es el estado actual de cada estación de trabajo e indica si está funcionando bajo buenas condiciones. De igual manera es información relevante que revela claramente dónde se requiere mejorar. A continuación se describe con mayor detalle la forma en que se mapeo la cadena de valor.

## 1.2 DESCRIPCION DEL PROCESO

---

El producto a estudiar es una mezcladora de concreto para la construcción. La mezcladora está formada por una olla, los subensambles de la olla y pedestales, sistemas de movimiento (hidráulico, neumático y eléctrico) y el camión donde va montada. En la empresa únicamente se fabrican las ollas, los subensambles de la olla y pedestales. Los camiones son suministrados por los clientes, por lo que en la empresa se adaptan los camiones, se monta la olla al camión, y se instalan los sistemas hidráulico, neumático y eléctrico.

No todos los componentes se fabrican en la empresa. Las aspas, motores eléctricos, sistemas hidráulicos, la cabeza y tanques se compran.

---

### 1.2.1 ENSAMBLES QUE CONFORMAN LA OLLA:

---

La olla se compone de 4 diferentes “conos” que son:

- Cono Extensión: Es la extensión frontal de la olla donde se vacía el cemento. Está compuesto de 4 placas curvas y 8 aspas. (Ilustración 1.2.1-1)



ILUSTRACIÓN 1.2.1-1: CONO EXTENSION

- Cono Frontal: Es la parte circular frontal de la olla. Está compuesto por 4 placas curvas y 4 aspas. (Ilustración 1.2.1-2: Cono FrontaIlustración 1.2.1-2)



ILUSTRACIÓN 1.2.1-2: CONO FRONTAL

- Cono Cinturón: Es la parte media de la olla. Está compuesto por 2 placas curvas y 8 aspas. (Ilustración 1.2.1-3)



ILUSTRACIÓN 1.2.1-3: CONO CINTURON

- Cono Posterior: Es la parte trasera de la olla. Está compuesto por una “cabeza”, 4 placas curvas y 12 aspas. (Ilustración 1.2.1-4)

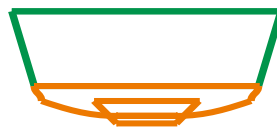


ILUSTRACIÓN 1.2.1-4: CONO POSTERIOR Y CABEZA

---

## 1.2.2 SUBENSAMBLES DE LA OLLA:

---

La olla tiene otros subensambles, que son:

- Ensamble pedestal posterior
- Ensamble pedestal frontal
- Ensamble Canal 1
- Canal Abatible
- Canal Extensión
- Tolva de Carga
- Canal Colector
- Ensamble Partes Pedestal.

---

### 1.2.3 DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO:

---

El proceso comienza al recibir placas de acero y aspas del proveedor. Las placas son cortadas, roladas y procesadas en el “área de habilitado”. El “área de habilitado” provee de placas necesarias a las estaciones de “subensambles de olla y pedestales”, ensamble cono extensión, ensamble cono frontal, ensamble cono posterior y ensamble cinturón. (Ilustración 1.2.3-1)

Los procesos de “subensambles de olla y pedestales”, cono extensión, cono frontal y cono posterior se hacen simultáneamente. Al terminar de hacer el cono extensión, se sueldan sus aspas en la misma estación. Ese subensamble se coloca a lado de la estación de cono frontal.

Al terminar de hacer el cono frontal, el operador de esa estación une el ensamble de cono extensión con el ensamble de cono frontal. Este subensamble se mueve a un área frente a las estaciones de ensamble de aspas, en espera de ser procesado.

Al terminar de hacer el cono posterior, el operador une este subensamble con la tapa. Después hace el cono cinturón y al terminarlo une el subensamble “cono posterior y tapa” con el cono cinturón. Este subensamble se mueve a un área frente a las estaciones de ensamble de aspas.

Las estaciones de ensamble de aspas, al terminar de colocar las aspas en el interior de los subensambles, los mueven a una estación donde se unirán los dos subensambles“; cono posterior, tapa y cinturón” con “cono frontal y extensión”. Después de unirlos, se colocarán aspas entre los dos subensambles.(Ilustración 1.2.3-1)

La olla ha sido parcialmente unida, posteriormente pasa a la estación de “arco sumergido”, donde se aplica una soldadura definitiva y se detalla. Después se mueve la olla a una estación donde se ensambla la olla con todos los “subensambles de ollas y pedestales”.

La olla con pedestales se mueve a una cabina de granallado, donde se le quita el oxido y suciedad. Después se mueve a una cabina donde se aplica “primer” y pintura, y finalmente se mueve a una cabina donde se hornea la pintura.

Mientras tanto el cliente lleva su camión a la planta, donde se barrena y se prepara para la unión. Al salir la olla del horno de pintura, se lleva a un área de montaje final, en donde se une al camión, y se instalan los sistemas hidráulico, neumático y eléctrico. (Ilustración 1.2.3-1)

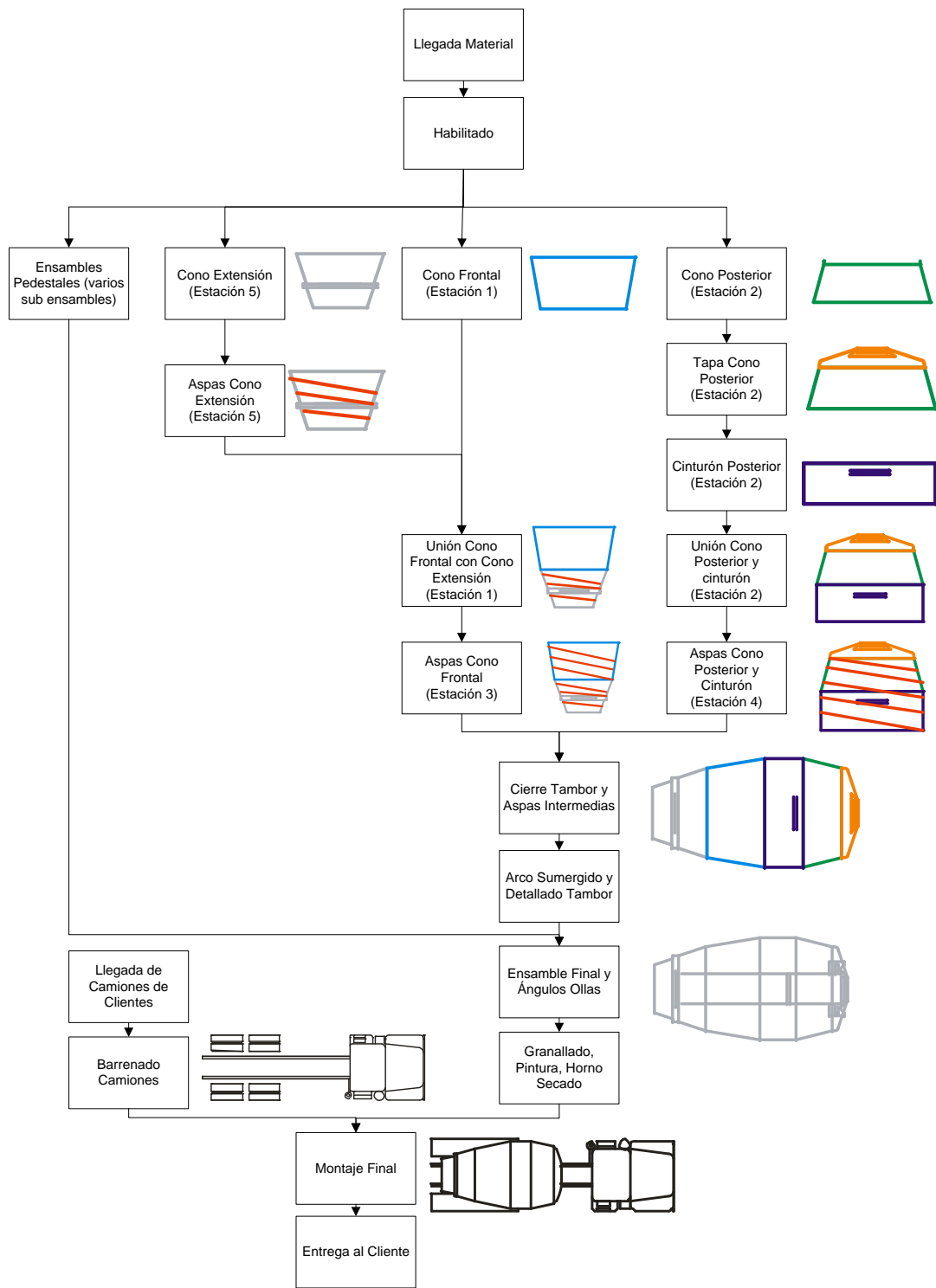


ILUSTRACIÓN 1.2.3-1: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

La primera estación de trabajo en la línea se denomina área de habilitado y está compuesta por diferentes operaciones. Es el proceso inicial al que se someten las láminas de acero y está organizado como “job shop”. El ritmo al que opera esta estación está sujeto a innumerables factores como proveedores, ritmo de producción, disponibilidad de maquinaria, etc. Es un área compleja que para fines de esta tesis se consideró como un proveedor que distribuye material cada vez que se le pida.

Las estaciones restantes sí se consideraron como independientes, y se registraron todas y cada una de las operaciones hechas por el operador, se capturó el tiempo que tardaba cada operación y a su vez se observó el comportamiento de los inventarios, la disponibilidad del equipo de trabajo y el flujo de material. Para registrar el porcentaje disponible de máquina se preguntó al personal de mantenimiento un estimado sobre las descomposturas de la maquinaria y el funcionamiento del plan de mantenimiento, ya que no se tiene datos históricos. Sobre esta información se podría estudiar la probabilidad de incrementar el porcentaje de este tiempo en la cadena de valor del estado futuro.

En este aspecto, la empresa no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo sino que utiliza un turno de seis horas al día para ejecutar mantenimiento correctivo en el piso de producción. Se consideró la opción de crear y diseñar un manual de mantenimiento preventivo para poder liberar este turno y reducir costos de operación, pero por falta de tiempo y de información sobre el equipo se eliminó esta alternativa.

Toda la información recopilada en este estudio se transformó a minutos y de esa manera se obtuvo el tiempo en el que se completa el proceso de manufactura del producto (lead time).

$$\text{Lead time} = 34\,519 \text{ minutos}$$

Este dato refleja el tiempo total que pasa el producto en la línea de ensamble, desde que entra la materia prima hasta que se entrega como producto terminado y está determinado tanto por la duración de las operaciones de trabajo como por los inventarios

entre estaciones y las descomposturas de equipo. Es un dato importante que debe verse modificado en el mapa de valor futuro, es el único dato que expresa de manera tangible si se mejoró o no. (Ilustración 1.2.3-2)

Una vez que se recopiló toda la información y se dibujó la cadena de valor del producto, deben identificarse todas las actividades que no le agreguen valor al producto final. Las fuentes de desperdicio son las primeras que deben resaltarse, como es la cantidad de inventario entre estaciones y los porcentajes de efectividad bajos. Debe de estudiarse cuidadosamente cada estación y revisar si el tiempo de ciclo no excede la duración del tiempo de tacto ya que esa es la más clara advertencia de que algo está mal en el proceso y es una causa importante de retraso en la línea de producción.



ILUSTRACIÓN 1.2.3-2: MAPA DE CADENA DE VALOR ACTUAL DE LA EMPRESA

### 1.3 MAPA FUTURO DE LA CADENA DE VALOR

---

Esta sección describe cómo se hizo el mapa futuro de la cadena de valor de la línea de producción de ollas. Primero se muestra cómo se obtuvo el tiempo de tacto. Una vez que se verificó que el tiempo de ciclo de las operaciones está dentro del tiempo de tacto, se indica cómo se podría desarrollar un “flujo continuo” en la línea. En donde no sea posible desarrollar un flujo continuo, se determina dónde utilizar supermercados y de esta forma continuar con el flujo continuo. Finalmente se sugiere mejorar el tiempo disponible de máquina y el flujo de información. Tomando como referencia el mapa de valor actual, se sugieren las estrategias de mejora y se plasma en papel el funcionamiento ideal del piso de producción.

---

#### 1.3.1 CALCULO DEL TIEMPO DE TACTO

---

El tiempo de tacto se calculó utilizando la siguiente fórmula: (Ecuación 1.3-1)

$$tiempo\_de\_tacto = \frac{tiempo\_disponible\_de\_trabajo\_por\_turno}{tasa\_de\_demanda\_del\_cliente\_por\_turno}$$

ECUACIÓN 1.3-1: CALCULO TIEMPO DE TACTO (ROTHER & SHOOK, 1999)

Como el tiempo disponible de trabajo por día es de 17 horas, y la tasa de demanda del cliente es de 4 equipos al día: (Ecuación 1.3-2)

$$tiempo\_de\_tacto = \frac{1020min}{4pzas} = 255min$$

ECUACIÓN 1.3-2: CALCULO TIEMPO DE TACTO EN LA EMPRESA

Posteriormente se revisó que los tiempos de ciclo de los procesos no fueran mayores al tiempo de tacto. En el mapa de cadena de valor actual ninguno de los procesos supera el



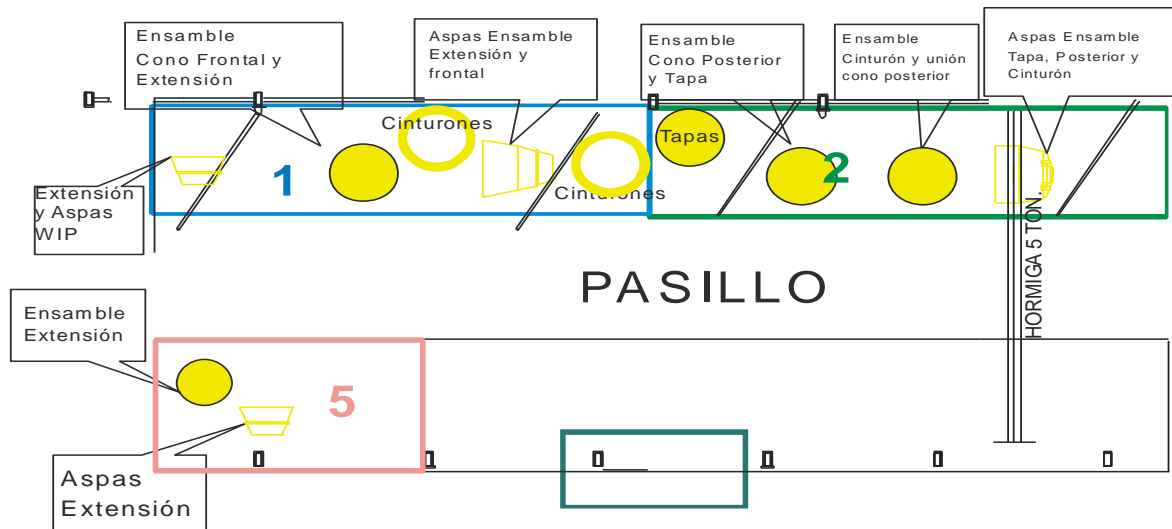


ILUSTRACIÓN 1.3.2-2: LAYOUT PROPUESTO, UNION DE ASPAS

La unión de dichas operaciones requeriría una reorganización del área de trabajo, y la compra de dispositivos para poder voltear el cono y poder ensamblar las aspas en la misma estación de trabajo. Para el ensamble de las aspas se sugiere comprar o construir dispositivos que faciliten la tarea, como el dispositivo que existe actualmente en la estación de cono extensión. (Ilustración 1.3.2-2)

En paralelo, se sugiere la “unión” de las operaciones “Cierre Tambor”, “Aspas Intermedias”, “Arco Sumergido”, “Detallado Tambor”, “Ensamble Final” y “Ángulos Ollas”. Dicha “unión” no se refiere a la unión física de dichas operaciones, sino a trabajar bajo un esquema de producción “pull”. Actualmente cuando se termina una operación, el ensamble se pasa directamente a la siguiente estación. Sin embargo si la siguiente estación no está vacía, el ensamble se deja en el piso de producción como trabajo en proceso. El hecho de dejar los ensambles en el piso de producción causa un congestionamiento en el pasillo y áreas de trabajo. Además se requieren movimientos extras con la grúa, ya que se mueve el ensamble dos veces, de una estación de trabajo al pasillo, y del pasillo a la siguiente estación. (Ilustración 1.3.2-3 e Ilustración 1.3.2-4)

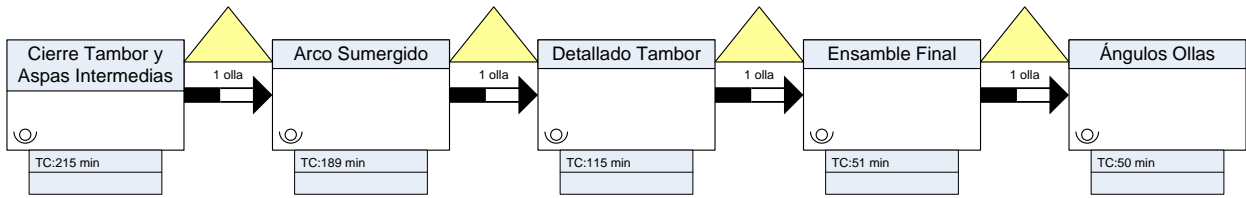


ILUSTRACIÓN 1.3.2-3: *FLUJO NO CONTINUO, EMPUJANDO LA PRODUCCIÓN*

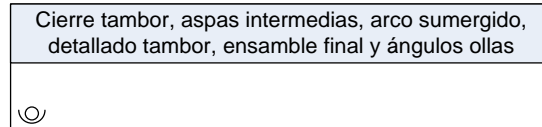


ILUSTRACIÓN 1.3.2-4: *FLUJO CONTINUO JALANDO LA PRODUCCIÓN SIN SUB-ENSAMBLES EN EL PISO DE PRODUCCIÓN.*

Al empujar la producción, en las estaciones más lentas se va acumulando trabajo en proceso, y el hecho de que el único medio para mover los ensambles sea por grúa, causa en algunas ocasiones graves retrasos en el proceso. La grúa es un recurso esencial debido a que no solo sirve para transportar ensambles, sino también para elevar sub ensambles en algunas estaciones de trabajo y transportar material.

### 1.3.3 DETERMINAR DONDE UTILIZAR SUPERMERCADOS

En el mapa de cadena de valor actual se puede observar que existen inventarios entre varias estaciones. Se propone utilizar supermercados en lugar de inventarios entre habilitado y las operaciones siguientes: (Ilustración 1.3.5-1 e Ilustración 1.2.3-1)

- Entre habilitado y cono posterior, cabeza y sus aspas
- Entre el ensamble de cono extensión, frontal y con cierre tambor
- Entre el ensamble de cono posterior, cabeza y con cierre tambor
- Entre habilitado y aspas intermedias

Cuando no es posible implementar un flujo continuo, se sugiere utilizar sistemas de supermercados. Se sugiere establecer dos supermercados que se encuentren localizados antes de cierre tambor. Uno donde se encuentren las aspas intermedias que son soldadas una vez ensamblada la olla, y otro en el cual únicamente estén dos sub ensambles; uno de cono posterior con sus aspas, y otro de cono frontal y extensión con sus aspas. Con este sistema se le indica a las estaciones de trabajo previas cuándo deben comenzar a trabajar, y así evitar inventario innecesario.

Es importante destacar que la sobreproducción es uno de los factores que causan mayor desperdicio y re-trabajo, por lo tanto es mejor que las estaciones mencionadas anteriormente no estén trabajando en algunas ocasiones, a que estén trabajando todo el tiempo e inunden el piso de producción y pasillo con sub ensambles.

Entre habilitado y las estaciones de ensamble de conos y sus respectivas aspas, se sugiere establecer supermercados. Estos supermercados serán carritos que utilizarán un sistema de control Kanban. En este caso el “transportador” será algún operador de habilitado, que periódicamente, revisará las cajas con Kanbans, y rellenará los carritos con las placas y sub ensambles requeridos.

Antes de la estación de granallado, se sugiere establecer un supermercado, el cual reciba la secuenciación gradualmente a lo largo del día, directamente de control de producción indicando como se deberá pintar la olla. A partir de granallado, la línea deberá seguir un flujo continuo, hacia las siguientes estaciones para no tener trabajo en proceso esperando en el piso de producción. No se debe empezar a trabajar y pasar la olla a un punto intermedio de inventario de trabajo en proceso. (Ilustración 1.3.5-1 e Ilustración 1.2.3-1)

En nuestro mapa de valor futuro, el proceso marcapaso es pintura. Debido a que en pintura se personaliza cada producto y antes de pintura todas las ollas son iguales. (Ilustración 1.3.5-1 e Ilustración 1.2.3-1)

---

#### 1.3.4 MEJORA DEL UPTIME

---

El tiempo disponible de máquina, o “uptime” debe aumentar significativamente en algunas estaciones. Existen ciertas instalaciones estratégicas que si llegan a fallar, provocarán que toda la línea pare. Algunos ejemplos son: el aire comprimido, el gas para las soldadoras, energía eléctrica y grúas. Para lograr aumentar el uptime, se sugiere la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en toda la línea.

---

#### 1.3.5 MEJORA EN FLUJO DE INFORMACION

---

Una vez modificado el flujo de materiales, se deberá modificar el flujo de información. Al implementar un sistema de control de producción Kanban, el control de la producción se ejecuta en el piso de producción por medio de los Kanbans. Por lo tanto en lugar de enviar instrucciones de trabajo y producción desde el MRP hacia cada estación, únicamente se enviará la secuenciación nivelada a la estación marcapaso, y esta a su vez jalará la producción de los procesos anteriores.

ILUSTRACIÓN 1.3.5-1: MAPA FUTURO DE LA CADENA DE VALOR EN LA EMPRESA



## 1.4 PLAN DE IMPLEMENTACION

---

Los mapas de la cadena de valor, actual y futuro, son las herramientas a partir de las que se generó el plan de implementación.

---

### 1.4.1 COMO LLEGAR AL MAPA DE CADENA DE VALOR FUTURO

---

En el análisis del mapa de valor de la situación actual de la empresa surgieron gráficamente problemas que impiden que la línea tenga un flujo continuo, que no tenga retrasos y que sea eficiente.

A partir de esto, se dividió la línea en bucles (loops), con el propósito de poder dividir una implementación tan larga en etapas. Los cuatro bucles resultantes fueron: (Ilustración 1.3.5-1)

- Granallado, pintura, horno secado, barrenado camión, montaje final.
- Cierre tambor, aspas intermedias, arco sumergido, detallado tambor, ensamble final, ángulos olla.
- Ensamblados Conos y Aspas, habilitado y partes pedestal.
- Habilitado

Se organizaron los problemas jerárquicamente y se analizaron las posibles soluciones, se consideró su impacto para poder ver cuán benéfico sería para la línea y las ventajas que ofrecería a la empresa.

Para tener la información necesaria para el estudio, se hicieron diferentes estudios de tiempo en diferentes turnos, que permitieran dar información real del comportamiento de la línea.

Después de tener todos los tiempos de proceso de la línea, se hizo un análisis para determinar cuáles eran los tiempos que se podía reducir o eliminar y cuáles eran las causas.

---

#### 1.4.2 PROBLEMAS QUE SE PUEDEN MEJORAR:

---

1. **Desempeño del operador:** Al entrar a la planta, todos los operadores pasan por un sistema de capacitación generacional, es decir, los obreros con más antigüedad son los que capacitan a los nuevos. El problema es que al paso de los años cada uno va desarrollando habilidades diferentes para hacer las cosas y al transmitir sus conocimientos cambian radicalmente la manera original de hacer un proceso. Por lo tanto el desempeño de los operadores que es una variable importante está muy descontrolada. Para solucionar esta situación se propone estandarizar las operaciones y una capacitación formal.
2. **Desorden y falta de limpieza en las estaciones de trabajo:** Cada operador necesita equipo y herramientas para llevar a cabo su trabajo. El problema es que no hay un reglamento que obligue a los operadores a mantener su área limpia y preparada. Esto provoca que el operador tenga que dedicarle un tiempo representativo a preparar su equipo y herramientas antes de empezar a trabajar. Se pensó solucionarlo con “estuches” y racks donde todas las herramientas estén organizadas y el operador cada vez que comience a trabajar no tenga que buscar su equipo. El operador antes de irse a su casa organizará el material en el estuche para que el operador del siguiente turno lo encuentre y pueda trabajar sin problema.
3. **Movilidad de las piezas:** el área de habilitado es la que corta y distribuye el material a las demás estaciones. Esta tiene un problema de programación de producción y por lo tanto corta sin restricciones, posteriormente almacena en el

piso las placas y el operador tiene que ir a buscar el material que necesita para trabajar. Las piezas son muy pesadas y necesitan de dispositivos que les den movilidad en el piso de producción y eviten que los operadores se puedan lastimar por cargar las piezas. Se sugiere solucionar este problema con “racks” sobre ruedas, que facilitaran el transporte de material.

4. **Inventario descontrolado:** se encontró en el piso de producción mucho material en proceso sin organización y para el obrero es muy incomodo y poco eficiente acercarse a esta pila de material, contar la cantidad de placas que necesita, encadenarlas y llevárselas a su estación de trabajo
5. **Sistema de información:** No hay un sistema de información eficiente para organizar el piso de producción, esto crea un exceso de “WIP”, entregas tardías y desorganización general. Para solucionar este problema se sugiere usar un sistema de jalar, donde se envíe la información a un solo proceso.
6. **Plan de mantenimiento preventivo:** en la planta hay instalaciones de las que dependen muchas de las operaciones de trabajo. Esta es una situación arriesgada ya que si alguna falla, se tiene que parar la producción. El tiempo disponible del equipo en algunas estaciones de trabajo está por abajo del 60% debido a un gran número de fallas y descomposturas. Actualmente se tiene un programa de mantenimiento correctivo que trabaja en un turno extra. Para solucionar este problema se sugiere un plan de mantenimiento preventivo que garantice menores descomposturas y una mayor disponibilidad de tiempo.
7. **Sistema “PULL”:** La línea actualmente funciona por medio de un sistema “PUSH”, que genera un alto nivel de “WIP”. Esto interfiere con el transporte de materiales y sub ensambles en el piso de producción. Para solucionar este problema se propone utilizar un sistema “PULL”, para evitar la sobre producción y el exceso de “WIP”.
8. **Unión de estaciones:** Existen algunas operaciones donde el sub ensamble se mueve de una estación a la otra cuando esto no es realmente necesario y se desperdicia tiempo en el transporte. Para esto se sugiere la unión de estaciones

cuando dos o más operaciones se puedan hacer en la misma estación, ahorrando tiempo de transporte donde en lugar de que se mueva la pieza se mueva el operador.

---

### 1.4.3 OBJETIVOS Y METAS DIVIDIDOS EN BUCLES.

---

Para poder solucionar los problemas antes mencionados, se propone un plan de implementación dividido en bucles. A continuación se muestran los objetivos y metas de cada uno de los bucles. (Ilustración 1.3.5-1 y Tabla 1.4-1)

#### 1.4.3.1 OBJETIVOS Y METAS EN EL BUCLE DE GRANALLADO, PINTURA, HORNO SECADO, BARRENADO CAMIÓN, MONTAJE FINAL.

---

Entre los objetivos que hay en el primer bucle están:

- Mejorar el flujo de información mediante un programa de secuenciación diario de control de producción enviado al proceso marcapaso.
- Aumentar el “uptime” hasta un 99%, para el proceso de granallado, pintura y horno de secado mediante un plan de mantenimiento preventivo.
- Reducir el inventario de trabajo en proceso entre el proceso de horno de secado y montaje final a la mitad, mediante la implementación de un flujo directo, con un sistema “pull” para no sobre producir o empujar la producción.

#### 1.4.3.2 OBJETIVOS Y METAS EN EL BUCLE DE CIERRE TAMBOR, ASPAS INTERMEDIAS, ARCO SUMERGIDO, DETALLADO TAMBOR, ENSAMBLE FINAL, ANGULOS OLLA

---

Los objetivos para el segundo bucle son:

- Reducir el inventario entre ensamble de ángulos y granallado al establecer supermercados con Kanbans.
- Aumentar el “uptime” hasta un 99%, implementando un plan de mantenimiento preventivo.

### 1.4.3.3 OBJETIVOS Y METAS EN EL BUCLE DE ENSAMBLES CONOS Y ASPAS, HABILITADO Y PARTES PEDESTAL

---

En el tercer bucle los objetivos son:

- Disminuir la variación de las operaciones, cuanto sea posible, al eliminar operaciones no necesarias, colocar dispositivos para transportar piezas de habilitado y mesas movibles para organizar el material y herramientas de trabajo. Otra sugerencia es la construcción de un “anillo de ajuste” que reducirá la variabilidad en las operaciones de cono posterior y cono frontal (Ilustración 1.3.2-1, Ilustración 1.3.2-2 y “Estudios de Movimientos” Apéndices B y C))
- Disminuir inventarios, a un día, al implementar un sistema de Kanban mediante supermercados
- Unir operaciones de ensamble en donde sea posible con el fin de no tener que mover sub ensamblados y dejarlos esperando en el piso de producción.
- Aumentar el “uptime” gradualmente, hasta un 99%, mediante un plan de mantenimiento preventivo.
- Reorganización del área de trabajo de las estaciones de ensamble de cono frontal y posterior, con el propósito de acercar las partes (tapas) y dispositivos necesarios en el ensamble (anillos). (Ilustración 1.3.2-2: Layout propuesto, union de aspas)

### 1.4.3.4 OBJETIVOS Y METAS EN EL BUCLE DE HABILITADO

---

En el cuarto bucle de habilitado se sugiere:

- Disminuir inventario, a la mitad, de proveedores de acero y componentes, para evitar el deterioro producido por el óxido.
- Disminuir la variación de operaciones, cuanto sea posible, al estandarizar operaciones, eliminar las que no sean necesarias e instalar racks para organizar el material y herramientas de trabajo.

- Aumentar el “uptime” gradualmente, hasta un 99%, mediante un plan de mantenimiento preventivo.

---

#### 1.4.4 CONCLUSIONES DEL PLAN DE IMPLEMENTACION

---

Mediante los siguientes objetivos y metas podrá ser posible llegar al estado futuro deseado. Estos objetivos y metas están especificados en el (Apéndice K): “Plan de Implementación”. En este documento se muestran, divididos en bucles, los objetivos y metas anteriormente mencionados, con las estimaciones de tiempo en las que se estima que se podrían hacer estas implementaciones.

Debido al limitado tiempo con que se cuenta, en la tesis se escogieron las implementaciones que tuvieran un impacto inmediato en la empresa y que nos fuera posible hacer. Las implementaciones seleccionadas fueron disminuir la variación de las operaciones y disminuir inventarios en las operaciones de ensamble cono posterior y cono frontal.



TABLA 1.4-1: PLAN DE IMPLEMENTACION





## 1.5 ANALISIS DEL ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

---

En esta sección se describe explícitamente cómo se elaboró el estudio de movimientos en las estaciones de trabajo de ensamble de cono posterior y ensamble de cono frontal con la finalidad de identificar los movimientos que no le añadían valor al producto final y que a su vez incurren en tiempos de ciclo muy largos. Se explica claramente cuáles son las fuentes de desperdicio de tiempo en ambas estaciones y posteriormente se describe la manera de evitarlos. Con la ayuda de herramientas visuales como gráficas y tablas se hace más clara y evidente la situación del proceso actual y finalmente cuál podría llegar a ser la situación futura si se implementaran las sugerencias de mejora.

“Lean manufacturing” define tiempo de tacto como el ritmo de producción a partir del cual se debe de producir un producto y sus componentes<sup>4</sup>. El tiempo de ciclo de una operación es la suma de los tiempos de todas las actividades que hace el operador, efectivos e inefectivos. Con la finalidad de satisfacer la demanda diaria, es indispensable que el tiempo de ciclo de todas las operaciones sea menor al tiempo de tacto de la línea y mientras más pequeño mejor. Para poder eliminar operaciones y movimientos inefectivos en las estaciones de trabajo, se puede hacer un estudio de movimientos detallado que proporcione información real sobre el comportamiento de la estación de trabajo, para que se pueda sugerir una mejora para reducir el tiempo.

Para hacer el estudio de movimientos, se grabó con una video cámara la operación y se tomó el tiempo con un cronómetro las operaciones de ensamble de cono posterior y cono frontal de principio a fin, para poder registrar todos los movimientos que hace el operador para llevar a cabo la tarea asignada.

---

<sup>4</sup> (Rother & Shook, 1999).

Ya que ambas operaciones tienen una duración mayor a cuarenta minutos, se tomó una muestra de tres ciclos de observación (Apéndice A) para que el estudio fuera confiable y los resultados inferidos fueran efectivos.

El video se elaboró bajo condiciones de trabajo estándar, cuando el operador se encontrara bajo un nivel de presión normal y después de haber desayunado, esto con la finalidad de no tener tiempos afectados por fatiga o falta de comida.

Posteriormente se plasmó toda la información en una hoja de Excel (Apéndice B), en la cual se registró la duración de cada operación y cada movimiento hecho por el operador. Con esta información se estudiaron y analizaron qué movimientos eran necesarios y cuáles se podrían modificar. Durante el estudio se identificaron como causas principales de la larga duración de las operaciones las siguientes: (Tabla 1.5-1, Tabla 1.5-2, Ilustración 1.4.4-1: Grafica Cono frontal e Ilustración 1.4.4-2: Grafica Cono Posterior)

1. tiempo innecesario en buscar herramientas de trabajo
2. tiempo excesivo de ocio esperando la grúa de transporte
3. tiempo innecesario en recolectar y buscar material de trabajo
4. tiempo excesivo en verificar e inspeccionar las operaciones constantemente
5. tiempo excesivo en ajustar componentes no estandarizados

ILUSTRACIÓN 1.4.4-1: GRAFICA CONO FRONTAL

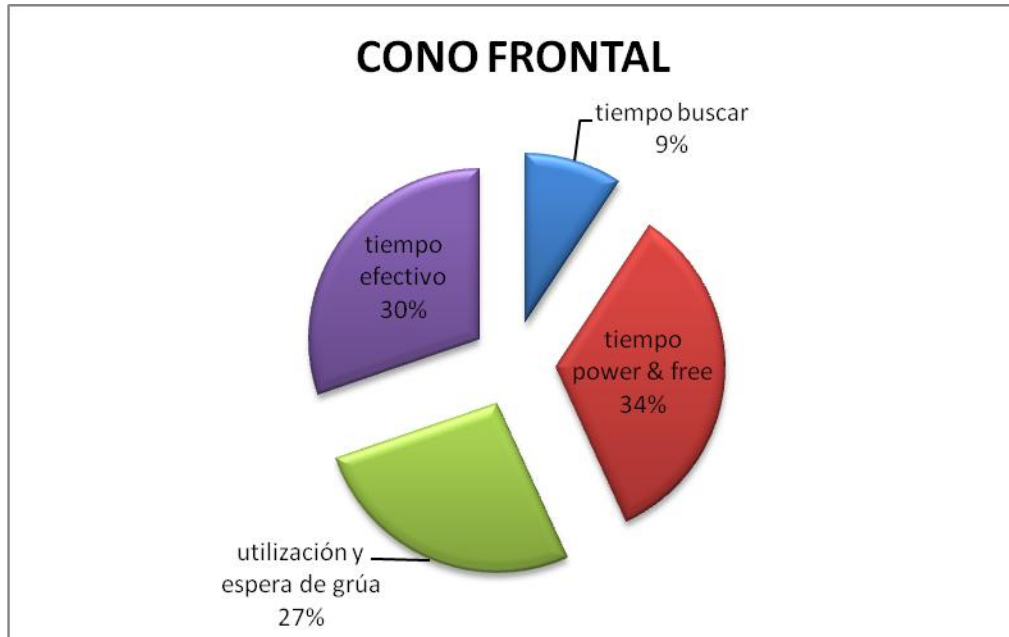


TABLA 1.5-1: CONO FRONTAL

Descripción	Segundos	Porcentaje del tiempo total
Tiempo buscar	359	9.300518135
Tiempo power & free	1308	33.88601036
Utilización y espera de grúa	1025	26.55440415
Tiempo efectivo	1168	30.25906736
<b>TIEMPO TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>3860</b>	<b>100</b>

ILUSTRACIÓN 1.4.4-2: GRAFICA CONO POSTERIOR

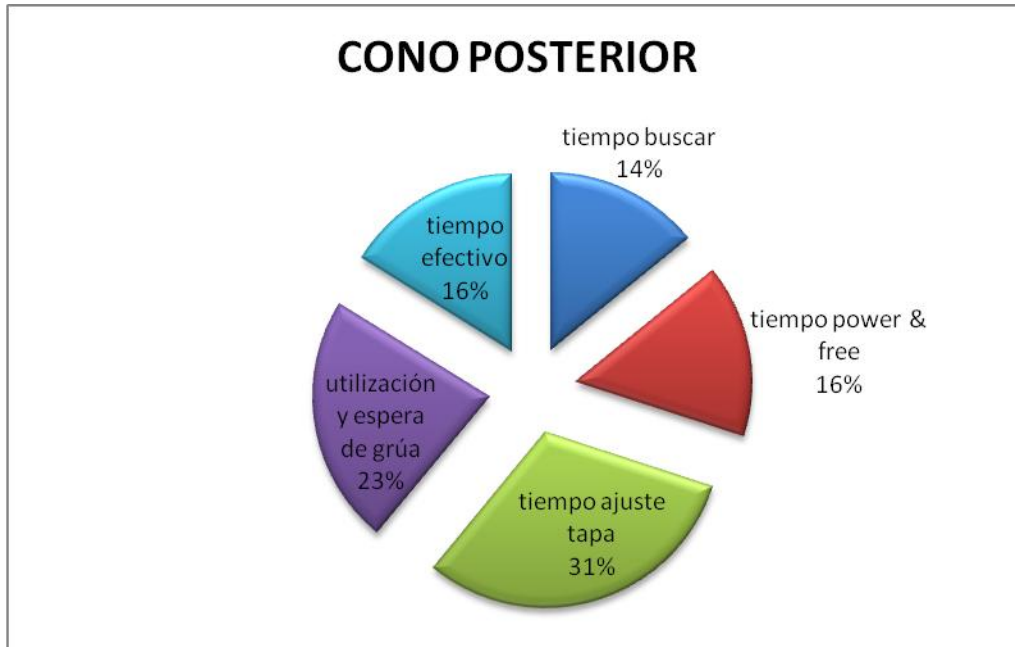


TABLA 1.5-2: CONO POSTERIOR

Descripción	Segundos	Porcentaje del tiempo total
Tiempo buscar	1089	14.13001168
Tiempo power & free	1223	15.8686908
Tiempo ajuste tapa	2389	30.99779421
Utilización y espera de grúa	1761	22.84935773
Tiempo efectivo	1245	16.15414558
<b>TIEMPO TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>7707</b>	<b>100</b>

Para eliminar el tiempo que el operador invierte en buscar sus herramientas de trabajo se ideó una mesa de trabajo que tenga movilidad. Es una mesa que está sostenida sobre cuatro llantas multi – direccionales, acondicionada para evitar que el operador esté buscando material. En la parte superior está localizado un estuche con los compartimentos específicos para cada instrumento de trabajo, como son flexómetro, martillo, guantes, lentes de seguridad y careta, entre otros. Cuenta con cuatro manijas de cada lado para que el operador la tome del que más le convenga y pueda acercarla cuando la necesite. En la parte inferior tiene pequeñas repisas donde se localizan los dispositivos más grandes, como gancho para grúa de transportación, dispositivos de sujeción, pulidora y mazo; de esta manera tendrá un fácil acceso a todas las herramientas y le será más fácil tener su área de trabajo ordenada.

El tiempo de ocio que pasa el operador esperando la grúa de transporte es un problema que tiene altas repercusiones en el piso de producción. La utilización de la grúa es muy alta porque todas las estaciones de trabajo de la línea la necesitan para transportar, ya sea ensambles de la olla o piezas variadas. Actualmente la línea de ensamble cuenta con dos grúas, cada una cubre una mitad de la línea. Se sugiere que se lleve a cabo un estudio de la utilización de la grúa y un análisis costo beneficio, para analizar la conveniencia de instalar una nueva grúa de transporte. De esa manera el tiempo de espera se reducirá radicalmente y el operador podrá trabajar con más agilidad.

El problema de recolectar y buscar material de trabajo no aporta valor al producto y es una tarea tediosa para el operario. Las placas de acero, tapa y dispositivos específicos se encuentran alejados del área de trabajo y su ubicación no es fija. La causa por la que no se encuentran cerca es por la falta de espacio y la saturación de material e inventario.

El tiempo que invierte el operario en ir a buscar material, sean placas, dispositivos de sujeción especiales o tornillos, aumenta radicalmente la duración de su operación y la hace altamente variable.

Para eliminar este problema se sugiere una ubicar el material y ordenar el piso de producción de tal manera que el operario tenga a su alcance todo lo que necesita para trabajar.

Por otro lado se observó falta de estandarización de las piezas de trabajo. En el área de ensamble de cono posterior, donde se sueldan las placas de acero con la tapa de la olla, hay que ajustar la tapa y el sub ensamble del cono que ocasionalmente tienen diferentes diámetros. En la situación ideal el operador debería de soldar las placas e inmediatamente ajustar la tapa y soldarla, pero si la medida del diámetro de la tapa es significativamente menor al diámetro del cono se ve obligado a hacer un sin fin de mediciones, cortes con pistola de plasma, ajustes y verificaciones para posteriormente poder soldar. El tiempo de de ajuste es aproximadamente de 7.5 (Apéndice C) minutos por unión, y como el cono está formado por cuatro secciones, se puede llegar a incurrir es treinta minutos desperdiciados en ajustes, verificaciones y mediciones. Para evitar este problema, lo ideal sería que la tapa que viene de proveedor cumpla con una medida diametral estándar (Apéndice D) con menores holguras, que sea concéntrica con el sub ensamble del cono; esto agilizará la operación y reducirá los tiempos de inspección, verificación y medición drásticamente.

De igual manera se sugiere instalar un dispositivo poka yoke (prueba y error) en el área donde se reciben las tapas. El dispositivo consiste únicamente del dibujo de un círculo en el piso con el diámetro especificado; cada tapa será inspeccionada previo a mandarse a la estación de trabajo para ver si cumple con la medida, de esta manera se evitará que el operador incurra en operaciones de ajuste y verificación y reduzca su tiempo de operación.

Estas sugerencias se idearon a partir de las causas mencionadas anteriormente. La implementación de las ideas de mejora puede tener un impacto importante en la reducción de tiempos de ciclo de ambas estaciones de trabajo y a su vez pueden ayudar a crear el inicio de la estandarización de las mismas.

---

### 1.5.1 UNA OPERACIÓN EN PARTICULAR

---

En el proceso de ensamble tanto de cono posterior como de cono frontal existe una operación que básicamente es alinear, por medio de un dispositivo neumático, dos sub ensambles de cada cono y soldarlos. La operación está denominada como power & free, nombre del dispositivo de alineación.

En la operación previa a esta, en ambas estaciones de trabajo, las placas estandarizadas se ajustan, según el criterio del operador, para formar el sub ensamble, provocando que se pierda la estandarización de medidas diametrales. Posteriormente se tienen que unir los dos sub ensambles y formar el ensamble del cono completo, pero como se mencionó anteriormente, al no existir medidas diametrales estandarizadas se tienen que alinear los sub ensambles y es donde inicia la operación de power & free. La duración de esta operación es altamente variable porque depende de la magnitud de la diferencia en las dimensiones diametrales de los sub ensambles.

En esta operación el operador coloca el power & free cerca de la unión de los sub ensambles, empuja la placa exterior e intenta emparejarla con la placa interior. Una vez alineadas aplica un punto de soldadura. Esto lo hace las veces que sea necesario alrededor del ensamble y al hacerlo deforma aún más la olla.

Para evitar este problema se sugiere el diseño detallado de un dispositivo que funciona como un anillo ajustador. Una vez colocado el sub ensamble superior sobre el inferior se coloca este anillo. Tiene un diámetro mayor a ambos conos y se coloca en la unión. Una vez colocado se aprieta con un cilindro hidráulico que obliga a alinear ambos sub ensambles en una sola operación. Cuenta con unas ventanillas que permiten que el operador vea la unión. Una vez que lo ajusta, los sub ensambles se encuentran alineados y posteriormente aplica puntos de soldadura. (Ilustración 1.5.1-1)



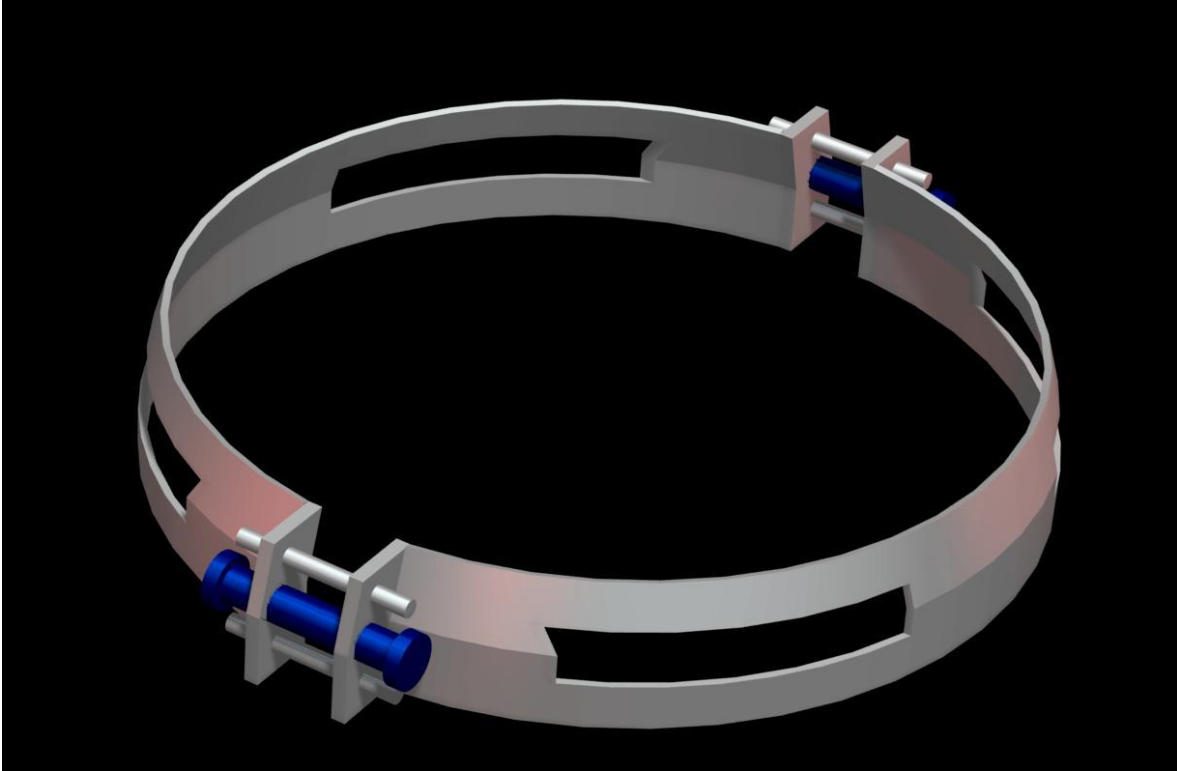


ILUSTRACIÓN 1.5.1-1: ANILLO AJUSTADOR SUGERIDO

El diseño de este anillo se ideó a partir del diseño de los aros existentes en la planta que se utilizan para unir las placas que conforman el ensamble del cinturón, sub ensamble del cono posterior; la única diferencia es que el anillo ajustador sugerido es de un espesor mayor, tiene un dispositivo hidráulico que funciona con presión.

Esta operación representa el 34% de tiempo de ciclo del ensamble de cono frontal y el 14% en la estación trabajo de cono posterior, que se mostrará a continuación en gráficas y tablas específicas. Este porcentaje no solo es significativo sino que es altamente variable y en ocasiones puede ser mucho mayor, por lo que es trascendental reducirlo de alguna manera.

---

### 1.5.2 IMPLEMENTACION DE LAS SUGERENCIAS

---

Para cuantificar el impacto de la mesa giratoria no se llevó a cabo un estudio de tiempos predeterminados porque no es posible hacer un estudio tan minucioso debido a la complejidad

de la operación, simplemente se estimó un porcentaje de reducción para analizar la mejora en la operación total.

En cuanto a la sugerencia del anillo, se calculó el tiempo esperado, usando como base una operación similar. Este importante mencionar, que la duración de tiempo real es un dato que es variable obtenido del estudio de movimientos y el tiempo que se incurra en aplicar los puntos de soldadura es un estimado basado en la operación actual.

En cuanto a la reducción de la utilización de la grúa de transportación, se estimó una reducción del 50% de tiempo de espera. El tiempo de espera representa aproximadamente el 25% de la duración total del tiempo de operación de las estaciones de ensamble de cono frontal y cono posterior.

Finalmente el tiempo de reducción del ensamble de la cabeza se calculó a partir del dato obtenido en una de las muestras del estudio de movimientos, donde no se incurría en la operación de reajuste.

---

### 1.5.3 GRÁFICAS Y TABLAS POR ESTACIÓN DE TRABAJO.

---

Las Ilustración 1.4.4-1 y Ilustración 1.4.4-2, reflejan el porcentaje y la duración en segundos que consumen cada uno de los problemas mencionados anteriormente en la estación del ensamble de cono frontal. También muestra la distribución de los tiempos, claramente el tiempo efectivo es únicamente una fracción del total.

Las Ilustración 1.5.3-1 Ilustración 1.5.3-2, muestran las gráficas futuras a partir de los tiempos y porcentajes esperados.

ILUSTRACIÓN 1.5.3-1: GRAFICA CONO FRONTAL MEJORADO

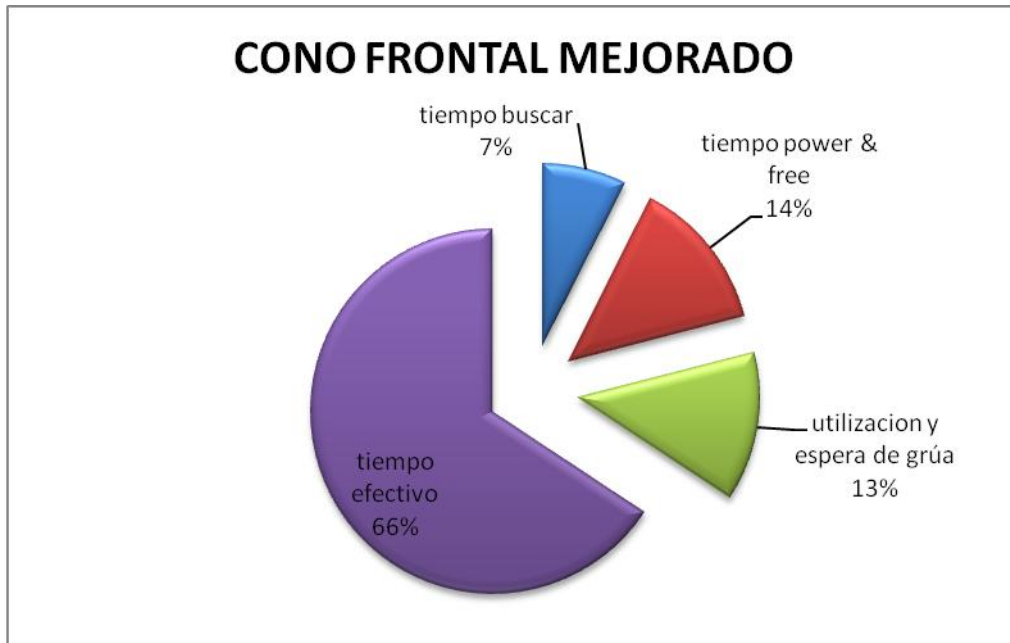


TABLA 1.5-3: CONO FRONTAL MEJORADO

Descripción	Segundos	Porcentaje del tiempo total
Tiempo buscar	287.2	1.86010363
Tiempo power & free	523.2	20.3316062
Utilización y espera de grúa	512.5	13.2772021
<b>Incremento tiempo efectivo</b>	1168	46.8906821
<b>TIEMPO TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>2490.9</b>	<b>100</b>

De igual forma, la grafica 7 y la tabla 8 manifiestan los tiempos y porcentajes esperados una vez implementadas las mejoras.

ILUSTRACIÓN 1.5.3-2: GRAFICA CONO POSTERIOR MEJORADO

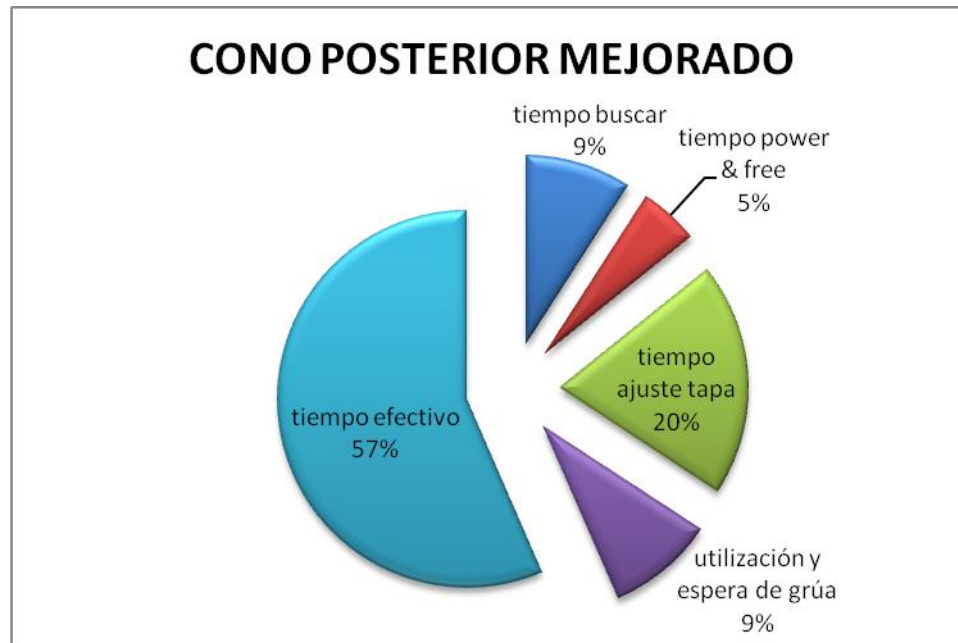


TABLA 1.5-4: CONO POSTERIOR MEJORADO

Descripción	Segundos	Porcentaje del Tiempo Total
Tiempo buscar	871.2	2.82600234
Tiempo power & free	489.2	9.52121448
Tiempo ajuste tapa	1911.2	18.5986765
Utilización y espera de grúa	880.5	11.4246789
<b>Incremento tiempo efectivo</b>	1245	23.0679439
<b>TIEMPO TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>5397.1</b>	<b>100</b>

Es relevante mencionar que la duración del tiempo de ciclo de la operación es altamente variable, el proceso no está estandarizado y el operador tiene la libertad de trabajar a su manera, por lo tanto los tiempos no son constantes. Para fines de esta tesis se utilizaron los tiempos obtenidos en el muestreo del estudio de movimientos (Apéndice B) y a partir de ellos se estimaron los tiempos esperados.

La finalidad de las gráficas y las tablas es que por medio de la observación sea apreciable la reducción del tiempo de ciclo y el incremento del tiempo efectivo de la operación, basado en los tiempos esperados una vez implementadas las sugerencias de mejora mencionadas previamente.

A partir de estas herramientas visuales se puede apreciar que la reducción del tiempo en las actividades que no añaden valor al producto en el proceso, no fue al 100% ya que no pueden ser eliminadas completamente. Sin embargo existe la posibilidad de reducirlas significativamente por medio de la implementación de las sugerencias de mejora propuestas. Esto representaría una reducción del tiempo de ciclo de la operación en un 35%, es decir, de 64 minutos a 42. Como se explicó anteriormente, los tiempos de reducción esperados están basados en tiempos sujetos a variar, por lo tanto estos pueden variar también.

Estas gráficas y tablas facilitan la apreciación de la reducción de tiempos en las actividades no efectivas del proceso. La posibilidad de reducir el tiempo de ajuste de la tapa puede ser aún mayor, el problema es que el procedimiento de ajuste no está estandarizado, al igual que el proceso en general, así que aunque la tapa cumpla con la medida estándar la duración del tiempo sigue siendo variable y por esa razón no se puede reducir más.

La operación de power & free resulta muy larga y como es variable en ocasiones puede ser mayor. Si se llegara a implementar el aro de sujeción mencionado en la sección anterior existiría la posibilidad de reducir la duración de esta tarea.

El resto de las operaciones de ensamble se puede reducir significativamente aunque como mencionado previamente, no se puede hacer al 100% porque son operaciones que forman parte del proceso de ensamble. Existe la posibilidad de reducirlas significativamente por medio de la implementación de las sugerencias de mejora propuestas. Esto podría reflejar la reducción del tiempo de ciclo de la operación en un 42%, es decir, de 129 minutos a 90. Como se explicó anteriormente, los tiempos de reducción esperados están basados en tiempos sujetos a variar, por lo tanto estos pueden variar también.

Con este análisis se puede concluir que la carencia de un método estandarizado para llevar a cabo las operaciones trae consigo grandes problemas. Es sumamente complejo bajo estas condiciones mantener un estándar de calidad alto y los tiempos de ciclo por debajo del tiempo de tacto. Sin embargo dada la demanda diaria, ambas operaciones tienen la ventaja de tener suficiente holgura y no exceder este tiempo por el momento. Cuando la demanda incremente, el tiempo de tacto se reducirá, por lo que es importante que antes de que esto pase, existan mejoras en ambos procesos para evitar el retrasar la línea de producción.

## 1.6 IMPLEMENTACION DE SUPERMERCADOS

---

Esta sección explica las razones por lo que se quiere implementar supermercados con Kanban.

Como se mencionó, hay mucho desorden en el piso de producción; las pilas de placas de acero y de aspas se acomodaban en el piso sin ningún orden o sistema, sin estar cuantificadas ni clasificadas. Esta situación crea un ambiente de desorganización en el piso de producción y no permite el flujo fácil de material. El operador tiene que caminar hasta la pila de placas que necesita para trabajar, contarlas, encadenarlas y llevarlas a su estación de trabajo cada vez que va a iniciar la operación. Este problema no solo implica invertir tiempo disponible en una tarea innecesaria sino que pone en riesgo su salud, ya que tiene que agacharse constantemente muchas veces al día, situación que puede ocasionar una lesión.

Se propone implementar supermercados para tener mejor control de producción e inventarios, de forma que habilitado produzca las placas de acuerdo a las necesidades de las estaciones de ensamble de conos, en lugar de seguir un programa establecido.

---

### 1.6.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SUPERMERCADOS:

---

El sistema es relativamente sencillo. Se diseñan carritos adaptados a la dimensión de las placas y de las aspas, que faciliten que el operador tenga acceso al material sin lastimarse al cargar. Estos carritos se mueven de una estación de trabajo a otra por medio de una señal.

Debido a la corta distancia entre estaciones se utilizará un sistema Kanban de 1 tarjeta.

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- El transportador en este caso será el operador que hace el ensamble.
- Cuando se le acaben las placas dejará el carrito vacío en el área de habilitado, y se llevará un carrito lleno al área donde haga su ensamble.

- Cuando el operador de habilitado vea el carrito vacío deberá producir las placas que están especificadas en la tarjeta que tendrá el carrito.
- Una vez que llene el carrito de las placas necesarias, las moverá a un área donde el operador de ensambles pueda recogerlas cuando sea necesario.

---

## 1.6.2 EL KANBAN DE PLACAS

---

Este sistema se implementó solamente en las estaciones iniciales del proceso porque el inventario que había en estas estaciones se encontraba en un rango de tres días y medio a una semana. El costo de tener ese material parado era muy alto y era sumamente problemático por las razones mencionadas anteriormente.

### 1.6.2.1 DATOS EN EL KANBAN DE PLACAS:

---

La información especificada en cada tarjeta es: (Tabla 1.6-1)

TABLA 1.6-1: KANBAN DE PLACAS

	FRONTAL	CINTURON	POSTERIOR	EXTENSION
Número de Placas	16	8	16	12
Estación de Origen	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado
Estación de Destino	Cono Frontal	Cono Posterior	Cono Posterior	Cono Extensión
Descripción de la Parte	Placa AR200 1/4	Placa AR200 5/8	Placa AR200 1/4	Placa AR200 3/16
Código de Referencia	MTM150468	MTM150523	MTM101189 2B	MTM101891 C



El número de placas que se deberán producir es el número máximo que el operador puede mover. Este dato se consiguió pidiendo a los operadores que empujaran los carritos y determinando hasta cuantas placas podían mover. Una sugerencia a la empresa, es eliminar las irregularidades del piso para que sea más fácil empujar los carritos. El piso actual tiene varias irregularidades que provocan que el carro se atore, por lo que se requieren dos operadores para mover el carro. En caso de que el piso no se arregle, la capacidad del carro se reducirá en 4 placas.

#### 1.6.2.2 CALCULO DEL NUMERO DE CARRITOS:

---

Una vez determinada la información que contendrán las tarjetas, se calculó el número de carritos necesarios. El cálculo se hizo utilizando la siguiente fórmula: (Ecuación 1.6-1)

$$N = \frac{UT \times (C + P)}{C}$$

ECUACIÓN 1.6-1: CALCULO NUMERO DE KANBAN

La información de las variables ya ha sido expuesta en el capítulo anterior (Marco Teórico: Kanban)

A continuación se muestra la Tabla 3.6-2 con los datos y los cálculos:

TABLA 1.6-2: CALCULO DEL NUMERO DE CONTENEDORES DE PLACAS

Requerimientos Material						
PLACAS						
	Cantidad	U	T	P	C	N
Cinturon placas cinturon	2	0.007843137	1053	0.5	8	1.548529
Cono Frontal placas cono frontal	4	0.015686275	1069	0.5	16	1.572059
Cono Posterior placas cono posterior	4	0.015686275	1089	0.5	16	1.601471
Cono extension placas cono extension	4	0.015686275	770	0.5	12	1.509804

- Para calcular la utilización “U” se determinó el número necesario de placas en un día y se dividió entre el tiempo disponible (minutos).

Por ejemplo:

$$U = \frac{8Placas}{1020min} = .00784 \frac{placas}{min}$$

- La capacidad “C” se determino haciendo las pruebas del número máximo de placas que el operador puede empujar en el carrito.
- La variable de eficiencia “P” fue establecida como 0.5 debido a que el proceso no está estandarizado.
- El promedio de tiempo necesario para que un contenedor haga un ciclo completo “T”, se determino calculando el tiempo estimado en el que se terminarían las placas, el tiempo necesario para producirlas y se les sumo 5 minutos estimados de tiempo en que se tarda el operador en mover el carrito desde su estación a habilitado y de regreso. (Ecuación 1.6-2)

$$T = \left( \left( \frac{C}{\text{numero\_de\_placas\_necesario\_al\_día}} \right) \times \text{tiempo\_disponible} \right) + 5 \text{ min}$$

ECUACIÓN 1.6-2: CALCULO DE T

Por ejemplo

$$T = \left( \left( \frac{8}{8} \right) \times 1020 \right) + 5 \text{ min} = 1025 \text{ min}$$

Se redondean hacia arriba el número de carritos requeridos y se puede observar que en todas las estaciones se requieren 2 carritos.

---

### 1.6.3 KANBAN DE ASPAS:

---

El sistema de Kanban para las aspas es diferente al de las placas. Las aspas son compradas directamente de un proveedor y vienen en paquetes que varían desde 40 hasta 60 placas juntas. Al llegar se almacenan en un patio que está fuera de la nave donde se producen las ollas.

En el caso de los supermercados de las aspas, debido a que las aspas se encuentran fuera de la nave, el transportador es un montacargas.

#### 1.6.3.1 FUNCIONAMIENTO DEL KANBAN DE ASPAS

---

El funcionamiento del Kanban de Aspas sugerido se explica a continuación:

- El operador de ensambles tendrá dos paquetes de placas en su estación.
- Cuando se acabe un paquete de placas, se retirará el Kanban que tiene la Rack y se colocara en una caja.
- El montacargas una vez al día revisará la caja, sacará las tarjetas, e irá a buscar el material requerido.
- Al llegar al patio donde están las placas, retirara el paquete de aspas requerido, le pegará la tarjeta correspondiente, y llevará el paquete de aspas a la estación especificada.

### 1.6.3.2 DATOS EN EL KANBAN DE ASPAS:

La información necesaria en cada tarjeta es:

TABLA 1.6-3: KANBAN DE ASPAS

Descripción	Aspa1	Aspa2	Aspa3	Aspa Combo	Amarilla	Azul	Roja/ Verde	Half fin	Rojo azul	Belly Cross	verde
Numero de Aspas	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Origen	Rack 1	Rack 2	Rack 3	Rack 4	Rack 5	Rack 6	Rack 7	Rack 8	Rack 9	Rack 10	Rack 11
Destino	extensión	extensión	extensión	extensión	posterior	posterior	frontal	frontal	posterior	posterior	unión
Código	MTM151 592	MTM151 593	MTM151 594	MTM151 589	MTM152 478	MTM152 462	MTM152 459	MTM152 466	MTM152 588	MTM152 579	MTM152 587

Se sugiere instalar racks numerados en el patio a donde llegan las aspas. De esta forma será más fácil y rápido localizar las aspas. También se debería construir algún techo o construcción que proteja las aspas de la intemperie para que no se oxiden.

### 1.6.3.3 CALCULO DEL NÚMERO DE CONTENEDORES:

A continuación se muestran los cálculos del número de contenedores requeridos para las aspas:

TABLA 1.6-4: CALCULO DEL NUMERO DE CONTENEDORES DE ASPAS

Requerimientos Material ASPAS							
Cono Extension Aspas	Cantidad	U	T	P	C	N	
aspa 1	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
aspa2	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
aspa3	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
aspa combo	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
Cono Posterior Aspas							
	Cantidad	U					
aspa amarilla	6	0.023529	2560	0.5	60	1.505882	
aspa azul	6	0.023529	2560	0.5	60	1.505882	
Cono Frontal Aspas							
	Cantidad	U					
aspa cono frontal roja/verde	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
aspa half fin	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
Cinturon Aspas							
	Cantidad	U					
aspa rojo azul cinturon	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
aspa belly cross	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	
aspas intermedias							
	Cantidad	U					
aspa verde	2	0.007843	7660	0.5	60	1.501961	

El cálculo de las variables para las aspas fue el mismo que se utilizó para las placas. (Tabla 1.6-4), a excepción de la capacidad del contenedor de las aspas, debido a que estas ya vienen en paquetes. El resultado obtenido fue de dos contenedores para todas las aspas.

Los supermercados sugeridos tienen como principal finalidad ayudar a la empresa a encaminarse al sistema de manufactura esbelta y a ser más eficiente en cuanto a su proceso de manufactura. El lograr un piso de producción ordenado crea un ambiente de trabajo más agradable y es el inicio para poder llevar a cabo la transformación de la planta. Con la implementación del estudio de movimientos se espera poder reducir 60 minutos de “lead time. Con la implementación de supermercados y “unión” de operaciones se espera poder reducir 3.5 días de inventario, es decir 3570 minutos. Las dos implementaciones juntas dan un total de 3630 minutos, es decir un 9.5% del total del lead time actual.

