ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Sistema de Producción Moltres"

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentada por:

Juan Fernando Moreno Mendoza

José Gabriel Prado Salazar

Guido Rafael Ruiz Quinde

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo, especialmente al Ing. Jorge Abad Director del Proyecto de Graduación, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO

A NUESTROS PADRES

Y HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____	_____
Ing. Francisco Andrade S.	Ing. Jorge Abad M.
DECANO DE LA FIMCP	DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

_____

Dr. Kléber Barcia V.

VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Guido Ruiz Q.

Juan Moreno M.

José Prado S.

INDICE GENERAL

Pag.

RESUMEN II

ÍNDICE GENERAL III

ABREVIATURAS IV

ÍNDICE DE FÍGURAS V

ÍNDICE DE TABLAS VI

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO 9

1.1 Antecedentes. 9

1.2 Objetivos. 11

1.3 Metodología 12

1.4 Estructura del proyecto 17

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL PRODUCTO 19

2.1 Producto a ser fabricado 19

2.2 Lista de materiales 20

2.3 Proceso productivo. 22

2.4 Condiciones generales. 24

2.5 Demanda. 25

2.6 Opciones de Mejora 25

2.7 Indicadores de desempeño 31

2.8 Sistema de Control 35

CAPÍTULO 3

3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN: CASO DE ESTUDIO 37

3.1 Caso: Sistema de producción MOLTRES 37

3.2 Instructivos del caso 49

3.3 Planos de montaje 60

3.4 Formatos de control 71

3.5 Instructivo de mejora 75

3.6 Presentación de resultados 80

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 84

4.1 Conclusiones 84

4.2 Recomendaciones 86

APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Las empresas industriales son las que más necesitan de las mejoras que optimicen sus recursos y den como resultado un producto de buena calidad. El resultado de aplicar estas técnicas de mejora de manera eficaz, lleva a la empresa a ser competitiva.

Conocer los efectos que producen las técnicas de producción esbelta sobre la línea de fabricación, da el primer paso a la experiencia en la función de un administrador. Una herramienta utilizada para evidenciar estos efectos es la simulación.

El siguiente proyecto pretende dar uso de la simulación en vivo, para resolver las interrogantes que pueda tener un administrador de la producción.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes.

Las plantas productivas requieren de profesionales debidamente capacitados que sean capaces de solucionar problemas que se presenten en las distintas líneas de producción. Las universidades deben proveer a los estudiantes una serie de metodologías que permitan mejorar los procesos productivos.

Las líneas de producción pueden presentar un sin número de inconvenientes originados por distintas causas y diferentes circunstancias que se ven reflejado en su rendimiento final.

Los recursos a ser utilizados, el tipo de proceso a seguir y las distintas soluciones a ser utilizadas en la línea de producción muchas veces no son las correctas. Tomar decisiones a base de prueba y error puede ser costoso, y no garantiza un buen rendimiento de la industria.

Existen diversas técnicas o herramientas de mejoras que se basan en la eliminación de desperdicios, entre algunas de estas mejoras se encuentran: Las 5 s´, Sistemas de Producción Pull (Kanban), Calidad en la Fuente, Smed, Celdas de Manufactura, Balanceo de línea, Producción continua o en lotes, etc.

Estas técnicas al ser aplicadas en forma correcta eliminan las operaciones que no agregan valor al producto y proceso.

Este proyecto de graduación consiste en una línea de ensamble de un solo tipo de producto. Esta línea empieza con un proceso productivo inicial en el que se va a implementar las técnicas de mejoras antes mencionadas. Se va a mostrar el rendimiento de la línea en forma acumulada de acuerdo a la mejora seleccionada.

Este proyecto se basa en un caso de estudio, el mismo que será resuelto por los participantes, los cuales deben seguir ciertas políticas y reglas establecidas a lo largo de las distintas simulaciones donde podrán implementar diversas opciones de mejoras para luego obtener sus propias conclusiones.

El enfoque del proyecto va dirigido hacia los estudiantes de pregrado y postgrado en materias de producción. El caso y su proceso simulado en clase va a permitir al estudiante experimentar el efecto de las diversas técnicas de mejoras.

1.2 Objetivos.

Objetivo General

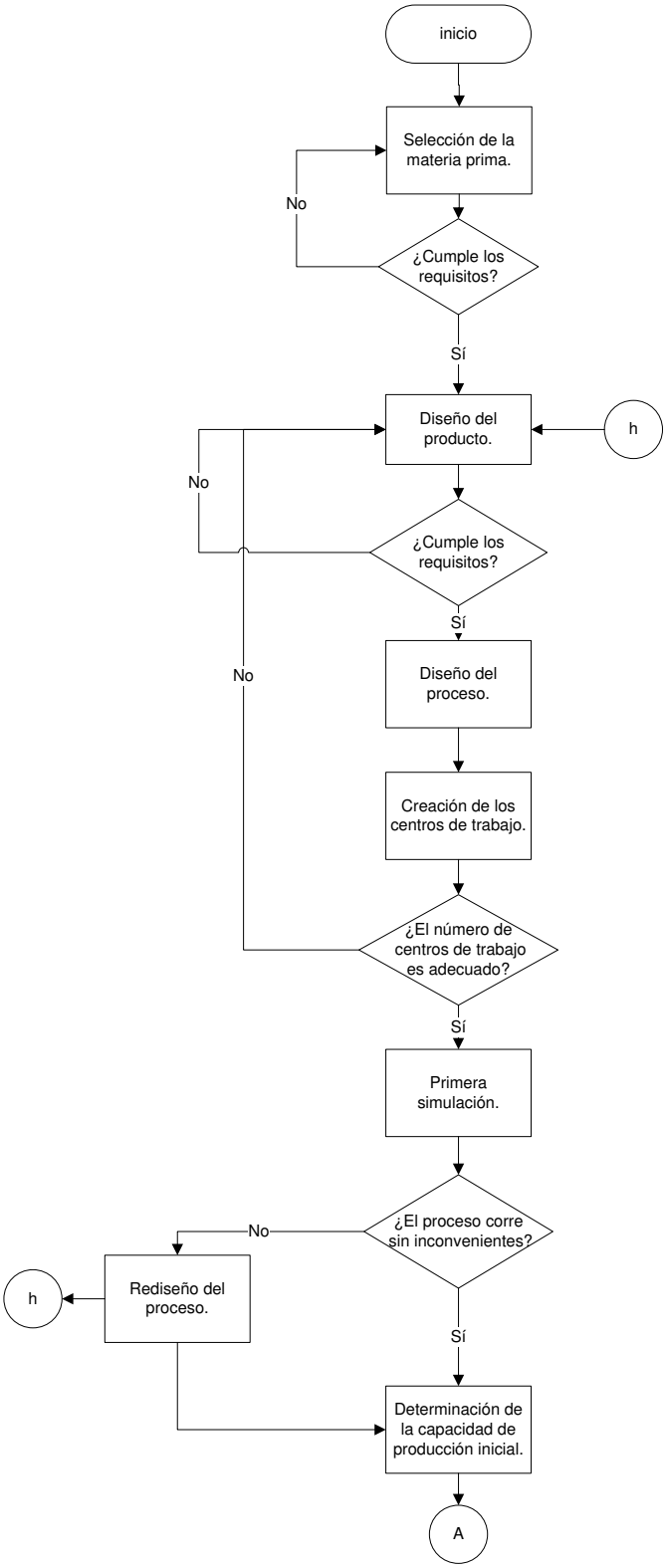
- Diseñar y desarrollar un proceso productivo que pueda simularse en vivo y adaptarse a la implementación de diferentes técnicas de mejora, que permita identificar los efectos en el desempeño del proceso productivo. A partir de esta simulación, los participantes directos e indirectos podrán fortalecer sus conocimientos en la administración de la producción.

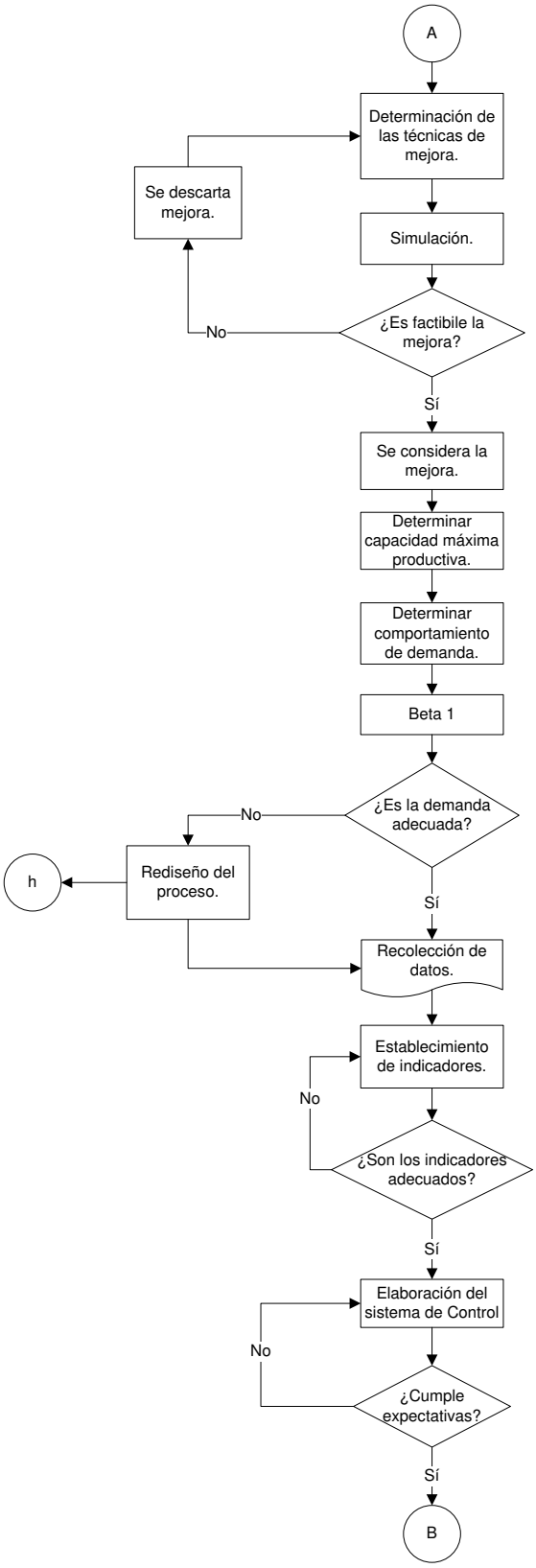
Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de producción que permita realizar simulaciones hasta con tres líneas. Las líneas deberán ser totalmente independientes pero controladas por un mismo sistema.
- Identificar el producto que se va a fabricar considerando que se debe asegurar su uso repetitivo.
- Diseñar los escenarios que pueden ser implementados en el proceso de producción.
- Verificar la aptitud de la línea de producción en los diferentes escenarios planteados.
- Realizar un sistema de medición y control del desempeño de la línea, mediante indicadores y representaciones gráficas.
- Probar la efectividad de la simulación y analizar los resultados, identificando el mejor escenario acumulado según las técnicas de mejora aplicadas.
- Crear un caso de estudio y un proceso simulado que pueda ser de aplicación práctica para los futuros estudiantes de producción.

1.3 Metodología.

La metodología definida para el desarrollo del proyecto de grado, se detalla en la figura 1.1.


inicio
Selección de la materia prima.
No
¿Cumple los requisitos?
Sí
Diseño del producto.
h
No
¿Cumple los requisitos?
Sí
No
Diseño del proceso.
Creación de los centros de trabajo.
¿El número de centros de trabajo es adecuado?
Sí
Primera simulación.
¿El proceso corre sin inconvenientes?
No
h
Rediseño del proceso.
Sí
Determinación de la capacidad de producción inicial.
A


A
Determinación de las técnicas de mejora.
Se descarta mejora.
Simulación.
¿Es factibile la mejora?
No
Sí
Se considera la mejora.
Determinar capacidad máxima productiva.
Determinar comportamiento de demanda.
Beta 1
¿Es la demanda adecuada?
No
h
Rediseño del proceso.
Sí
Recolección de datos.
Establecimiento de indicadores.
No
¿Son los indicadores adecuados?
Sí
Elaboración del sistema de Control
No
¿Cumple expectativas?
Sí
B

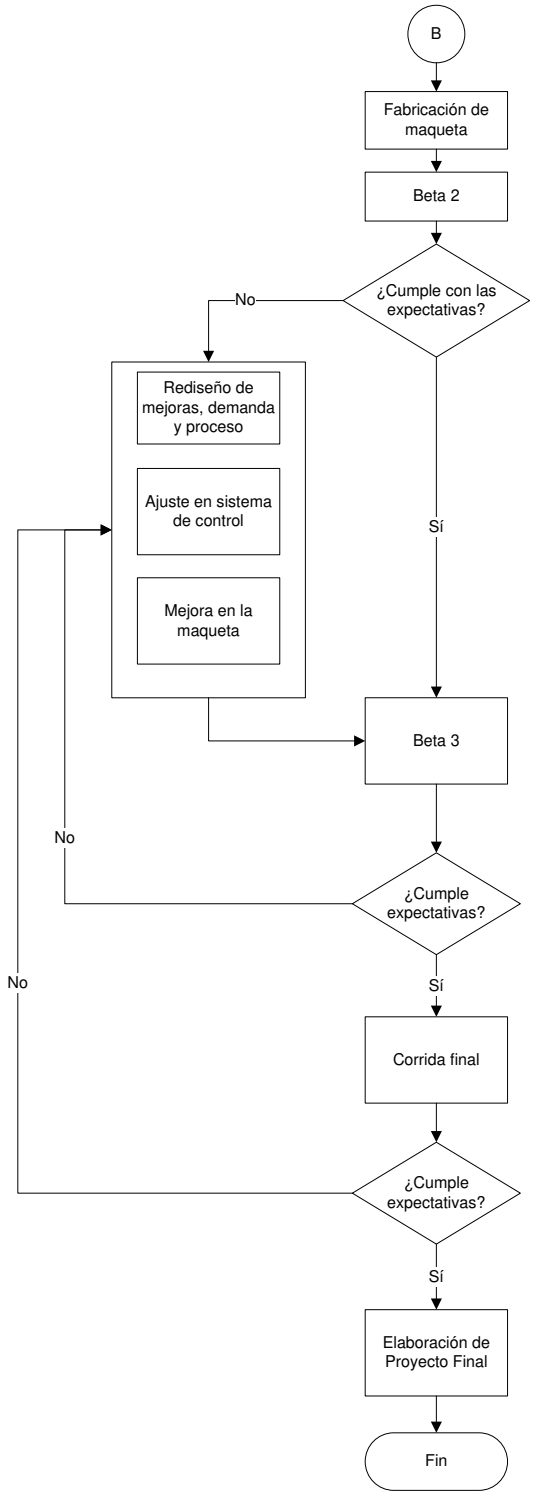


FIGURA 1.1. METODOLOGÍA A UTILIZARSE EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Como se observa en la figura 1.1 los métodos de investigación y de desarrollo que se van a utilizar son:

- Consultas por asesoría
- Programación de tareas
- Elaboración de instructivos
- Revisión de correcciones
- Escritura de cada capítulo
- Diseño del proceso por pruebas
- Conclusiones y redacción del borrador

El proyecto va a ser desarrollado en tres etapas:

Planificación.- En esta etapa se debe plantear la interrogante sobre qué tipo de material usar para la fabricación del producto. La característica principal que tiene que cumplir el material es la capacidad de ser reutilizado.

Una vez definido el material, se procede a diseñar el producto y establecer el proceso de producción inicial, que debe tener la particularidad de ser calificado como una línea de bajo desempeño.

Se deben realizar varias simulaciones para observar el comportamiento de la línea, que permita crear algún cambio o ajuste en el proceso diseñado.

Ejecución.- En esta parte del proyecto, se debe elaborar lo necesario para la simulación del proceso productivo, desde los instructivos para cada persona involucrada en el proceso, hasta el sistema de control del mismo.

Las tareas a realizarse se muestran a continuación:

- Definir la duración de cada corrida.
- Diseñar las mejoras en el proceso.
- Adquirir los materiales requeridos en el proyecto.
- Estimar la demanda.
- Establecer indicadores.
- Crear el sistema de control.
- Diseñar y fabricar las maquetas.

Demostración.- La etapa de demostración tiene como objetivo formalizar y documentar lo que se ha trabajado y preparar el sistema de simulación.

1.4 Estructura del proyecto

El proyecto consta de tres capítulos, que se detallan a continuación:

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En este capítulo se va a diseñar el producto a fabricar, el proceso productivo y los centros de trabajo, así como también se van a definir los implementos necesarios para la simulación del caso, los indicadores de desempeño y el sistema de control.

CAPÍTULO 3: CASO DE ESTUDIO

Se va a desarrollar un caso de estudio con aplicación práctica para un curso de producción. Se van a realizar instructivos con sus respectivos planos de montaje.

Por último, se va a presentar y analizar los resultados obtenidos en diferentes corridas de producción.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se van a mencionar las principales conclusiones de los resultados obtenidos en las diferentes simulaciones, y las recomendaciones para mejoras futuras.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL PRODUCTO

2.1 Producto a ser fabricado

Para definir el producto a ser fabricado, primero se debe plantear alternativas de materia prima del producto. Las expectativas que debe cumplir el producto son:

- Productividad.- el producto debe fabricarse ágilmente para obtener un número considerable de partes por minuto.
- Calidad.- se debe crear un producto firme, de tal manera que no se desarme en el proceso de ensamble.
- Manipulación.- el producto debe tener la capacidad de ser armado y desarmado sin mayor dificultad.
- Repetibilidad.- El producto debe ser reutilizable.

Se analizaron tres opciones:

- La plastilina

- Los palillos de helados
- Los legos.

En la plastilina se identificó la pérdida del material a lo largo del tiempo, tanto por causa de las personas que participan haciendo el papel de operador, como por causas inherentes al proceso.

Los palillos de helados, se unían por medio de pequeñas ligas o ranuras realizadas en cada palillo.

Al evaluar cada alternativa, se identificó que el material que cumplía de manera eficiente con todos los requisitos era el lego.

Con la materia prima seleccionada se diseño el producto a ser fabricado:

Auto de carrera de Fórmula 1.

2.2 Lista de materiales

Los materiales a ser utilizados en el sistema de producción se detallan a continuación:

- Legos

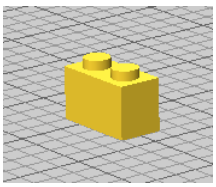
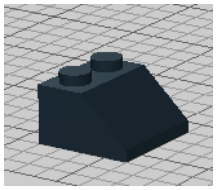
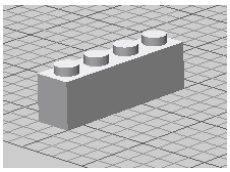
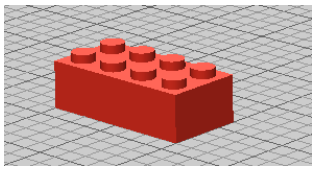
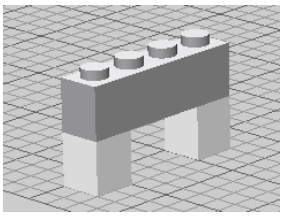
<table>
<tr><td>2 uniones
  </td><td>2 uniones (triangular)
  </td></tr>
<tr><td>4 uniones (largas y triangular)
  </td><td>8 uniones
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">Pieza especial (alerones)
  </td></tr>
</table>

FIGURA 2.1. LEGOS UTILIZADOS.

- Tableros para centros de trabajo.
- Tableros para área de transferencia.
- Herramientas de mejora.
- Cronómetros.
- Instrumento simulador de breakdowns
- Instrumento simulador de demanda
- Hojas de Registro de datos
- Software de control y seguimiento
- Caso de estudio
- Instructivo
- Planos de montaje

2.3 Proceso productivo.

El proceso productivo es una línea de ensamble de autos carrera de legos.

Se puede utilizar hasta tres líneas de ensamble simultáneas. Cada línea tiene seis centros de trabajo (CT). En la figura 2.2 se detalla el diagrama de proceso de la fabricación del producto.

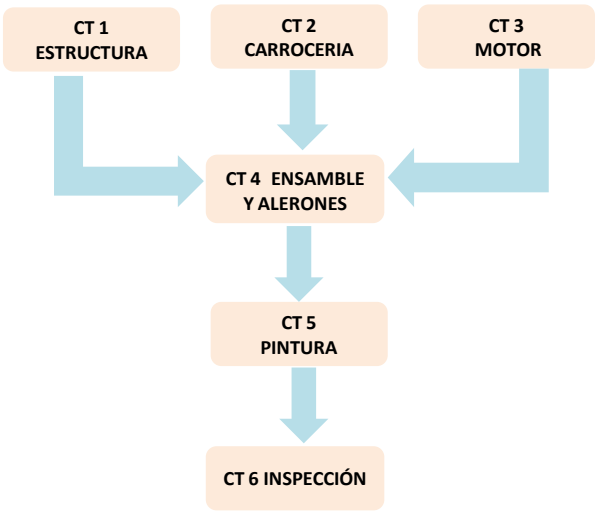


FIGURA 2.2. DIAGRAMA DE PROCESO PRODUCTIVO

Las principales características del proceso productivo son:

- El proceso productivo es en lotes.
- El tamaño del lote es de tres unidades.
- La política de producción en cada centro de trabajo (CT) es FIFO.
- La distribución de los centros de trabajo (CT) se detalla en el apéndice A.

2.4 Condiciones generales.

Para una correcta simulación del sistema de producción, se deben definir las condiciones generales del proceso. Estas condiciones se detallan a continuación:

- El sistema es para un solo producto (autos de carrera).
- Al inicio de la simulación se tiene dos autos en la bodega de producto terminado.
- Se debe realizar el setup respectivo para comenzar las operaciones en cada centro de trabajo. (Excepto centro de trabajo 5 -Pintura- y centro de trabajo 6 -Inspección-)
- Cada centro de trabajo está expuesto a BREAKDOWNS. (Excepto centro de trabajo 5 -Pintura- y centro de trabajo 6 -Inspección-)
- Cada centro de trabajo tiene un stock delantero de materia prima.
- El tiempo de duración de cada corrida es de 8 minutos.
- Al iniciar una nueva corrida, se utilizará el producto en proceso (WIP) y Producto Terminado con el que terminó la corrida anterior.
- Al finalizar cada corrida, los participantes deben discutir sobre los resultados e indicadores obtenidos y proponer un nuevo escenario para la siguiente corrida.

- Al finalizar la discusión se debe reorganizar el sistema productivo, para el nuevo escenario escogido.
- Los participantes pueden escoger solamente una opción de mejora para la próxima corrida.
- Las opciones de mejora seleccionadas por los participantes son acumulables, es decir, se mantienen las mejoras de las corridas anteriores.

2.5 Demanda.

La demanda del sistema de producción sigue una distribución normal con un mínimo de 1 unidad y un máximo de 5 unidades.

Esta demanda se genera cada minuto. Se considera que el cliente llega al inicio de la simulación. (Minuto cero)

El cliente debe devolver el producto si lo encuentra defectuoso.

2.6 Opciones de Mejora

Las opciones de mejora que se pueden utilizar para mejorar el desempeño de producción son las siguientes:

SMED.-

Esta técnica consiste en la eliminación de los tiempos de setup (tiempos de preparación de las máquinas).

Corrida sin la mejora: Para simular el tiempo de setup, los operadores de los Centros de trabajo 1, 2, 3, 4 deben formar una máquina la cual contenga la materia prima a ser utilizada en el centro de trabajo respectivo.

Corrida con la mejora: Los operadores de cada centro de trabajo no necesitan armar las máquinas. Las máquinas ya están armadas.

5's.-

Esta técnica permite a los operadores trabajar en forma ordenada en cada centro de trabajo.

Corrida sin la mejora: La materia prima en los Centros de Trabajo 1, 2, 3, 4 está almacenada en los recipientes respectivos en forma desorganizada. El equipo para repartir la materia prima a los centros de trabajo no cuenta con una ubicación fija para cada tipo de materia prima.

Corrida con la mejora: Se elimina los recipientes en los centros de trabajo y se ubica la materia prima en forma separada en un recuadro asignado para el tipo de material. El equipo utilizado para repartir la materia prima utiliza una ubicación fija según el tipo de material.

TPM.-

El mantenimiento productivo total disminuye o elimina los breakdowns (fallas mecánicas) en el proceso productivo.

Corrida sin la mejora: En cada minuto se va a originar fallas mecánicas (Breakdowns) para los centros de trabajo 1, 2, 3, 4. El tiempo de reparación de las máquinas es de 5 a 15 segundos.

Corrida con la mejora: Se eliminan los Breakdowns en las máquinas y no van a existir interrupciones en los centros de trabajo.

Flujo en línea (secuenciación).-

La secuencia evita los cruces y balancea la línea del proceso de productivo.

Corrida sin la mejora: Los centros de trabajo 1, 2 y 3 alimentan al centro de trabajo 4. El CT4 debe ensamblar las partes realizadas por los otros CT y partes adicionales.

Corrida con la mejora: Los centros de trabajo se deben ubicar los centros de trabajo como se detalla en el apéndice B. El auto se va fabricar siguiendo un flujo en línea.

Producción Continua (Lotes de 1).-

La producción continua fluye a través del sistema productivo en lotes de uno.

Corrida sin la mejora: En cada centro de trabajo se trabaja con lotes de 3 unidades.

Corrida con la mejora: En cada centro de trabajo se va a fabricar con lotes de uno.

Horno de Pintura con nueva tecnología.-

El horno cambia su forma de producir. Con la nueva tecnología es capaz de trabajar sobre un solo producto, sin tener que esperar a que se llene su capacidad.

Corrida sin la mejora: Se debe esperar hasta llenar la capacidad máxima del horno: 3 unidades. Para pintar los autos se debe esperar a que el horno esté lleno a su máxima capacidad para iniciar el proceso de pintado que dura 10 segundos.

Corrida con la mejora: Los vehículos se pueden pintar en forma individual sin necesidad que el horno se llene a su máxima capacidad. Los autos se irán pintando inmediatamente a medida que vayan llegando. El tiempo del proceso de pintado es de 10 segundos.

Calidad en la Fuente.-

Consiste en realizar la inspección de calidad en cada centro de trabajo.

Corrida sin la mejora: Solo el centro de trabajo 6 realiza la inspección del auto, verifica el correcto ensamble del producto, y conoce la pieza característica de no conformidad del auto. Si el auto no pasa el control de calidad se lo considera como defectuoso.

Corrida con la mejora: Cada centro de trabajo realiza la inspección. Los operarios de cada centro de trabajo conocen la pieza característica de no conformidad del auto.

Celdas de Manufactura.-

Las Celdas de Manufacturas balancean el proceso productivo y une ciertas operaciones para ser realizadas en un mismo centro de trabajo.

Corrida sin la mejora: Los centros de trabajo 1, 2 y 3 alimentan al centro de trabajo 4. El CT4 debe ensamblar las partes realizadas por los otros CT y partes adicionales.

Corrida con la mejora: Los Centros de trabajo 1 y 2 forman una celda de trabajo, así mismo se unen los Centros de trabajo 3 y 4, como se detalla en el apéndice C.

KANBAN.-

Esta técnica permite fabricar en base a la demanda del cliente, es decir, se fabrica solo cuando el cliente compra un producto. El nivel de inventario es definido por el número de kanbans utilizado.

Corrida sin la mejora: En cada centro de trabajo se trabaja con lotes de fabricación de 3 unidades.

Corrida con la mejora: Se utiliza kanbans de piso representados por Pallets. Se pueden ubicar entre los centros de trabajo 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, y en la bodega de producto terminado.

El número de kanbans puede ser de 2, 3 o 4 pallets.

2.7 Indicadores de desempeño

Los indicadores que se van a utilizar para medir el desempeño del sistema productivo son:

Utilidad.- Muestra la utilidad por período que la empresa fue capaz de generar.

TABLA 1

CÁLCULO DE LA UTILIDAD

(+) INGRESOS VENTAS [I]
Costo inventario
Costo por atraso
Costos de operación
Costo por devolución
Costo por desperdicios
(-) COSTOS TOTALES [CT]
UTILIDAD [I- CT]

Costo de operación.- Comprende los costos incurridos en la fabricación de los productos vendidos.

Costo por devolución.- Es el costo administrativo generado por la devolución de un producto por parte del cliente.

Costo por atrasos.- Es el descuento ofrecido al cliente en el PVP del producto entregado atrasado. Se considera atraso cuando el producto se entrega pasado los 15 segundos de haberse hecho el pedido.

Costo por mantenimiento de inventario.- Para la compañía en estudio, se considera que el costo de oportunidad por mantener inventario es del 20%.

Costo de desperdicio.- Es generado por los productos defectuosos detectados por el inspector de calidad o por los productos devueltos por el cliente.

Utilidad acumulada.- Es la utilidad acumulada de todas las corridas.

UA = suma de la utilidad de la última corrida más la utilidad de las corridas anteriores.

Porcentaje productos defectuosos.- Es la proporción de productos defectuosos entre el total de productos fabricados

%PD = (Cantidad de productos defectuosos/Total de productos fabricados)*100

Porcentaje de devoluciones.- Es la proporción de productos devueltos por el cliente con respecto a las ventas reales.

*%Dev = (Cantidad de productos devueltos/Cantidad de ventas reales)*100*

Pérdida de Venta acumulada.- Es la cantidad de ingresos que la empresa deja de percibir al no realizar una venta por la no disponibilidad de producto. Esta pérdida se irá acumulando en las corridas.

*PVA = productos no vendidos en las corridas * precio de venta*

Cumplimiento Plan Producción.- Mide el cumplimiento del plan de producción establecido por el gerente de operaciones.

Producción total.- Es la cantidad de productos que la empresa ha fabricado en cada corrida.

Tiempo de ciclo.- Es el tiempo que demora fabricar un producto (desde que ingresa la materia prima al primer centro de trabajo, hasta que el carro sale completamente de la línea de producción) según el sistema de producción utilizado.

Cumplimiento de pedidos.- Detalla el porcentaje de pedidos que la empresa pudo satisfacer del total de los pedidos efectuados. Se incluyen los pedidos atrasados.

*CP = (cantidad de productos entregados / total de productos pedidos) * 100*

On time in full (OTIF).- Muestra el porcentaje de productos vendidos a tiempo y completos con respecto al total de pedidos.

*OTIF = (número de pedidos a tiempo y completos/número de pedidos)*100*

Tasa de producción.- Indica la cantidad de productos fabricados por minuto.

Tasa de producción = cantidad de productos fabricados/ tiempo de corrida

2.8 Sistema de Control

Se va a desarrollar un sistema de control que permita evaluar y comparar el desempeño del sistema productivo de cada una de las líneas de producción en cada corrida.

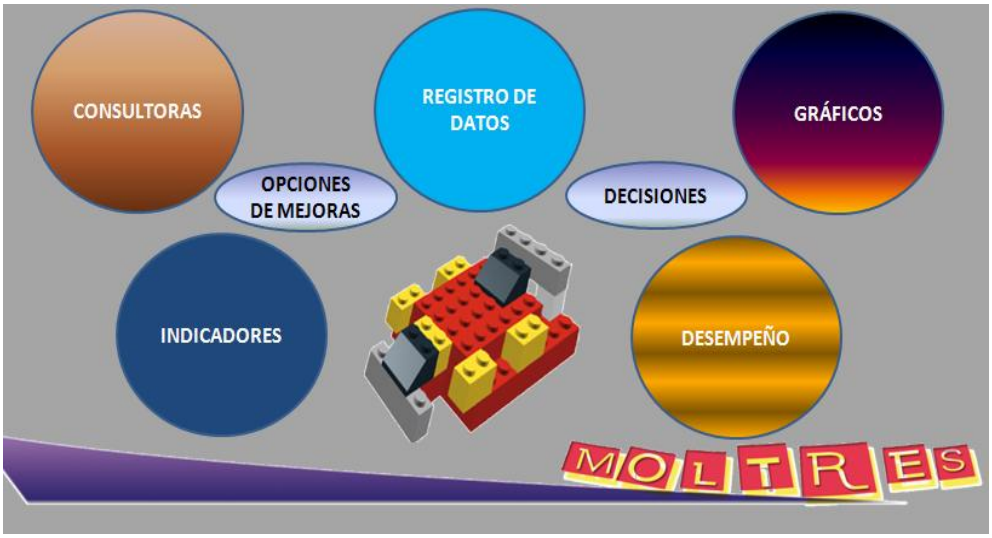


FIGURA 2.3. PANTALLA DE INICIO DEL SOFTWARE DE CONTROL.

Este software de control se basa en macros (EXCEL) y debe cumplir los siguientes requisitos.

- Automatizar los cálculos.
- Proteger datos inmovibles.
- Tener un aspecto amigable para el usuario.

Las principales funciones del sistema de control se detallan en la figura 2.3.

- Registro de las Consultoras participantes.
- Registro de datos obtenidos en las diferentes corridas
- Correlación de los diferentes tipos de procesos con los costos generados.
- Gráficos de los resultados de las corridas.
- Indicadores.
- Selección de las opciones de mejoras.
- Almacenar toda la información generada (decisiones) en las diferentes corridas para el análisis final.
- Calificación del desempeño de la línea de producción.

Una explicación detallada sobre el funcionamiento del software de control se detalla en la guía del instructor. Esta guía se encuentra disponible en la coordinación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Espol.

CAPÍTULO 3

3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN: CASO DE ESTUDIO

3.1 Caso: Sistema de producción MOLTRES

El caso de estudio del Sistema de Producción: Moltres tiene las características de ser comprensible y no muy extenso, enuncia la situación inicial de una planta de producción, muestra la descripción de los centros de trabajo y del proceso productivo, enlista las mejoras disponibles y aclara cada detalle que se incluye en la simulación de la línea de producción, como la demanda, los breakdowns y los tiempos de preparación.

CASO DE PRODUCCIÓN MOLTRES COMPANY

INTRODUCCIÓN

La Empresa MOLTRES COMPANY fue fundada en el año 1990 y se dedica a la fabricación de un solo modelo de autos de carrera de Fórmula 1. Durante los 15 primeros años la empresa se encaminó a cumplir con su visión, la cual comprendía obtener un excelente reconocimiento dentro de las carreras de Fórmula 1.

En el año 2005, se mejoró el modelo de su producto tradicional, convirtiéndolo en un vehículo más aerodinámico que recibió el nombre de Olmedo XZM. El modelo Olmedo XZM ganó 93 de los 107 grandes eventos automovilísticos entre el 2005 y 2008. Obtuvo tanto éxito en la pista que llevó a la compañía a desarrollar un modelo comercial de altas prestaciones, el XZ, para lo más selecto del Jet Set internacional.

En los dos últimos años, MOLTRES COMPANY sacrificó márgenes de ganancia para mejorar el desempeño y prestaciones del XZ. Sus costos de producción aumentaron dramáticamente. Durante el 2008, la empresa no pudo capitalizar el aumento de la demanda del XZ.

A inicios del 2009, el Gerente General recientemente ascendido estudió el comportamiento de la línea de producción. Descubrió altos niveles de inventario en producto en proceso (WIP) y tiempos ociosos en algunos Centros de Trabajo (CT) durante gran parte de la jornada. La empresa necesitaba cambios rápidos y efectivos por lo que tomó la decisión de contratar a la mejor empresa consultora de la ciudad.

Para seleccionar a la mejor empresa consultora, el Gerente General de MOLTRES decidió realizar una competencia entre ellas. La compañía consultora que genere los mejores resultados será la contratada.

Suponga que usted forma parte de una de las compañías consultoras que se van a evaluar. ¿Qué acciones van a recomendar para resolver los problemas de la planta en el tiempo establecido y mejorar la competitividad de la empresa?

PROCESO PRODUCTIVO

Distribución y flujo

La compañía posee seis centros de trabajo, como se ilustra en la figura 3.1

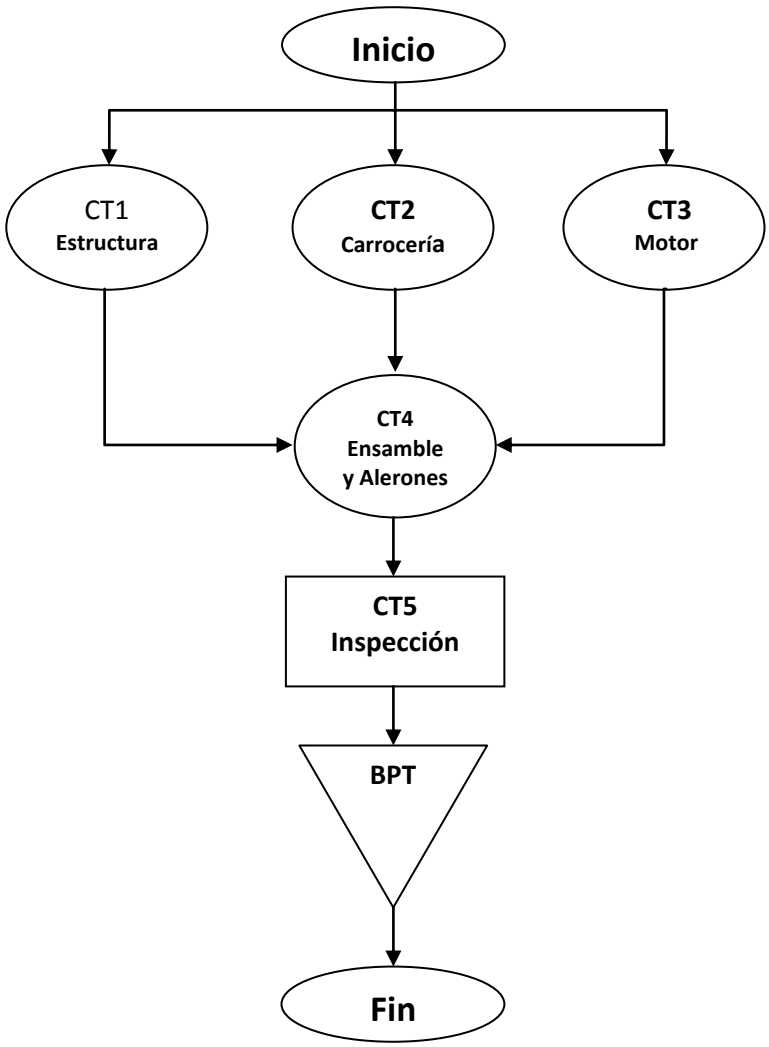


FIGURA 3.1. FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO INICIAL.

El proceso productivo es en lotes, el tamaño del lote es de **tres unidades**. La política de producción en cada uno de los procesos es FIFO. La distribución de los centros de trabajo se detalla en el apéndice A.

Condiciones generales

- Al inicio del período de análisis, la planta tiene 2 autos en la bodega de producto terminado (PT).
- Cada centro de trabajo tiene un stock delantero de materia prima.
- Después de cada corrida (con los cambios o mejoras implementadas), todo el WIP y Producto Terminado quedará tal cual como quedó en la corrida anterior, es decir, la corrida siguiente partirá con ese WIP y Producto Terminado.

Setup (tiempo de preparación)

Cada Centro de Trabajo (1ro al 4to) debe ir a la Bodega de Herramientas a retirar lo que necesita para preparar su máquina e ingresar la materia prima a la misma.

Las herramientas para preparar se detallan en la figura 3.2.

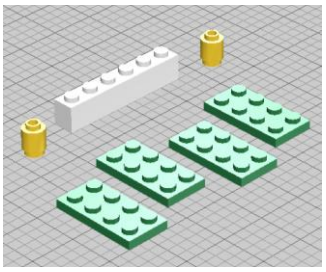


FIGURA 3.2. HERRAMIENTAS PARA SIMULACIÓN DE SETUP

Las herramientas deben ser transportadas al área del centro de trabajo respectivo (porque la preparación es en la máquina). La figura 3.3 muestra una máquina preparada.

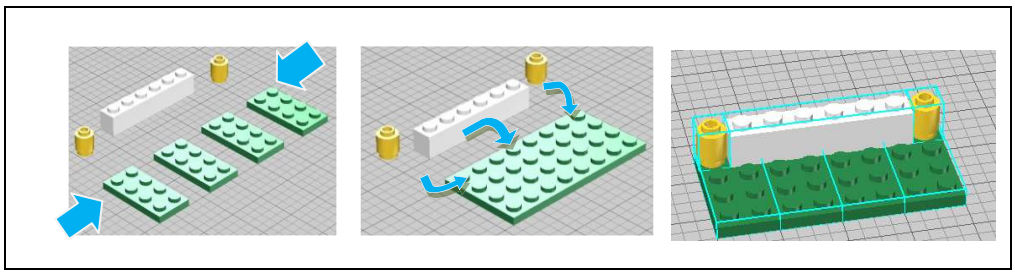


FIGURA 3.3. PASOS PARA SIMULACIÓN DE SETUP.

En la figura 3.4 se muestran las máquinas cargadas de cada CT.

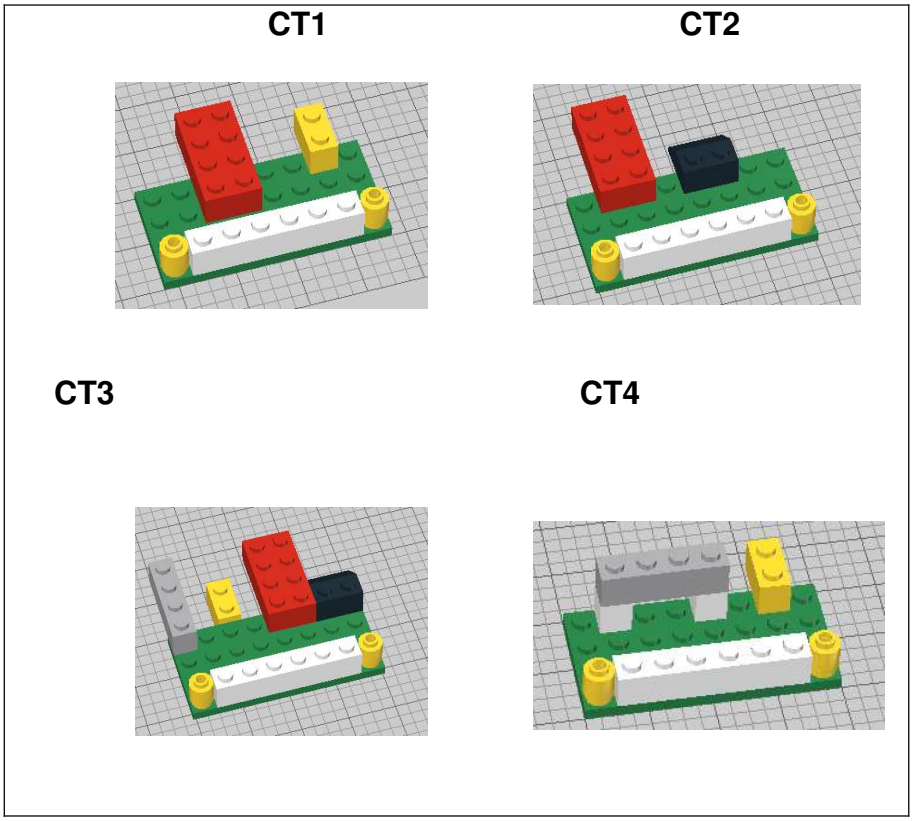


FIGURA 3.4. COMPONENTES PARA SETUP POR CENTRO DE TRABAJO.

BREAKDOWNS

Las fallas mecánicas van a ser únicamente para los centros de trabajo 1-2-3-4.

La máquina que falla cada minuto, estará generado por un tetraedro que contiene en sus caras los centros de trabajo 1-2-3-4.

El tiempo de reparación de la falla será generado por un dado que contiene en sus caras los intervalos de tiempos (5-10-15 segundos)

que quedará sin procesar el centro de trabajo debido a que está en reparación.

El tiempo entre fallas es de 1 minuto y el tiempo de reparación es de 5, 10 o 15 segundos.

CENTROS DE TRABAJO

Las operaciones que deben ser realizadas en cada uno de los Centros de Trabajo se describen en los Instructivos y en los Planos de Montaje respectivos.

EMPLEADOS

La empresa dispone de 9 Trabajadores: 5 Operarios, 1 Inspector de Calidad, 1 Ayudante de materia prima (MP), 1 Jefe de Mantenimiento y 1 Gerente de Operaciones.

PRECIO DE VENTA

El Precio de Venta al Público (P.V.P.) es de **$ 129,9**

COSTOS

Costo de operación

Comprende los costos incurridos en la fabricación de los productos vendidos (costo de venta total más costo fijo por período).

TABLA 2

COSTOS DE OPERACIÓN

Costo de venta	Costo fijo
$ 91,5	$ 426

Costo por Devoluciones

Es el costo administrativo incurrido por MOLTRES cuando el cliente devuelve un producto de mala calidad.

TABLA 3

COSTOS POR DEVOLUCIONES

Costo por devoluciones
$ 4,58

Costo de desperdicio

Representa el 40% del costo unitario del producto.

TABLA 4

COSTOS POR DESPERDICIO

Costo de desperdicio
$ 36,6

Costo por Atrasos

Se considera un descuento del 10% del Precio de Venta del Producto.

TABLA 5

COSTO POR ATRASO

Costo por atraso	
$	12,99

Costo de Inventario.

Moltres considera el 20% de la materia prima mantenida como inventario en cada centro de trabajo.

TABLA 6

COSTO DE INVENTARIO

COSTO DE MANTENIMIENTO DE INVENTARIO ($)					
COSTOS	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
ensamble	4,20	3,70	3,34	13,70	18,30
linea	4,20	7,90	11,24	13,70	18,30
celdas	7,90		13,70		18,30

DEMANDA

- La demanda es generada por el Cliente. La cantidad solicitada por los clientes van desde uno a hasta cinco vehículos con una distribución normal.
- El cliente va a llegar en el minuto 0 y va a arribar cada minuto.
- El cliente va a esperar un máximo de quince segundos, para recibir su pedido. Si el pedido no llega en este período de tiempo, se considera como pérdida de venta y el cliente se retira con los productos entregados.
- El cliente debe devolver el producto si lo encuentra defectuoso.

OBSERVACIONES

- Al finalizar cada corrida de producción los participantes deberán discutir sobre los resultados e indicadores obtenidos y proponer un nuevo escenario para la siguiente corrida, el tiempo de cada discusión será de máximo 5 minutos.
- Al finalizar la discusión se reorganizará todo para el nuevo escenario escogido, esto durará máximo 5 minutos.
- Los participantes podrán escoger solamente una opción de mejora entre cada cambio de escenario.
- Las opción de mejora aplicada en cada escenario se irá acumulando por lo que va a influir en el desempeño del siguiente

escenario. (Si se desea regresar a un escenario anterior se lo podrá hacer, sin embargo se desperdiciará una opción de mejora).

- Es recomendable realizar el juego en un lapso de ocho minutos, si se desea jugarlo por más de ocho minutos, se debe efectuar sus respectivas modificaciones.

INDICADORES

- % Productos Defectuosos
- % de Devoluciones
- Cumplimiento del Plan de Producción
- Costos de inventario
- Perdida de venta acumulada
- Costos por Atrasos en ventas
- Utilidad por corrida
- Utilidad acumulada
- Tiempo de Ciclo
- Producción total
- OTIF
- Cumplimiento de pedidos
- Nivel de Desempeño (Tasa de producción)

La compañía consultora que logre la mejor combinación de opciones de mejoras, será la seleccionada.

3.2 Instructivos del caso

Es un texto a manera de instructivo que capacita a todos los participantes para cada función específica dentro de la simulación.

Como se observa en las figuras 3.5 al 3.15, los instructivos del Caso de Producción Moltres Company son los siguientes:

FIGURA 3.5. INSTRUCTIVOS

CENTRO DE TRABAJO 1: ESTRUCTURA

- Realiza la operación en este centro de trabajo un operario.
- El ensamble que el operario debe realizar está descrito en el plano de montaje 1.
- Al finalizar la operación de ensamble del lote respectivo (3 unidades), el operador debe mover el lote al área de transferencia (producto en proceso).
- El operario debe avisar al ayudante cuando necesite más componentes.

CENTRO DE TRABAJO 1: ESTRUCTURA

- Al iniciar el turno se debe realizar el SETUP respectivo.
- El operario debe llenar el formato "Orden de Producción" que le es entregado por el Gerente de Operaciones y debe registrar la cantidad de producto en proceso (WIP) de su centro de trabajo al finalizar la corrida.

FIGURA 3.6. INSTRUCTIVOS - CENTRO DE TRABAJO 1

CENTRO DE TRABAJO 2: CARROCERIA

- Realiza la operación en este centro de trabajo un operario.
- El ensamble que el operario debe realizar está descrito en el plano de montaje 2.
- Al finalizar la operación de ensamble del lote respectivo (3 unidades), el operador debe mover el lote al área de transferencia (producto en proceso).
- La cantidad de componentes requeridos se basa en el criterio del operario.

CENTRO DE TRABAJO 2: CARROCERIA

- El operario debe avisar al ayudante cuando necesite más componentes.
- Al iniciar el turno se debe realizar el SETUP respectivo.
- El operario debe llenar el formato “Orden de Producción” que le es entregado por el Gerente de Operaciones y debe registrar la cantidad de producto en proceso (WIP) de su centro de trabajo al finalizar la corrida.

FIGURA 3.7. INSTRUCTIVOS - CENTRO DE TRABAJO 2.

CENTRO DE TRABAJO 3: MOTOR

- Realiza la operación en este centro de trabajo un operario.
- El ensamble que el operario debe realizar está descrito en el plano de montaje 3.
- Al finalizar la operación de ensamble del lote respectivo (3 unidades), el operador debe mover el lote al área de transferencia (producto en proceso).
- La cantidad de componentes requeridos se basa en el criterio del operario.

CENTRO DE TRABAJO 3: MOTOR

- El operario debe avisar al ayudante cuando necesite más componentes.
- Al iniciar el turno se debe realizar el SETUP respectivo.
- El operario debe llenar el formato “Orden de Producción” que le es entregado por el Gerente de Operaciones y debe registrar la cantidad de producto en proceso (WIP) de su centro de trabajo al finalizar la corrida.

FIGURA 3.8. INSTRUCTIVOS - CENTRO DE TRABAJO 3.

CENTRO DE TRABAJO 4: ENSAMBLE Y ALERONES

- Realiza la operación en este centro de trabajo un operario.
- El operario debe retirar un lote de las áreas de transferencia (producto en proceso) de los centros de trabajo 1, 2 y 3.
- El ensamble que el operario debe realizar está descrito en el plano de montaje 4.
- Al finalizar la operación de ensamble del lote respectivo (3 unidades), el operador debe mover el lote hacía el centro de trabajo 5.

MOLTRES

CENTRO DE TRABAJO 4: ENSAMBLE Y ALERONES

- La cantidad de componentes requeridos se basa en el criterio del operario.
- El operario debe avisar al ayudante cuando necesite más componentes.
- Al iniciar el turno se debe realizar el SETUP respectivo.
- El operario debe llenar el formato "Orden de Producción" que le es entregado por el Gerente de Operaciones y debe registrar la cantidad de producto en proceso (WIP) de su centro de trabajo al finalizar la corrida.

MOLTRES

FIGURA 3.9. INSTRUCTIVOS - CENTRO DE TRABAJO 4.

CENTRO DE TRABAJO 5: PINTURA

- Al finalizar la operación de pintura del lote respectivo (3 unidades), el operador debe mover el lote hacía el centro de trabajo 6.
- El operario debe llenar el formato "Orden de Producción" que le es entregado por el Gerente de Operaciones y debe registrar la cantidad de producto en proceso (WIP) de su centro de trabajo al finalizar la corrida.

CENTRO DE TRABAJO 5: PINTURA

- Realiza la operación en este centro de trabajo un operario.
- El operario debe pintar el vehículo y colocar el vehículo en el horno para secar la pintura y tener el acabado adecuado.
- El tiempo de proceso del lote en el horno tiene una duración de diez segundos.

FIGURA 3.10. INSTRUCTIVOS - CENTRO DE TRABAJO 5.

CENTRO DE TRABAJO 6: INSPECCIÓN

- Realiza la operación en este centro de trabajo un Inspector de Calidad.
- El Inspector de Calidad y el Gerente General serán los únicos en conocer cuál es la característica de no conformidad del vehículo.
- Un producto es considerado defectuoso cuando una pieza de determinado color está ubicada en una posición específica.

CENTRO DE TRABAJO 6: INSPECCIÓN

- El Inspector debe llenar el formato "Orden de Producción" que le es entregado por el Gerente de Operaciones. Además debe anotar cuantos productos han salido defectuoso al finalizar el turno.

FIGURA 3.11. INSTRUCTIVOS - CENTRO DE TRABAJO 6.

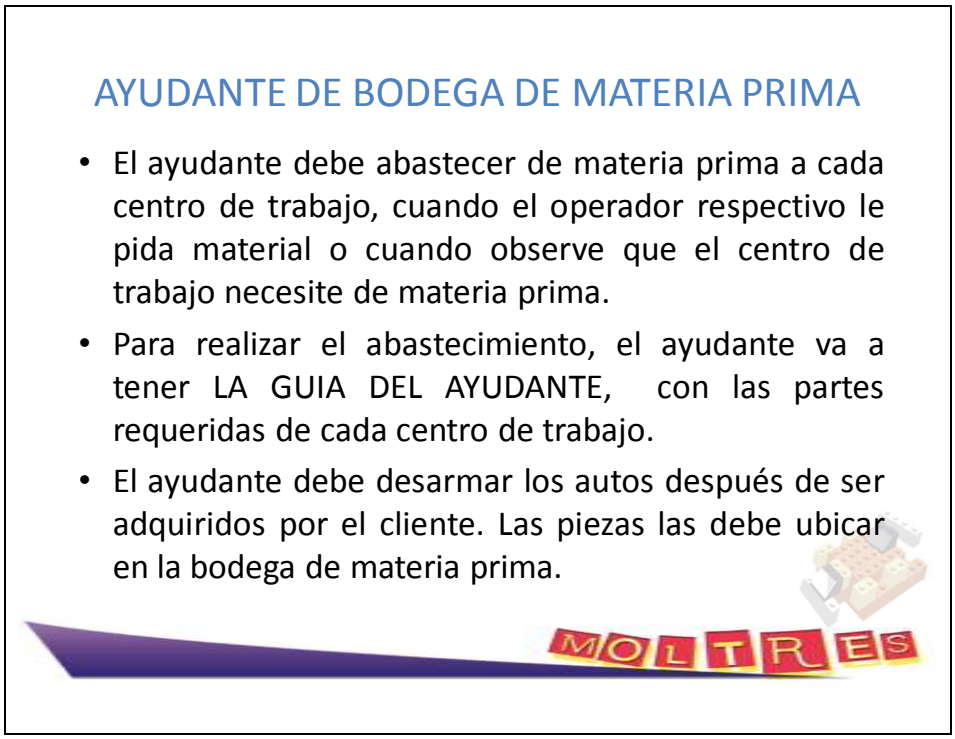


FIGURA 3.12. INSTRUCTIVOS – AYUDANTE DE MP.

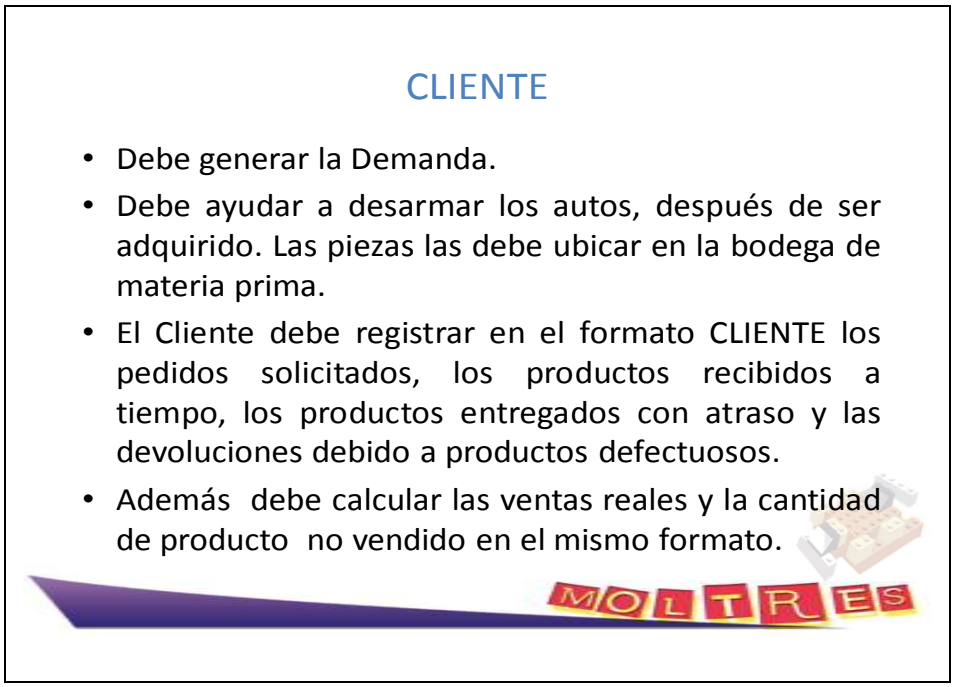


FIGURA 3.13. INSTRUCTIVOS – CLIENTE.

GERENTE DE OPERACIONES

- Debe realizar el plan de producción según su propio criterio, el cual debe ser entregado a cada centro de trabajo.
- Debe entregar el formato "Orden de Producción" a los seis centros de trabajo.
- Debe tomar el tiempo de ciclo con una pieza característica que tiene el auto (3 muestras). Es desde el inicio de la fabricación hasta que llega a la bodega de producto terminado.

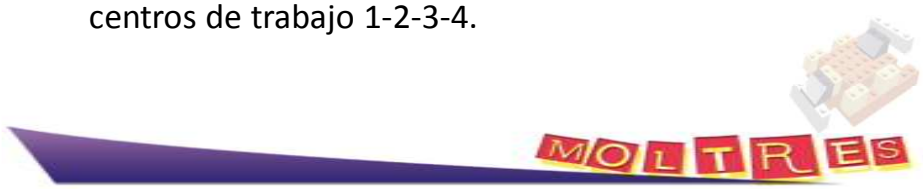
GERENTE DE OPERACIONES

- Debe registrar en el formato GERENTE DE OPERACIONES, el Plan de Producción, el tiempo de ciclo (3 muestras), el producto en proceso (WIP) que cada centro de trabajo tendrá registrado al final de la corrida, la producción total (*total fabricado por el centro de trabajo 5*) y la cantidad de productos defectuosos al finalizar el turno.

FIGURA 3.14. INSTRUCTIVOS – GERENTE DE OPERACIONES

JEFE DE MANTENIMIENTO

- Debe efectuar los BREAKDOWNS que se generaran cada minuto para cualquiera de los centros de trabajo (excepto para pintura e inspección).
- Las fallas mecánicas van a ser únicamente para los centros de trabajo 1-2-3-4.
- La máquina que falla cada minuto, estará generado por un tetraedro que contiene en sus caras los centros de trabajo 1-2-3-4.



JEFE DE MANTENIMIENTO

- El tiempo de reparación de la falla será generado por un dado que contiene en sus caras los intervalos de tiempos (5-10-15 segundos) que quedará sin procesar el centro de trabajo debido a que está en reparación.
- El tiempo entre fallas es de 1 minuto y el tiempo de reparación es de 5, 10 o 15 segundos.

FIGURA 3.15. INSTRUCTIVOS – JEFE DE MANTENIMIENTO.

3.3 Planos de montaje

En estos documentos se ilustran únicamente el proceso de fabricación. Se especifican las operaciones que deben ser realizadas por cada operario en cada centro de trabajo.

Los planos de montaje contienen figuras para facilitar la capacitación de los participantes. Se van a detallar los planos para los diferentes sistemas de producción:

- Sistema inicial
- Flujo en línea
- Celdas de manufactura

Los planos del sistema inicial se detallan desde la figura 3.16 hasta la figura 3.20 detalladas a continuación:

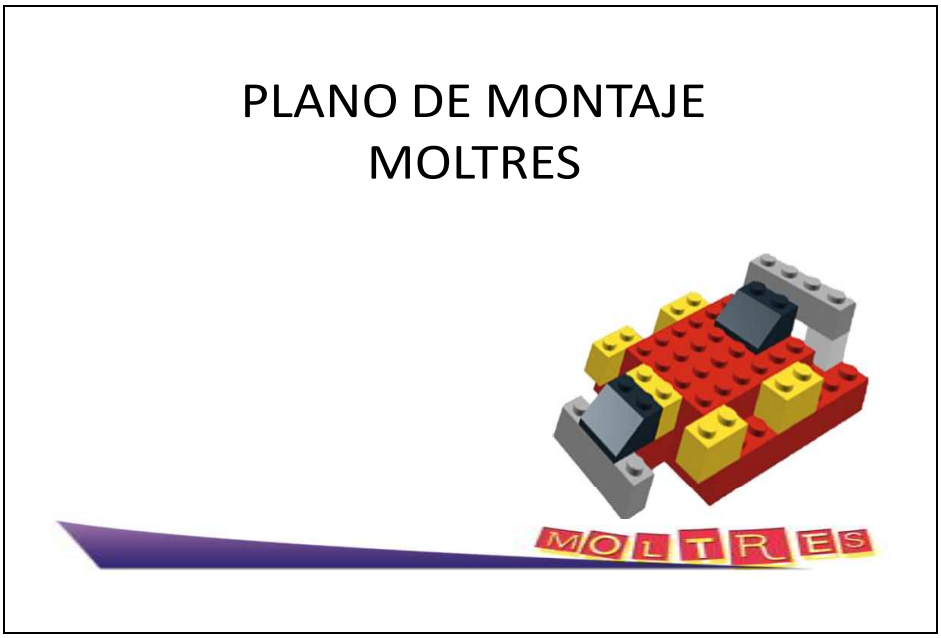


FIGURA 3.16. PLANO DE MONTAJE.

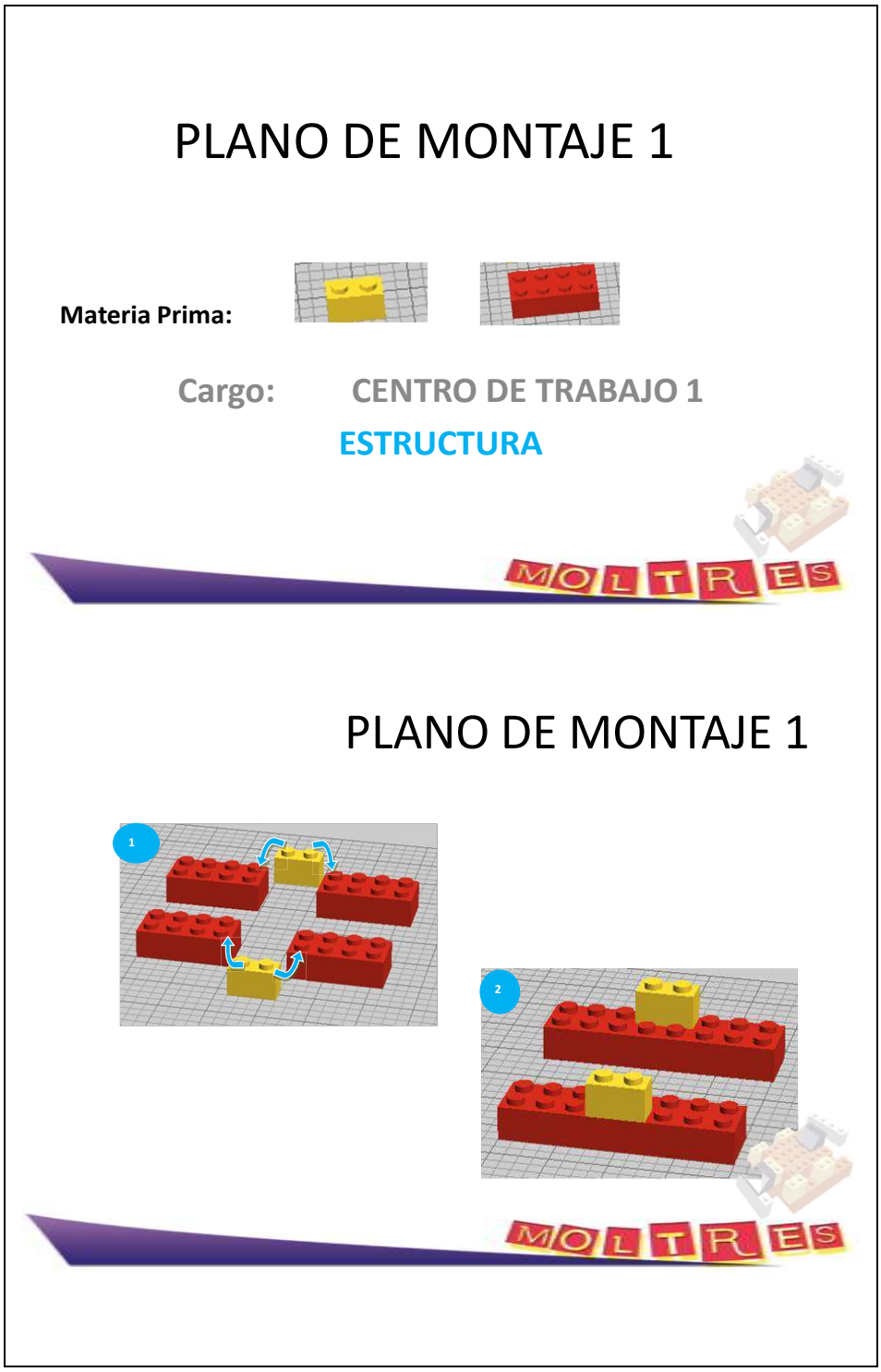


FIGURA 3.17. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 1.

FIGURA 3.18. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 2.

FIGURA 3.19. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 3.

FIGURA 3.20. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 4.

Los planos del sistema con flujo en línea se detallan desde la figura 3.21 hasta la figura 3.24 detalladas a continuación:

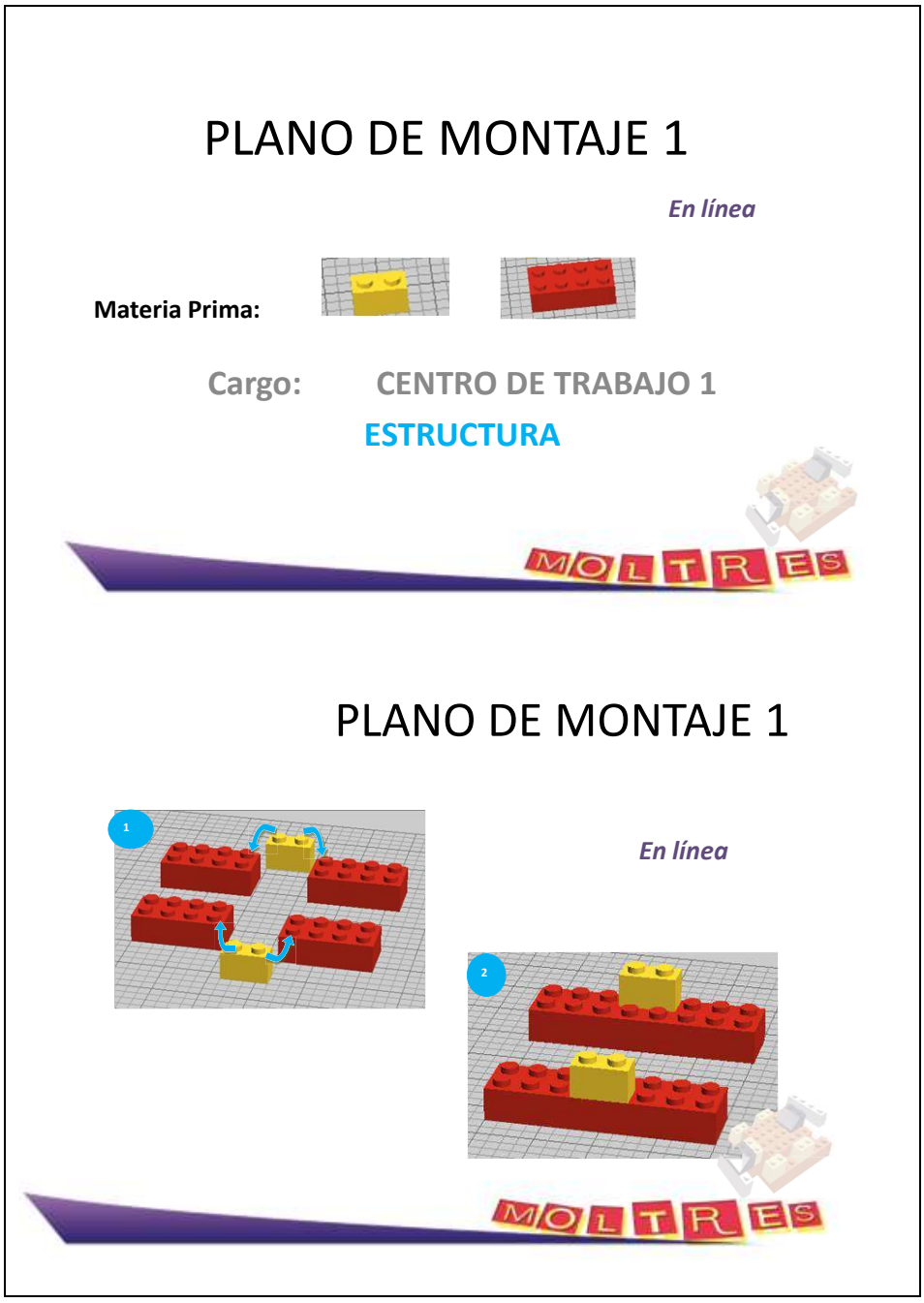


FIGURA 3.21. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 1 LÍNEA.

FIGURA 3.22. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 2 LÍNEA.

FIGURA 3.23. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 3 LÍNEA.

FIGURA 3.24. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 4 LÍNEA.

Los planos del sistema en celdas se detallan desde la figura 3.16 hasta la figura 3.20 detalladas a continuación:

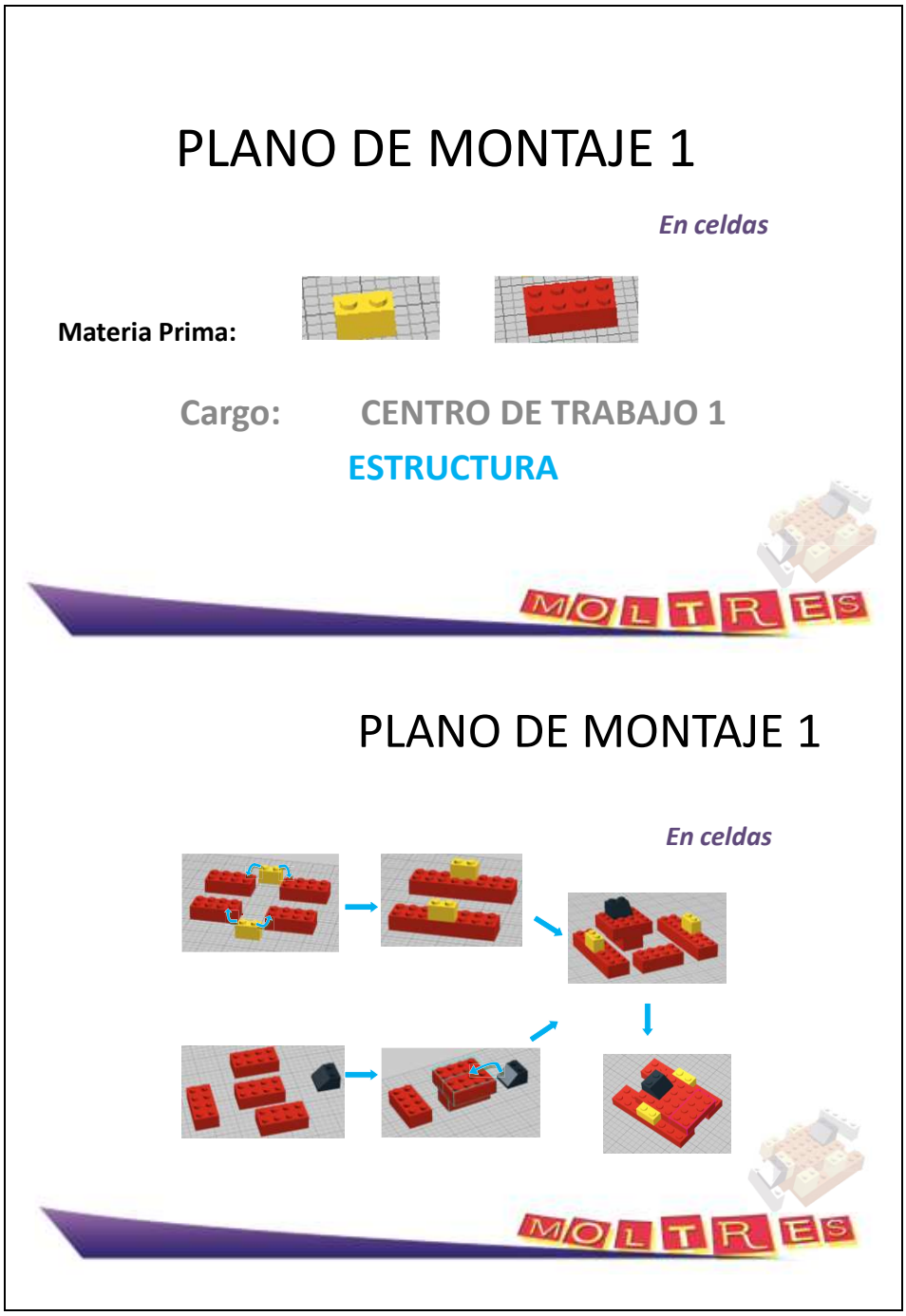


FIGURA 3.25. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 1 CELDAS.

FIGURA 3.26. PLANO DE MONTAJE – CENTRO DE TRABAJO 2 CELDAS.

3.4 Formatos de control

Los registros de control a ser utilizados en el Caso de Producción Moltres son:

1. **Formato de Cliente**.- Se registra información sobre las ventas:
   - Ventas a tiempo.
   - Ventas atrasadas.
   - Ventas perdidas.

Como se observa en la figura 3.27.

FORMATO CLIENTE

Nº PEDIDO	CANTIDAD				
	PEDIDA	RECIBIDA A TIEMPO	ATRASOS	DEVOLUCIONES	VENTAS REALES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
TOTALES					

CANTIDAD NO VENDIDAS (pedidas - ventas reales)	
¿Cuántas veces la CANTIDAD PEDIDA es igual a la CANTIDAD RECIBIDA A TIEMPO?	

*** VENTAS REALES = RECIBIDAS A TIEMPO + ATRASOS - DEVOLUCIONES

FIGURA 3.27. FORMATO PARA REGISTRO DEL CLIENTE.

2. **Formato de Gerente de Operaciones**.- Registra información sobre:

   - El Tiempo de ciclo
   - El inventario en proceso al final de la corrida
   - El inventario de producto terminado al final de la corrida

Como se observa en la figura 3.28.

FORMATO GERENTE DE OPERACIONES	
ORDEN DE PRODUCCION	
CANTIDAD A FABRICAR	

TIEMPO DE CICLO	
Nº	TIEMPO DE CICLO
1	
2	
3	

PRODUCTO EN PROCESO	
CENTRO DE TRABAJO	PRODUCTO EN PROCESO
1	
2	
3	
4	
5	
BPT	

PRODUCCION TOTAL	

DEFECTUOSO	

FORMATO A

FORMATO GERENTE DE OPERACIONES CELDAS DE MANUFACTURA	
ORDEN DE PRODUCCION	
CANTIDAD A FABRICAR	

TIEMPO DE CICLO	
Nº	TIEMPO DE CICLO
1	
2	
3	

PRODUCTO EN PROCESO	
CENTRO DE TRABAJO	PRODUCTO EN PROCESO
1	
2	
3	
BPT	

PRODUCCION TOTAL	

DEFECTUOSO	

FORMATO B

FIGURA 3.28. FORMATO PARA REGISTRO DEL GERENTE DE OPERACIONES.

El Formato A es usado para la fabricación inicial hasta que se implemente la mejora en celdas o en línea, donde se va a utilizar el formato B.

3. **Formato Orden de producción**.- Sirve como guía para que los operarios puedan contabilizar lo producido.

Como se observa en la figura 3.29.

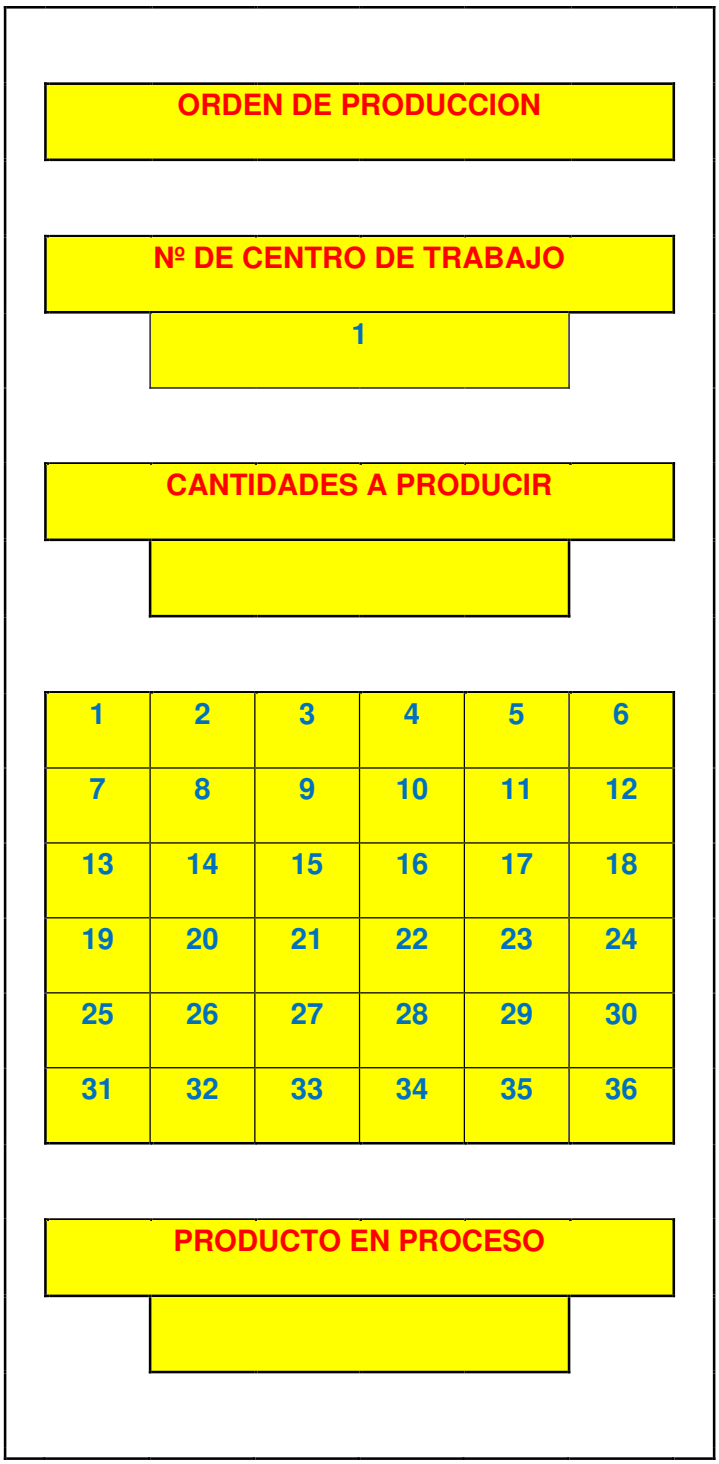


FIGURA 3.29. FORMATO ORDEN DE PRODUCCIÓN.

3.5 Instructivo de mejora

El instructivo de mejora para el caso de producción Moltres Company es el siguiente:

"Después de realizar un diagnóstico al proceso productivo, su compañía consultora identificó las siguientes opciones de mejoras:"

Flujo en línea (Secuenciación).

La compañía consultora le plantea al Gerente de Operaciones lo siguiente:

"Según las mediciones obtenidas, se deberá rediseñar el proceso de producción con el fin de ofrecer una rápida respuesta al cliente. La forma de fabricación que se recomienda para este tipo de plantas sigue un flujo en línea. Sin embargo para poder implementarlo necesitamos cambiar de posición las máquinas del Centro de Trabajo 3 y Centro de trabajo 4, quedando el layout de la siguiente manera:" Ver apéndice B.

La política de producción en este tipo de proceso en línea es que los Centros de Trabajo deben esperar que le lleguen las partes del

Centro de Trabajo anterior (lotes o en forma Continua), para empezar a realizar su trabajo.

La forma de ensamblar se puede visualizar desde la figura 3.21. hasta la figura 3.24.

Continuo (No lotes).

La recomendación es trabajar en forma Continua (lote de 1). Esta forma de trabajo reduce los niveles de inventario en proceso y la inspección se vuelve más eficiente.

Hornos con nueva tecnología.

Una vez obtenidas las mediciones y analizando los indicadores de desempeño, la compañía consultora presenta un informe al Gerente de Operaciones, en el que se expresa lo siguiente

"… Después de medir la tasa de producción de toda línea, los resultados indicaron que el rendimiento actual está bajo el 50% de lo que debería rendir en condiciones ideales. También se detecta que el centro de trabajo que influye en dicho desempeño, es el HORNO. Para aumentar la utilización de este centro de trabajo se propone una modificación tecnológica del horno. Con esta modificación el

horno pueda recibir una pieza en cualquier momento y expulsar dicha pieza una vez que finalizado el tiempo de secado.

Es el mismo horno con diferente tecnología, por lo tanto su capacidad máxima sigue siendo 3. El abastecimiento al horno se lo realiza de manera secuencial.

SMED. (Reducción de Tiempos de Preparación)

Una de las opciones es reducir a casi cero los tiempos de setup.

La bodega de herramientas desaparece. Junto a cada máquina estarán las herramientas necesarias para el setup, en orden y LISTAS para poder ingresar la materia prima a la máquina. Es decir, el operador llega y lo único que hará es abastecer su máquina de materia prima.

TPM. (Mantenimiento Productivo Total)

"…Un tiempo de setup elevado no es lo único incrementa el tiempo de ciclo de un producto. El tiempo promedio entre fallas de máquinas (MTBF) y el tiempo promedio de reparación de las mismas (MTTR) también afectan el tiempo de ciclo. Con la aplicación de un sistema

de Mantenimiento Productivo Total se va a reducir la variabilidad existente a cero.(no existen fallas)

5´S.

Debe haber señalizaciones en la planta para la correcta ubicación de los recursos.

Mantener el área de trabajo limpia.

Celdas de Manufactura (Balanceo).

“Los centro de trabajo 1 y 2 van a trabajar en conjunto, al igual que los centros de trabajo 3 y 4. Los centro de trabajo 5 y 6 trabajaran de manera INDEPENDIENTE”. Ver apéndice C.

En este tipo de proceso, los Centros de Trabajo deben esperar que arriben las partes del Centro de Trabajo anterior (en lotes o en forma Continua) para comenzar realizar su trabajo. Además los trabajadores de cada celda trabajan en equipo y se pueden ayudar entre ellos.

Las operaciones de ensamble se puede visualizar en las figuras 3.25 y 3.2.

Calidad en la Fuente.

La responsabilidad de la calidad del producto es de cada operador. Es decir, los operadores no van a fabricar productos defectuosos en sus centros de trabajo.

Todos los operadores están capacitados para evitar la fabricación de un producto defectuoso. Los operadores conocen la pieza que ocasiona la no conformidad en el producto y evitan utilizar dicho componente en su ensamblaje.

Kanban de 2, 3 ó 4 Contendores.

"... los costos de producción y de inventario son elevados. Los desperdicios ocasionan pérdidas de ventas y un bajo nivel de servicio. Con el sistema KANBAN se puede producir Justo a tiempo, con el propósito que el tiempo de respuesta al cliente sea el adecuado, con bajos costos de fabricación y reduciendo costos de inventario al mínimo"

Esta mejora se puede implementar con KANBAN de 2,3 y/o 4 contenedores en cada centro de trabajo.

Estos contenedores o KANBAN pueden ser los mismos en toda la linea de ensamble o pueden ser de diferentes tamaño.

3.6 Presentación de resultados

Se realizaron 28 corridas, entre ellas los 3 BETAS. Los resultados fueron muy interesantes, dejando para un posterior análisis más los efectos provocados por el orden de las combinaciones de mejora.

Los indicadores más relevantes a la hora de calificar fueron el desempeño, la utilidad, el costo de mantenimiento de inventario, las pérdidas de ventas y el tiempo de ciclo.

En la tabla 7 se detallan los valores máximos y mínimos que se obtuvieron en las 28 corridas con los diferentes sistemas de producción.

TABLA 7

ANÁLISIS DE DATOS.

		DATOS CORRIDAS	
INDICADORES	**TEÓRICO**	**VALOR MÁXIMO**	**VALOR MÍNIMO**
Tasa de producción	6 autos/ min	4.08 auto/min	1 auto/min
Utilidad	-	$ 521	$ -380
Ventas	-	$ 3247,5	$ 909.3
Perdida de Ventas	-	$ 1039.2	0
Costo de inventario	-	$ 141,83	0
Tiempo de ciclo	0.48 min	0.48 min	5.56 min

La productividad alcanzada en las corridas no pudo alcanzar la máxima diseñada en este proyecto. Esto se debe a que el participante dispone de un número de implementaciones de mejoras limitado por el tiempo. Otra causa es la habilidad de los operadores.

Como se puede observar de la tabla 7, la utilidad máxima alcanzada de todas las simulaciones efectuadas es de $521. Las causantes de estos resultados son:

- Celdas de manufactura
- Producción continua
- 5s
- Horno con nueva tecnología
- SMED
- Calidad en la fuente
- kanban

La combinación parcial o total de estas mejoras fueron las representativas. También, se evidenció que el orden de sus implementaciones ocasiona que el resultado varíe.

La tabla 7 indica que el mayor número de ventas llegó a ser de $3247,50 entre todas las corridas. Dos de las mejoras fueron causantes de aquel resultado:

- celdas de manufacturas
- kanban

El número de kanbans seleccionado por los participantes no fueron calculados analíticamente. Los Gerentes encontraron en este proyecto la posibilidad de pronosticar la demanda a base de las corridas anteriores.

El sistema de fabricación inicial, causó la mayor pérdida de ventas. Ver tabla 7 donde se reconoce que fue el peor estado de la línea.

Una simulación en estado inicial reflejó el mayor costo de inventario ($ 141,83). En ocasiones las celdas y/o kanbans bordearon este valor. Ver tabla 7.

Finalmente el menor tiempo de ciclo fue resultado de la combinación 5s – smed – celdas – producción continua – horno mejorado con 0.43 minutos. Se debe considerar el error de las muestras tomadas por los participantes. Ver tabla 7.

Con esto se puede demostrar que el sistema funciona, las mejoras ocasionan el efecto esperado y los objetivos del proyecto quedan cumplidos.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El orden y la combinación de las mejoras implementadas, cambian totalmente los resultados de los indicadores, muy aparte de los cambios ocasionados por la variabilidad de la demanda en cada corrida.
- El compromiso y las ganas de buscar oportunidades de mejora por parte de los participantes, se generó de manera inmediata; esto se evidenció al observar a los jefes de grupo realizar análisis con la finalidad de mantener una base técnica en sus decisiones.
- El liderazgo fue una de las virtudes que se pudo extraer de la mayoría de los participantes que trataban de justificar sus opiniones a la hora de decidir.

- Se fomentó el trabajo en equipo y se materializó el ambiente laboral apreciado por los Gerentes, cuya función inevitable es la de manejar el recurso humano.
- El sistema de control fue una herramienta muy útil y efectiva que evitó la equivocación o adulteración en los datos de cada equipo de trabajo.
- Las mejoras en los sistemas de producción pueden ser combinadas de tal forma que fortalezca al proceso productivo.
- La demanda y la habilidad del operario son también factores que influyen en los resultados y pueden disminuir el desempeño generado por la técnica seleccionada.
- La fabricación en el estado inicial fue sin duda el peor sistema utilizado.
- El sistema de producción obtuvo mejores resultados cuando se utilizó kanbans, celdas de manufacturas y cuando se fabricó en línea y con un flujo continuo. La técnica 5s recuperable notablemente el desempeño de la línea, el tiempo de ciclo disminuyó en gran porcentaje.
- Los tiempos de ciclo tomados cuando se fabricaba con el sistema kanban, no fueron los correctos por desconocimientos de los participantes. Sin embargo fueron considerados, al único indicador al que afectaba era al desempeño.

- El desempeño en el kanban puede ocasionar confusiones. Se sabe que tasa de producción en el sistema kanban es el throughput, esto lo puede ubicar en el Worst Case o el Practical Worst Case de la gráfica de desempeño; sin embargo se debe recordar que los parámetros para el BEST CASE, WORST CASE y PRACTICAL WORST CASE fueron diseñados a partir de su capacidad de producción más no de la demanda. Un sistema de producción basado en kanban solo produce lo que la demanda (cliente) pide y no necesariamente a la máxima capacidad del sistema de producción.

4.2 Recomendaciones

- Para fomentar la competencia entre los participantes de cada equipo de trabajo y aumentar su compromiso y pensamiento crítico, se puede establecer un monto de inversión disponible y limitado para uso exclusivo en la implementación de las técnicas de mejora.

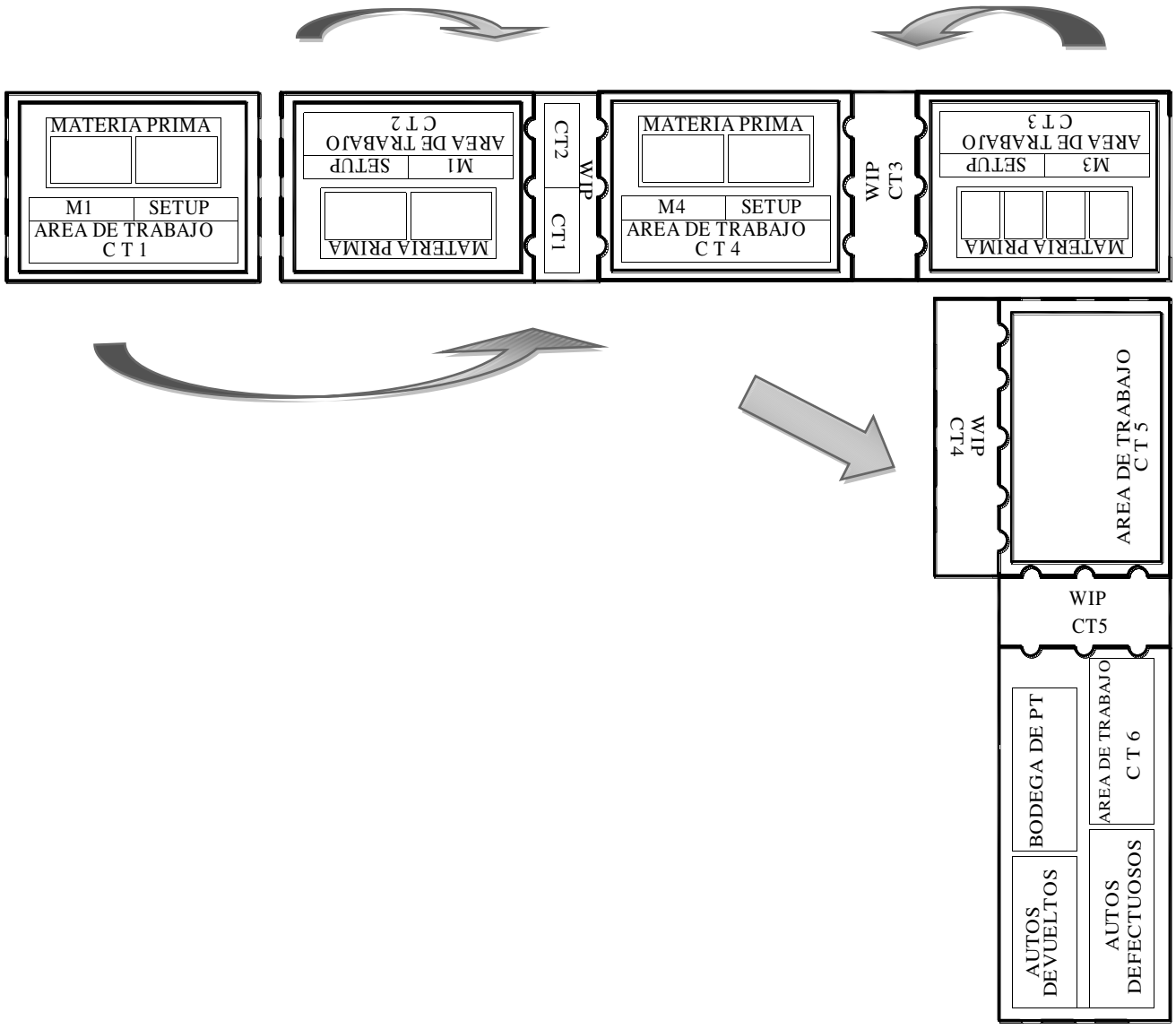
- Se recomienda que la simulación se efectúe con una duración de 8 minutos, debido a que el proyecto fue diseñado y probado para este lapso de tiempo. Sin embargo se pueden realizar simulaciones de mayor tiempo, adquiriendo un mayor número de legos.

- Queda como recomendación, para quién le interese profundizar sobre el tema, el identificar la mejor combinación en la aplicación de las técnicas de mejora, verificando los resultados con los mismos sistemas de control diseñados.
- Es necesario intercambiar entre los diferentes grupos (líneas de ensamble) a los participantes que realizan el papel de cliente con la finalidad de que se detecte cualquier anomalía en el desarrollo de la simulación y genere una competencia más estricta. Además se puede ubicar personas externas que controlen que no existan alteraciones en el funcionamiento normal de la simulación.
- No es recomendable hacer modificaciones en la página de decisiones ni en las hojas de ingreso de datos de las corridas (aumentar o eliminar filas, columnas o celdas) del software de Sistema de Control, salvo ingreso de datos en lo referente a costos del producto.
- Para que el sistema refleje, mejor aún, al horno como cuello de botella, se puede ampliar la capacidad del horno en estado inicial a 9 partes con el mismo tiempo (10 segundos). El horno con nueva tecnología se puede definir con un tiempo de 9 segundos para facilitar su operación.

APENDICE

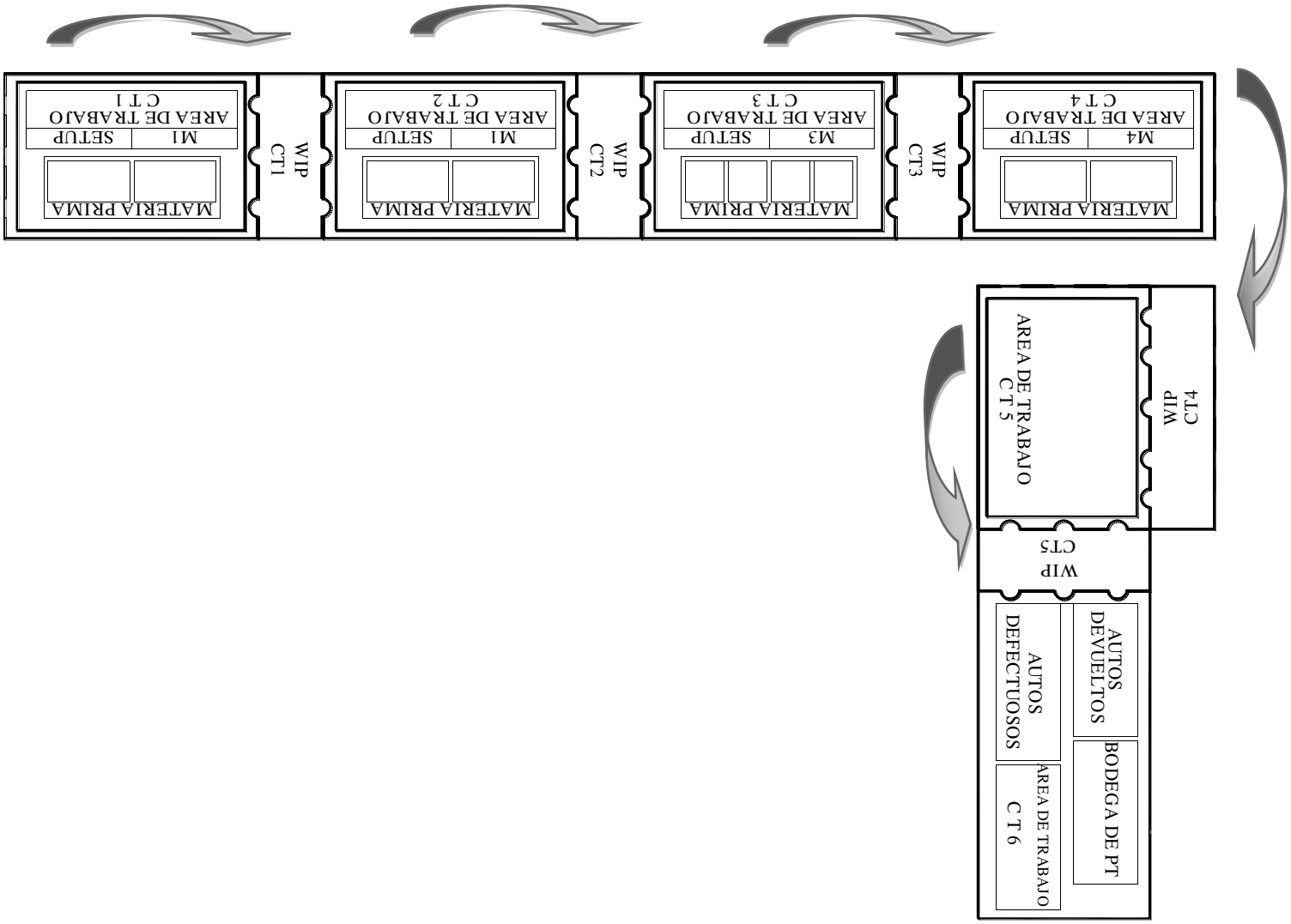
APÉNDICE A

SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN ESTADO INICIAL



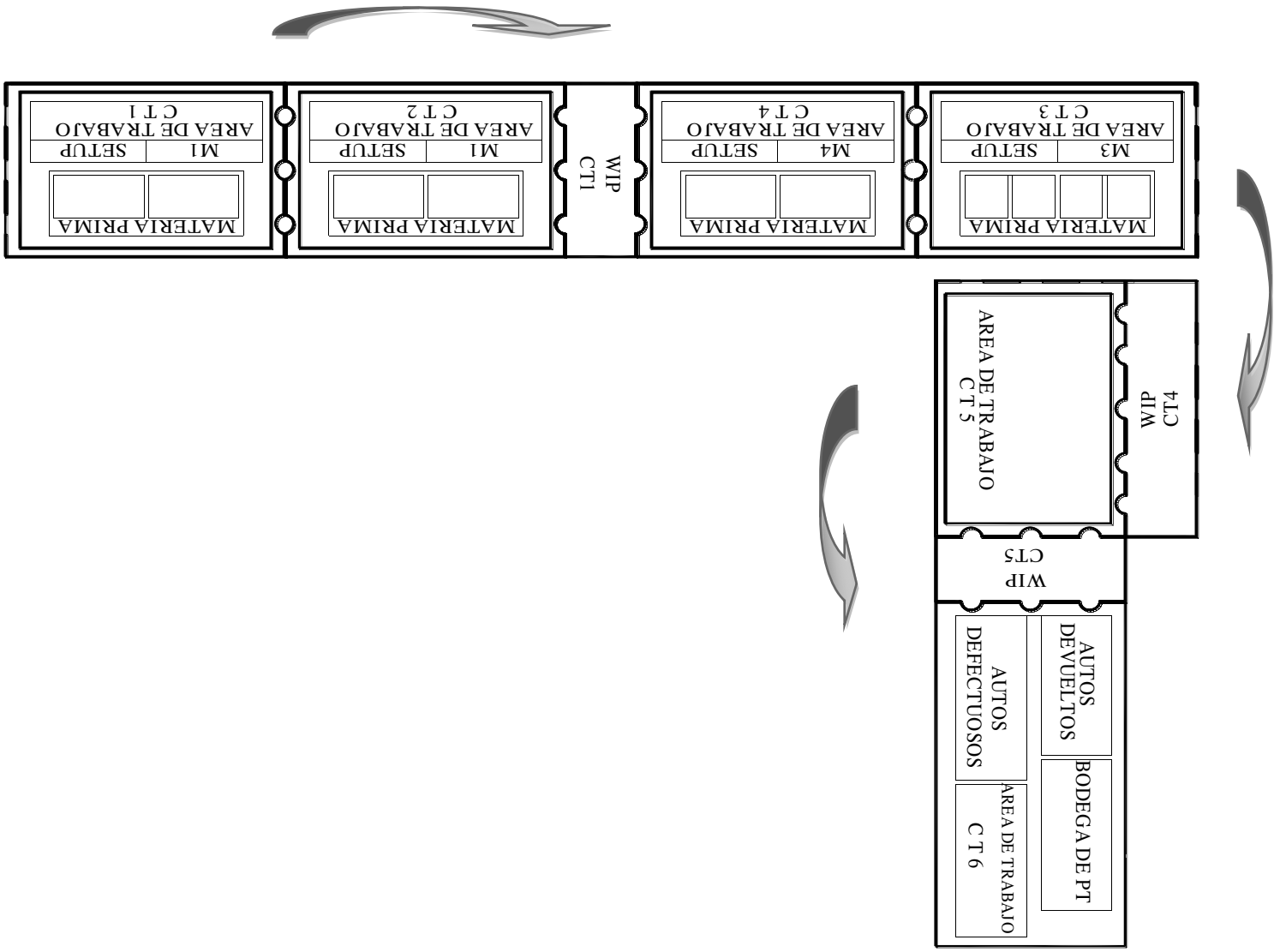
APÉNDICE B

SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LÍNEA



APÉNDICE C

SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON CELDAS DE MANUFACTURA



BIBLIOGRAFIA

- Chase-Jacobs-Aquilano (2005). Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva. Mcgraw-Hill Interamericana.
- HOPP, W. J.-S. (1994). Factory Physics: Foundation of Manufacturing Management (Tercera ed.). Mcgraw-Hill.
- Roger G. Schroeder (2006). ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Mc Graw-Hill.
- Nereo Parro Emagister. Aplicaciòn de Kanban. Sitema de producción pull. Recuperado 28 de Octubre del 2009. http://cursos-gratis.emagister.com.mx/frame.cfm?id_centro=2742207003314950525652674852454 8&id_curso=52464020050255675265707052664565&id_segmento=6&id_categ=425&id_busqueda=727509.
- Dr. Kleber Barcia (2009). Manual de Producción Esbelta. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción