ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Mejoramiento Continuo de un Proceso de Ensamble de Circuitos Electrónicos Mediante la Utilización de las Técnicas de Producción Esbelta"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Luis Alberto Hernández Andrade

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Dr. Kléber Barcia V., Director de esta Tesis, por su invaluable ayuda.

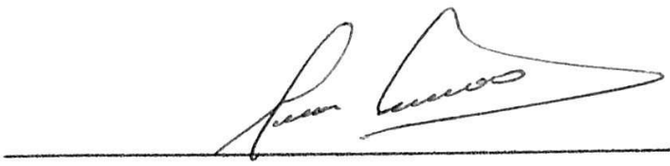
DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO

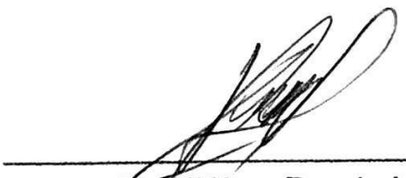
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

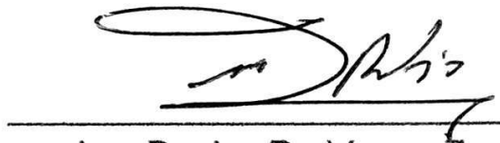
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Omar Serrano V.
DELEGADO DEL DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Dr. Kléber Barcia V.
DIRECTOR DE TESIS

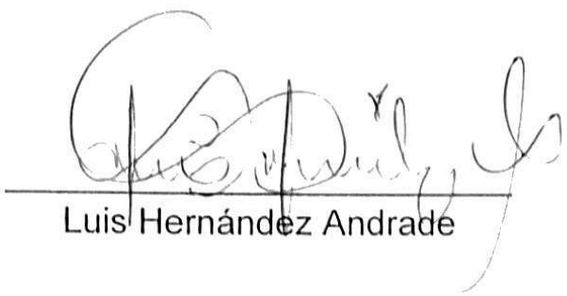


Ing. Denise Rodríguez Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Luis Hernández Andrade

ÍNDICE GENERAL

Pág.

INDICE GENERAL……..I

ABREVIATURAS……..III

INDICE DE FIGURAS……..IV

INDICE DE TABLAS……..V

INTRODUCCIÓN……1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES……3

1.1 Antecedentes…….. 3

1.2 Objetivos……...5

1.3 Metodología…… 6

1.4 Estructura de la Tesis……..10

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO……12

2.1 Producción Esbelta……..12

2.2 Desperdicios……..15

2.3 Cadena de Valor……...20

2.4 Balance de Líneas……24

2.5 Manufactura Celular……28

2.6 Cinco S – 5'S……33

2.7 Producción Pull y Push……37

CAPÍTULO 3
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL……40
3.1 Descripción General del Proceso……...40
3.2 Análisis del Proceso a Mejorar……...44
3.3 Toma de Datos……..52

CAPÍTULO 4
4. EJECUCIÓN EXPERIMENTAL……53
4.1 Análisis de Datos……..…53
4.2 Implementación de Mejoras……59
4.3 Medición de Indicadores……70
4.4 Mejora Continua……72

CAPÍTULO 5
5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS……99
5.1 Resultados e Indicadores……...99
5.2 Análisis Costo / Beneficio……106
5.3 Documentación……126

CAPÍTULO 6
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……127

ANEXOS
BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Flujo de la Metodología de la Tesis……6
Figura 2.1 Tiempo Total de Producción……..…16
Figura 2.2 Flujo de Materiales e Información……..20
Figura 2.3 Proceso con Valor Agregado y Valor no Agregado...……21
Figura 2.4 Línea de Producción Balanceada……..24
Figura 2.5 Celda de Manufactura……..29
Figura 4.1 Proceso Desbalanceado en la “Primera Corrida”……56
Figura 4.2 Mapa de Flujo de Valor Actual……60
Figura 4.3 Tarjetas Kanban Visuales……79
Figura 4.4 Mapa de Flujo de Valor en la “Cuarta Corrida”……...99
Figura 5.1 Diferencia entre P. Aprobados y P. Defectuosos……..102
Figura 5.2 Porcentaje de Productos Defectuosos……104
Figura 5.3 Cantidades de WIP al Final de Cada Corrida……...106
Figura 5.4 Punto de Equilibrio para la “Primera y Segunda Corrida”…....115
Figura 5.5 Punto de Equilibrio para la “Tercera Corrida”……115
Figura 5.6 Punto de Equilibrio para la “Cuarta Corrida”……116
Figura 5.7 Punto de Equilibrio en la mejora……..……..….126

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1	Línea a Balancear por el Método de Helgeson – Bernie	27
Tabla 2	Línea Balanceada por el Método de Helgeson – Bernie	28
Tabla 3	Costos Unitarios de Producción	48
Tabla 4	Precio de Venta por Unidad de Circuito Electrónico	48
Tabla 5	Tiempo de Ciclo, Cuellos de Botella y Privación del Proceso	54
Tabla 6	Técnicas a Implementar en el Proceso	65
Tabla 7	Indicadores de la “Primera Corrida”	71
Tabla 8	Indicadores de la “Segunda Corrida”	72
Tabla 9	Distancias y Número de Mesas en la “Segunda Corrida”	76
Tabla 10	Distancias y Número de Mesas para la “Tercera Corrida”	76
Tabla 11	Indicadores de la “Tercera Corrida”	81
Tabla 12	Takt Time Real del Proceso	86
Tabla 13	Datos a Utilizar para Balancear el Proceso	90
Tabla 14	Datos del Proceso Balanceado	91
Tabla 15	Indicadores de la “Cuarta Corrida”	95
Tabla 16	Resumen de los Indicadores Medidos en las Corridas	101
Tabla 17	Costos Unitarios de Producción	109
Tabla 18	Precios de Venta	110
Tabla 19	Datos para el cálculo del Punto de Equilibrio	111
Tabla 20	Punto de Equilibrio para cada corrida	114
Tabla 21	Detalle de la Producción	116
Tabla 22	Detalle de los Productos	117
Tabla 23	Ventas Realizadas	119
Tabla 24	Costos Totales de Producción	120
Tabla 25	Utilidades de la Empresa	124

ABREVIATURAS

WIP	Work In Process (Trabajo en Proceso)
TC	Tiempo de Ciclo
R_V	Representante de ventas
P_P	Programador de Producción
E_R	Ensamblador de Resortes
E_RS	Ensamblador de Resistores
E_D	Ensamblador de Diodos
E_L	Ensamblador de Leds
A_I	Área de Inspección
A_R	Área de Reconstrucción
B_F	Bodega Final
E_T	Estación de Transporte
AYU	Ayudante
seg	Segundos
uni	Unidades

INTRODUCCIÓN

Mejorar los procesos productivos es uno de los objetivos principales a los que se enfocan las empresas manufactureras, las cuales compiten en un mercado globalizado que exige cada vez mejor calidad y a menor costo. De esto, uno de los procesos que más complejidad presenta al momento de querer optimizarlo es el proceso de ensamble, del cual depende toda la vida útil del producto final; donde cada estación de trabajo realiza una tarea sobre una pieza preensamblada, la cual dependerá de cada una de las actividades que se le realicen a lo largo de la línea de ensamble.

Es de aquí el objetivo principal de esta tesis, en la cual se aplicarán técnicas de Producción Esbelta con el propósito de optimizar el proceso de ensamble de circuitos electrónicos que se producen en muchas de las empresas dedicadas a esta actividad dentro del país.

La metodología a aplicar consiste en elaborar un plan de mejora e innovación continua para el proceso que se ha determinado, partiendo de datos reales obtenidos después de realizar simulaciones en vivo del proceso con la participación de personas como operarios del mismo.

Una vez medidos los datos obtenidos se los analizará y se propondrán mejoras, se las implementará y se simulará el nuevo proceso, esto se lo realizará hasta lograr eliminar o al menos reducir los costos de producción y maximizar las utilidades de la empresa.

Con la aplicación de estas técnicas se logrará producir mas con menos recursos, optimizando la mano de obra en lo mayormente posible y reduciendo el tiempo de ciclo de cada estación de trabajo necesario para producir una unidad de producto terminado.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.-

1.1 Antecedentes

En los últimos años las empresas han visto como a nivel mundial ha proliferado la competencia; la mentalidad competitiva es hoy en día, un requisito indispensable para que toda organización económica logre la supervivencia, crecimiento y utilidades.

Es por esto que las empresas ecuatorianas se ven en la necesidad de ser cada día más competitivas, y tratan de lograr la mejora continua de sus productos y procesos a través de la generación de métodos de aprendizaje y la acumulación de conocimientos tecnológicos en cada uno de sus procesos.

La operación de ensamble es una de las operaciones más importantes en los procesos productivos, dado que las actividades relacionadas con el ensamble existen a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, comenzando en el diseño conceptual con la consideración de la facilidad de ensamble y continuando en el diseño de detalle con su evaluación.

En la etapa de producción es necesario realizar la planeación de los procesos de ensamble y al final de la vida del producto, hay que considerar el desensamble y el reciclaje. Es por esto que las empresas enfocan sus objetivos en tratar de mejorar sus procesos de ensamble, para de esta manera reducir sus costos por desperdicio de materia prima, tomando en cuenta el tiempo y la actividad que todo operador dedica a cada orden de trabajo asociada a un proceso de ensamble de componentes y subcomponentes.

Los procesos de ensamble presentan problemas de tiempos de ciclo, grandes cantidades de material en proceso, bloqueos, privaciones, etc. Por lo que es necesario implementar técnicas de mejora, que permitan incrementar la productividad de estas líneas de ensamble.

1.2 Objetivos

Objetivo General

- ⇨ Identificar y desarrollar el proceso de una línea de ensamble que permita la visualización y la aplicación de técnicas de mejoramiento continuo, con el propósito de aumentar la productividad del mismo

Objetivos específicos

- ⇨ Desarrollar el proceso de una línea de ensamble que pueda ser usado como un sistema didáctico de capacitación a empresas
- ⇨ Determinar y mejorar los puntos críticos en el proceso de ensamble en base a corridas (simulaciones) en vivo, utilizando técnicas de Producción Esbelta

1.3 Metodología

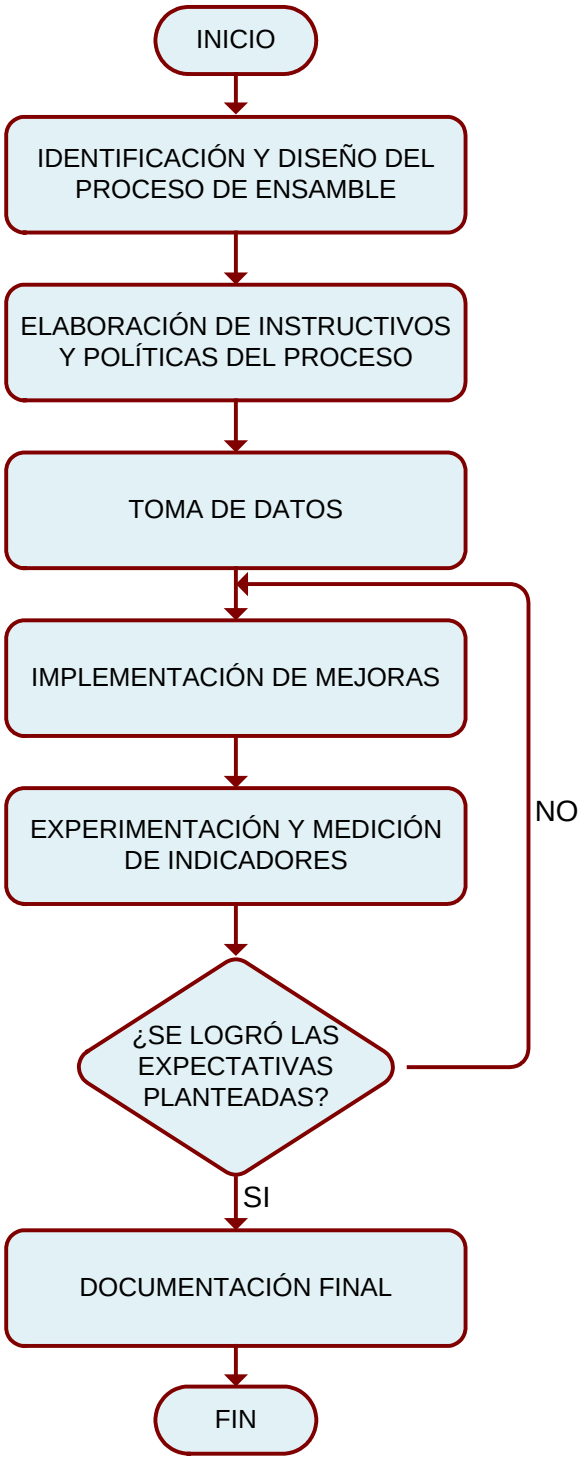


FIGURA 1.1 FLUJO DE LA METODOLOGÍA DE LA TESIS

Paso 1

Identificación y diseño del proceso de ensamble

En este primer paso se identifica el proceso y se recopila información concerniente a este, la cual ayude al diseño más óptimo de un proceso de ensamble.

Paso 2

Elaboración de instructivos y políticas del proceso

El diseño de los instructivos comienza al identificar los mismos a través del proceso, una vez realizado esto, se procede a elaborarlos y, de igual manera se continúa con las políticas que regirán el proceso, estas serán diseñadas de acuerdo a los requerimientos y limitaciones del mismo.

Paso 3

Toma de datos

Una vez realizados los dos pasos anteriores se procede a realizar la “Primera Corrida”, la cual consiste en correr el proceso de ensamble que se diseño. Se realizará la toma de datos (toma de tiempos, determinación de WIP, etc.). Terminada la simulación se

recolectarán los resultados y se realizará una evaluación de los mismos, en base a pronósticos de producción estimados, todo esto con el propósito de determinar índices de producción del proceso.

Paso 4

Implementación de mejoras

Se reconocerán los puntos críticos del proceso (cuellos de botellas, privaciones, porcentaje de utilidad, etc.) que se dieron a entrever durante la simulación y se los analizará en base al sistema de Producción Esbelta (Lean), para de esta manera proponer mejoras de producción. Una vez aplicadas las técnicas de mejoramiento y determinados los puntos relativos de comparación, se procederá a mejorar, eliminar o incrementar políticas en el proceso, determinadas de acuerdo a las condiciones que impliquen la mejora.

Paso 5

Experimentación y medición de indicadores

Una vez realizado el cuarto paso (Implementación de mejoras) se realiza la experimentación, la cual consiste en correr de nuevo el proceso, pero con las mejoras ya implementadas, en esta experimentación también se realiza la toma de datos. Terminada la

experimentación los resultados son recolectados y evaluados, comparando estos resultados con los resultados generados en la anterior simulación.

Paso 6

¿Se logró las expectativas planteadas?

Luego de comparar los indicadores y los resultados obtenidos al implementar la mejora, se determina si esta mejora logró las expectativas planteadas, de ser así se procede a realizar la documentación final, caso contrario se vuelve a proponer mejoras y a implementarlas, a la espera de lograr las expectativas planteadas.

Paso 7

Documentación final

La documentación final consiste en establecer y elaborar los documentos del proceso de la línea de ensamble, los cuales serán determinados en base a los resultados que genere la mejora implementada, y aquellos resultados que logren las expectativas propuestas.

1.4 Estructura de la Tesis

Esta tesis se desarrolla en 6 capítulos, los cuales se detallan a continuación:

Capítulo – 1

Generalidades

Se explica la situación actual en las empresas y la dirección de esta tesis, los objetivos que se persiguen, la metodología a implementar y la estructura de la misma.

Capítulo – 2

Marco Teórico

Se muestra las bases y fundamentos teóricos de Producción Esbelta, conjuntamente con sus filosofías.

Capítulo – 3

Análisis de la situación actual

Se determina la situación actual y se analiza los antecedentes generales, para determinar falencias en el sistema actual y poder generar propuestas.

Capítulo – 4

Ejecución Experimental

En este capítulo se ejecutan los pasos 4, 5 y 6 de la metodología.

Capítulo – 5

Obtención de Resultados

Aquí se comparan y analizan los indicadores de medición, y se desarrolla la documentación de soporte, la cual consiste en establecer y elaborar los documentos del proceso de la línea de ensamble.

Capítulo – 6

Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente se determinan las conclusiones de los resultados, y se recomiendan acciones para posteriores estudios.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEORICO.-

2.1 Producción Esbelta

En el ocaso del siglo XX, se ha vuelto común hablar sobre las diversas esferas de la economía, especialmente la que genera la presencia de la Producción Esbelta, constituido en una especie de paradigma productivo, la Producción Esbelta ha dado jirones completos en la cultura del trabajo y ha establecido nuevos parámetros para la evaluación del desempeño laboral cotidiano, la mayor parte de ellos indexados a las nuevas percepciones patronales acerca de la productividad del trabajo.

La Producción Esbelta es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los siete desperdicios (defectos, espera, movimientos, inventarios, transportación, re-trabajo y mano de obra poco utilizada) en productos manufacturados. Con el propósito de eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto o servicio, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Al eliminar estos desperdicios, la calidad mejora, y el tiempo de producción y el coste se reducen [1].

Las herramientas Lean son una evolución de las técnicas de eliminación de desperdicios y racionalización de procesos que están fundados en los conceptos de Justo a tiempo (Just in time), 5'S, TOC y Fábrica Visual, sus aplicaciones datan desde los principios de 1950, además estas herramientas también incluyen procesos continuos de análisis (Kaizen), Producción Pull (Kanban) y procesos a prueba de fallos (Poka Yoke).

La Producción Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda, entre otros [2].

El sistema de Producción o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de producción, basada en:

- La eliminación de todo tipo de desperdicio
- El respeto por el trabajador
- La mejora consistente de productividad y calidad

Objetivos de la Producción Esbelta

Los principales objetivos de la Producción Esbelta son implementar una filosofía de Mejora Continua en las compañías, reducir costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. También proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige cada día una mejor calidad, una entrega más rápida de los productos a bajos precios y en la cantidad requerida.

Específicamente, la Producción Esbelta:

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

La implementación de las técnicas de Producción Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados.

Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de alrededor del 50% en costos de producción
- Reducción del tiempo de entrega
- Mejor calidad
- Menos mano de obra
- Mayor eficiencia de equipo
- Disminución de los siete desperdicios

2.2 Desperdícios

Como sabemos, la Producción Esbelta se basa en un enfoque sistemático para encontrar y eliminar desperdicios (actividades con valor no agregado) a través del mejoramiento continuo, produciendo un flujo de acuerdo al requerimiento del cliente en busca de la perfección. Es por esto que uno de los principales objetivos de aplicar las técnicas de Producción Esbelta es identificar y eliminar toda clase de desperdicios, los cuales son los principales factores que generan improductividad, altos costos, largos ciclos de producción, costosas y largas esperas, desaprovechamiento de

recursos y defectos de calidad, todo lo cual origina la pérdida de participación en el mercado, con caída en la rentabilidad y en los niveles de satisfacción de los consumidores.

Para poder continuar, primero definiremos que es valor agregado y valor no agregado [1].

Valor agregado.- Es cualquier actividad que mejora la forma o función de un producto o servicio.

Valor no agregado.- Cualquier actividad que no incrementa la forma o función, o bien es innecesaria.

Por lo tanto, basándonos en la definición, estas actividades - valor no agregado - son las que deben ser eliminadas, simplificadas o reducidas del proceso. Es por esto que es muy común observar que en todas las empresas que manufacturan sus productos bajo estas políticas de desorden operacional, el 95% del Tiempo Total de producción es valor no agregado.

FIGURA 2.1 TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN

Producción Esbelta define siete desperdicios que son:

1. Defectos

Las fallas en la calidad del producto o servicio originan re-trabajos, rechazos y pérdidas de materia prima, una de las causas de este desperdicio se da por una mala capacitación y entrenamientos inadecuados al personal, y por instrucciones de trabajo mal especificadas.

2. Espera

Este desperdicio es causado principalmente por la baja confiabilidad y/o disponibilidad del equipo, falta de partes o materiales y una programación deficiente.

La demora en espera también puede ser ocasionada por cargas de trabajo desbalanceadas, procesos de montaje extenso, tiempos en que una pieza debe esperar a otra para continuar su procesamiento, tiempo de espera de ordenes y tiempos de espera de materias primas e insumos.

3. Movimientos

Este desperdicio es causado por movimientos físicos que el personal realiza en exceso debido entre otros motivos a una falta de

planificación en materia ergonómica. Ello no sólo motiva una menor producción por unidad de tiempo, sino que además provoca cansancio o fatigas musculares que originan bajos niveles de producción.

Una estación de trabajo mal diseñada es causa de que el personal malgaste energía en movimientos innecesarios, provocando por ende altos costos de producción con niveles de productividad menores que los esperados.

4. Inventarios

Este desperdicio se ve reflejado en un exceso de inventario acumulado entre estaciones de trabajo, causado por partes que esperan ser procesadas, o demasiados productos terminados por lotes grandes.

Una de las causas de este desperdicio es el mal diseño o la complejidad del producto, una programación no uniforme y por cargas de trabajo desbalanceadas.

5. Transportación

El exceso de transportación de materiales es un desperdicio que agrega costo y riesgo a la operación, y este es causado por un mal

diseño de planta y un sistema ineficiente de manejo de materiales. Ocasionando gastos por exceso de manipulación, lo cual lleva a una sobre utilización de mano de obra, transportes y energías, así también de espacios para los traslados internos.

6. Re - trabajo

El re – trabajo se genera cuando un producto defectuoso debe ser reparado para poder clasificarlo como un producto bueno. Este desperdicio es ocasionado directamente por los productos defectuosos que son generados por malos procedimientos de operación.

Cualquiera sea el motivo, lo cual en las fábricas tradicionales suelen ser la suma de todos estos factores, el coste total para la empresa es superior a los costes que en principio logran reducirse en el sector de operaciones.

7. Mano de Obra poco Utilizada

Este desperdicio se da por no utilizar en buena manera las habilidades del personal de planta, siendo estas destrezas mentales, creativas y físicas.

Las causas de este desperdicio son generadas por ideales antiguos de producción, políticas y culturas ineficientes. Que a la vez de desperdiciar tiempo también desperdician ideas del personal de planta, que podrían hacer mejoras al proceso, áreas de trabajo e incluso un mejor producto.

2.3 Cadena de Valor

La Cadena de Valor o el Value Stream Mapping es una herramienta de visualización, que ayuda a entender y a aerodinamizar procesos usando herramientas que permitan determinar todas las acciones necesarias dentro del proceso - tanto las acciones que agregan valor, como las que no lo hacen - que se requieren para llevar un producto a través de los canales esenciales para poder hacer que el producto fluya desde la materia prima hasta las manos del cliente, y generar cuidadosamente una representación visual de cada proceso en el flujo de material e información [3].

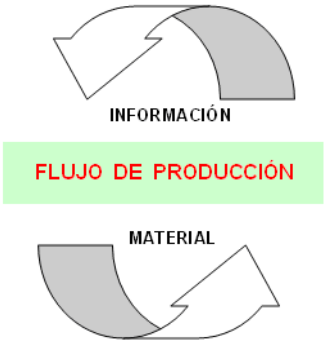


FIGURA 2.2 FLUJO DE MATERIALES E INFORMACIÓN

El objetivo de la cadena de valor es identificar las actividades que se realizan en una empresa, las cuales se encuentran inmersas dentro de un sistema denominado sistema de valor, que está conformado por la cadena de valor de los proveedores, cadena de valor de los canales de distribución, cadena de valor de los clientes y cadena de valor de otras unidades del negocio.

La cadena de valor es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial, mediante la cual descomponemos una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades que generan valor al producto o servicio, y eliminando o al menos reduciendo aquellas que no lo agregan.

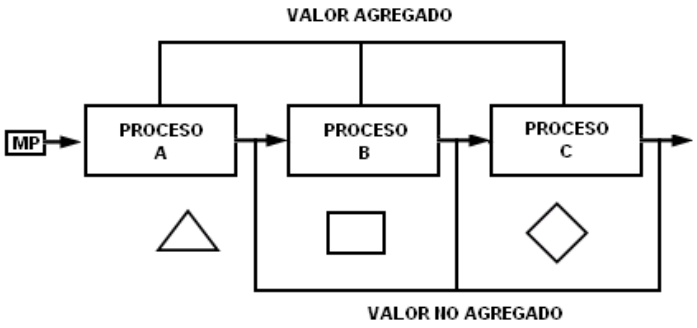


FIGURA 2.3 PROCESO CON VALOR AGREGADO Y VALOR NO AGREGADO

Esta ventaja competitiva se logra cuando la empresa desarrolla e integra las actividades de su cadena de valor de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales. Por consiguiente, la

cadena de valor de una empresa está conformada por todas sus actividades generadoras de valor agregado y por los márgenes que éstas aportan.

El uso de la Herramienta Cartográfica

La cartografía de la cadena de valor puede ser una herramienta de comunicación, de planificación comercial y también una herramienta para gestionar su proceso de cambio. Para poder crear la cartografía de la cadena de valor es necesario seguir cuatro pasos, los cuales se detallan a continuación [4].

Paso 1.- Familia de Productos

El primer paso consiste en determinar una familia de productos, la cual en muchas ocasiones es difícil de identificar, para esto se mostrará la mejor manera para determinarla.

Los clientes de una empresa tienen interés en ciertos productos especiales, no en todos los que esta fabrica, por eso no se debe dibujar mapas de todo lo que pasa a través de los procesos productivos, a menos que se tenga una planta pequeña de un solo producto.

Para determinar la familia de productos parta del extremo del cliente en la cadena de valor, una familia es un grupo de productos que pasan a través de etapas similares durante la transformación y a través de equipos comunes en los procesos.

Para identificar la familia de productos, determine cuantas piezas numeradas terminadas diferentes hay en una familia, qué cantidad le suele pedir el cliente, y con qué frecuencia lo hace. De esta manera podrá determinar las diferentes familias de productos que existen en los procesos.

Paso 2.- Mapa del Estado Actual

El siguiente paso es dibujar el mapa del estado actual de la cadena de valor, esto se lo hace recopilando la información que se obtuvo de determinar la familia de productos, y en base a esto generar una visualización gráfica de todos los procesos en el mapa.

Paso 3.- Mapa del Estado Futuro

La correcta graficación del estado actual aporta información necesaria para dibujar la situación futura, esto se debe a que los desarrollos de ambos estados son esfuerzos que se superponen, es decir a medida que se traza el estado actual van surgiendo ideas

sobre el estado futuro. En otras palabras, el estado futuro se grafica aportando soluciones en base al estado actual.

Paso 4.- Plan de Trabajo y Ejecución

El último paso es preparar y comenzar a usar activamente un plan de ejecución, que describa de forma clara y concisa la manera en la que se va a lograr ejecutar en la empresa lo que se dibujo en el mapa del estado futuro. A medida que el estado futuro se va ejecutando se puede dibujar un nuevo mapa, donde se grafiquen situaciones futuras de mejoras, esto significa mejoramiento continuo a nivel de la cadena de valor [4].

2.4 Balance de Líneas

El balance de líneas de producción es un factor crítico para la productividad de una empresa, a la vez, la palabra balance en sí ya nos da una idea de la situación a tratar. Se dice que una línea de producción está balanceada cuando cada una de las operaciones del proceso tiene la misma capacidad de producción.

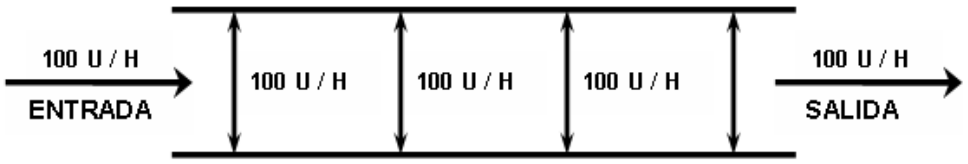


FIGURA 2.4 LÍNEA DE PRODUCCIÓN BALANCEADA

Como se puede apreciar en el esquema, este se asemeja a una tubería con un caudal de entrada y uno igual de salida. Esto nos dice que en cada operación del proceso debe existir la misma capacidad de procesamiento para lograr el balance en la línea de producción.

El balance de líneas de producción esta básicamente subdividido en dos tipos de balance [5]:

- Balance del diseño
- Balance real

El balance del diseño es aquel que se obtiene al calcular el número de máquinas y/o operarios que se requieren para las diferentes operaciones del proceso, tomando la eficiencia al 100% como base o tomando una eficiencia máxima normal viable, que podría ser el 80% de acuerdo a cada proceso.

Por otro lado, el balance real resulta de la puesta en marcha del balance del diseño, y es en el que se presentan problemas tales como: falla de la maquinaria, ausentismo del personal, baja eficiencia en las operaciones, materiales de mala calidad y fallas de programación [5].

Estos problemas ocasionan cuellos de botella en el proceso y afectan la producción esperada, es por esto que se debe organizar

de la mejor manera para darle respuesta rápida a una falla de la maquinaria, esta debe ir acompañada con un programa de mantenimiento programado que trate de minimizar las fallas accidentales o imprevistas en la máquina. Otra causa es la ausencia elevada de personal que implica desmotivación del mismo, lo cual debería llevar a un análisis de las causas de desmotivación y aplicar una política de personal atractiva, y no sólo aplicar medidas de presión o castigo.

Método de Helgeson – Birnie

El balance de una línea de producción puede realizárselo utilizando diferentes métodos, para el desarrollo de esta tesis se utilizará el método de Helgeson – Birnie.

El método de Helgeson – Birnie consiste en estimar el peso posicional de cada tarea - actividad - que se realiza durante el proceso, a la vez que consiste en determinar el tiempo que toma realizar cada tarea. A partir de la segunda tarea cada una de las siguientes tiene una tarea precedente, es decir, a la tarea – 2 la precede la tarea – 1, a la tarea – 3 la precede la tarea - 2, a la tarea – 4 la precede la tarea – 3, etcétera [6].

A continuación, en la tabla 1 se muestra un ejemplo de aplicación del método.

TABLA 1
LÍNEA A BALANCEAR POR EL MÉTODO DE HELGESON - BIRNIE

Tarea	1	2	4	3	5	6	7	8	9
Takt Time - minutos	5	3	8	6	10	7	1	5	3
Peso posicional	45	37	34	25	19	16	9	5	3
Precedente inmediato			1.2	1	3.4	4	5.6		

Las tareas son asignadas a las nuevas estaciones de acuerdo al peso posicional en orden descendente, considerando el tiempo de ejecución de cada tarea y cuidando de no violar las precedencias de cada una. De esta manera, continuando con el ejemplo la línea quedará balanceada de la siguiente manera.

Estación -1

Se formará de las tareas 1, 2 y 4 con pesos de 45, 37 y 34 respectivamente. Por lo que el tiempo total - suma del tiempo de cada tarea - es de 16 y no se han violado las precedencias.

Estación - 2

La siguiente asignación corresponderá a las tareas 3 y 5 con pesos de 25 y 19 respectivamente, donde el tiempo total en la segunda estación es de 16.

Estación - 3

La última asignación incluye las tareas 6, 7, 8 y 9, con pesos de 16, 9, 5 y 3 respectivamente, con un tiempo total en la tercera estación de 16.

TABLA 2
LÍNEA BALANCEADA POR EL MÉTODO DE HELGESON - BIRNIE

Tarea	1	2	4	3	5	6	7	8	9
Takt Time - minutos	5	3	8	6	10	7	1	5	3
Peso posicional	45	37	34	25	19	16	9	5	3
Precedente inmediato			1.2	1	3.4	4	5.6		

ESTACIONES	1	2	3
TIEMPO - minutos	16	16	16

2.5 Manufactura Celular

La manufactura celular es un enfoque de producción y una tendencia en el diseño de plantas en el que se identifica y agrupan piezas en familias para aprovechar sus similitudes en el diseño y en la producción.

Existen diversas tendencias para la formación de las células de manufactura, para esto se puede distinguir entre las orientadas al diseño, que se basan en la similitud de características del diseño de las partes, y las orientadas a la producción, que se basan en la búsqueda de procesos parecidos para el mismo producto [7].

Para desarrollar un sistema de manufactura celular, se determinan familias de componentes o productos que tienen características

similares y para cada familia se diseña un taller - llamado célula - que, por lo general, está formado por máquinas o equipos diferentes, requeridos para manufacturar el grupo o familia de componentes.

La manufactura celular es también conocida como *tecnología de grupo* y se instrumenta mediante técnicas manuales automatizadas, y cuando se usa automatización por lo general se usa el término sistema flexible de manufactura [8].

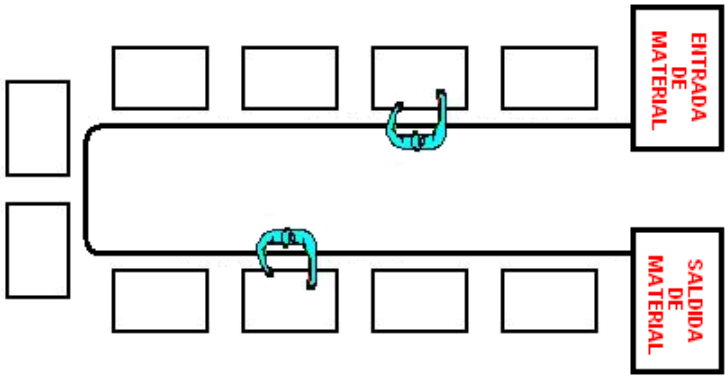


FIGURA 2.5 CELDA DE MANUFACTURA

Este diseño manufacturero modifica la antigua idea de taller en función de máquinas o equipos del mismo tipo (por ejemplo, taller de corte, taller de pintura, etc.), ya que una célula está diseñada en función del producto, y puede tener diferentes maquinarias o equipos para realizar diferentes procesos.

La manufactura celular es un enfoque para la producción de partes en cantidades medias, las partes y los productos en este rango de cantidades por lo general se lo hace en lotes, y la producción en

lotes presenta desventajas por altos tiempos de detección para cambios y altos costos de realización de inventarios.

La manufactura celular minimiza estas desventajas reconociendo que aunque las partes son distintas, poseen similitudes y las explota utilizando procesos y habilitación de herramientas similares para producirlas.

La principal ventaja de la manufactura celular es que se reducen ampliamente los tiempos de apertura del proceso - setup -, ya que en un mismo taller no se realizan tareas diferentes. El operario de una célula, asimismo, debe ser capaz de realizar tareas diferentes debido a que hay equipos diferentes, por lo que se requieren operarios mejor calificados, quienes a su vez realizarán un trabajo menos monótono y más reconfortante.

Beneficios de la Manufactura Celular

La manufactura celular aporta beneficios sustanciales a las compañías si estas tienen la disciplina y perseverancia para instrumentarla.

Los beneficios potenciales son [9]:

- Reduce el tiempo de producción

- Reduce el trabajo en proceso
- Simplifica la planeación de los procesos
- Reduce el manejo de material debido a que las partes se mueven dentro de una celda de maquinado y no dentro de toda la fabrica
- Calendarios de producción mas sencillos
- Mejora la satisfacción de los trabajadores cuando laboran en una celda de tecnología de grupo
- Mejora la calidad en trabajo
- Simplifica el control de la producción

Desventajas de la Manufactura Celular

Existen problemas para llevar a cabo la manufactura celular, a continuación los siguientes [9]:

- Reordenamiento de las máquinas para producción en la planta en las celdas de maquinado convenientes
- Requiere tiempo para planear y realizar este reordenamiento; las maquinas dejan de producir durante el cambio
- El mayor problema para iniciar la tecnología de grupo es identificar las familias de partes
- Difícil balanceo en el trabajo y la utilización de la máquina

- Difícil encontrar el personal adecuado para la supervisión

Pasos para el Diseño de Células

El diseño de celdas de manufacturas se refiere a diseñar o en algunos casos a rediseñar la ubicación de las máquinas del proceso, para esto se proporcionara cinco pasos a seguir.

Paso 1.- Familia de Productos

El primer paso es identificar una familia productos, la manera como obtenerla se la explicó en los pasos de la Herramienta Cartográfica.

Paso 2.- Tiempo Takt

El Takt Time es la razón a la cual las partes de un producto deben ser manufacturadas para cumplir con una orden del cliente.

Takt Time = Tiempo Total de Producción / Producción Total

Paso 3.- Secuencia de Trabajo

El objetivo de este paso es determinar la secuencia en las actividades de producción que cada trabajador realiza, identificando los elementos de valor agregado y minimizando los elementos de valor no agregado. Esto acorde con la determinación de la

capacidad del cada equipo, tiempo de ciclo y tiempos de ajuste de máquinas.

Paso 4.- Proceso Balanceado

Este paso consiste en balancear la línea que se desea construir en célula, esto sirve para determinar la cantidad de personal y el tiempo de cada actividad en cada estación multifuncional de trabajo.

Paso 5.- Diseño y Manufactura de Células

Metas del Diseño: Diseñar una planta flexible con el mejor tamaño de lote, almacenaje en punto de uso y fábrica visual.

Simplificar el flujo: Integrar las operaciones del proceso y flujo de materiales en una dirección.

Minimizar el manejo de materiales: Concentrar movimientos con valor agregado y establecer un procedimiento de reposición de material.

2.6 Cinco S - 5'S

El concepto de las 5'S se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, trata de imprimirle mayor calidad de vida al trabajo. Las 5'S

provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una cultura japonesa ajena a nosotros [10].

El sistema 5'S contempla todos los aspectos básicos necesarios para crear un ambiente de calidad; además de constituir uno de los principales antecedentes para establecer otros sistemas como las normas ISO y de Calidad Total.

Este sistema fue desarrollado con el nombre de 5'S y son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen la metodología:

Seiri – Clasificar

Consiste en diferenciar los materiales necesarios de los innecesarios y en eliminar éstos últimos.

Seiton – Organizar

Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

Seiso – Limpiar

Consiste en eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentren siempre con una perfecta limpieza.

Seiketsu – Estandarizar

Consiste en distinguir una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

Shitsuke – Mantener

El sostenimiento consiste en construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5'S mediante el establecimiento de estándares.

Objetivo de las 5'S

El objetivo del sistema de calidad 5'S consiste en optimizar los recursos, tanto humanos como físicos existentes en la empresa, tratando de mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el sitio de trabajo. Este sistema trata de mejorar las condiciones de seguridad en el trabajo, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia de este y, en consecuencia la calidad, la productividad y la competitividad de la organización. En

concreto, todos los conceptos abarcan el universo físico, el medio ambiente y el espíritu del individuo.

Beneficios de las 5'S

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar desperdicios y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son [11]:

- Aumenta la vida útil de los equipos
- Genera tiempos de respuesta más cortos
- Reduce al mínimo la producción con defectos
- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina
- Reduce movimiento innecesario
- Hace visibles los problemas de calidad
- Reduce los accidentes y mejora la eficiencia en el trabajo
- Reduce los costos de operación

Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza, perderemos la eficiencia, bajamos la productividad y se generan muchos productos defectuosos.

Pero el implementar el sistema 5’S permite que se identifiquen visualmente y se solucionen los problemas relacionados con escasez de materiales, líneas desbalanceadas, averías en las máquinas y demoras en las entregas.

2.7 Producción Pull y Push

En la actualidad, la necesidad de producir eficientemente sin causar trastornos ni retrasos en la entrega de un producto determinado es un factor de suma importancia para las empresas que desean permanecer activas en un mercado como el actual, que exige respuestas rápidas y cumplimientos en calidad, cantidad y tiempos de entrega.

El sistema de Producción Pull es un sistema donde cada operación toma el material que necesita de la operación anterior y consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior [12].

Este sistema esta soportado por el Kanban, una metodología de origen japonés que significa tarjeta numerada, esta técnica sirve para cumplir los requerimientos de material en un patrón basado en las necesidades del producto terminado o embarques, que son los generadores de la tarjeta de kanban, y que es enviada directamente

a las estaciones para que procesen solamente la cantidad requerida en la tarjeta.

Así la necesidad de un inventario para el trabajo en proceso se ve reducida por el empalme ajustado de la etapa de producción, esta reducción ayuda a sacar a la luz cualquier pérdida de tiempo o de material, el uso de refacciones defectuosas y la operación indebida del equipo.

En el sistema de producción pull, las referencias de producción provienen del sucesor centro de trabajo, entonces el centro antecesor dispone de la cantidad exacta para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto; esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás, hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores.

Debido a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido. De acuerdo al sistema, a cada pieza le corresponde un contenedor vacío y una tarjeta, en la que se especifica la referencia (máquina, descripción de pieza, etc.) así como la cantidad de piezas que ha de esperar cada contenedor para ser llenado antes de ser trasladado a otra estación de trabajo.

Como regla, todos y cada uno de los contenedores deberán ir acompañados de su tarjeta kanban, cuando en el área de ensamble final se soliciten piezas para ser embarcadas al cliente, se les envía la solicitud de las mismas a las estaciones por medio de las tarjetas, para que inicien su operación de acuerdo con la cantidad especificada en éstas, de forma que al terminar de fabricarlas y de no haber más tarjetas nuevas), las estaciones dejen de producir y esperen hasta que una nueva tarjeta les llegue a sus urnas [13].

Beneficios del Sistema de Producción Pull:

- Reduce inventario, y por lo tanto, pone al descubierto problemas de producción
- Hace sólo lo necesario facilitando el control
- Minimiza el inventario en proceso
- Maximiza la velocidad de retroalimentación
- Minimiza el tiempo de entrega
- Reduce el espacio

Un aspecto fundamental a nivel operacional en los sistemas de producción es la obtención de la cantidad deseada de unidades a producir con la mínima cantidad de inventario en proceso.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.-

3.1 Descripción General del Proceso

El proceso que se va a estudiar en esta tesis es el ensamble manual de circuitos electrónicos. La lógica de este sistema de producción esta basado en los procesos de ensamble de computadoras que se realizan en algunas compañías dedicadas a la venta de estos productos a nivel local [14].

Una vez identificado el proceso de ensamble de circuitos electrónicos se diseño el diagrama del proceso, el cual se muestra en el Anexo – 1. La descripción de todo el proceso se lo detalla a continuación.

El proceso empieza cuando el cliente hace el pedido al Representante de ventas (R_V) y este elabora la Orden de trabajo llenando un formulario de Pedidos del Cliente con los datos necesarios para generar un lote de producción, el representante de ventas luego de llenar el formulario llama al Transportista y le entrega la Orden de trabajo para que éste se la lleve al Programador de Producción (P_P) el cual llenará la información necesaria en el formulario de Pedidos a la fábrica para cada uno de los pedidos de los clientes, además debe preparar los componentes necesarios para la producción de cada lote, estas partes las debe tomar de la bodega inicial. La cantidad de componentes necesaria para cada lote pedido la obtiene de la Tabla de materiales que se le ha proporcionado. Después de finalizado el paso anterior se coloca los componentes en un recipiente junto con la Orden de trabajo y se llama al Transportista para que traslade el recipiente a la estación de Ensamble de Resortes (E_R).

En esta estación se ensamblan todas las unidades con los resortes y se marca en el formulario de Pedidos a la fábrica en el casillero de ensamble de resortes, luego se los coloca en el recipiente junto con la Orden de trabajo y se llama al Transportista para que traslade el recipiente a la estación de Ensamble de Resistores (E_RS).

En esta estación se ensamblan todas las unidades con los resistores y se marca en el formulario de Pedidos a la fábrica en el casillero de ensamble de resistores, luego se los coloca en el recipiente junto con la Orden de trabajo y se llama al Transportista para que traslade el recipiente a la estación de Ensamble de Diodos (E_D). En esta estación se ensamblan todas las unidades con los diodos y se marca en el formulario de Pedidos a la fábrica en el casillero de ensamble de diodos, luego se los coloca en el recipiente junto con la Orden de trabajo y se llama al Transportista para que traslade el recipiente a la estación de Ensamble de Leds (E_L).

En esta estación se ensamblan todas las unidades con los leds y se marca en el formulario de Pedidos a la fábrica en el casillero de ensamble de leds, luego se los coloca en el recipiente junto con la Orden de trabajo y se llama al Transportista para que traslade el recipiente al Área de Inspección (A_I). En esta área se prueba cada uno de los circuitos electrónicos para calificarlos como productos buenos o productos defectuosos. Si los productos han sido calificados como buenos se los coloca en un recipiente junto con una etiqueta color verde que dice aprobado y se le comunica al Transportista que traslade el recipiente a la Bodega Final (B_F).

En el caso de que el producto sea calificado como defectuoso se lo coloca en otro recipiente junto con una etiqueta color roja que dice defectuoso y se le comunica al transportista que traslade el recipiente al Área de Reparación (A_R). En esta área se revisará minuciosamente cada circuito electrónico, se determinará y solucionará el problema. Una vez que el reparador haya finalizado su trabajo este marcará el casillero que dice reconstruido en la etiqueta color roja de defectuoso y le comunicará al Transportista que regrese el recipiente con los circuitos electrónicos reparados al A_I, para que sean probados nuevamente y se determine si ya están aptos para ser enviados a la bodega final.

Al terminar la reparación se marcará en el formulario de Pedidos a la fábrica en el casillero de reparación. En caso de que el reconstructor no pueda solucionar el problema, el o los circuitos electrónicos serán calificados como desecho y se los colocará en un recipiente exclusivo para los circuitos electrónicos desechados, que se encuentra junto al área de reparación.

Después de definido el proceso, para poder realizar la simulación en vivo con la participación de personas como operarios de las estaciones se diseñarán instructivos e instrucciones para cada una

de las tareas de las estaciones de trabajo, además se creará un catalogo con los dos tipos de circuitos electrónicos a ensamblarse.

El proceso requiere la presencia de un Ingeniero Industrial, cuya función es la de controlar el proceso y llevar un control de tiempos para cada tipo de circuito electrónico. Debe comenzar la toma de tiempos en la bodega inicial cuando la Orden de trabajo se genera y debe anotar la hora de inicio en una nota adhesiva y colocarla en la Orden de trabajo, además debe hacer un seguimiento hasta bodega final, para determinar si el pedido fue terminado a tiempo o no. La B_F debe anotar la hora de llegada de cada lote en la Orden de trabajo en el casillero de Hora de embarque.

3.2 Análisis del Proceso a Mejorar

Una vez definido el proceso es necesaria la elaboración de Instructivos y diagramas de apoyo que sirvan de guía a los operadores de la línea de ensamble, además será necesario declarar políticas que rijan a la empresa y a la demanda de productos que esta debe ensamblar.

Instructivos e Instrucciones:

Para permitir el funcionamiento del proceso de ensamble se crearán los siguientes instructivos, instrucciones y soportes:

- Instructivo e Instrucciones del Representante de Ventas
- Instructivo e Instrucciones del Programador de Producción
- Instructivo e Instrucciones del Ensamblador de Resortes
- Instructivo e Instrucciones del Ensamblador de Resistores
- Instructivo e Instrucciones del Ensamblador de Diodos
- Instructivo e Instrucciones del Ensamblador de Leds
- Instructivo e Instrucciones del Inspector
- Instructivo e Instrucciones del Reconstructor
- Instrucciones del Bodeguero Final
- Soporte Técnico – 1
- Soporte Técnico – 2
- Soporte Técnico – 3
- Soporte Técnico – 4
- Orden de Trabajo
- Tabla de Materiales

Políticas:

Para la correcta ejecución de la “Primera Corrida” es necesario que se tome muy en cuenta las siguientes políticas.

Una vez iniciado el proceso el Transportista es el único que esta autorizado a desplazarse durante el mismo, ya que es el quien mueve el producto de una estación de trabajo a otra.

Cada operario después de realizar su actividad debe marcar en formulario Orden de trabajo, en la sección de Pedidos a la fábrica en el casillero que le corresponda a su actividad, para de esta manera indicar al operario de la siguiente estación que el trabajo esta listo para que el lo continué.

Luego que un operario termine su trabajo este deberá levantar la mano solicitándole al Transportista que se acerque, una vez que el esté en la estación el operario le entregará a este un recipiente que contiene los ensambles y la Orden de trabajo, el Transportista deberá llevar el recipiente a la siguiente estación de trabajo.

Para efectos de la toma de datos, este modelo experimental de un proceso de ensamble de circuitos electrónicos funcionará por un tiempo de 20 minutos.

Tabla de Demanda:

Es la tabla que muestra la programación de la demanda de los clientes, con su respectivo número de pedido y su correspondiente hora de emisión, esta tabla se la muestra en el Anexo – 2.

Número de Operarios:

Para la realización de la “Primera Corrida” es necesario contar con 10 operarios, los cuales laborarán en las siguientes estaciones:

1.- Representante de Ventas

2.- Programador de Producción

3.- Ensamblador de Resortes

4.- Ensamblador de Resistores

5.- Ensamblador de Diodos

6.- Ensamblador de Leds

7.- Inspector

8.- Reconstructor

9.- Bodeguero Final

10.- Transportista

Costo de Producción:

El costo de producción actual para cada circuito electrónico es el siguiente:

TABLA 3

COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIIÓN

CIRCUITO	COSTO MATERIAL	COSTO MANO OBRA	COSTO SERVICIO
AZUL	$ 4,00	$ 15,00	$ 9,00
ROJO	$ 3,00	$ 15,00	$ 9,00

Precio de venta:

El precio de venta al que se ofrecerá los circuitos electrónicos esta en función de los costos de producción actuales de los mismos, permitiendo a la vez un margen de utilidades que justifique su producción y considerando el precio del mercado, por lo tanto el precio al que se venderán los circuitos corresponde a un valor de:

TABLA 4

PRECIO DE VENTA POR UNIDAD DE CIRCUITO ELECRÓNICO

CIRCUITO	PRECIO DE VENTA
AZUL	$ 38,00
ROJO	$ 37,00

Una vez definidas todas las especificaciones y desarrolladas las políticas que regirán a la empresa se procede a realizar la “Primera Corrida”.

Primera Corrida

La “Primera Corrida” se la realizó bajo ciertas condiciones, considerando como punto de partida para la ejecución de esta tesis que esta empresa lleva un mal proceso de producción, debido a que no consta con un correcto manual de operaciones ni un adecuado sistema de producción, lo cual tiene muchas desventajas que salieron a la luz durante la ejecución. En la “Primera Corrida” se tomaron en cuenta varios factores que afectaron al sistema y nos servirán como análisis para plantear las mejoras para la “Segunda Corrida”, estos factores se los detallan a continuación.

Layout

La distribución de la planta ensambladora de circuitos electrónicos para la “Primera Corrida” se encuentra distribuida de acuerdo a como se muestra en el layout del Anexo – 3. La distribución de esta empresa hace referencia a algunas de las plantas de ensamble de computadoras que se encuentran asentadas en el país [14].

Recorridos

La mala distribución de la planta provocó muchos inconvenientes al momento de producir, de esto el Transportista tuvo que hacer un sin número de recorridos repetitivos e innecesarios, los cuales

generaron tiempos de producción perdidos e incrementaron directamente el tiempo de ciclo total, a la vez que el transportar materiales incrementó el costo de producción.

El diagrama de recorridos del Transportista y de recorridos de los materiales se los muestra en el Anexo – 4 y el Anexo – 5 respectivamente.

Recolección de Datos

Para realizar la toma de datos del proceso era necesario determinar una forma de hacerlo sin que esto afecte la correcta ejecución de cada una de las actividades realizadas por los operarios durante la corrida, para esto se determinó que la mejor manera de recolectar estos datos era la de grabar en un video toda la simulación. Esto permitió que la simulación se la realice sin ningún contratiempo y a la vez nos permite tomar los datos y reconfirmarlos las veces que sean necesarios.

Datos Obtenidos:

Para poder obtener los datos que se debían determinar se tuvo que recurrir, a más del video, a contar estación por estación todo el trabajo que quedo pendiente y en proceso, tales como: órdenes de producción que no pudieron ser procesadas, cantidad de partes en

proceso (WIP) que quedó en cada estación, productos defectuosos y productos aprobados. Del video, los datos que se obtuvieron fueron: el tiempo de ciclo por estación, el tiempo por desplazamientos del Transportista entre cada estación y el tiempo de espera (promedio) que debe esperar una estación para que el transportista se acerque.

Como ya se dijo, en la “Primera Corrida” se detectaron algunas falencias en el diseño del sistema, estos inconvenientes dieron paso a que el proceso sea lento en su totalidad, es decir que el tiempo de ciclo de cada producto sea muy elevado, esto se concluye al identificar cuellos de botella durante el proceso que crean altos inventarios en todo el sistema, este análisis se lo determinó después de realizar la toma de datos del proceso.

La correcta identificación y ubicación de estos inconvenientes permitirán que el proceso sea mejorado, corrigiendo aquellos puntos que hacen que la producción de circuitos electrónicos sea deficiente. Aplicando técnicas de Producción Esbelta se obtendrán beneficios significativos en el sistema los cuales permitirán que la producción de circuitos electrónicos sea incrementada reduciendo así el número de productos defectuosos y el tiempo total del ciclo de producción.

3.3 Toma de Datos

Conocer los recorridos que realizó el Transportista y el tiempo de ciclo por cada estación de trabajo es necesario para poder definir el correcto flujo de materiales que debe tener el sistema para la “Segunda Corrida”, con el fin de reducir el tiempo que le toma al Transportista desplazarse a través y durante el proceso. Con la toma de los datos podremos analizar las causas raíz de todos los problemas presentados durante la corrida y determinar las correcciones necesarias con el propósito de eliminar o al menos reducir el efecto de dichos problemas en el sistema.

Estos datos se los muestra en el análisis de los datos que se realiza en el Capítulo 4.

CAPÍTULO 4

4. EJECUCIÓN EXPERIMENTAL.-

4.1 Análisis de Datos

En el capítulo anterior se realizó la toma de los datos los cuales fueron medidos después de ejecutarse la “Primera Corrida”, por lo tanto, el siguiente paso a realizar en este capítulo consiste en analizar los datos para de esta manera identificar todas aquellas anomalías que se presentaron durante el proceso y determinar las soluciones a estas fallas y sus correspondientes soluciones e implementaciones, aplicando técnicas de Producción Esbelta a fin de obtener mejores resultados en la “Segunda Corrida”.

Durante la corrida se tomaron fotos del proceso que muestran la distribución física de las estaciones de trabajo y la forma como se desarrolló la misma; las fotos de esta “Primera Corrida” se las muestra en el Anexo – 6. A parte de las fotos también se midieron datos los cuales se obtuvieron del video y que servirán para medir los indicadores y tomar decisiones en cuanto a las mejoras a implementar, estas tablas se las muestra en el Anexo – 7 y Anexo - 8.

El resumen de los datos obtenidos en el Anexo – 8 se los muestra y detalla a continuación.

TABLA 5

TIEMPO DE CICLO (TC), CUELLOS DE BOTELLA Y PRIVACIÓN DEL PROCESO

Estación	TC segundos	Cuello de Botella	Privación
R_V	10.11		
P_P	22.18	SI	
E_R	20.45		
E_RS	20.1		SI
E_D	9.36		SI
E_L	10.08		SI
A_I	13.77		SI
A_R	25.89	SI	
B_F	9.92		

Cuellos de Botellas

Una estación es un cuello de botella cuando esta tiene el tiempo de ciclo más elevado de entre las demás estaciones, y por lo tanto retiene productos en proceso. De lo anterior y de la tabla 5, la cual

presenta los Tiempos de Ciclo (TC) de cada uno de los operarios de las estaciones, por unidad de producto. De acuerdo a esta información se han identificado las estaciones que fueron cuellos de botella durante el proceso.

Por lo tanto, en la “Primera Corrida” las estaciones de P_P y A_R generaron cuellos de botellas en el proceso, esto se debe al alto tiempo de ciclo que les tomó el realizar su actividad, a la vez que retrasan el trabajo en la siguiente estación y generan demoras en la entrega oportuna del producto tanto a los clientes internos como externos.

Privación

Una estación esta privada cuando a ella no llegan productos en proceso por la existencia de un cuello de botella en alguna estación predecesora. Por lo tanto, de lo anterior podemos decir que las estaciones de R_V, E_R, E_RS, E_D, E_L y el A_I estuvieron la mayoría del tiempo privadas, debido a que las estaciones predecesoras generaron cuellos de botellas que impedían que estas estaciones privadas puedan realizar su trabajo.

Línea Desbalanceada

De los resultados también se puede determinar que la línea de producción se encuentra totalmente desbalanceada, generando cargas de trabajo inequitativas lo cual es una de las causas principales en la aparición de cuellos de botella, esto se lo observa en la figura 4.1 que se muestra a continuación.

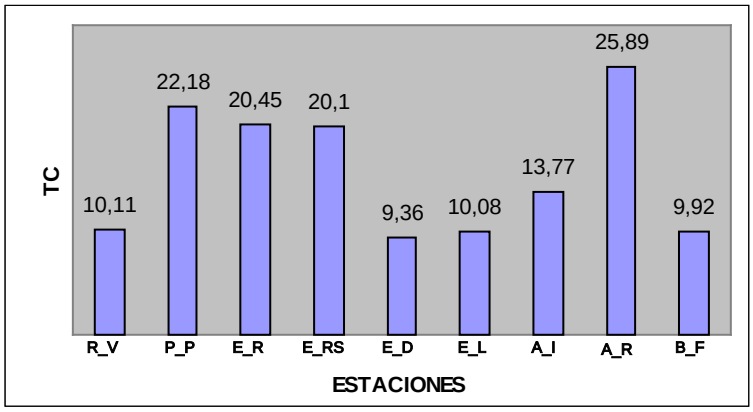


FIGURA 4.1 PROCESO DESBALANCEADO EN LA PRIMERA CORRIDA

Problemas de Producción

Como se lo expuso anteriormente esta empresa fabrica sus productos bajo una orden de pedido del cliente y no bajo una política de almacenamiento de inventarios, debido a esto uno de los problemas de producción que más nos afectó fue la demora en la entrega de los productos al cliente final, de donde sólo se pudo entregar a tiempo una (1) unidad, cinco (5) unidades no se

entregaron a tiempo y dieciocho (18) unidades quedaron en proceso al final de la corrida; de esto se puede decir que la razón más evidente de este suceso fue la poca flexibilidad de la línea y el mal control del flujo del pedido.

Otro problema fue la distribución de la planta ensambladora, que de acuerdo al layout utilizado en la “Primera Corrida” la planta se encuentra distribuida de manera desordenada, habiendo problemas de exceso y repetitividad de recorrido del material dentro del proceso, lo cual genera costos más elevados y baja productividad.

Desperdicios en Producción

Como se estudió en el Capítulo 2, Producción Esbelta clasifica siete tipos de desperdicios que son producto de la utilización de técnicas ineficientes y por procesos de producción inadecuados, los cuales ocasionan bajos niveles de producción. En el análisis de los resultados obtenidos en la “Primera Corrida” se encontró, como era de esperarse, que producto del mal proceso utilizado se generaron seis de los siete desperdicios que describe Producción Esbelta, a continuación estudiaremos sus causas para poder identificarlos y eliminarlos, o al menos reducirlos del proceso a fin de obtener mejores resultados en la “Segunda Corrida”.

Defectos.- Este tipo de desperdicio fue ocasionado por una mala capacitación y por un entrenamiento inadecuado, así como instrucciones de trabajo mal especificadas. Lo que ocasionó que un gran porcentaje de la producción total sean productos defectuosos.

Esperas.- Este tipo de desperdicio fue ocasionado por cargas de trabajo desbalanceadas y por los altos tiempos de espera que realizaba cada estación para que el transportista se acerque a su estación para entregar o retirar productos en proceso.

Inventarios.- Este tipo de desperdicio fue ocasionado por la complejidad del proceso, lo cual generó que las estaciones de trabajo retengan demasiado tiempo las partes que se trabajan. Así mismo fue producto de un programa de producción no uniforme y por cargas de trabajo desbalanceadas.

Transporte.- Este tipo de desperdicio fue ocasionado por la incorrecta ubicación de las estaciones de trabajo, lo que ocasionó que el transportista realice muchos recorridos innecesarios, generando costos de producción y demoras en las entregas de materiales a los clientes internos (operarios).

Re-trabajos.- Este tipo de desperdicio fue identificado por todas las reconstrucciones que tuvo que realizar el área de reparación para

corregir los defectos de los productos que llegaban a esta estación, y este re-trabajo se dio por los defectos que fueron generados a lo largo del proceso, es decir este desperdicio es directamente proporcional al desperdicio de defectos en productos.

Mano de Obra poco utilizada.- Este tipo de desperdicio fue ocasionado por ideales antiguos de producción, políticas y culturas ineficientes de trabajo. Debido a que no se aprovechó la capacidad tanto física como mental de los operarios.

4.2 Implementación de Mejoras

Como se demostró anteriormente, el sistema de producción utilizado en la “Primera Corrida” generó muchos inconvenientes durante el proceso, siendo esto el resultado de malos hábitos de producción tales como culturas y políticas mal diseñadas e implementadas. Del análisis de los datos obtenidos anteriormente se decidió crear un mapa de flujo de valor (Value Stream Mapping) para poder conocer de una manera gráfica los problemas y sus causas de la situación actual de la empresa en esta “Primera Corrida”, con el propósito de definir un mejor flujo de materiales en el sistema que permita eliminar los problemas y obtener mejores beneficios para la empresa. El mapa de flujo de valor de esta “Primera Corrida” se lo muestra en la figura 4.2.

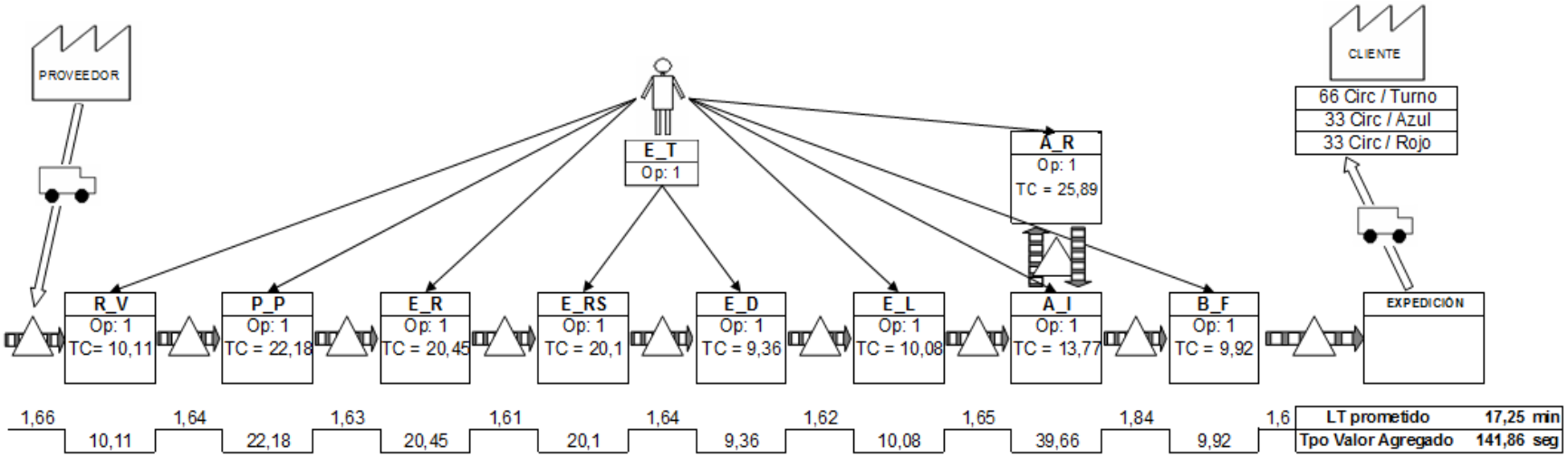


FIGURA 4.2 MAPA DE FLUJO DE VALOR ACTUAL

Análisis del Value Stream Mapping

En base a los problemas que se identificaron anteriormente y al Value Stream Mapping (VSM) se puede determinar que existen problemas de producción que son causados por un incorrecto flujo de materiales, lo cual genera un impacto negativo en la productividad de la empresa e incrementa los costos de producción.

El flujo de materiales que utiliza este proceso tiene una secuencia correcta de las actividades, pero las estaciones de trabajo no se encuentran distribuidas de la mejor manera, lo que ocasiona que el tiempo de ciclo total del sistema se incremente debido a los repetitivos traslados de la materia prima durante el proceso. De esto se determinó que distribuir correctamente las estaciones de la planta permitirá disminuir el tiempo de ciclo total y reducir los traslados innecesarios de la materia prima, para lo cual la mejor técnica a implementar es Layout, técnica que ayudará a distribuir la planta basados en la secuencia de las actividades.

Otro problema que se presentó durante la corrida y que fue identificado en la realización de la misma y confirmado por el video, fue el desorden y la mala organización de las estaciones de trabajo, lo que permitió que el tiempo de ciclo de cada estación se incremente, generando retrasos en las entregas a los clientes

internos y externos. De esto y con el propósito de reducir los tiempos se determinó que implementar la técnica de las 5’S permitirá establecer una mejor organización en las estaciones de trabajo, lo que mejorará la eficiencia de las mismas y creará una cultura de orden y limpieza a lo largo del proceso.

La manera de producir utilizada por la empresa en esta “Primera Corrida” no fue en sí la más apropiada, debido a que está no cuenta con un correcto sistema de producción que permita obtener los mejores resultados, esto se concluye en base al VSM actual, donde se observa que la empresa produce de acuerdo a un sistema de producción push (empuje), el cual incrementa los costos de producción debido a que genera excesos de inventario de productos en proceso entre estaciones de trabajo. Esta manera de producir esta basada en la política de producción de la empresa, la cual consiste en producir por lotes de productos con diferentes unidades de los mismos, lo que ocasiona que de acuerdo al sistema de producción utilizado no se entreguen los pedidos a tiempo y no se pueda cumplir con la demanda del cliente, ocasionando una gran pérdida por ventas para la empresa. De este último análisis se determinó que producir de manera unitaria, es decir de unidad en unidad, permitirá que la cantidad de inventario de productos en

proceso entre estaciones de trabajo se disminuya, lo que reducirá dramáticamente los costo de producción incurridos por la empresa.

Una vez establecido que se producirá de manera unitaria es necesario cambiar el sistema de producción de la empresa, con el propósito de entregar a los clientes productos a tiempo y en la cantidad exacta que ellos demanden, para lo cual es necesario producir bajo un sistema de producción que permitirá reducir el inventario por productos en proceso acumulado entre estaciones, en otras palabras, se debe producir sólo lo necesario y en el momento correcto, para lo cual será útil aplicar Producción Pull en el sistema.

Por otro lado, de acuerdo al VSM y a los datos obtenidos del video se observa que los tiempos de ciclo en ciertas estaciones de trabajo no están dentro del promedio de los tiempos de ciclo de las demás estaciones, lo que ocasiona que se generen cuellos de botella dentro del proceso y se retrasen las entregas a los clientes. Para eliminar este problema se decidió Balancear la Línea de producción, con el propósito de equilibrar la carga de trabajo dentro del proceso.

Otro de los inconvenientes dentro del proceso fue la falta de comunicación entre los operarios y la individualidad de sus funciones, donde cada uno de ellos se dedicaba simplemente a realizar sus tareas debido a que se consideraban un grupo de

trabajo, es de aquí que se decide que el provocar una comunicación eficaz entre los operarios ayudará a incrementar la producción y generar un compromiso por parte de cada uno de ellos, comprometiéndolos a trabajar como un equipo, mas no como un grupo de trabajo, donde los beneficios se observan en un mejor entorno de trabajo.

Relacionado con este problema se encontró además que se podía obtener mejores resultados en la producción de la empresa si se lograba que cada uno de los operarios pueda convertirse en un inspector de calidad en su estación de trabajo, con el propósito de disminuir la cantidad de productos defectuosos al final de la línea y reducir los costos por re-trabajos incurridos por la empresa, esto se lo logrará aplicando Calidad en la Fuente.

El aplicar la técnica anterior permitirá utilizar de mejor manera el recurso humano de la empresa, debido a que cada uno de los operarios estará capacitado para realizar cada una de las actividades que se realizan en las diferentes estaciones de trabajo, lográndose con esto contar con operarios multifuncionales que pueden aumentar la flexibilidad del proceso, de esto se determinó que el aplicar Manufactura Celular permitirá cumplir con ese propósito.

Plan de Mejora

Una vez identificados los problemas de la “Primera Corrida” y planteadas las técnicas que permitirán eliminarlos es necesario establecer un plan de implementación que permita aplicar las soluciones de la mejor manera.

En la sección anterior se plantearon un total de ocho técnicas, siendo estas: Layout, 5’S, Producción Unitaria, Producción Pull, Balanceo de Líneas, Trabajo en Equipo, Calidad en el Fuente y Manufactura Celular.

En base a las técnicas planteadas y a la necesidad de lograr beneficios considerables en la empresa se decidió realizar tres corridas adicionales, aplicándose en cada una de ellas las técnicas tal como se muestra en la tabla 6.

TABLA 6

TÉCNICAS A IMPLEMENTAR EN EL PROCESO

Segunda Corrida	Tercera Corrida	Cuarta Corrida
Layout	Producción Pull	Calidad en la Fuente
5'S	Producción Unitaria	Balanceo de Líneas
	Trabajo en Equipo	Manufactura Celular

El establecer esta secuencia en la aplicación de las técnicas esta basado en un plan de mejoras con el que se espera obtener beneficios en cada una de las tres corridas.

Como se observa en la tabla anterior, para la “Segunda Corrida” se implementarán en el proceso las técnicas de Layout y 5'S, al aplicar Layout se planea realizar una reubicación de las estaciones a fin de reducir las distancias entre estas y por ende disminuir el tiempo que le toma al transportista desplazarse entre una estación y otra, así como minimizar el traslado de los materiales. La aplicación de las 5’S nos permitirá tener un mejor orden en cada estación de trabajo, haciendo que los operarios tengan sus lugares de trabajo completamente ordenados, clasificando los materiales y las herramientas a utilizar en cada caso necesario.

Para la “Tercera Corrida” se implementarán Producción Pull, Producción Unitaria y Trabajo en Equipo, con la finalidad de utilizar una técnica de producción que nos permita cambiar la cultura de producción a una que brinde mejores resultados, tal es el caso de Producción Pull, la cual nos permite producir con mayor orden y con menos productos defectuosos por unidad de tiempo. Por su parte aplicar Producción Unitaria nos permitirá reducir los lotes de producción, de varios circuitos a solamente un circuito por orden de producción para cada operario, lo que nos facilita un mejor control de operaciones por cada estación así como se minimiza el tiempo de ciclo total.

También se aplicará Trabajo en Equipo, esta técnica nos brindará mejores beneficios en cuanto al recurso humano, permitiendo que se aproveche al máximo el potencial humano de los operarios en cada una de las actividades que realicen, debido a que estos aprenderán a trabajar conjuntamente como un solo sistema. De lo anterior esperamos enseñarles a convertirse en operarios multifuncionales, con la aplicación de técnicas que indirectamente se estarían utilizando, tales como: cross training, empowerment, etc.

En la “Cuarta Corrida” (última) se implementarán Calidad en la Fuente, Balanceo de Líneas y Manufactura Celular, con la primera de estas técnicas, Calidad en la Fuente, reduciremos la cantidad de productos defectuosos, tiempo perdido y costos por re-trabajos, debido a que los ensambles serán inspeccionados en cada estación por donde deben pasar las piezas hasta llegar al Inspector.

Por otra parte, el implementar Balanceo de Líneas nos permitirá balancear completamente el proceso, equilibrando las cargas de trabajo entre estaciones y eliminando los cuellos de botellas y las estaciones privadas, debido a que la carga será balanceada entre todas las estaciones.

Con la implementación de Manufactura Celular se espera lograr que cada operario se convierta en multifuncional, permitiendo de este

modo que una sola persona pueda hacer más de un trabajo, si es el caso, ya sea por ausentismo de personal o por rotación dentro de la celda, utilizando de mejor manera al recurso humano.

Al aplicar correctamente estas técnicas de producción se planea convertir al sistema que fue ineficiente en la “Primera Corrida”, a un sistema completamente eficiente, productivo y con la menor cantidad posible de productos defectuosos, reduciendo también el inventario de productos en proceso y por supuesto, reduciendo los costos de producción, estos resultados se los espera obtener a lo largo de la implementación de las mejoras durante cada una de las corridas.

Segunda Corrida

Luego de haberse realizado la “Primera Corrida” y de conocerse las falencias del sistema utilizado, siguiendo la tabla 6 para la “Segunda Corrida” corresponde aplicarse las técnicas de Layout y 5’S.

En la “Primera Corrida” la distribución del proceso fue completamente desordenado lo que generó muchos problemas al momento de producir, estos problemas se los vio reflejados en los excesivos y repetitivos traslados del material que tenia que hacer el Transportista al momento de trasladar las piezas de una estación de trabajo a otra, esto a causa de la mala distribución que tenia el

sistema, incrementándose el tiempo de ciclo total y generando demoras en la entrega de los pedidos a los clientes internos y externos.

Para redistribuir el proceso se determinó el flujo correcto que debería seguir el material a fin de minimizar el recorrido del transportista y los traslados innecesarios de las piezas. Determinado lo anterior se redistribuyó las estaciones en secuencia de las actividades que se le realizan a las piezas hasta obtener los circuitos electrónicos terminados, siguiendo la dirección de Tarjetas que se colocarán en cada estación, las cuales indicarán al transportista el flujo del material, y a la vez les indicarán a los operarios que deberán seguir un sistema de producción FIFO.

Otro de los problemas que afectaron al proceso fue el desorden que existía en las estaciones de trabajo y la no existencia de letreros en las mismas, lo que retrazaba la entrega de las piezas por parte del Transportista a los operarios de las estaciones debido a que este (Transportista) no podía identificar rápidamente las estaciones de destinos de las piezas a ser trabajadas. Para eliminar este problema se optó por colocar Letreros en todas las estaciones de trabajo, en los cuales se especifica el nombre de la estación, permitiéndole al

transportista la rápida identificación de la estaciones de destino de las piezas a ser trabajadas.

El orden y la limpieza en esta corrida serán promovidas en el proceso por medio de una capacitación al personal sobre las ventajas de la utilización de la técnica 5'S.

El layout rediseñado que se utilizará en la "Segunda Corrida" se muestra en el Anexo – 9, los nuevos recorridos del Transportista y del material se muestran en el Anexo – 10 y el Anexo – 11 respectivamente.

Un ejemplo de los Letreros y Tarjetas a utilizarse en la "Segunda Corrida" se los muestra en el Anexo – 12 y Anexo – 13 respectivamente.

4.3 Medición de Indicadores

Los indicadores son los puntos de referencia para cada corrida, siendo estos los que nos permitirán demostrar la eficiencia de las técnicas aplicadas, a la vez que nos mostrarán la pauta entre cada corrida para conocer como esta operando el proceso, dependiendo esto de la correcta implementación de las mejoras.

Se medirán los indicadores que denota Producción Esbelta, siendo estos: Productos Aprobados, Productos Defectuosos, Producción Total, Productos en Proceso (WIP) y Tiempo de Ciclo, medidos en una unidad de tiempo. La tabla 7 muestra los indicadores medidos después de ejecutarse la “Primera Corrida”.

TABLA 7

INDICADORES DE LA PRIMERA CORRIDA

I N D I C A D O R E S		
	LOTES	UNIDADES
Productos Aprobados	1	1
Productos Defectuosos	5	
Producción Total	6	
WIP	18	
TC Total - min	17,25	

Como se observa, la producción total en esta “Primera Corrida” fue de seis (6) unidades, con un (1) producto aprobado y con cinco (5) productos defectuosos, el WIP fue de dieciocho (18) productos en proceso y un tiempo de ciclo total de 17.25 minutos.

Estos primeros indicadores serán los puntos de referencia para medir los resultados que se obtendrán al aplicar las técnicas de Producción Esbelta y la efectividad de las mismas en cada proceso a través de las siguientes corridas.

4.4 Mejora Continua

Análisis de Datos de la “Segunda Corrida”

Después de identificar las falencias y de implementar las técnicas seleccionadas se procedió a realizar la “Segunda Corrida”; la forma en la que se la realizó se la muestra en las fotos del Anexo – 14. A parte de las fotos también se midieron datos, los cuales se obtuvieron del video y que nos servirán para medir los indicadores y tomar decisiones en cuanto a las mejoras a implementarse, estas tablas se las muestra en el Anexo – 15 y Anexo – 16.

Medición de Indicadores de la “Segunda Corrida”

Los indicadores de la “Segunda Corrida” se los muestra en la siguiente tabla.

TABLA 8

INDICADORES DE LA SEGUNDA CORRIDA

INDICADORES		
	LOTES	UNIDADES
Productos Aprobados	5	8
Productos Defectuosos	4	
Producción Total	12	
WIP	17	
TC Total - min	13,65	

Como se puede observar, la producción total en la “Segunda Corrida” fue de doce (12) unidades, ocho (8) productos aprobados y

cuatro (4) productos defectuosos, comparados con la producción total de la “Primera Corrida” la cual fue de seis (6) unidades y de cinco (5) productos defectuosos; se puede notar el incremento en la producción de la planta. De igual manera el WIP de la “Segunda Corrida” fue de diecisiete (17) productos en proceso, con un tiempo de ciclo total de 13.65 minutos, comparada con el WIP de la “Primera Corrida” el cual fue de dieciocho (18) productos en proceso y un tiempo de ciclo total de 17.25 minutos.

Estos resultados nos indican la eficiencia de haber implementado correctamente las técnicas de Layout y 5’S para la “Segunda Corrida”, logrando esta vez entregar ocho (8) unidades a tiempo y cuatro (4) a destiempo, siendo estos resultados mejores que los de la corrida anterior, esto se lo logró después de haber determinado correctamente las falencias en el sistema de producción que se dieron en la “Primera Corrida”.

Implementación de Mejoras para la “Tercera Corrida”

Para la “Tercera Corrida” corresponde aplicar las técnicas de Producción Pull, Producción Unitaria y Trabajo en Equipo.

En la “Segunda Corrida” la producción incrementó en cierta cantidad sus unidades y el tiempo de ciclo total se redujo, pero estas mejoras

no redujeron los costos de producción ni consideraron trabajos que no agregan valor al producto. Según la tabla 6 en el sistema corresponde aplicar ciertas técnicas, las cuales nos permitirán incrementar más la producción y reducir costos.

Después de analizar el sistema utilizado en la “Segunda Corrida” y de observar los innecesarios costos generados por dos estaciones que no agregaban valor alguno al producto final, se decidió, eliminar del proceso al Transportista y al P_P, considerando que las tareas que estos realizaban a bien pudieran ser distribuidas entre los demás operarios sin que esto disminuya la productividad de estos últimos. El Transportista será separado del sistema debido a que se determinó que el material que el traslada puede desplazarse directamente desde una estación de trabajo a otra, reduciéndose de esta manera el tiempo de entrega y el costo de producción por traslado innecesario de materiales.

Por otra parte, el P_P será separado del proceso dado que se determinó que este operario realiza una tarea que a bien puede ser distribuida entre los demás operarios del proceso sin que esto altere en mucho sus actividades de producción. Para esto se determinó que colocar la materia prima en la estación que debe trabajarla distribuiría la tarea en todo el sistema, a más de eliminar el riesgo de

trasladar las piezas a través del mismo, esto reduciría los costos de producción y permitiría a los operarios disponer de la materia prima justo en el momento que estos la necesiten.

La implementación de estas mejoras considera dos aspectos muy importantes, estos son; la distancia que existe entre estaciones de trabajo y el número de mesas por estación en la “Segunda Corrida”, esto considera que el material no debe desplazarse distancias innecesariamente largas durante el proceso. El tiempo por su parte podrá reducirse si las distancias que existían entre las estaciones cuando se realizó la “Segunda Corrida” logran ser disminuidas, para esto se midieron dichas distancias y se determinaron las nuevas distancias que existirán entre estaciones para la “Tercera Corrida”, con el propósito de que el material recorra menos espacio en menor tiempo.

También se determinó que el número de mesas que se ocuparon por estación de trabajo es demasiado (una por cada estación), lo que provoca que el material se sigua desplazando largas distancias innecesarias, para eliminar este problema se tuvo que determinar la mejor manera de reducir el número de mesas, esto se lo logró identificando cuales estaciones ocupaban más espacio que el necesario y cuales ocupaban menos espacio que el que realmente

necesitaban, una vez identificado el problema se optó por colocar cierto número de estaciones en un número apropiado de mesas.

Las distancias entre estaciones y el número de mesas utilizadas en la “Segunda y Tercera Corrida” se las muestran en las tablas 9 y 10 respectivamente.

TABLA 9

DISTANCIAS Y NÚMERO DE MESAS EN LA SEGUNDA CORRIDA

DISTANCIA ENTRE ESTACIONES				MESAS POR ESTACION	
ESTACIONES			DISTANCIAS - metros -	ESTACIONES	Mesas por Estación
R_V	a	P_P	2	R_V	1
P_P	a	E_R	2	P_P	1
E_R	a	E_RS	2	E_R	1
E_RS	a	E_D	1,5	E_RS	1
E_D	a	E_L	1,5	E_D	1
E_L	a	A_I	2	E_L	1
A_I	a	A_R	2	A_I	1
A_I	a	B_F	4	A_R	1
				B_F	1
		Total	17	Total	9

TABLA 10

DISTANCIAS Y NÚMERO DE MESAS PARA LA TERCERA CORRIDA

DISTANCIA ENTRE ESTACIONES				MESAS POR ESTACION	
ESTACIONES			DISTANCIAS - metros -	ESTACIONES	Mesas por Estación
R_V	a	E_R	0,75	R_V	2
E_R	a	E_RS	0,75	E_R	
E_RS	a	E_D	0,6	E_RS	
E_D	a	E_L	0,65	E_D	1
E_L	a	A_I	0,6	E_L	
A_I	a	A_R	0,5	A_I	2
A_I	a	B_F	1,15	A_R	
				B_F	
		Total	5	Total	5

Como se observa en las tablas anteriores, las distancias entre las estaciones de trabajo fueron notablemente reducidas, en la “Segunda Corrida” el material recorrió diecisiete (17) metros y se logró reducir esa distancia para la “Tercera Corrida” a tan solo cinco (5) metros, lo cual permitirá que el tiempo de ciclo total se disminuya debido a que el material recorrerá menos distancia en un menor tiempo. Por su parte el disminuir la cantidad de mesas de trabajo de nueve (9) mesas en la “Segunda Corrida” a tan solo cinco (5) mesas para la “Tercera Corrida” permitirá también que el material haga un menor recorrido a través del proceso.

El siguiente paso después de mejorar el sistema físico del proceso es la correcta aplicación de las técnicas de producción que se deben implementar para la “Tercera Corrida”, estas son: Producción Pull, Producción Unitaria y Trabajo en Equipo.

La aplicación de Producción Pull consiste en hacer que el proceso de ensamble de circuitos se maneje bajo esta técnica de producción y para esto se deberá capacitar y explicar el funcionamiento de la misma a todo el personal de planta.

Para la “Tercera Corrida” las Instrucciones de trabajo serán modificadas para que de esta manera el personal de producción conozca más a fondo los cambios que se presentarán en el sistema.

Como bien sabemos, Producción Pull es una técnica de producción que necesita de un orden específico en sus actividades, esto es, utiliza tarjetas numeradas, las cuales permiten indicar a los operarios en que momento producir y cuanto producir. Estas tarjetas denominadas kanban también serán participes en el proceso, pero para poder aplicar esta técnica es necesario calcular el número correcto de kanbans a definirse por tarjeta, lo cual se lo hará con la siguiente formula:

$$\#\,\boldsymbol{k} = \frac{D \times TCk \times (1 + \alpha)}{N}$$

donde;

D = demanda, TCk = tiempo de resurtido, α = inventario y N = unidades por lote (promedio)

Por lo tanto, aplicando esta formula con los datos del proceso obtenemos lo siguiente:

$$\#\,\boldsymbol{k} = \frac{3{,}3\ uni/min \times 0{,}34\ min \times (1 + 0)}{1\ uni} = \boldsymbol{1{,}12}$$

Dejando un colchón de seguridad se lo redondea al inmediato superior, lo que es equivalente a un kanban de dos (2) unidades.

Por lo general las tarjetas kanban viajan de una estación de trabajo a otra, indicándole a esta última la cantidad de productos que la

estación remitente necesita, en nuestro caso por facilidad de aplicación se determinó que las tarjetas kanban de este proceso serán visuales, es decir, las tarjetas serán colocadas entre las estaciones para que los operarios visualicen en que momento deberán producir.

En la figura 4.3 se muestra un esquema de la utilización de las tarjetas en el proceso.

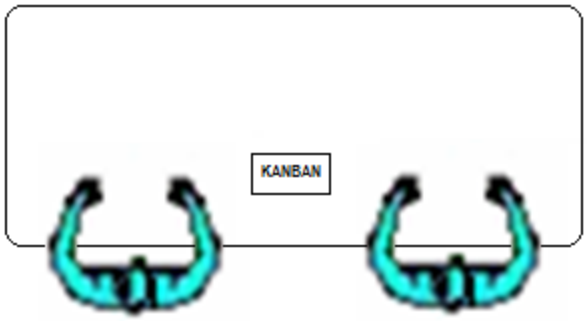


FIGURA 4.3 TARJETAS KANBAN VISUALES

Luego de esto se diseño las tarjetas kanban para cada una de las estaciones de trabajo, en estas tarjetas se indica el nombre de las estaciones a las que pertenecen. Aplicar Producción Pull permitirá cambiar rotundamente la técnica de producción, esto es, de un sistema obsoleto y desordenado a uno sumamente eficiente y muy productivo.

Por su parte, producir de unidad en unidad (Producción Unitaria) es una técnica que permitirá al sistema llevar un mejor control de las

operaciones de producción que realiza cada operario, esta técnica de producción será necesaria aplicar debido al incumplimiento en los tiempos de entrega de los pedidos, dado que los operarios continuamente saltan el orden de los pedidos de producción ocasionando retrasos en la mayoría de las entregas, es por esto que la aplicación de esta técnica es necesaria debido a que con ella es mas fácil cumplir con el orden FIFO de producción, dado que sólo ingresará una unidad a cada estación, y de esta manera se trabajará en esa unidad en el momento correcto, con el propósito de terminarla en el tiempo prometido al cliente. El aplicar Producción Unitaria se lo logrará directamente al modificar las Instrucciones.

En la “Segunda Corrida” los operarios se dedicaban a producir sin considerar la manera en la que lo hacían ni la frecuencia que les tomaba el trabajar un lote, esto ocasionó que el proceso colapse en algunas ocasiones generando cuellos de botella, esto deberá erradicarse y la mejor manera es promoviendo en los operarios la cooperación entre cada uno de ellos. De esto se concluyó que aplicar Trabajo en Equipo en el sistema generará buenos resultados, esta técnica se implementará al momento que los operarios trabajen a un solo ritmo aprendiendo de este modo que el trabajar ordenadamente y bajo un correcto sistema de producción les permitirá obtener mejores resultados.

El layout rediseñado y el nuevo flujo de material a utilizarse en esta corrida se muestran en el Anexo – 17 y el Anexo – 18, respectivamente. Un ejemplo de las Tarjetas Kanban que se utilizarán en esta corrida se muestra en el Anexo – 19.

Análisis de Datos de la "Tercera Corrida"

Después de identificar las falencias y de implementar las técnicas seleccionadas se procedió a realizar la "Tercera Corrida"; la forma en la que se la realizó se la muestra en las fotos del Anexo – 20. A parte de las fotos también se midieron datos, los cuales se obtuvieron del video y servirán para medir los indicadores y tomar decisiones en cuanto a las mejoras a implementarse, estas tablas se las muestra en el Anexo – 21 y Anexo – 22.

Medición de Indicadores de la "Tercera Corrida"

Los indicadores de la "Tercera Corrida" se los muestra en la tabla 11.

TABLA 11

INDICADORES DE LA TERCERA CORRIDA

I N D I C A D O R E S	
	UNIDADES
Productos Aprobados	28
Productos Defectuosos	2
Producción Total	30
WIP	7
TC Total - min	3,15

Como se puede observar, la producción total en la “Tercera Corrida” fue de treinta (30) unidades, con veinte ocho (28) productos aprobados y solo dos (2) productos defectuosos. Este resultado comparado con los ocho (8) productos aprobados y los cuatro (4) productos defectuosos obtenidos en la “Segunda Corrida” demuestran la efectividad de las técnicas aplicadas.

Por su parte el WIP de la “Tercera Corrida” bajó de diecisiete (17) a solo siete (7) productos en proceso, con un tiempo de ciclo total de 3.15 minutos en relación a los 13.65 minutos de tiempo de ciclo total en la “Segunda Corrida”, esto nos demuestra la mejora significativa que se obtiene al aplicar correctamente las técnicas previamente determinadas.

Los resultados obtenidos en la “Tercera Corrida” demuestran la eficiencia de la aplicación de las técnicas que correspondían utilizar, estas eran: Producción Pull, Producción Unitaria y Trabajo en Equipo. La aplicación de las tres técnicas anteriores nos dió muy buenos resultados, lo que mejoró la producción y redujo drásticamente los costos de producción, además que se lograron entregar las veintiocho (28) unidades de productos aprobados a tiempo y sólo dos (2) unidades retrasadas, cantidades que son mejores en relación a la corrida anterior.

Estos resultados pueden ser mejorados dependiendo del correcto análisis que se le brinde a los problemas presentados en la “Tercera Corrida”, la siguiente corrida mostrará los resultados obtenidos después de aplicar las ultimas tres técnicas según lo determinado.

Implementación de Mejoras para la “Cuarta Corrida”

Para la “Cuarta Corrida” corresponde según la tabla 6 aplicar Calidad en la Fuente, Balanceo de Líneas y Manufactura Celular, para lo cual será necesario identificar y eliminar lo siguiente.

Para este momento ya se han eliminado la mayor parte de los problemas que existían en el proceso, pero aun quedan falencias que generan defectos y a la vez que no permiten que se cumpla con la demanda del producto, las técnicas que restan aplicar deberán eliminar o al menos reducir estos problemas de producción.

La cantidad de productos que ingresaban al A_R representaron hasta la “Tercera Corrida” un porcentaje significativo de la producción total, esto hace referencia a la mala cultura de producción que tienen los operarios, en donde no se toma en cuenta en que condiciones de calidad se encuentra cada parte en proceso que a sus estaciones llega y que ellos deben seguir trabajando, trasladando en muchas ocasiones un producto defectuoso a través

del proceso hasta el final del mismo, lo que incrementa los costos de producción generando pérdidas de tiempo y recursos utilizados. Para esto, Calidad en la Fuente será la técnica a implementarse en esta “Cuarta Corrida” en donde el punto más importante de esta es la reducción de productos defectuosos y la minimización de los costos generados a través del proceso, para la correcta aplicación de esta técnica será necesario capacitar a todos los operarios para que ellos puedan realizar sus tareas con mejor calidad y a la vez siendo capaces de identificar y reparar un defecto antes que fluya a través del proceso.

El implementar esta técnica permitirá que sea retirado del proceso el A_R, generando esto un ahorro significativo en los costos de producción por re-trabajos en los productos.

La capacitación se la realizará explicándoles a cada uno de los operarios todos los subprocesos a los que se someten las partes antes de llegar al A_I, se les motivará también a que cada uno observe al operario de la estación anterior como debe hacer su trabajo, esto permitirá que cada operario conozca el subproceso que se realiza en la estación precedente y como deberán llegar las partes a sus estaciones, para que de esta manera ellos pueda reparar algún defecto en la parte en proceso que trabajaren. Las

instrucciones serán modificadas para esta corrida, indicándoles a los operarios la nueva cultura de producción a implementarse y como deberá llevársela a cabo.

Un inconveniente que se presentó desde la “Primera Corrida” y que fue la generadora de muchos retrasos en la producción fue la inequilibrada carga de trabajo que tenían los operarios en el sistema, lo que provocaba que este colapse a causa de cuellos de botellas y privación de estaciones que se generaron.

De esto el Balanceo de Líneas será la segunda técnica a implementarse para la “Cuarta Corrida”, la cual consiste en calcular el tiempo que debe tomarle a cada operario realizar su trabajo, para de esta manera poder cumplir con todos los pedidos de los clientes.

Para esto se tuvo que calcular el Takt Time del proceso, el cual es el resultado de dividir el tiempo disponible para la producción entre la demanda del cliente en ese período de tiempo [9].

De lo anterior calculamos el Takt Time Requerido, el cual fue:

$$\frac{\textit{Tiempo Total Disponible}}{\textit{Producción Total}} = \frac{1200}{66}\,\frac{seg}{uni} = \mathbf{18}\ \frac{\mathbf{seg}}{\mathbf{uni}}$$

Esto nos indica que para que el sistema cumpla con todos los pedidos de los clientes es necesario que a los operarios les tome

como máximo 18 segundos el realizar una tarea. Para esto tuvimos que calcular el Takt Time Real, es decir el tiempo real que le toma a cada operario el realizar una tarea, estos tiempos se los midió del video y se los muestra en la tabla 12.

TABLA 12

TAKT TIME REAL DEL PROCESO

TAKT TIME segundos	
R_V	8,35
E_R	17,92
E_RS	16,1
E_D	7,89
E_L	7,74
A_I	7,1
B_F	7,25
Tiempo Ciclo	**72,35**

De la tabla anterior se observa que el Tiempo de Ciclo (TC) total del sistema en la “Tercera Corrida” corresponde a un valor de 72.35 segundos, lo que es equivalente a 1.20 minutos, sin considerar el tiempo de espera entre estaciones

También sabemos que para poder entregar los productos a tiempo se deben ensamblar como máximo tres (3) circuitos en cinco (5) minutos, lo que corresponde a ensamblar un circuito en 1.67 minutos (100 segundos).

Como conocemos, el sistema en la “Cuarta Corrida” dispondrá de sólo siete (7) operarios para poder ensamblar un circuito, el cual requiere de 100 segundos para ser ensamblado, por lo tanto, con estos datos calcularemos el tiempo de ciclo que se requiere por cada operario para poder cumplir con la demanda del cliente.

$$Tiempo\ de\ Ciclo = \frac{100}{7}\ \frac{seg}{ope} = 14{,}29\ \frac{seg}{ope} = 14\ \frac{seg}{ope}$$

Del resultado anterior se concluye que para poder cumplir con la demanda del cliente y con solo siete (7) operarios laborando en un mismo turno, es necesario que a cada uno de ellos les tome como máximo 14 segundos el realizar una tarea.

Algo que hay que tomar muy en cuenta dentro de este análisis es que este tiempo de ciclo no considera los tiempos de espera entre estaciones, es decir, el tiempo que le toma a los operarios colocar un producto en proceso en el kanban de la siguiente estación, ni el tiempo que le toma a la siguiente estación tomar el mismo producto en proceso que fue colocado en el kanban por la estación anterior, este tiempo no puede asumírselo despreciable debido a que representa el tiempo de transporte entre las estaciones de trabajo para la “Tercera Corrida”, según la tabla del Anexo – 21 este valor en promedio corresponde a 0.07 minutos (4 segundos). De esto, si dividimos este valor para las dos estaciones (la que coloca y la que

retira el producto en proceso) este valor resulta igual a 2 segundos, valor que le toma a cada operario el colocar y tomar un producto en proceso en y desde el kanban.

Por lo tanto tenemos que restarle esta cantidad de tiempo al tiempo de ciclo de cada operario, lo que da como resultado lo siguiente:

(14 – 2) segundos = 12 segundos

Esta cantidad de tiempo (12 segundos) representa realmente el tiempo que le debe tomar a cada operario del sistema el terminar una tarea, por lo tanto, todo operario que tome mas de este tiempo en realizar una tarea será considerado como un cuello de botella.

Una vez determinado el Takt Time del proceso, el tiempo de ciclo actual y el tiempo de ciclo requerido para cada operario, se procederá a identificar, en base a la tabla 12, que estaciones de trabajo son generadoras de cuellos de botella.

Del análisis se determinó que las estaciones de E_R y E_RS tienen un Takt Time mucho mayor al que se requiere (12 segundos), esto nos confirma lo que se determinó en la “Primera Corrida” de que estas dos estaciones están desbalanceando la línea de producción y generando cuellos de botellas y bloqueos, lo cual afecta a la producción y genera retrasos en las entregas. Las demás estaciones

del proceso, R_V, E_D, E_L, A_I y B_F se encuentran dentro del tiempo normal de producción.

Con el cálculo del Takt Time Real podremos nivelar la producción e igualar la tasa de consumo de tiempo con la tasa de producción.

Una vez identificado técnicamente el desbalance de la línea se procedió a balancear el sistema, considerando la mejor manera de realizarlo sin que esto afecte el flujo de material previamente definido, para esto se utilizará el método de Helgeson – Birnie el cual fue descrito en el marco teórico de esta tesis, a continuación se explica como se lo realizó.

La utilización de este método implica la correcta identificación de los datos necesarios para su aplicación, el más importante de ellos, el Takt Time ya fue calculado anteriormente. La ponderación de los pesos se lo hizo en una escala del uno al diez, siendo el diez el valor más alto, para lo cual se consideró la importancia de cada actividad dentro del proceso. Las precedencias estaban ya establecidas con el flujo del material, por lo cual era muy importante no violar ninguna de ellas.

A continuación la tabla 13 muestra los datos que utiliza el método de Helgeson – Birnie para balancear el proceso.

TABLA 13

DATOS A UTILIZAR PARA BALANCEAR EL PROCESO

Tarea	R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	B_F
Takt Time - segundos	8,35	17,92	16,1	7,89	7,74	7,1	7,25
Peso Posicional	9	7	6	5	4	2	1
Precedente Inmediato	---	R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I

De la tabla anterior se observa que los pesos coinciden con la secuencia de las tareas, es decir, siguen el flujo del material, lo que permite una mejor asignación de estaciones de trabajo.

Como ya sabemos, para que el sistema pueda cumplir con todos los pedidos de los clientes es necesario que el tiempo de ciclo de cada operario no sea mayor a 12 seg/unid. De esto y de la tabla 12 se concluyó que las estaciones E_R y E_RS no cumplen con este requisito, lo que ocasiona un desbalance en la línea de producción, como alternativa a este problema optamos por asignarles un ayudante (AYU) a cada una de las estaciones (E_R y E_RS), lo que dará como resultado reducir el tiempo de ciclo de las estaciones a la mitad, permitiéndonos obtener un Takt Time Real menor al Takt Time Real Requerido por estación.

Los operarios que fueron seleccionados como ayudantes y asignados a las estaciones de E_R y E_RS fueron el Transportista y el Reconstructor quienes salieron del sistema en la “Tercera y Cuarta Corrida” respectivamente, como resultado de las técnicas

implementadas en esas etapas. La asignación de estos operarios se debe a que ellos conocen el proceso que se realiza en cada una de las estaciones del sistema, por lo cual son los más capacitados para ejecutar estas tareas. Los ayudantes permitirán reducir a la mitad el tiempo de ciclo de cada una de las dos estaciones, debido a que ellos (ayudantes) realizarán la mitad del número de piezas totales a ensamblar, liberando de este modo el cuello de botella que se genera en cada una de las dos estaciones.

En base al uso de este método se podrá eliminar para la “Cuarta Corrida” los cuellos de botella que se generaron en las estaciones de E_R y E_RS durante la “Tercera Corrida”, y se lo logrará sin violar ninguna de las precedencias, obteniendo de esta manera un proceso con cargas de trabajo distribuidas equitativamente entre todas sus estaciones.

La tabla 14 muestra los nuevos tiempos de ciclo de cada estación del proceso ya balanceado.

TABLA 14

DATOS DEL PROCESO BALANCEADO

Tarea	R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	B_F
Takt Time - segundos	8,35	8,96	8,05	7,89	7,74	7,1	7,25
Peso Posicional	9	7	6	5	4	2	1
Precedente Inmediato	---	R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I

De la tabla anterior podemos observar los nuevos tiempos de ciclo de las estaciones de E_R y E_RS con los ayudantes ya asignados, conformados para que la línea esté balanceada. Estos tiempos corresponden a 8.96 y 8.05 segundos respectivamente, valores que se encuentran dentro del rango requerido (12 segundos) para poder satisfacer la demanda. Estos nuevos valores de Takt Time denotan un sistema balanceado.

El tener un proceso balanceado permite contar con las bases suficientes para poder cumplir con una demanda exigente, el nuevo sistema de producción a utilizarse en la “Cuarta Corrida” permite cumplir con esa demanda, pero no es lo suficientemente eficiente porque no considera la multifuncionalidad de los operarios, los cuales con un entrenamiento adecuado pueden convertir el sistema en una célula compacta de trabajo.

La siguiente técnica que se implementará en el sistema será Manufactura Celular, la cual permitirá obtener los recursos necesarios para cumplir con la demanda exigida, la manera como se realizará la implementación de esta técnica se la detalla a continuación. Según como se lo describió en el Capitulo 2, el primer paso para implementar manufactura celular en un proceso consiste en crear una familia de productos, la cual debe ser clasificada como

familia de productos del diseño o del producto (proceso). Para poder clasificar la familia primero se debe determinar a cual de los dos tipos se asemeja el proceso, de esto se concluyó que la mayoría de las tareas realizadas en cada estación son procesos similares que se repiten hasta obtener el producto final, por lo tanto la familia de producto se la clasifica como familia de productos del proceso.

El Takt Time Requerido ya fue calculado para balancear la línea de producción, para lo cual las secuencias fueron establecidas y la línea balanceada, esto demuestra que cuatro de cinco pasos de la creación de células de trabajo ya fueron determinados en las técnicas anteriores, por lo cual solo resta realizar el quinto paso, el cual se desarrolla a continuación.

El último paso que queda es el diseño de la celda, para esto se consideró que se debía diseñar de una forma lógica y ordenada en la cual los operarios deberán producir, ocupando menos espacio que lo que se utilizó hasta la “Tercera Corrida” y logrando una mejor comunicación entre ellos.

Otro factor importante en el diseño de la celda hace referencia a la calidad en los productos finales, para esto vale considerar que en esta “Cuarta Corrida” en la cual se implementará Calidad en la Fuente se elimina del proceso al Reconstructor, y se enfatiza en el

control de la calidad en cada estación de trabajo que reciba una tarea desde su estación precedente inmediata. Es decir cada operario que reciba una parte en proceso deberá realizarle un control de calidad en la cual determinará si la tarea realizada en la estación anterior se la completó correctamente, esto permitirá que cuando se genere un defecto este no recorra hasta el A_I para ser detectado sino que el operador que detectó el defecto, lo corrija.

Aplicar Manufactura Celular en el sistema nos proporcionará ventajas tales como: la reducción de costos de operación por re-trabajos, menos traslados de productos defectuosos a través del proceso, calidad en cada estación de trabajo, y operarios multifuncionales capaces de ejercer cualquiera de las tareas que se realicen en el sistema.

El diseñar una celda de manufactura no es todo lo que implica la implementación de esta técnica, es considerar además la capacidad de los operarios y permitirles desarrollar más sus destrezas tanto físicas como mentales dentro del sistema.

La capacitación de los operarios es otro punto importante en esta técnica, es por esto que para realizar la “Cuarta Corrida” se capacitará adecuadamente a los operarios para que tengan un correcto desempeño de sus funciones durante el proceso,

explicándoles la manera y las ventajas del uso de la técnica a utilizar.

La redistribución de las estaciones y el recorrido del material utilizado en esta corrida se los muestra en el Anexo – 23 y el Anexo – 24 respectivamente.

Análisis de Datos de la "Cuarta Corrida"

Después de identificar las falencias y de implementar las técnicas seleccionadas se procedió a realizar la "Cuarta Corrida"; la forma en la que se la realizó se la muestra en las fotos del Anexo – 25. A parte de las fotos también se midieron datos, los cuales se obtuvieron del video y servirán para medir los indicadores, esta tabla se la muestra en el Anexo – 26.

Medición de Indicadores de la "Cuarta Corrida"

Los indicadores de la "Cuarta Corrida" se los muestra en la siguiente tabla.

TABLA 15

INDICADORES DE LA CUARTA CORRIDA

I N D I C A D O R E S	
	UNIDADES
Productos Aprobados	46
Productos Defectuosos	1
Producción Total	47
WIP	4
TC Total - min	1,61

Como se puede observar, la producción total que se obtuvo en la “Cuarta Corrida” fue de cuarenta y siete (47) unidades, donde cuarenta y seis (46) unidades corresponden a productos aprobados y solo un (1) producto defectuoso, el resultado de esta corrida comparado contra las veinte y ocho (28) unidades de productos aprobados y las dos (2) unidades de productos defectuosos obtenidos en la “Tercera Corrida”, demuestran la eficiencia de las técnicas implementadas y el correcto uso de los recursos disponibles. Por su parte el WIP de la “Cuarta Corrida” fue de solamente dos (2) productos en proceso, con un tiempo de ciclo total de 1.61 minutos, comparando estos resultados con el WIP de la “Tercera Corrida” el cual fue de siete (7) productos en proceso y un tiempo de ciclo total de 3.15 minutos, se demuestra una reducción de tiempos eficiente.

Los resultados obtenidos en la “Cuarta Corrida” como era de esperarse son los mejores de todos los anteriores, esto nos demuestra otra vez que bajo un plan de mejoras bien diseñado y un correcto desarrollo del mismo, las técnicas de Producción Esbelta que se apliquen a un sistema generarán excelentes resultados. Las técnicas que se han aplicado en esta “Cuarta Corrida” generaron resultados notorios en la producción, incrementando la cantidad de productos aprobados y reduciendo las unidades de productos

defectuosos, lo que aminoró notablemente los costos de producción en todo el sistema.

Value Stream Mapping Final

Después de haberse realizado cada una de las cuatro corridas, y de haberse aplicado todas las técnicas descritas en la tabla 6, se han obtenido resultados cada vez mejores a través de las corridas, con beneficios muy importantes para la empresa tales como: incremento en la producción total, menos productos defectuosos y menos cantidad de WIP al final de un turno.

En base a un análisis que se realiza en el Capítulo 5, se demuestra de una manera contundente que con estos resultados la empresa ha obtenido excelentes beneficios, tanto financieros como de administración del recurso humano con el que cuenta, es por esto que se decidió crear el nuevo VSM de la empresa, el cual muestra el nuevo y mejor sistema de producción definido.

La figura 4.4 muestra el mapa de flujo de valor de la empresa, el cual se utilizó en la “Cuarta Corrida”.

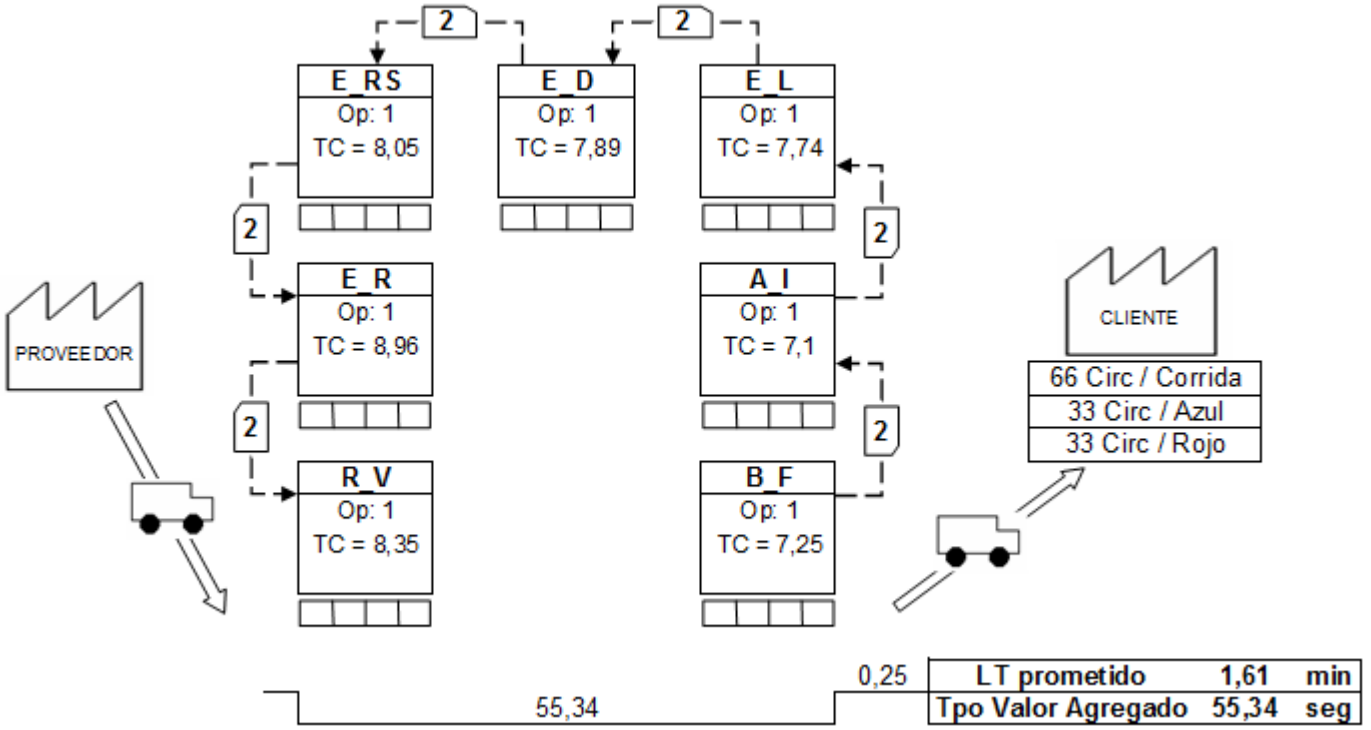


FIGURA 4.4 MAPA DE FLUJO DE VALOR EN LA CUARTA CORRIDA

CAPÍTULO 5

5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS.-

5.1 Resultados e Indicadores

Como sabemos, en el Capitulo 4 se fueron realizando cada una de las cuatro corridas y a la vez se fueron determinando los resultados e identificando las falencias que presentaba el sistema, de esto se procedió a realizar la identificación de las técnicas a utilizar y luego a implementarlas.

Esto conocido como mejoramiento continuo, fue los que nos permitió demostrar que todo proceso con una cultura de producción inadecuada puede ser mejorado, permitiendo obtener beneficios cuantificables.

En cada una de las cuatro corridas se obtuvieron resultados (indicadores), que se los cuantificó con el propósito de medir la eficiencia de las técnicas implementadas.

A continuación, en la tabla 16 se muestran en resumen todos lo indicadores que se midieron en cada una de las cuatro corridas.

TABLA 16

RESUMEN DE LOS INDICADORES MEDIDOS EN LAS CORRIDAS

INDICADORES	CORRIDA			
	1	2	3	4
P. Aprobados	1	8	28	46
P. Defectuosos	5	4	2	1
Produccion Total	6	12	30	47
WIP	18	17	7	4
TC Total - min	17,25	13,65	3,15	1,61

En esta tabla podemos notar que los resultados que se obtienen en el sistema son cambiantes en relación a cada una de la corridas, dependiendo de las características propias del indicador que se este midiendo.

Las técnicas fueron aplicadas de acuerdo a los requerimientos que el sistema demandaba, permitiendo obtener beneficios en el proceso, los cuales fueron observados en los incrementos que hubo en la producción y en la reducción de unidades por productos defectuosos.

Para analizar con detalle los resultados se muestra la figura 5.1, la cual representa la diferencia que existe entre la cantidad de productos defectuosos (P. Defectuosos) y la cantidad de productos aprobados (P. Aprobados), para cada una de las cuatro corridas.

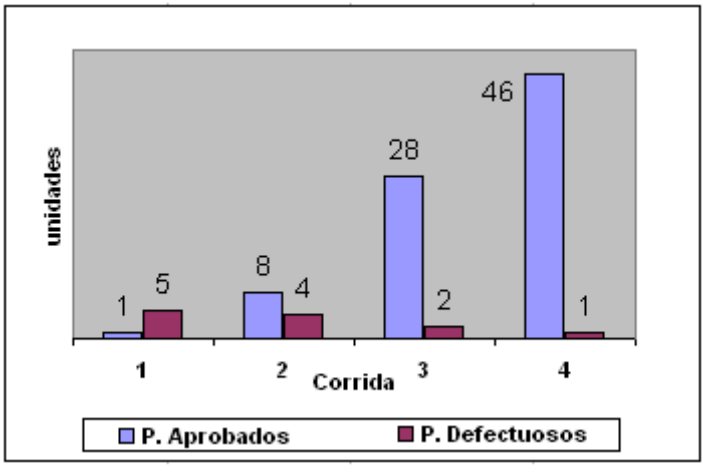


FIGURA 5.1 DIFERENCIA ENTRE P. APROBADOS Y P. DEFECTUOSOS

Como se puede observar, la cantidad de productos aprobados es inversamente proporcional a la cantidad de productos defectuosos. Como sabemos, la “Primera Corrida” hizo referencia a una empresa con una técnica de producción muy tradicional, y una cultura de producción ineficiente y atrasada, esto se lo pudo observar con los resultados que se obtuvieron de esta corrida.

Partiendo de las condiciones antes definidas se obtuvo que la cantidad de productos aprobados en la “Primera Corrida” solo llegó a una (1) unidad, mientras que los productos defectuosos alcanzaron las cinco (5) unidades.

Luego de la implementación de las técnicas a utilizar en la “Segunda Corrida”, se logró que la producción de la empresa alcance un más alto nivel, con ocho (8) unidades de productos aprobados y con solo cuatro (4) unidades de productos defectuosos.

En la “Tercera Corrida” los resultados que se obtuvieron fueron mejores, llegando a un total de veintiocho (28) unidades de productos aprobados y de tan solo dos (2) unidades de productos defectuosos.

Para la ultima corrida, en la cual ya se habían implementado paulatinamente todas las técnicas y se había reducido al mínimo la cantidad de productos defectuosos, se obtuvo para la “Cuarta Corrida” un total de cuarenta y seis (46) unidades de productos aprobados, y solo una (1) unidad de productos defectuosos.

Estos resultados y sus variaciones muestran la efectividad de las técnicas utilizadas, la correcta implementación de las mismas y su correcto seguimiento nos permitió obtener beneficios impresionantes en la producción total, con una disminución de productos defectuosos que se manifestó a lo largo de las corridas.

Otra manera de analizar los resultados se observa en la figura 5.2, la cual muestra el porcentaje de productos defectuosos que se

obtuvieron en relación a cada una de las producciones totales obtenidas en las cuatro diferentes corridas.

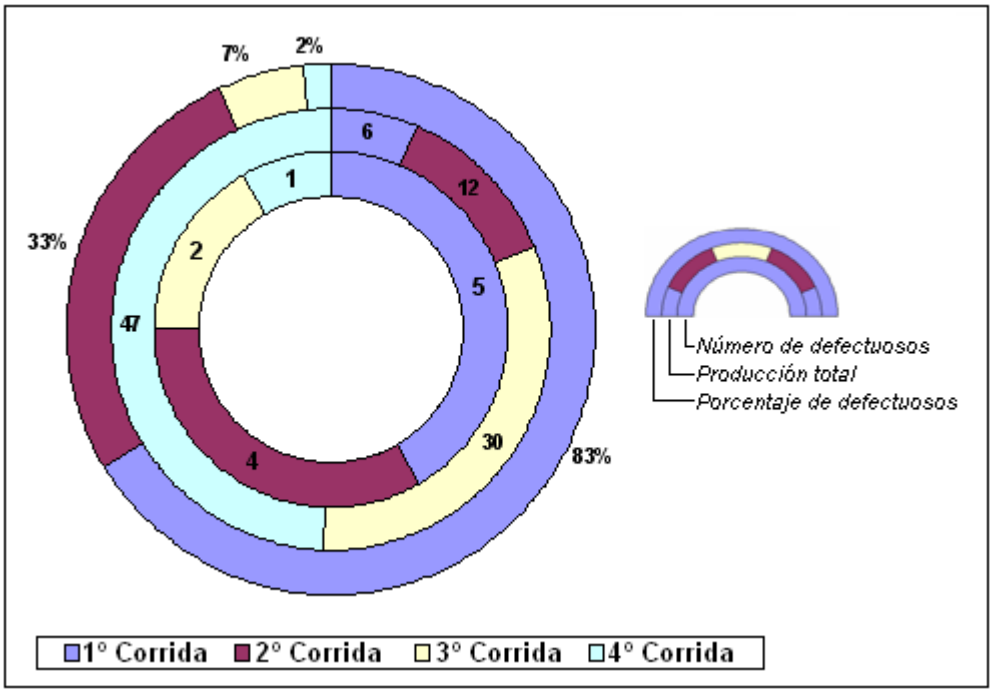


FIGURA 5.2 PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS

Para la “Primera Corrida” la producción total alcanzó las seis (6) unidades, de las cuales cinco (5) unidades fueron productos defectuosos, valor que representa un 83% de defectos en la producción total para esta corrida.

En la “Segunda Corrida” la cantidad de unidades producidas empezó a incrementar su valor y el porcentaje de defectuosos a decrecer, siendo así que la producción total alcanzó las doce (12) unidades, de las cuales cuatro (4) unidades fueron productos defectuosos, valor

que representa un 33% de defectos en la producción total para esta corrida.

Por otra parte, para la “Tercera Corrida” la producción total alcanzó las treinta (30) unidades, de las cuales dos (2) unidades fueron productos defectuosos, valor que representa un 7% de defectos en la producción total para esta corrida.

Por ultimo tenemos que para la “Cuarta Corrida” la producción total alcanzó las cuarenta y siete (47) unidades, de las cuales sólo una (1) unidad fue producto defectuoso, valor que representa solamente un 2% de defectos en la producción total obtenida para esta corrida.

De estos resultados podemos demostrar que la cantidad de productos defectuosos que se obtuvieron de las corridas reducían sus porcentajes respecto a la producción total a medida que las técnicas iban siendo implementadas en el sistema.

Otro indicador que fue medido en las corridas es el WIP (Work In Process) el cual representa la cantidad de productos en proceso que se quedan en el sistema. Este indicador nos muestra la eficiencia que tiene el sistema para ensamblar las partes de los productos a través del proceso. La figura 5.3 muestra los WIP del proceso para cada una de las corridas.

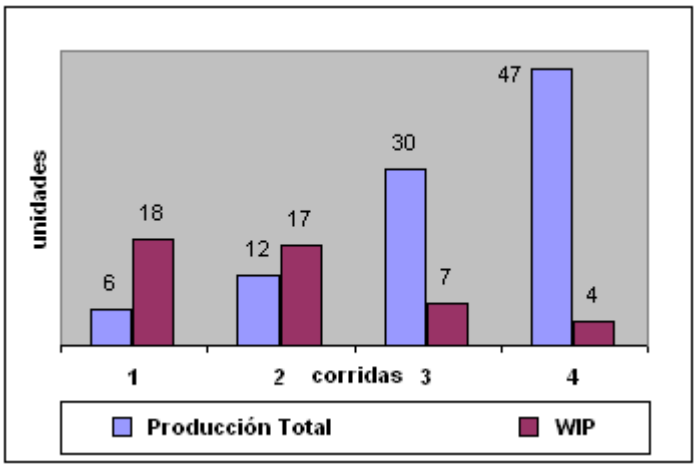


FIGURA 5.3 CANTIDADES DE WIP AL FINAL DE CADA CORRIDA

Como se observa, para la “Primera Corrida” el WIP en todo el sistema alcanzó los dieciocho (18) productos en proceso, con una producción total de solamente seis (6) unidades, lo que nos muestra que el WIP fue tres veces mayor que la producción total.

Para la “Segunda Corrida” la producción total fue de doce (12) unidades mientras que el WIP superó esa cantidad con diecisiete (17) productos en proceso, siendo aun su valor superior a la producción total de esa corrida.

En la “Tercera Corrida” la producción total fue de treinta (30) unidades y el WIP solamente alcanzó los siete (7) productos en proceso, siendo en esta corrida el valor del WIP mucho menor a la producción total de la misma.

Para la “Cuarta Corrida” la producción total fue de cuarenta y siete (47) unidades, con un WIP de solamente cuatro (4) productos en proceso al final de la corrida.

De los resultados anteriores notamos que el WIP que quedaba en el sistema era mayor que la producción total para la “Primera y Segunda Corrida”, debiéndose esto a que las técnicas utilizadas para la “Segunda Corrida” no están direccionadas a cambiar la cultura de producción del proceso, sino más bien a redistribuir la planta y a establecer orden en el proceso. Pero el escenario cambia a partir de la “Tercera y Cuarta Corrida” donde las cantidades de WIP que quedaron en el sistema fueron siempre mucho menores que la producción total, esto se da debido a que las técnicas aplicadas en estas corridas estaban direccionadas a cambiar y mejorar la cultura de producción, convirtiendo el proceso en mas eficiente con la ayuda de técnicas que permiten utilizar de mejor manera el recurso humano de la compañía.

5.2 Análisis Costo / Beneficio

En la sección anterior se mostraron los resultados de cada una de las cuatro corridas realizadas en esta tesis, demostrándose que el proceso ineficiente con el que se inició en la “Primera Corrida” fue mejorado con la correcta identificación y aplicación de las técnicas

de Producción Esbelta que permitieron mejorar el proceso en todos sus niveles.

Como bien sabemos todas las falencias que existen en un proceso son causa del uso de culturas ineficientes de producción lo que a su vez provoca un impacto negativo en la compañía, generándose costos elevados de producción que hacen que la compañía pague por errores que a bien pueden ser eliminados. Estos errores que se dan a notar en la calidad de los productos que no cumplen con los requerimientos del cliente y por ende deben ser re-trabajados, son la mayor causa de costos por mala calidad en una compañía.

La implementación de las técnicas de Producción Esbelta en el proceso utilizado en esta tesis permitió que los costos por mala calidad se redujeran considerablemente, debido a que la cantidad de productos defectuosos generados en la “Primera Corrida” disminuyó y la producción de productos que sí cumplen con los requerimientos (productos aprobados) en la “Cuarta Corrida” aumentó.

En la sección anterior de este capítulo se ha demostrado con resultados que las mejoras realizadas aumentaron la producción y redujeron la utilización de los recursos, por lo tanto en esta sección corresponde analizar desde una perspectiva financiera y en base a

un análisis Costo / Beneficio la disminución progresiva de los costos de producción incurridos por la empresa.

Para empezar el análisis primero debemos determinar los costos unitarios en los que incurre la empresa, lo cual nos permitirá en lo posterior clasificarlos para cada tipo de circuito. En la tabla 17 se muestran los costos unitarios de producción.

TABLA 17

COSTOS UNITARIOS DE PRODUCCIIÓN

CIRCUITO	COSTO MATERIAL	COSTO MANO OBRA	COSTO SERVICIO
AZUL	$ 4,00	$ 15,00	$ 9,00
ROJO	$ 3,00	$ 15,00	$ 9,00

Como podemos observar de acuerdo a la tabla anterior, el costo por materiales para un circuito azul y uno rojo es de cuatro (4) y tres (3) dólares respectivamente, un operario por turno gana quince (15) dólares y el alquiler de cada mesa representa un valor de nueve (9) dólares. Por lo tanto, el costo total de producción dependerá de la cantidad de recursos que se necesiten para ensamblar un circuito.

Identificados los costos unitarios de producción necesitamos determinar los precios de venta al público de cada tipo de circuito, con el propósito de calcular las utilidades que obtiene la empresa producto de las ventas que esta realiza.

Por lo tanto el siguiente paso consiste en determinar los precios de venta para cada tipo de circuito; este precio se lo determinó en base a los costos de producción y a un margen de utilidades que generen beneficios para la empresa, considerando a la vez el precio relativo de la competencia y el mercado. En la tabla 18 se muestran los precios de venta de los circuitos.

TABLA 18

PRECIOS DE VENTA

CIRCUITO	PRECIO DE VENTA
AZUL	$ 38,00
ROJO	$ 37,00

Una vez que se han determinado los costos (variables y fijos) y los precios de venta a los que se ofrecen los circuitos, es necesario determinar el punto de equilibrio en el que las ventas son iguales a los costos para no generar pérdidas.

Punto de equilibrio

Es indispensable determinar el punto de equilibrio (PE) en el que el nivel de producción de la empresa es suficiente para cubrir los costos totales (costos fijos + costos variables) para que esta ni gane ni pierda dinero, ósea su utilidad es cero.

Determinar el PE para un solo producto es fácil, pero cuando se tiene mas de un producto es necesario calcular el PE para la empresa como un todo, haciendo una mezcla o ponderación de productos, es decir, es necesario calcular el nivel de ventas de cada producto que se puede obtener en proporción a las ventas totales. Con esta ponderación de las ventas podemos calcular cuanto de cada producto necesitamos producir para poder cubrir los costos sin tener pérdidas. Por lo tanto, puesto que esta empresa produce dos tipos de ensambles (rojo y azul) debemos calcular el PE de ventas ponderado que necesitamos obtener para poder cubrir los costos incurridos al producir cada tipo de circuito y así no generar pérdidas.

Cálculo del Punto de Equilibrio para la empresa

Para obtener el PE en ventas (PE Ventas) en la “Primera Corrida” es necesario identificar el costo variable unitario (CV unitario), precio de venta (P Venta), porcentaje en las ventas totales (% Ventas) y costos fijos totales (CF total). Los cuales se muestran en la tabla 19.

TABLA 19

DATOS PARA EL CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

ITEMS	AZUL - Az -	ROJO - Rj -
CV unitario	4	3
P Venta	38	37
% Ventas	0,5	0,5
CF total	231	

Una vez identificado lo anterior se debe calcular el precio de venta ponderado (P Venta p) y el costo variable ponderado (CV unitario p), el cual muestra el porcentaje de participación deseado de cada producto en las ventas totales y los costos variables ponderados respectivamente.

P Venta P = (P Venta Az)(% Ventas) + (P Venta Rj)(% Ventas)
37,50

CV unitario p = (CV unitario Az)(% Ventas) + (CV unitario Rj)(% Ventas)
3,50

Luego se debe calcular la relación ponderada entre el costo variable y el precio de venta, lo cual se denominará con la letra Ap.

Ap = CV unitario p / P Venta p
0,093

Por lo tanto el PE en ventas (PE Ventas) se lo determina como sigue:

PE Ventas = CF / (1 - Ap)
*= **$ 254,78***

De lo anterior se puede decir que 254,78 dólares es el mínimo valor de ventas que se debe obtener para no tener pérdidas. En base a este valor podemos determinar el número de ensambles (rojo y azul) que se necesitan para poder cubrir estas ventas, para lo cual es necesario repartir los costos fijos entre cada producto, lo que da:

$$CF\ Az = \frac{(CF\ total)(\%\ Ventas)}{115,50}$$

$$CF\ Rj = \frac{(CF\ total)(\%\ Ventas)}{115,50}$$

Obtenidos los costos fijos ponderados se determinará el número de unidades de cada ensamble que se necesitan producir para poder cubrir los costos totales de la empresa.

$$Q\ Az = \frac{CF\ Az}{(P\ Venta\ Az - CV\ unitario\ Az)}$$

$$3,40$$

$$Q\ Az = \mathbf{3}$$

$$Q\ Rj = \frac{CF\ Rj}{(P\ Venta\ Rj - CV\ unitario\ Rj)}$$

$$3,40$$

$$Q\ Rj = \mathbf{3}$$

Por lo tanto, se necesitan producir mínimo tres (3) ensambles azules y tres (3) ensambles rojos para no tener pérdidas y poder cubrir los costos totales, cualquier unidad producida sobre esas cantidades representarán utilidades para la empresa. Con estos datos calculamos los ingresos por ventas que se obtienen al producir estas unidades.

$$Ventas\ totales = (Q\ Az)(P\ Venta\ Az) + (Q\ Rj)(P\ Venta\ Rj)$$

$$\mathbf{\$\ \ 254,78}$$

Como se puede observar, se necesitan producir al menos tres (3) ensambles azules y tres (3) ensambles rojos para poder cubrir los

costos totales, de igual manera, cualquier unidad por encima de estas cantidades representará utilidades para la empresa.

Nota: *Los cálculos que se realizaron anteriormente están en base a los resultados obtenidos en decimales, lógico es que las cantidades exactas que se necesitan producir representan el entero mayor de dichas cantidades determinadas.*

Una vez que se mostró como determinar el PE para la "Primera Corrida", de igual manera se calculó los PE para las demás corridas, estas cantidades se las muestra en la siguiente tabla.

TABLA 20

PUNTO DE EQUILIBRIO PARA CADA CORRIDA

CORRIDA	Q Az unidades	Q Rj unidades	VENTAS
PRIMERA	3	3	$ 254,78
SEGUNDA	3	3	$ 254,78
TERCERA	2	2	$ 181,99
CUARTA	3	3	$ 198,53

Las cantidades mostradas en la tabla anterior son las unidades mínimas de cada tipo de circuito que se deben de producir en cada corrida para no generar pérdidas.

Como se puede observar para la "Primera y Segunda Corrida" las cantidades son iguales, debido esto a que los costos fijos de la

empresa en estas corridas no cambian, pero para la “Tercera y Cuarta Corrida” las cantidades son diferentes, esto se debe a que los costos fijos no son iguales para estas corridas. En las figura 5.4, figura 5.5 y figura 5.6 se muestran de manera gráfica los puntos de equilibrio para cada corrida.

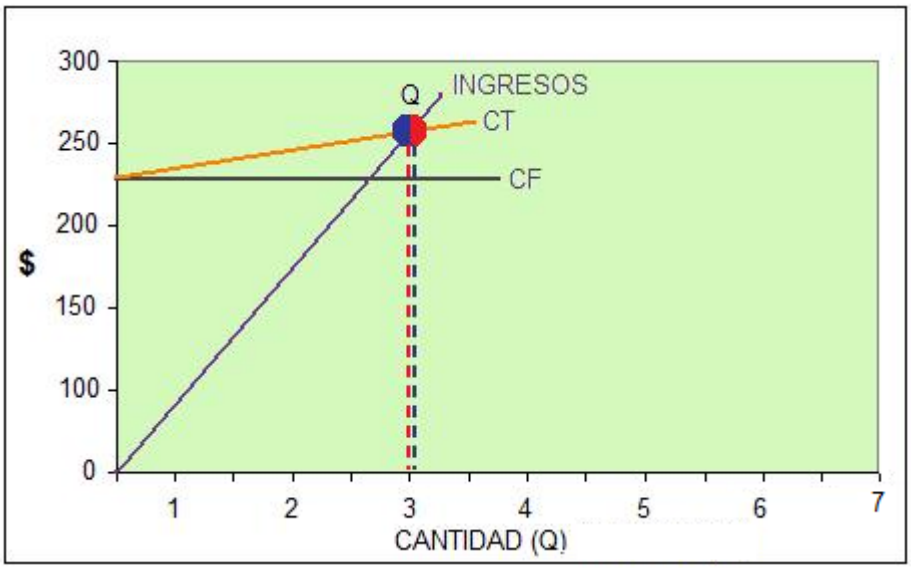


FIGURA 5.4 PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA PRIMERA Y SEGUNDA CORRIDA

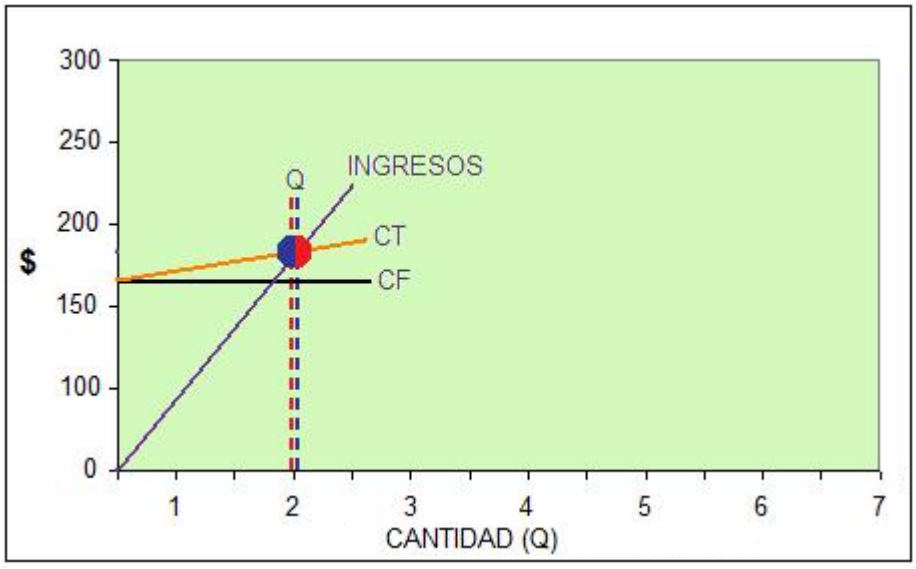


FIGURA 5.5 PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA TERCERA CORRIDA

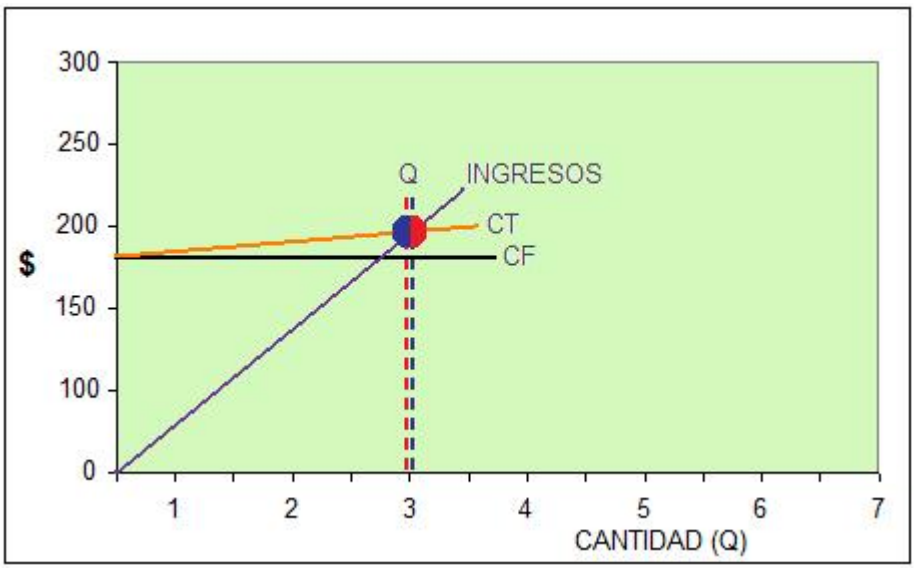


FIGURA 5.6 PUNTO DE EQUILIBRIO PARA LA CUARTA CORRIDA

Una vez determinados los puntos de equilibrio es necesario obtener el detalle de producción para cada corrida, es decir, debemos determinar la cantidad de productos aprobados y productos defectuosos que se obtuvieron al final de las corridas. También se deberá clasificar los productos de acuerdo al tipo de circuito producido, para de esta manera obtener los costos específicos de producción. El detalle de la producción y el detalle de los productos obtenidos se los muestra en la tabla 21 y tabla 22 respectivamente.

TABLA 21

DETALLE DE LA PRODUCCIÓN

ITEM	CORRIDA			
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA
P. APROBADOS	1	8	28	46
P. DEFECTUOSOS	5	4	2	1

TABLA 22

DETALLE DE LOS PRODUCTOS

CORRIDA	P. APROBADOS		P. DEFECTUOSOS	
PRIMERA	1	0	5	4
		1		1
SEGUNDA	8	6	4	3
		2		1
TERCERA	28	12	2	2
		16		0
CUARTA	46	27	1	0
		19		1

Como se puede observar en la tabla 21, esta muestra la cantidad de productos aprobados y la cantidad de productos defectuosos que se obtuvieron en cada una de las cuatro corridas. Por otro lado, la tabla 22 muestra el detalle de los productos obtenidos, es decir, clasifica los resultados de acuerdo al tipo (azul o rojo) de circuito obtenido. Esto nos permitirá desglosar los costos incurridos por producción y los costos por mala calidad, y a la vez determinar los costos más incidentes.

Por otra parte, uno de los costos que desde la “Primera Corrida” representó un porcentaje considerable de los costos totales fueron los costos por re-trabajos en los que incurrió la empresa producto de una mala calidad de producción dentro de los procesos. Es por esto que el re-trabajar un producto defectuoso que ya ha consumido recursos ocasiona un costo que puede ser eliminado o al menos

reducido del costo total, es de ahí que es necesario el identificar este costo para poder determinar el comportamiento del mismo y, por ende analizar los beneficios financieros que se obtienen al reducir su porcentaje de participación dentro del costo total de la empresa.

Para identificar este valor la empresa a determinado como política que el costo por re-trabajar un producto defectuoso representa el 10% del costo de los materiales utilizados, por lo tanto, el costo de un producto defectuoso es el resultado de su costo mas el 10% del mismo.

Esta política se la implantó en relación a la cantidad de recursos que se necesita para ensamblar un circuito electrónico y los recursos que se necesitan para reparar un defecto en este mismo circuito.

Una vez identificados los costos de producción y los precios de venta de los circuitos electrónicos, se harán los cálculos correspondientes para determinar las ventas realizadas por la empresa con el propósito de analizar el incremento de las mismas en cada una de las cuatro corridas.

Las ventas que realizó la empresa en cada corrida se las muestran en la tabla 23.

TABLA 23

VENTAS REALIZADAS

CORRIDA	P. APROBADOS	P. DEFECTUOSOS	VENTA TOTAL
PRIMERA	$ -	$ 152,00	**$ 226,00**
	$ 37,00	$ 37,00	
SEGUNDA	$ 228,00	$ 114,00	**$ 453,00**
	$ 74,00	$ 37,00	
TERCERA	$ 456,00	$ 76,00	**$ 1.124,00**
	$ 592,00	$ -	
CUARTA	$ 1.026,00	$ -	**$ 1.766,00**
	$ 703,00	$ 37,00	

Como ya se conoce, a través de cada una de las corridas se fueron implementando técnicas que permitieron incrementar la producción total de la empresa y redujeron la cantidad de productos defectuosos. El incrementar la producción total permitió que las ventas de la empresa se incrementen debido a se podía vender más de lo que se vendía en la “Primera Corrida”.

Tal como se observa en la tabla 23, las ventas de la empresa para la “Segunda Corrida” se incrementaron en 227 dólares, lo que es equivalente a un incremento del 200.44% de las ventas totales de la “Primera Corrida”.

Por otra parte, para la “Tercera Corrida” se incrementó la producción total, pero también se disminuyeron los costos lo que permitió

incrementar las ventas de la empresa en relación a la “Segunda Corrida”; de esto vemos que para esta corrida las ventas se incrementaron en 671 dólares, lo que es equivalente a un incremento del 248,12% de las ventas totales de la “Segunda Corrida”. Para la “Cuarta Corrida”, el aún mayor aumento de la producción total permitió que las ventas en relación a la “Tercera Corrida” se incrementen en 642 dólares, lo que equivale a una elevación del 157,11% de las ventas totales de la “Tercera Corrida”. El aumento de la producción total en esta corrida se debió a las técnicas implementadas y al decremento de los costos por re-trabajos que fueron mayormente eliminados en esta corrida.

Una vez analizado los ingresos obtenido en las ventas realizaremos un análisis de los costos totales para cada corrida, estos costos se los muestra en la tabla 24.

TABLA 24

COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN

CORRIDA	COSTOS P. APRO	COSTOS P. DEFECT	COSTOS RE-TRABAJO	COSTOS MANO OBRA	COSTOS SERVICIOS	COSTOS TOTALES
PRIMERA	$ -	$ 16,00	$ 1,60	$ 150,00	$ 81,00	**$ 254,90**
	$ 3,00	$ 3,00	$ 0,30			
SEGUNDA	$ 24,00	$ 12,00	$ 1,20	$ 150,00	$ 81,00	**$ 277,50**
	$ 6,00	$ 3,00	$ 0,30			
TERCERA	$ 48,00	$ 8,00	$ 0,80	$ 120,00	$ 45,00	**$ 269,80**
	$ 48,00	$ -	$ -			
CUARTA	$108,00	$ -	$ -	$ 135,00	$ 45,00	**$ 348,30**
	$ 57,00	$ 3,00	$ 0,30			

Como sabemos, todo producto que es considerado defectuoso representa un costo por re-trabajo, incrementando los costos por hora / hombre en los que incurre la empresa por cada unidad, estos costos se incrementan a medida que se incrementa la cantidad de productos defectuosos en el sistema. Es decir, los costos de producción son proporcionales a la cantidad de defectos que se producen, por lo tanto es bueno reducir la cantidad de productos defectuosos, pero es mejor reducir a la vez los costos por mala calidad.

Como se dijo anteriormente, una de las políticas de la empresa es que todo producto que fuere defectuoso tendrá un incremento en relación al costo incurrido de un 10%, valor que será considerado al momento de determinar los costos por productos defectuosos, de esto, en la tabla 24 observamos que la columna de costo por re-trabajos representa el 10% del costo de cada corrida para los productos defectuosos.

De la tabla anterior podemos analizar los costos incurridos por la empresa, de esto notamos que los costos por productos aprobados están calculados en base a la cantidad de productos que se obtuvieron sin ningún defecto. Por otro lado, los costos por productos con defectos muestran un decremento considerable para

cada corrida, donde la cantidad de productos defectuosos disminuye a medida que las técnicas fueron implementadas, a la vez que los costos por re-trabajos también se disminuyen porque disminuye el costo total en el que ellos están calculados.

Analizando los datos de la tabla 24 notamos que los costos totales (P. Aprobados, P. Defectuosos y Re-trabajos) incurridos por la empresa para la “Primera Corrida” representan un valor de 254,90 dólares, de los cuales se han identificado los costos variables (materiales), además que se utilizó diez (10) operarios y nueve (9) mesas, siendo estos últimos los costo fijos incurridos.

Para la “Segunda Corrida” los costos totales incurridos por la empresa representaron 277,50 dólares, donde los costos fijos tuvieron un mismo valor que en la corrida anterior, debido a que se utilizó la misma cantidad de operario y el mismo número de mesas.

Este escenario cambia a partir de la “Tercera Corrida”, donde los costos fijos disminuyeron sus valores debido a las técnicas aplicadas en esa corrida, donde solo se utilizó ocho (8) operarios y cinco (5) mesas, motivo por el cual los costos totales para la “Tercera Corrida” fueron de 269,80 dólares.

Para la “Cuarta Corrida” los costos pudieron ser controlados de mejor manera, donde la cantidad de productos defectuosos se vio reducida debido a que las técnicas implementadas en esta corrida hicieron hincapié en la reducción de defectos; por lo cual el costo total de producción para esta corrida corresponde a 348,30 dólares.

Una vez que se han determinado los costos unitarios de producción, los precios de venta, los puntos de equilibrio, las ventas realizadas y los costos de producción incurridos, corresponde analizar si la empresa generó perdidas, ni perdió ni gano dinero o si generó utilidades. Este análisis se lo hará en base a los datos del punto de equilibrio para cada corrida y a las ventas realizadas.

De acuerdo a la tabla 20, para que no se generen pérdidas la empresa tenia que vender al menos 254,78 dólares, pero de la tabla 23 observamos que la empresa solo vendió 226 dólares, por lo tanto la empresa no pudo cubrir los costos totales en los que incurrió, generando una pérdida de 28,78 dólares.

Pero esto cambia para las demás corridas, donde las ventas que realizó la empresa fueron mucho mayor a las que tenia que realizar para perder dinero, por lo tanto desde la “Segunda Corrida” hasta la “Cuarta Corrida” la empresa obtuvo utilidades, las cuales se las determinará con el siguiente análisis.

Con el cálculo del punto de equilibrio se determinó las cantidades mínimas de ensambles que la empresa debería producir y vender para no perder dinero, por lo tanto corresponde determinar las utilidades que obtuvo la empresa en las demás corridas, en base a las ventas realizadas y a los costos incurridos.

En la tabla 25 se muestra el cálculo del margen de utilidad obtenido por la empresa como resultado de la implementación de las técnicas.

TABLA 25

UTILIDADES DE LA EMPRESA

CORRIDA	VENTAS	COSTOS TOTALES	UTILIDADES
PRIMERA	$ 226,00	$ 254,90	**$ – 28,90**
SEGUNDA	$ 453,00	$ 277,50	**$ 175,50**
TERCERA	$ 1.124,00	$ 269,80	**$ 854,20**
CUARTA	$ 1.766,00	$ 348,30	**$ 1.417,70**

De la tabla anterior se puede notar que la producción total de la empresa no permite obtener ganancias en la “Primera Corrida”, obteniéndose una pérdida de 28,90 dólares, lo cual ya se lo demostró en un análisis anterior en base al punto de equilibrio. Esta pérdida de dinero se debe a que las ventas de la empresa no alcanzaron a cubrir los costos totales, debido a la baja producción que se obtuvo en esta corrida.

Para la “Segunda Corrida” la producción de la empresa se incrementó, permitiéndole a esta obtener una utilidad de 175,5 dólares. Con este valor se demuestra que las técnicas aplicadas en esta corrida generaron buenos resultados a pesar de no estar enfocadas en reducir costos de producción.

Para la “Tercera Corrida” las utilidades obtenidas fueron de 854,2 dólares, obteniéndose esto gracias a la reducción de los costos en los que incurre la empresa, como producto del análisis de los resultados obtenidos en la corrida anterior.

Por último analizaremos las utilidades obtenidas en la “Cuarta Corrida” las cuales fueron de 1417,70 dólares, permitiéndole a la empresa una utilidad mucho mejor que las obtenidas en las corridas anteriores. Este beneficio se dio gracias a las técnicas implementadas para esta corrida, donde la cantidad de productos defectuosos se redujo permitiendo disminuir los costos por producción e incrementando la producción total.

Otra manera de analizar los ingresos obtenidos y los costos incurridos es la determinación del punto de equilibrio en la mejora del proceso, donde los ingresos son iguales a los costos, este punto se lo muestra en la siguiente figura.

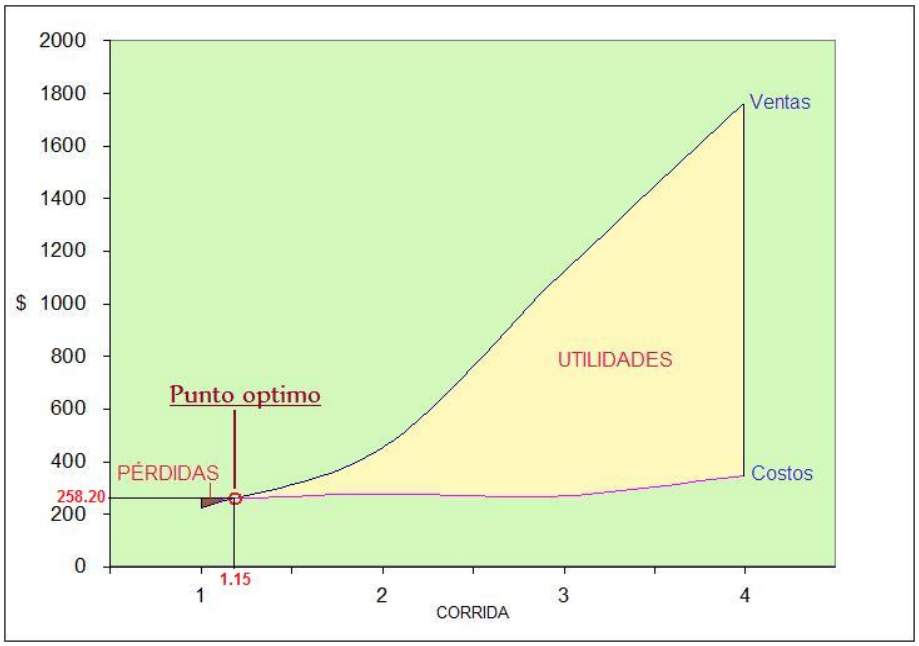


FIGURA 5.7 PUNTO DE EQUILIBRIO EN LA MEJORA

De la figura anterior podemos decir que el punto de equilibrio en la mejora se da entre la “Primera Corrida” y la “Segunda Corrida”, exactamente en la corrida 1.15; equilibrándose en 258,20 dólares aproximadamente. Esto nos indica que después de realizada la “Primera Corrida” y empezado el 15% de la mejora para la “Segunda Corrida” la venta de los ensambles producidos hasta ese momento cubren los costos totales. Por lo tanto cualquier actividad por abajo de estas cantidades representará pérdidas y cualquier actividad por encima generará utilidades para la empresa.

De los análisis realizados anteriormente se puede decir que la relación Costo / Beneficio obtenido para la empresa es muy

favorable, permitiendo de este modo que esta se mantenga en un mercado cada vez más competitivo que exige mayor calidad y a menor precio.

5.3 Documentación

En este capítulo se ha hecho un resumen de los resultados obtenidos y un análisis Costo / Beneficio de todo el sistema implementado, con lo cual se demostró que las técnicas de Producción Esbelta aplicadas e implementadas lograron convertir el sistema en eficiente y altamente productivo, con menor cantidad de productos defectuosos, con costos de producción más bajos y tiempos de ciclos reducidos.

Una vez que se ha concluido con la ejecución de las corridas y determinado el flujo definitivo de los procesos correspondientes a las cuatro corridas realizadas, se ha obtenido la Documentación final de todos los formatos, instructivos e instrucciones que se utilizaron a lo largo de esta tesis. Esta Documentación guarda cada uno de los nuevos requerimientos y políticas que se fueron determinando a través del análisis de los resultados que se iban obteniendo de las corridas y a medida que las técnicas de Producción Esbelta iban siendo implementadas en el sistema. Un resumen de esta Documentación se lo muestra en el Anexo – 27.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

Conclusiones

La optimización de los procesos esta orientada a desarrollar una cultura de producción eficiente y eficaz que mejore los controles y refuerce los mecanismos internos, con el propósito de responder a la demanda de clientes actuales y futuros de la organización.

En relación a la tesis desarrollada se muestran las mejoras que se realizaron a un proceso de ensamble de circuitos electrónicos, el cual fue previamente identificado y diseñado, con el propósito de mejorarlo en todos sus niveles utilizando técnicas de Producción Esbelta, las cuales fueron implementadas en el proceso luego de

realizar análisis basados en los resultados obtenidos, después de haberse ejecutado corridas (simulaciones) del proceso.

Para demostrar la efectividad de estas técnicas, con las que se logró incrementar la productividad del proceso y para mostrar como se realizó la aplicación de cada una de ellas se tomó como punto de referencia una empresa manufacturera de circuitos electrónicos con un sistema de producción ineficiente. Producto de los resultados obtenidos con la aplicación de las técnicas se concluye que este proceso de ensamble de circuitos electrónicos mejorado en esta tesis puede ser utilizado como un sistema didáctico de capacitación a empresas.

SEGUNDA CORRIDA

Layout

En la “Primera Corrida” el tiempo de ciclo total de producción que se obtuvo fue un valor muy elevado debido a la mala distribución de la planta y al ineficiente flujo del material, de esto la primera técnica implementada fue Layout la cual permitió reducir la distancia que el Transportista debía recorrer para trasladar los materiales de una estación de trabajo a otra, esto se lo obtuvo gracias a la redistribución de planta que se realizó para la “Segunda Corrida”, lo

que permitió reducir dramáticamente el tiempo de entrega a cada estación. Esta técnica también permitió desarrollar un nuevo flujo de material con el cual se creó una ruta mas corta de materiales en proceso, permitiendo reducir el tiempo de recorrido por transporte de material a través del mismo.

Cinco S – 5'S

Después de redistribuida la planta y de conocer el nuevo flujo del material se implemento la técnica de las Cinco S – 5'S, las cuales permitieron obtener ventajas favorables en lo que a orden y secuencia de trabajo se refiere; gracias a cada una de las normas que implica utilizar 5'S se pudo inculcar a los operarios la mejor manera de organizar su estación de trabajo, aprendiendo a clasificar de una manera estándar sus materiales y manteniéndola en el tiempo. Esto permitió que la producción total en la "Segunda Corrida" incremente sus unidades y creé un ambiente mas adecuado en todas las estaciones de trabajo y un orden en la planta. Otra de las maneras en que se utilizó las 5'S fue colocándoles nombres a cada estación de trabajo, esto se lo hizo por medio de Letreros que permitieron al Transportista identificar cada estación mas rápidamente y por ende entregar los materiales en un menor tiempo permitiendo esto que el tiempo de ciclo total se reduzca.

TERCERA CORRIDA

Las técnicas utilizadas en la “Segunda Corrida” pusieron orden e incrementaron en cierta manera la producción total de la empresa, pero no redujeron los costos de producción ni eliminaron el inventario en cada estación de trabajo. Es por esto que la reducción de los costos de producción fue el objetivo principal a cumplirse en la “Tercera Corrida”, con el propósito de incrementar las utilidades de la empresa.

Después de realizada la “Segunda Corrida” se concluyó que la manera en la que se trasladaba el material a través del proceso incrementaba los costos y a la vez ponía en riesgo los materiales, siendo además una actividad que no agregaba valor alguno al producto final, de esto se decidió eliminar del proceso al Transportista permitiendo que el material sea trasladado directamente entre estaciones de trabajo. Otra actividad que no agregaba valor alguno al producto pero que si incrementaba los costos era la que realizaba el Programador de Producción el cual se dedicaba a surtir las materias primas, este costo se lo eliminó distribuyendo las materias primas en cada estación de trabajo correspondiente; lo que permitió reducir los costos por transporte innecesario de materiales a través del proceso eliminando el riesgo

de una mala distribución del mismo y permitiendo al operario disponer de la materia prima justo en el momento que la necesita.

Para ayudar a reducir el tiempo de ciclo total se trato de minimizar las distancias que existían entre estaciones de trabajo, logrando reducir en el 70% dichas distancia, también se decidió reducir el número de mesas por estación que se utilizaba, reduciendo de nueve (9) a solo cinco (5) mesas en total. Estas mejoras permitieron que los costos por distancia en recorridos de material y por utilización de recursos (mesas) se reduzca favorablemente, a la vez que se logró reducir el tiempo de traslados entre estaciones del material.

Producción Pull

Luego de aplicar las mejoras anteriores al proceso y de reducir en cierta manera los costos, fue necesaria la implementación de la técnica de Producción Pull, la cual nos permitió incrementar la producción total de circuitos electrónicos eliminando los costos generados por estaciones de trabajo privadas. Esta técnica se maneja como bien sabemos con tarjetas denominadas Kanban, las mismas que permitieron que el proceso se desarrolle bajo un esquema de orden especifico, manteniendo el correcto flujo del material y reduciendo drásticamente el inventario de productos en

proceso (WIP) que se generaba anteriormente en cada estación de trabajo como resultado de un accidental sistema de producción Push que regía las políticas de la empresa.

Producción Unitaria

Hasta la “Segunda Corrida” se utilizó lotes de producción, en el cual se programaba la producción por lotes que contenían cierta cantidad de unidades que debían ser trabajadas de manera conjunta, es decir lote a lote; esta política de producción cambió como resultado de la implementación del sistema Pull, con el propósito de reducir la cantidad de productos en proceso en cada estación de trabajo. Programar la producción de manera unitaria facilitó la tarea de los operarios permitiéndoles que estos trabajen por unidades, es decir que a sus estaciones arribe solo una unidad de material a trabajar por cada arribo programado, lo que permitió incrementar la producción total debido a que ahora cada operario se concentraban en una unidad a producir y no en un lote completo con cierta cantidad de unidades.

Trabajo en Equipo

La inducción de esta práctica en los operarios permitió que todos trabajen a un ritmo específico de producción, ayudados por las

ventajas de la Producción Pull y de la necesaria forma de producir según el ritmo de producción de la estación sucesora, el personal de planta, pasó de ser de un grupo de trabajo a un equipo de trabajo, en el cual cada uno de ellos consideraban el ritmo de producción del siguiente operario a manera de permitir que el flujo de material se mantenga en el curso correcto, elevándose de esta manera la producción total y reduciendo los costos por bloqueos de inventario de productos en proceso en cada estación de trabajo.

CUARTA CORRIDA

Calidad en la Fuente

Al aplicar esta técnica se obtuvo grandes beneficios en lo que a reducción de costos de producción se refiere, debido a que ahora la calidad de los productos era inspeccionada en cada estación de trabajo a la que ingresaban las piezas. Hasta la “Tercera Corrida” la calidad era inspeccionada al final de la línea de producción, donde se podía observar la cantidad de productos defectuosos que eran detectados por el Inspector, dando como resultados altos costos por re-trabajos. El implementar esta técnica exigía que todos los operarios conozcan los subprocesos por los que pasaba un producto y los requerimientos de calidad con los que debería llegar a la siguiente estación, convirtiendo esto a los operarios en inspectores

de calidad en cada punto de producción que controle mejor el flujo de productos defectuosos.

Producto de los resultados de esta técnica los re-trabajos en las piezas se redujeron, por lo que fue necesario retirar del sistema la estación del A_R lo que dio paso a que los costos por re-trabajo y traslado innecesario de productos defectuosos se reduzcan eficientemente.

Balanceo de Líneas

La inequilibrada carga de trabajo en cada una de las estaciones fue desde la “Primera Corrida” la causa para que en el proceso se generen cuellos de botella que impedían que el flujo del material se desarrolle de manera normal, y a la vez esto ocasionaba que ciertas estaciones estén privadas. Es por esto que el balancear la línea de producción permitió que estos cuellos de botella y las privaciones desaparezcan del proceso, dando paso a que el flujo de material se desarrolle de manera normal debido a que la carga de trabajo para cada operario estaba balanceada de manera que estos pudieran trabajar a un solo ritmo de producción. El eliminar los cuellos de botella y las privaciones utilizando Balanceo de Líneas permitió que la empresa pueda cumplir con la demanda de productos que tenía en lista, eliminando de esta manera la brecha de demanda

insatisfecha con la que contaba debido al incumplimiento hacia sus clientes.

Manufactura Celular

La aplicación de esta técnica esta basada en la multifuncionalidad de cada operario, convirtiendo al sistema en flexible ante cualquier situación de ausentismo del personal, todos los operarios de la celda de manufactura pueden realizar cada una de las actividades que se realizan en el proceso, permitiendo esto trabajar de manera mas compacta como un equipo de trabajo debido a que la comunicación entre los operarios se mejoró por la reubicación de las estaciones dentro del esquema planteado a partir de la “Tercera Corrida”. A la vez que con esta técnica se refuerza más el concepto de Calidad en la Fuente, debido a que cada operario conoce como deben llegar las piezas a trabajarse en su estación, por lo que si se identifica un defecto este puede ser reparado, reduciendo de esta manera la cantidad de productos defectuosos e incrementando la flexibilidad del sistema.

A manera de conclusión general, se puede decir que el rediseño del proceso de ensamble de circuitos electrónicos utilizando técnicas de Producción Esbelta se basó en un replanteamiento integral de todo el sistema, donde los procesos deben innovarse a medida que las

condiciones del mercado, la competencia, la globalización y la tecnología se impongan como una necesidad latente.

Al adoptar una postura de coexistencia controlada de la mejora continua y de la innovación basada en técnicas de Producción Esbelta se ha garantizado el camino a la competitividad y por supuesto, al logro de los objetivos que desde el principio se plantearon en esta tesis, con el propósito de realizar un cambio radical en las políticas de producción pero sin cambiar el objetivo de la empresa, obteniendo resultados que demostraron los beneficios obtenidos, con costos de producción menores a los iniciales, con tiempos de entrega puntuales y con costos por re-trabajos dramáticamente reducidos, fomentando el compromiso con la calidad por parte de todos los involucrados, ganando terreno en el crecimiento individual, colectivo y, en su conjunto, de toda la empresa que en esta tesis ha sido objeto de estudio y aplicaciones.

Recomendaciones

- La optimización de los recursos y la maximización de las utilidades es el principal objetivo de un plan de mejora e innovación de los procesos, pero para poder cumplir con los objetivos planteados es recomendable desarrollar una metodología a seguir para cada etapa de la mejora, definiendo

claramente el o los problemas para poder identificar y seleccionar la mejor técnica a implementar, de acuerdo al análisis de los datos obtenidos.

- El control del proceso después de implementada una técnica no termina después de obtener los primeros resultados, un correcto plan de control para un proceso recién mejorado corresponde a siempre considerar aquellos problemas que pueden de una u otra manera afectar al buen desempeño de la técnica aplicada, para contrarrestar estas variaciones es recomendable preparar una estrategia de soluciones emergente por medio de la cual se pueda identificar los problemas y se determinen soluciones a cada uno, evitando de esta manera que los resultados se desvíen de los objetivos esperados después de implementada la mejora y a la vez esto permite que la calidad se mantenga a través del tiempo.
- Para que un plan de mejora e innovación continua funcione es necesario tomar en cuenta muchas consideraciones, una de ellas y la más importante es mantener un clima de información y comunicación clara, fluida y constante de una manera vertical así como horizontal; para esto es recomendable que todos los involucrados en el proceso sobre el cual se desarrolla un plan de

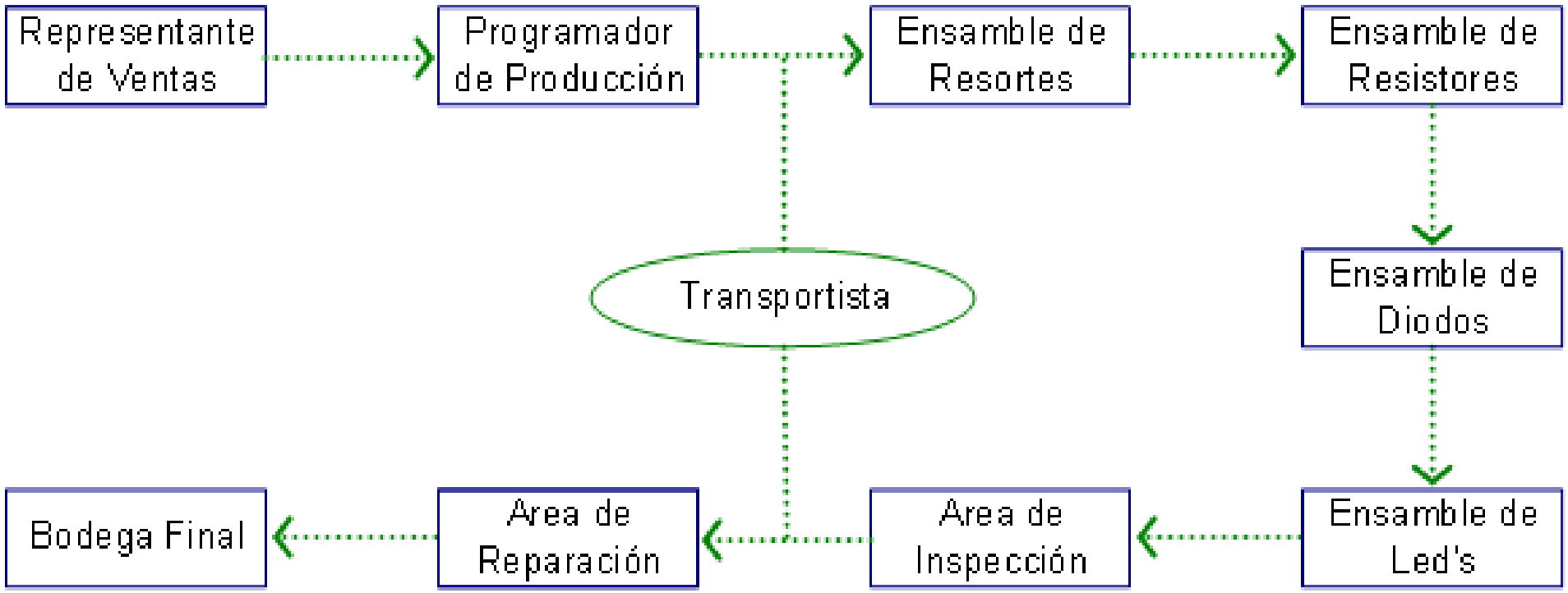
mejora sientan que todo lo que se esta haciendo es transparente, esto es básico para el buen compromiso de todos.

- En toda estación de trabajo y de manera conjunta en todo sistema de producción los problemas son demasiados, el tiempo limitado y los recursos escasos; debido a esto es recomendable que un plan de mejora tenga en cuenta esta realidad considerando que toda mejora solo es posible desde planteamientos que establezcan con claridad que hay que hacer y hasta donde queremos llegar, para lo cual también es recomendable utilizar con realismo los recursos existen.
- Un plan de mejora se desarrolla básicamente en tres etapas, las que van desde la identificación y análisis del problema, la selección e implementación de las soluciones y el control operativo del nuevo proceso; es por esto que es necesario establecer desde un principio un compromiso con cada uno de los responsables de cada estación, creando con ellos una relación estrecha con los objetivos de la empresa y del plan a implementarse, lo que dará como resultado un control detallado en cada etapa por parte de todos los involucrados.

ANEXOS

ANEXO – 1

DIAGRAMA DEL PROCESO



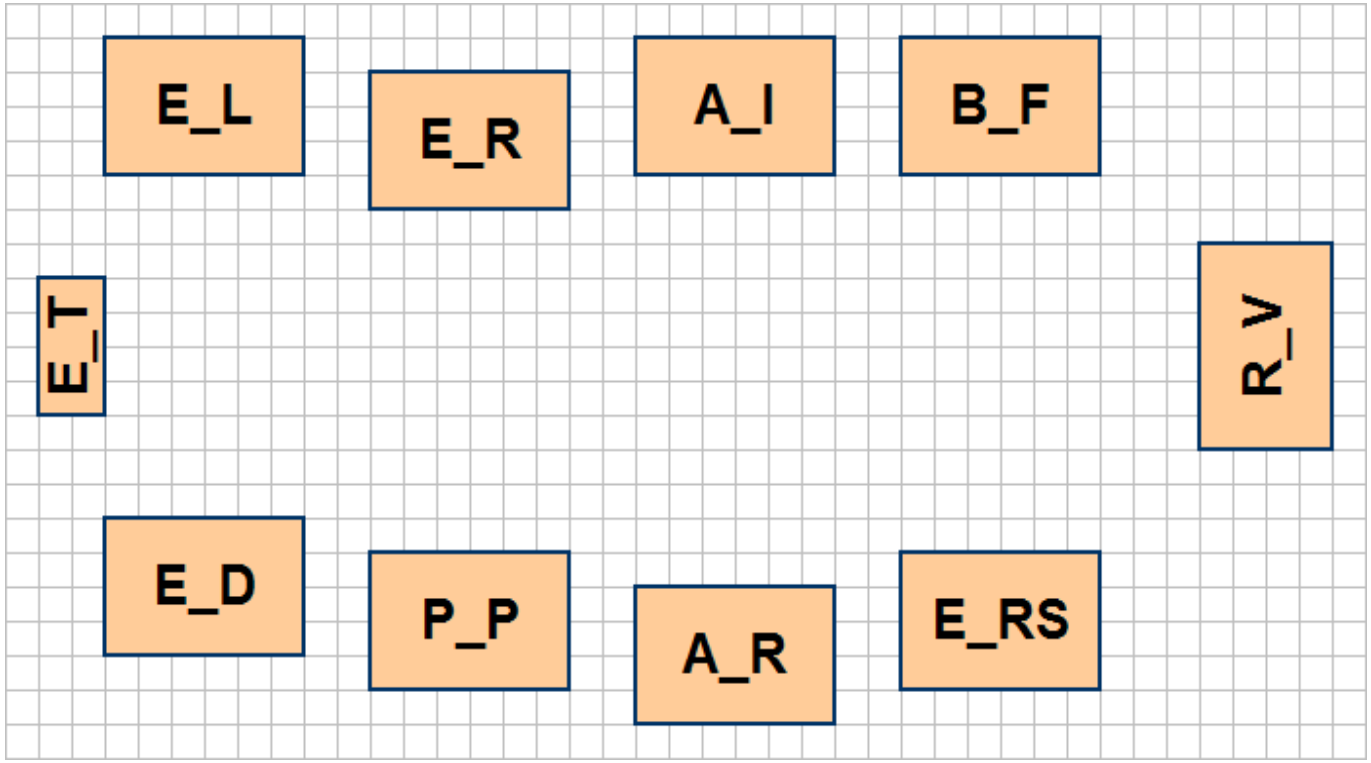
ANEXO – 2

PROGRAMACIÓN DE LA DEMANDA DEL CLIENTE

Tiempo (min)	Cliente	# Pedido	Cantidad	Color	Hora Prometida (min)		Tiempo (min)	Cliente	# Pedido	Cantidad	Color	Hora Prometida (min)	
0:20	AA	1	3	Rojo	5:20		8:00	GC	21	1	Azul	13:00	
0:40	AB	2	1	Azul	5:40		8:30	HA	22	2	Azul	13:30	
1:00	AC	3	2	Rojo	6:00		9:00	HB	23	1	Rojo	14:00	
1:20	BA	4	1	Rojo	6:20		9:30	HC	24	2	Azul	14:30	
1:40	BB	5	2	Azul	6:40		10:00	IA	25	1	Azul	15:00	
2:00	BC	6	1	Azul	7:00		10:20	IB	26	1	Rojo	15:20	
2:20	CA	7	3	Azul	7:20		10:40	IC	27	2	Azul	15:40	
2:40	CB	8	1	Azul	7:40		11:00	JA	28	2	Rojo	16:00	
3:00	CC	9	1	Azul	8:00		11:20	JB	29	1	Azul	16:20	
3:20	DA	10	1	Azul	8:20		11:40	JC	30	3	Azul	16:40	
3:40	DB	11	2	Rojo	8:40		12:00	KA	31	2	Azul	17:00	
4:00	DC	12	1	Azul	9:00		12:20	KB	32	1	Azul	17:20	
4:20	EA	13	3	Azul	9:20		12:40	KC	33	1	Rojo	17:40	
4:40	EB	14	1	Azul	9:40		13:00	LA	34	2	Azul	18:00	
5:00	EC	15	1	Rojo	10:00		13:20	LB	35	1	Azul	18:20	
5:30	FA	16	2	Rojo	10:30		13:40	LC	36	3	Rojo	18:40	
6:00	FB	17	1	Rojo	11:00		14:00	MA	37	1	Azul	19:00	
6:30	FC	18	2	Rojo	11:30		14:20	MB	38	2	Azul	19:20	
7:00	GA	19	3	Azul	12:00		14:40	MC	39	1	Azul	19:40	
7:30	GB	20	1	Azul	12:30		15:00	NA	40	3	Azul	20:00	

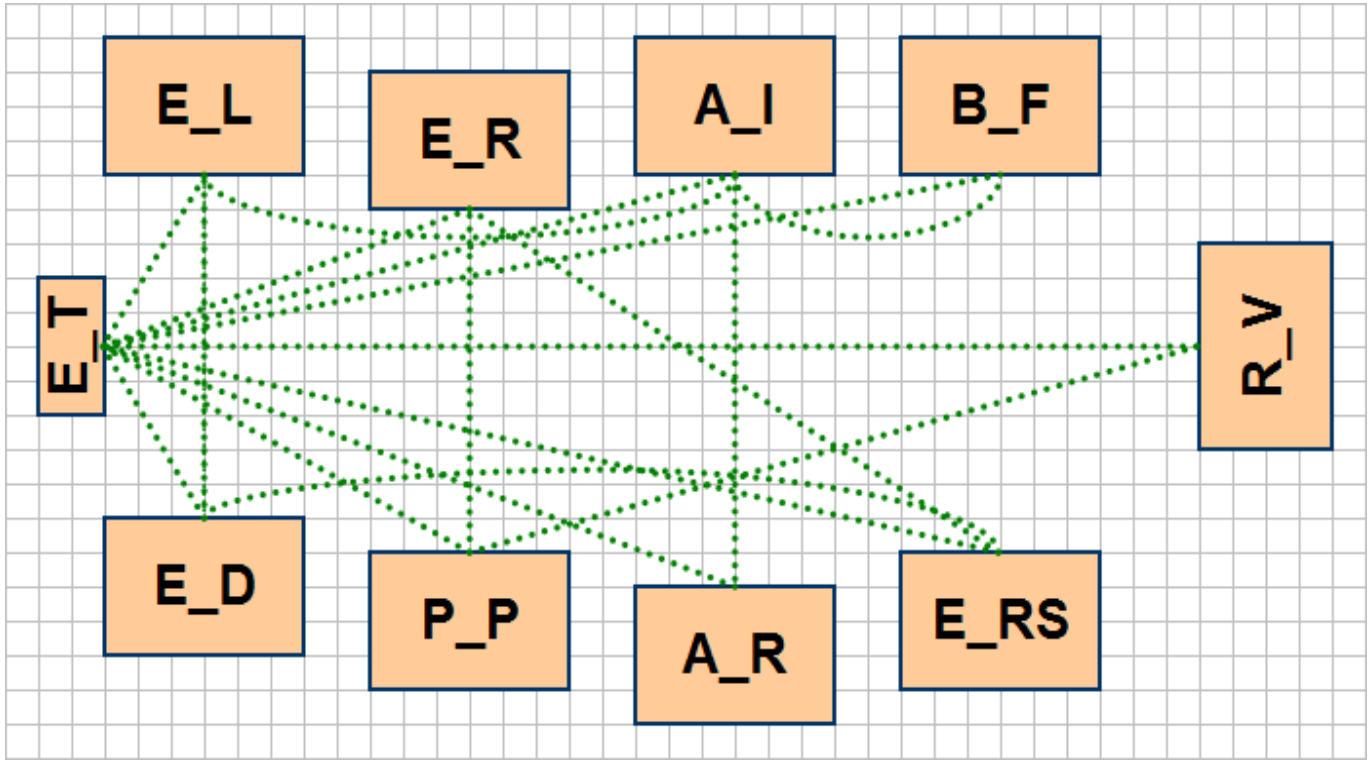
ANEXO – 3

LAYOUT DE LA PLANTA EN LA <u>PRIMERA CORRIDA</u>



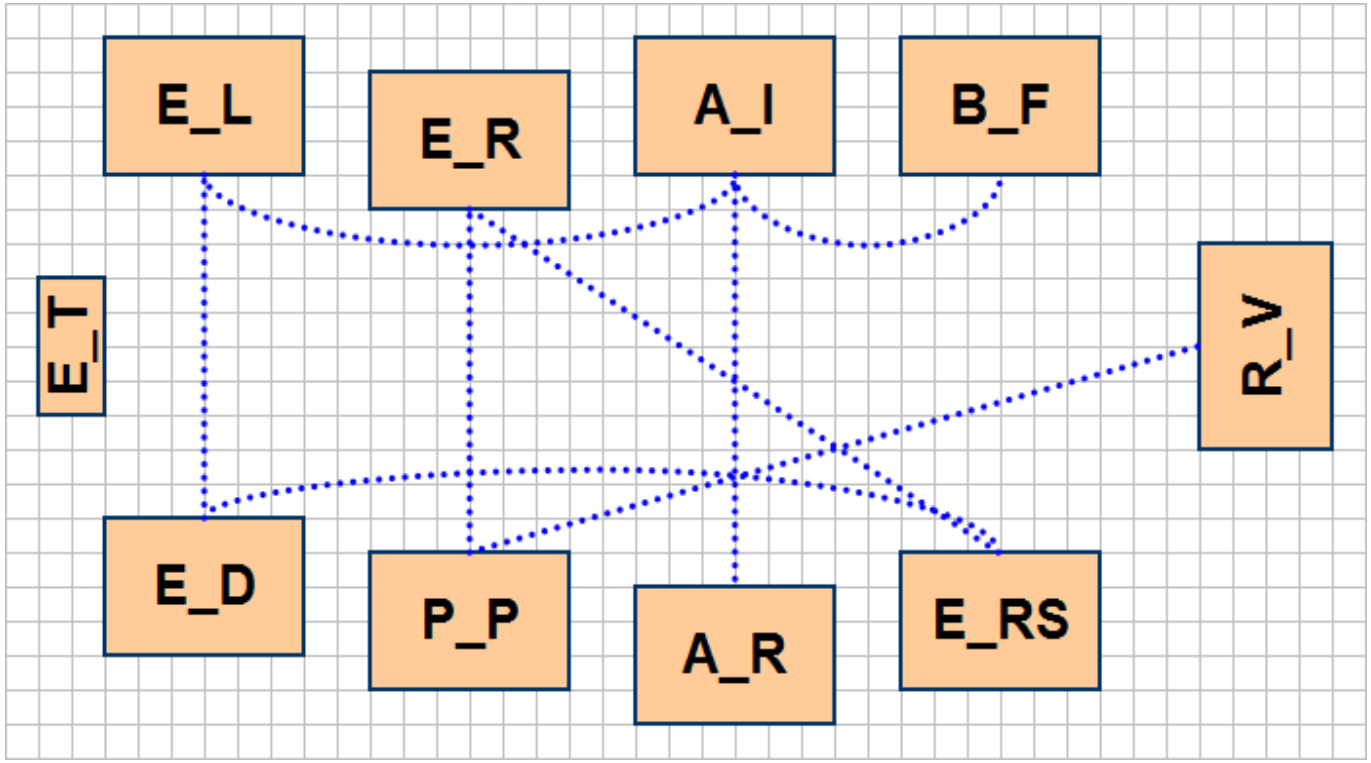
ANEXO – 4

RECORRIDO DEL TRANSPORTISTA EN LA <u>PRIMERA CORRIDA</u>



ANEXO – 5

RECORRIDO DEL MATERIAL EN LA <u>PRIMERA CORRIDA</u>



ANEXO – 6

FOTOS DE LA PRIMERA CORRIDA

ANEXO – 7

TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO DEL TRANSPORTISTA ENTRE ESTACIONES - PRIMERA CORRIDA

E_T	R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	A_I
HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA
R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	A_I	B_F
7,18	6,92	4,25	5,65	6,68	5,21	7,14	6,25	6,84	6,28
7,65	6,14	4,65	5,1	7,15	5,84	7,65	6,84	7,45	6,94
8,32	5,77	4,87	4,87	7,21	5,66	7,15	6,47	6,27	
8,15	6,12	4,27	5,26	7,46	4,94	7,65	6,84	7,15	
7,89	6,25	4,95	4,78	7,45	5,79	6,98	6,27	6,25	
7,91	6,84	5,25	6,09	7,14	5,68	8,65	6,47		
8,64	7,05	3,84	6,14	7,25	4,97	9,12	6,98		
7,89	7,12	5,25	5,68	6,72	5,68	9,35	6,12		
8,15	6,95	5,68	6,25	7,5	7,6	7,25			
8,84	7,12	5,01	5,54	7,65	4,65	6,25			
8,62	7,68	6,79	5,98	7,31	9,25				
7,89	7,94	4,95	6,25	7,18	5,25				
7,94	8,25	6,29	7,84	6,98					
7,77	7,69	5,63	8,25	6,25					
8,24	7,84	4,75							
8,69	6,47	4,76							
8,77	6,81	22,21							
8,65	6,68	12,73							
0,14	**0,12**	**0,11**	**0,10**	**0,12**	**0,10**	**0,13**	**0,11**	**0,11**	**0,11**
min	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**

Nota: Los datos de esta tabla están en segundos y los resultados en minutos

ANEXO – 8

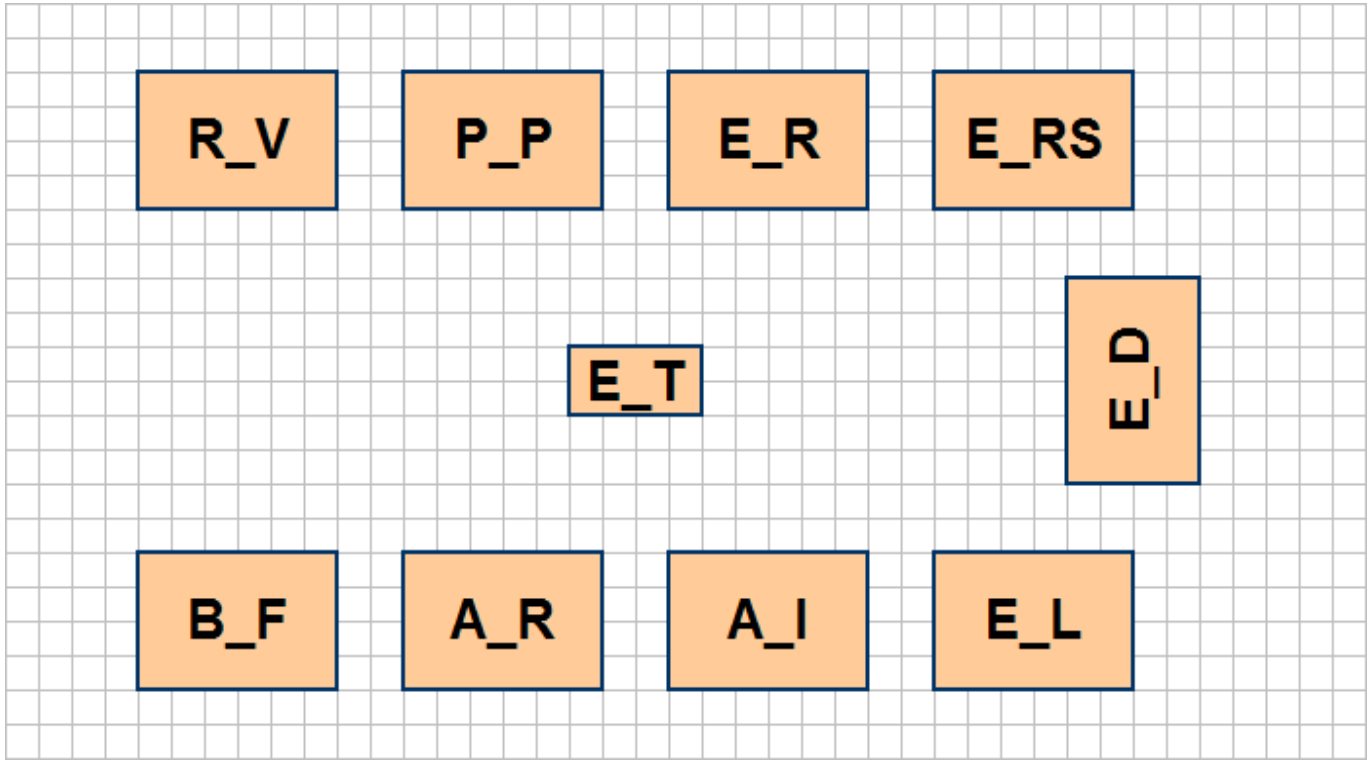
TIEMPOS DE ESPERA Y TIEMPOS DE CICLO POR CADA ESTACIÓN – PRIMERA CORRIDA

R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	B_F
1,53 min	1,53 min	1,53 min	1,53 min	1,53 min	1,53 min	1,53 min	1,53 min	1,53 min

R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	B_F
10,68	23,02	20,65	19,65	9,65	10,45	13,81	25,65	9,89
10,89	22,54	20,23	19,87	9,8	10,57	13,89	25,89	10,08
11,01	21,36	20,87	19,65	9,09	10,65	13,84	25,68	9,87
9,89	21,65	21,09	20,17	8,74	9,84	13,56	25,68	
9,87	22,36	20,87	20,35	9,75	9,84	13,98	26,54	
10,42	20,98	20,58	19,58	9,25	9,84	13,65		
10,23	22,15	20,64	20,31	9,14	9,65	13,78		
9,47	21,68	21,11	21,06	9,26	9,84			
9,87	22,06	20,57	20,06	9,67				
10,12	22,69	20,36	21,09					
9,86	23,58	20,48	20,17					
10,12	22,29	19,25	20,09					
9,84	22,15	19,84	20,14					
10,02	22,35	20,09	20,04					
10,11 seg	**22,18 seg**	**20,45 seg**	**20,10 seg**	**9,36 seg**	**10,08 seg**	**13,77 seg**	**25,89 seg**	**9,92 seg**

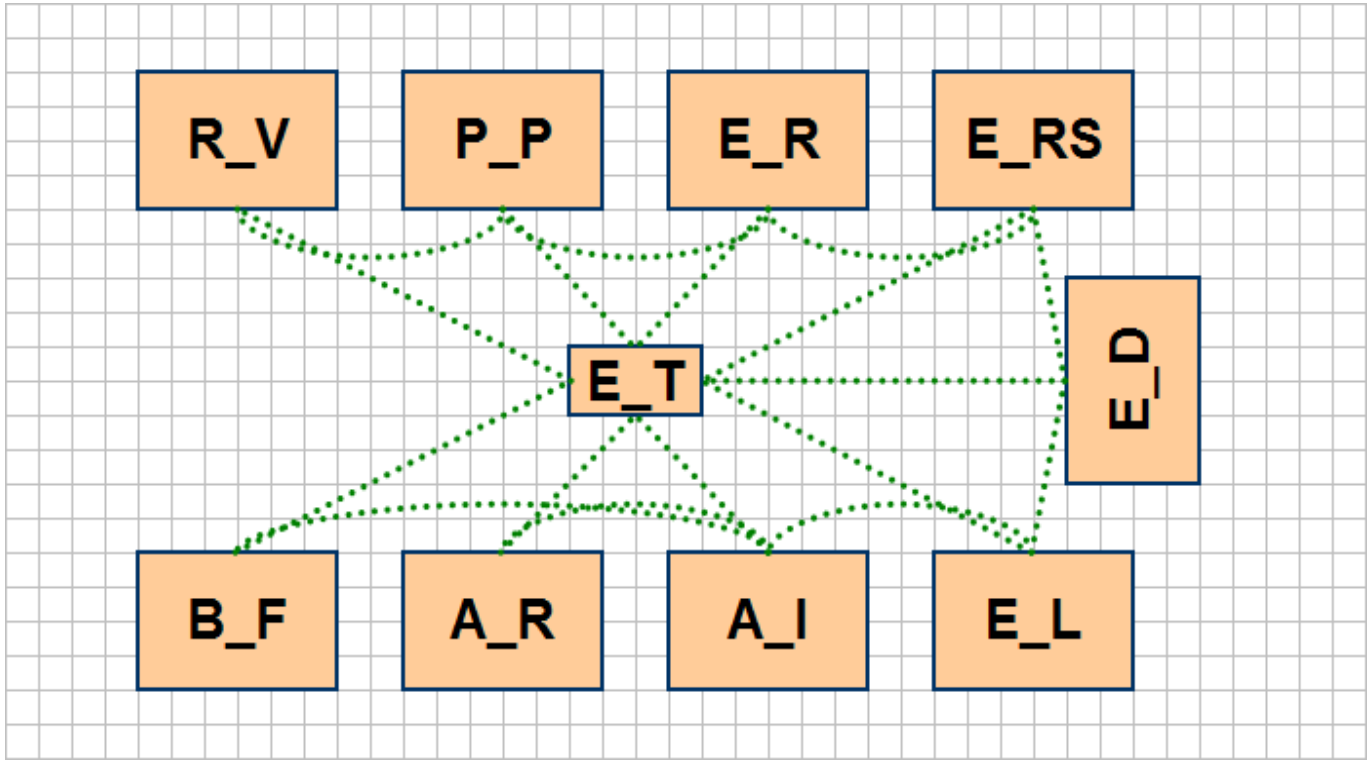
ANEXO – 9

LAYOUT DE LA PLANTA EN LA <u>SEGUNDA CORRIDA</u>



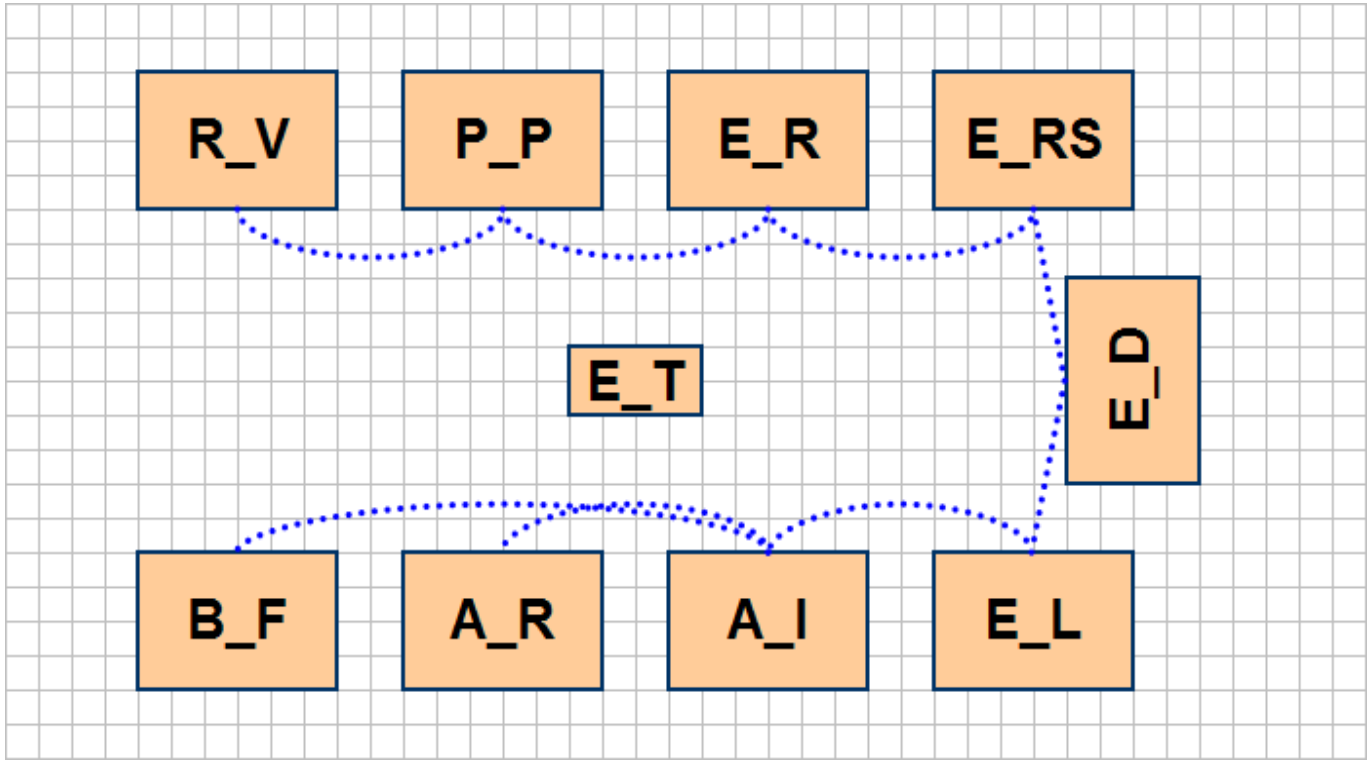
ANEXO – 10

RECORRIDO DEL TRANSPORTISTA EN LA <u>SEGUNDA CORRIDA</u>



ANEXO – 11

RECORRIDO DEL MATERIAL EN LA <u>SEGUNDA CORRIDA</u>



ANEXO - 12

LETREROS UTILIZADOS EN LA SEGUNDA CORRIDA

REPRESENTANTE
DE
VENTAS

PROGRAMADOR
DE
PRODUCCIÓN

ANEXO - 13

TARJETAS UTILIZADAS EN LA SEGUNDA CORRIDA

ANEXO – 14

FOTOS DE LA SEGUNDA CORRIDA

ANEXO – 15

TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO DEL TRANSPORTISTA ENTRE ESTACIONES – SEGUNDA CORRIDA

E_T	R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	A_I
HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA
R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	A_I	B_F
6,87	4,89	4,25	4,68	4,47	3,95	5,65	6,25	5,21	5,31
6,25	4,32	4,68	4,19	5,12	3,48	6,15	5,21	5,61	5,21
4,47	4,15	4,18	4,84	5,19	4,25	5,84	4,68	5,21	5,18
6,15	5,65	4,05	5,28	5,14	4,61	5,87	5,68	5,26	5,14
7,25	4,84	5,05	5,12	6,15	4,84	5,47	6,28	4,58	5,13
5,65	4,16	4,98	5,62	6,14	4,15	5,65	4,58	5,18	
6,21	4,68	4,65	5,02	4,15	4,65	6,21			
6,15	4,81	4,25	5,1	4,65	5,21	6,25			
6,25	5,29	4,65	5,14	4,58	6,24	4,25			
6,16	5,16	4,61	4,65	4,65	5,28	5,65			
6,65	5,21	4,87	4,25						
6,48	6,21	5,26							
6,29	6,06	5,35							
6,65	5,26	5,18							
6,84	6,69	4,68							
6,14	5,84	4,98							
6,74	5,68	4,84							
5,12	6,25	5,14							
0,10	**0,09**	**0,08**	**0,08**	**0,08**	**0,08**	**0,09**	**0,09**	**0,09**	**0,09**
min	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**

Nota: Los datos de esta tabla están en segundos y los resultados en minutos

ANEXO – 16

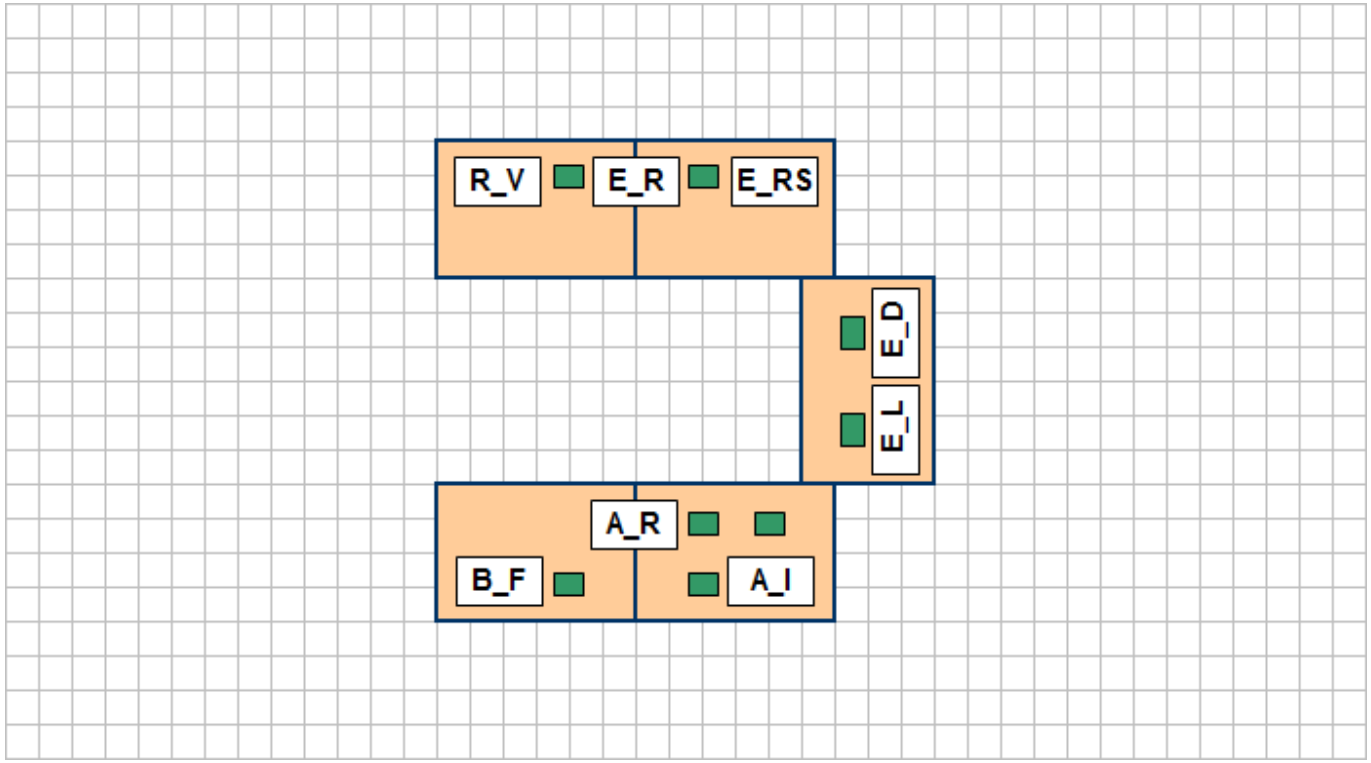
TIEMPOS DE ESPERA Y TIEMPOS DE CICLO POR CADA ESTACIÓN – SEGUNDA CORRIDA

R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	B_F
1,18 min	1,18 min	1,18 min	1,18 min	1,18 min	1,18 min	1,18 min	1,18 min	1,18 min

R_V	P_P	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	B_F
9,68	20,68	19,56	18,61	8,97	8,57	13,02	23,58	8,94
9,71	20,75	19,25	18,36	8,84	8,69	12,84	23,74	8,58
9,84	20,13	19,54	19,05	8,86	8,74	12,84	23,98	8,45
9,74	20,59	20,11	18,61	9,09	8,65	12,94	23,84	8,64
9,68	20,84	20,1	18,57	9,12	8,54	12,74	23,25	8,47
10,24	20,58	19,75	18,69	9,25	8,62	12,68	23,58	8,69
9,38	21,14	19,68	18,14	8,89	8,32	12,87	23,84	
10,18	21,25	19,24	18,49	8,74	8,11	12,65		
10,21	20,15	19,48	18,17	8,69	8,65			
9,87	20,35	19,35	18,32	8,74	8,14			
9,68	20,69	20,25	18,47					
9,87	20,47	20,06	18,14					
9,81	20,61	19,25	18,26					
9,94	20,36	19,13	18,11					
9,84 seg	**20,36 seg**	**19,48 seg**	**18,35 seg**	**8,91 seg**	**8,21 seg**	**12,78 seg**	**23,63 seg**	**8,62 seg**

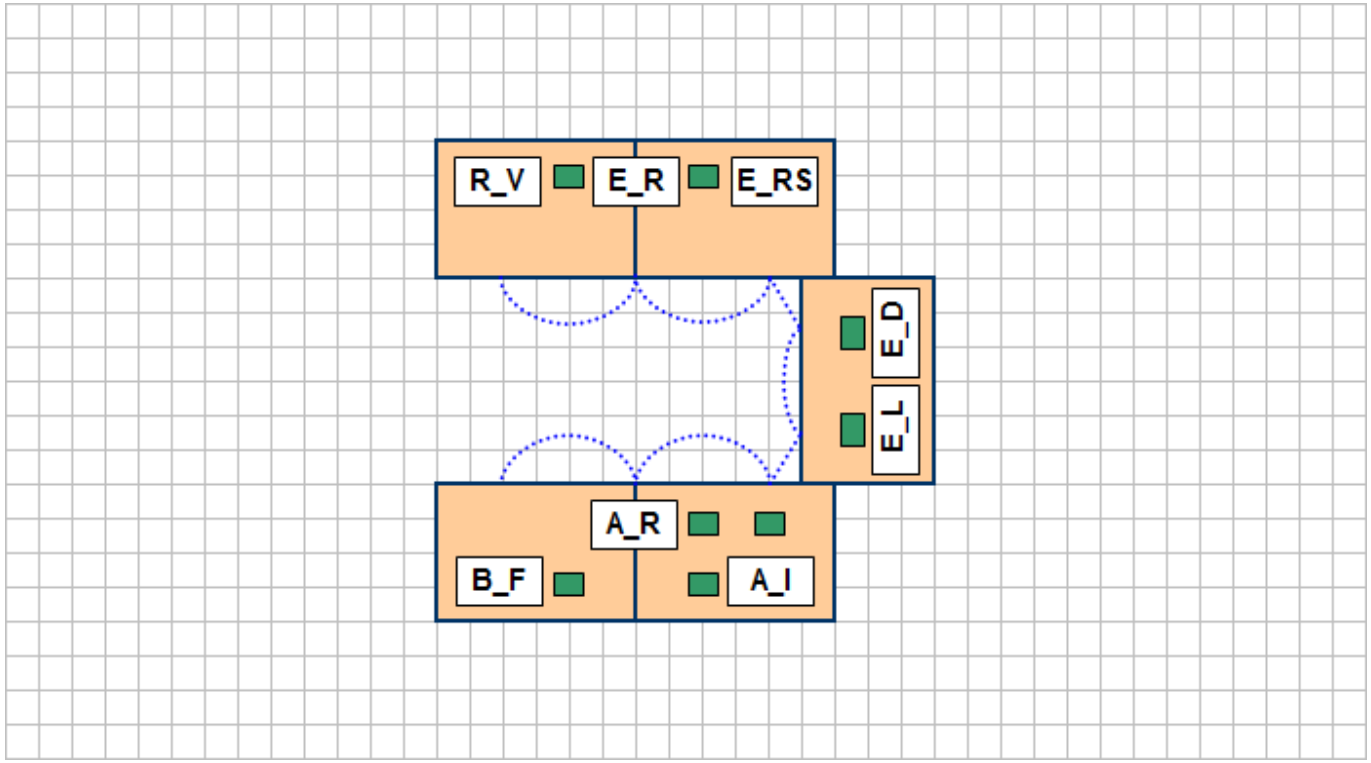
ANEXO – 17

LAYOUT DE LA PLANTA EN LA TERCERA CORRIDA



ANEXO – 18

RECORRIDO DEL MATERIAL EN LA <u>TERCERA CORRIDA</u>



ANEXO - 19

TARJETAS KANBAN UTILIZADAS EN LA TERCERA CORRIDA

KANBAN

ENSAMBLE DE RESORTES

KANBAN

ENSAMBLE DE RESISTORES

ANEXO – 20

FOTOS DE LA TERCERA CORRIDA

ANEXO – 21

TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO DEL MATERIAL ENTRE ESTACIONES – TERCERA CORRIDA

R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	A_I
HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA
E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	A_I	B_F
4,25	3,54	3,58	3,25	3,15	3,26	4,25	3,25
4,35	3,65	3,98	2,58	3,25	4,25	4,15	3,54
4,21	3,18	3,18	2,94	3,15	3,54	3,98	3,56
4,15	3,17	3,18	2,65	2,68	3,54	3,78	4,15
4,35	4,65	4,15	2,48	3,65	4,15	3,48	4,65
4,15	4,15	4,56	3,21	2,89	4,56	3,14	2,89
4,15	3,64	4,18	3,25	3,15	4,94	4,18	2,54
2,65	3,89	4,84	3,89	3,1	4,78	4,15	2,65
3,5	3,84	4,65	3,65	4,02	4,88	4,65	3,15
3,54	4,15	4,65	3,18	3,5	4,21	3,15	3,14
3,15	4,15	5,14	3,98	3,9	5,12	3,15	2,84
4,15	4,15	4,84	3,84	4,18	4,35	3,51	
3,25	4,68	4,68	3,25	3,15	3,89	3,15	
3,25	4,81	4,32	3,12	3,25	4,18	3,84	
4,12	3,65	4,65	3,54	3,65	4,12	3,18	
4,51	4,25	4,18	3,87	3,14	4,58		
3,85	5,15	4,98	3,98	3,58			
4,68	5,58	4,01	3,25				
0,07	**0,07**	**0,07**	**0,06**	**0,06**	**0,07**	**0,06**	**0,06**
min	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**

Nota: Los datos de esta tabla están en segundos y los resultados en minutos

ANEXO – 22

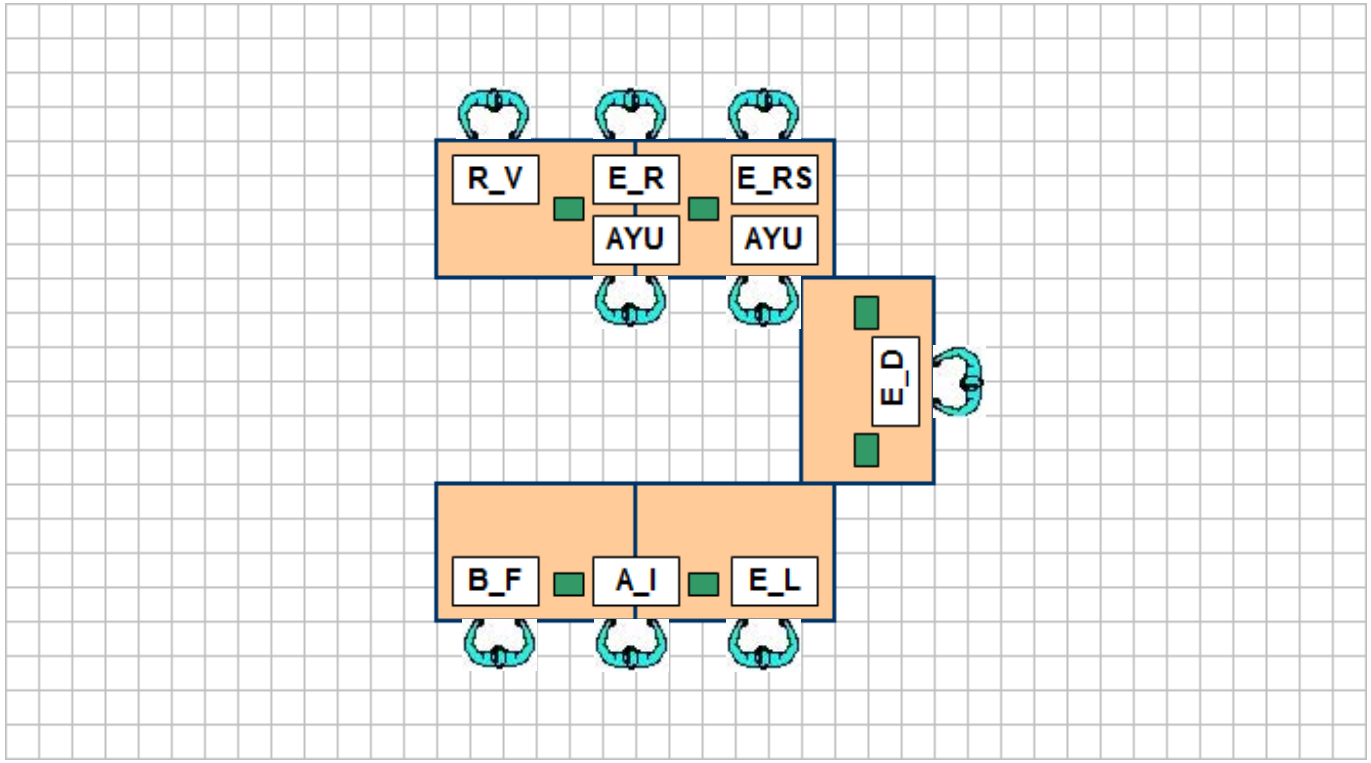
TIEMPOS DE ESPERA Y TIEMPOS DE CICLO POR CADA ESTACIÓN - TERCERA CORRIDA

R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	B_F
0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
min	min	min	min	min	min	min	min

R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	A_R	B_F
8,45	18,15	16,84	8,48	7,58	7,1	20,58	7,15
8,65	17,25	16,25	7,54	7,98	7,15	21,65	7,15
8,48	17,65	16,98	8,69	7,84	7,14	21,94	7,18
8,68	18,25	17,25	8,74	7,58	7,11	20,89	7,14
8,15	17,25	16,25	7,65	8,15	7,15	21,21	7,84
8,18	18,32	15,89	7,15	7,48	7,65	21,58	7,15
8,65	18,14	16,58	7,58	7,62	7,74	22,35	
8,54	18,32	16,59	7,68	7,68	7,15		
8,15	18,24	16,84	7,89	7,84			
8,14	18,15	16,35	7,84	7,65			
8,12	17,32	16,84					
8,23	17,15	18,18					
8,65	17,65	16,25					
8,65	19,13	15,25					
8,35	**17,92**	**16,10**	**7,89**	**7,74**	**7,10**	**21,35**	**7,25**
seg	**seg**	**seg**	**seg**	**seg**	**seg**	**seg**	**seg**

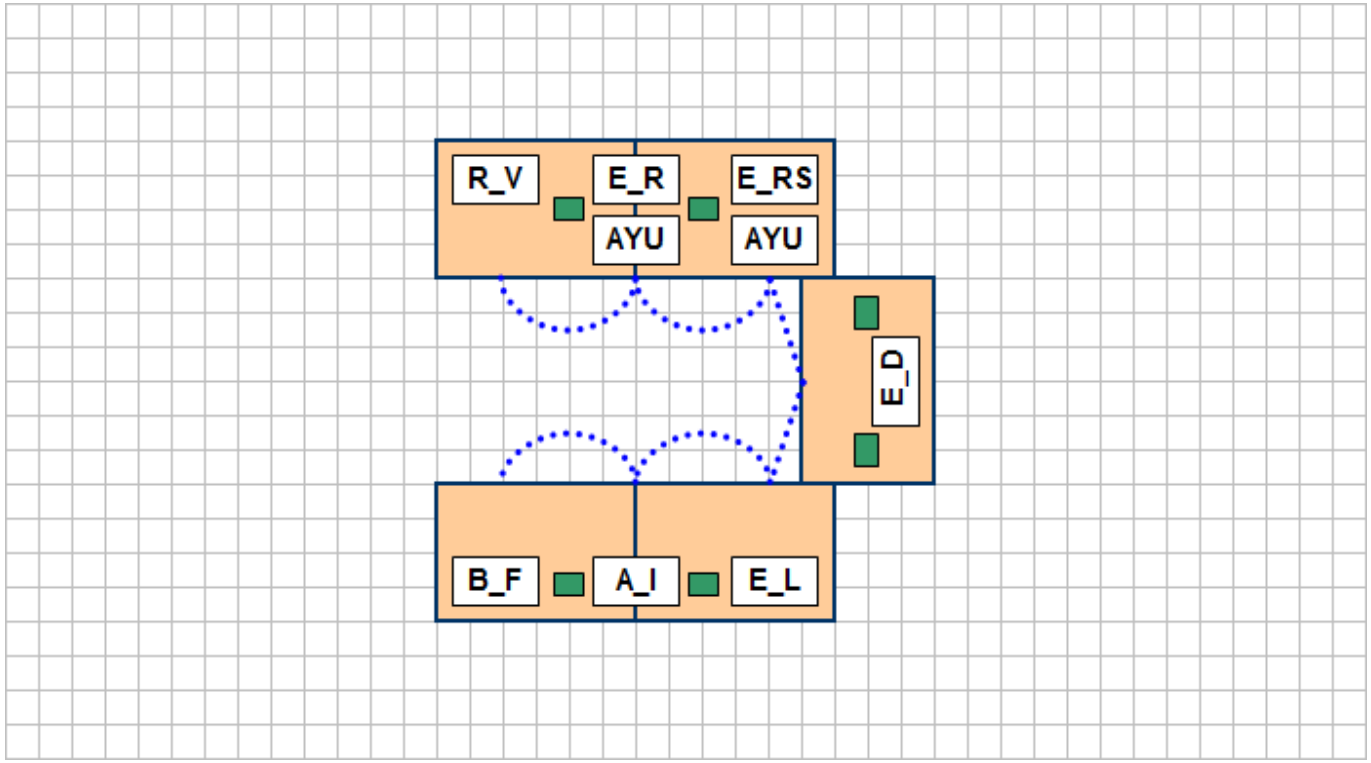
ANEXO – 23

LAYOUT DE LA PLANTA EN LA CUARTA CORRIDA



ANEXO – 24

RECORRIDO DEL MATERIAL EN LA <u>CUARTA CORRIDA</u>



ANEXO – 25

FOTOS DE LA CUARTA CORRIDA

ANEXO – 26

TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO DEL MATERIAL ENTRE ESTACIONES – CUARTA CORRIDA

R_V	E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I
HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA	HASTA
E_R	E_RS	E_D	E_L	A_I	B_F
3,15	3,21	4,51	4,15	3,89	3,89
2,65	4,15	4,54	4,32	3,84	3,48
2,84	4,51	4,98	4,25	4,15	3,84
3,25	4,36	4,84	3,89	4,21	3,87
3,15	3,65	4,74	3,54	3,54	3,18
3,15	4,21	4,65	3,65	3,85	3,65
3,58	3,51	4,65	3,74	3,87	3,48
3,84	3,15	4,81	3,84	3,84	3,18
3,98	2,51	4,63	3,98	4,18	3,65
3,15	3,68	4,15	4,15	4,15	3,15
3,84	2,84	4,61	3,18	3,15	3,68
3,84	2,32	3,89	4,65	3,54	3,98
3,54	2,98	3,98	3,18	3,65	4,18
4,15	2,18	3	4,54	3,15	4,18
4,14	3,65	3,84	4,15	3,16	
3,15	3,84	3,14	3,65		
3,14	3,18	3,31			
2,18	2,68	3,51			
0,06	**0,06**	**0,07**	**0,07**	**0,06**	**0,06**
min	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**

Nota: Los datos de esta tabla están en segundos y los resultados en minutos

ANEXO - 27

DOCUMENTACIÓN

SECUENCIA	***PRIMERA CORRIDA***
	Representante de Ventas
	Programador de Producción
	Ensamblador de Resortes
	Ensamblador de Resistores
	Ensamblador de Diodos
	Ensamblador de Leds
	Inspector
	Reconstructor
	Bodeguero Final
	Transportista
	Ingeniero Industrial

C O N T E N I D O	
	Instrucciones Previas
	Orden de Trabajo
	Tabla de Materiales
	Instructivos
	Etiquetas – Aprobados
	Etiquetas – Defectuosos

REPRESENTANTE DE VENTAS

Instrucciones previas:

RESUMEN DE SU PARTICIPACIÓN

Usted se encargará de generar los pedidos de los clientes, tomándolos de la Tabla de Demanda que se le adjunta.

PROCEDIMIENTOS

1. Usted empezará a llenar el PRIMER PEDIDO en el formulario de Pedidos del Cliente que se encuentra en la Orden de trabajo, a la hora que se indica en la Tabla de Demanda.

   Su labor empieza marcando con una X el color del circuito que se va a producir – rojo o azul en el formulario de Pedidos del Cliente, luego de esto usted deberá llenar el nombre del cliente, la cantidad de circuitos pedidos, el número del pedido y la fecha.

   Para terminar usted deberá marcar la hora prometida a la que se deberá entregar el pedido, esta hora se encuentra en la Tabla de Demanda.

   Nota: En el casillero de hora de embarque del formulario de Pedidos del cliente y el formulario de Pedidos a la fábrica usted NO deberá marcar nada.

2. Una vez que haya terminado la actividad anterior llame al transportista, entréguele la Orden de trabajo y dígale que lo traslade hasta la estación del PROGRAMADOR DE PRODUCCIÓN.

3. Luego vuelva a tomar otra Orden de trabajo y empiece a llenarlos a la hora que indica el siguiente pedido en la Tabla de Demanda.

ORDEN DE TRABAJO

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

PEDIDOS DEL CLIENTE

Cliente _____ # del Pedido _____

Cantidad _____ Fecha _____

☐ Circuito AZUL ☐ Circuito ROJO

Hora Prometida _____ Hora de Embarque _____

PEDIDOS A LA FABRICA

CANTIDAD DE :

- ☐ Bases
- ☐ Resortes
- ☐ Resistores 1 kOhm
- ☐ Resistores 100 kOhm
- ☐ Diodos
- ☐ Leds

- ☐ Programador
- ☐ Ensamble_Resortes
- ☐ Ensamble_Resistores
- ☐ Ensamble_Diodos
- ☐ Ensamble_Leds
- ☐ Area_Inspección
- * ☐ Area_Reparación

* Si fuese necesario

TABLA DE MATERIALES

A Z U L					
CANTIDAD	**RESORTES**	**RESISTORES**		**DIODOS**	**LEDS**
		1 K Ohm	**100 K Ohm**		
1	5	1	0	2	1
2	10	2	0	4	2
3	15	3	0	6	3
4	20	4	0	8	4
5	25	5	0	10	5
6	30	6	0	12	6

R O J O					
CANTIDAD	**RESORTES**	**RESISTORES**		**DIODOS**	**LEDS**
		1 K Ohm	**100 K Ohm**		
1	5	2	1	0	1
2	10	4	2	0	2
3	15	6	3	0	3
4	20	8	4	0	4
5	25	10	5	0	5
6	30	12	6	0	6

INSTRUCTIVO

Circuito de color :	**ROJO**
Accesorio :	**RESORTE**

DESCRIPCIÓN.-

La correcta ubicación de los resortes es una parte fundamental del proceso de ensamble de los circuitos, debido a que son esto los que van a sostener a TODOS los componentes del circuito.

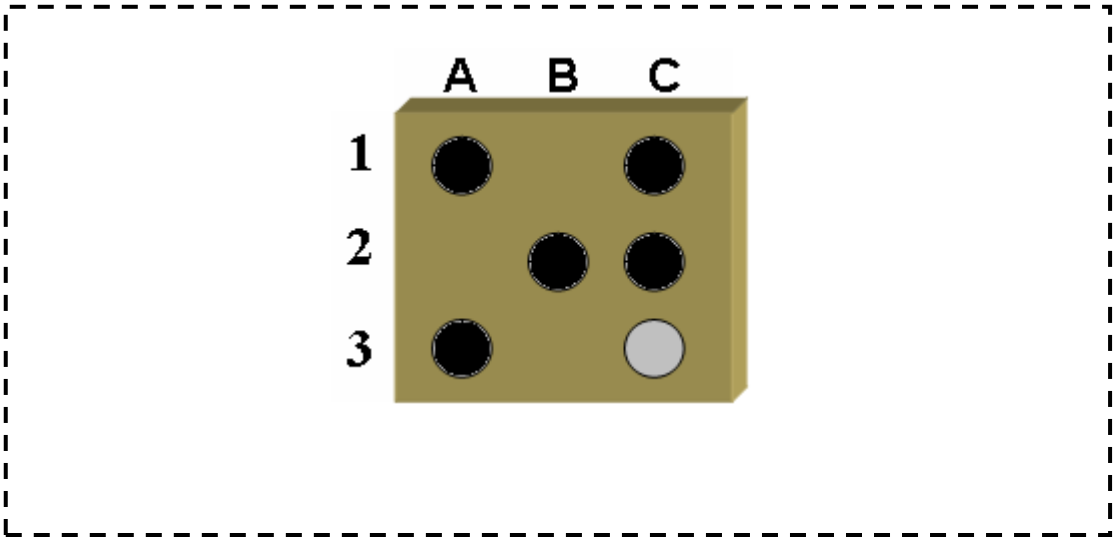
PROCEDIMIENTO.-

1. Siguiendo el esquema, inserte los resortes en los agujeros:

   A1
   A3
   B2
   C1
   C2

2. Para mayor facilidad, al colocar los resortes estos deberán ser enroscados en dirección contraria a la que indica el hilo del mismo.

   Nota: Coloque el tablero de acuerdo al esquema.



APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO
APROBADO	APROBADO

DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐
DEFECTUOSO Reconstruido ☐	**DEFECTUOSO** Reconstruido ☐

BIBLIOGRAFÍA

1. Womack J., Jones D. y Roos D., *The Story Of Lean Production*

2. Juárez H., Facultad de Economía - BUAP, Centro de Investigación y Estudios de Postgrado, 1998

3. "Value Stream Mapping", 12Manage.com
   www.12manage.com/methods_value_stream_mapping_es
   Fecha de consulta: 24 de Ene de 2007
   Fecha de última actualización: 21 de Oct de 2006

4. Rother M. y Shook J., *Observar para crear valor*, Primera Edición

5. *Como Administrar mi Empresa*, Capítulo II, San Salvador – El Salvador, Octubre 2002

6 "Planeación y control de la producción", monografías.com
   www.monografias.com/trabajos14/planeacioncontrol.shtml
   Fecha de consulta: 12 de Feb de 2007
   Fecha de última actualización: 2007

7. Askin R., Hassam M. y Vakharia A., *Cell formation in group technology*. Página 34, 1998

8. "Fundamentos de negocios", Nacional Financiera
   www.nafin.com/portalnf/files/pdf/produccion5_2.pdf
   Fecha de consulta: 15 de Feb de 2007
   Fecha de última actualización: 2006

9. Salvendy G., *Grupos Tecnológicos*. Manual de Ingeniería Industrial, Editorial Limusa, Vol. I

10. "Los cinco pasos del housekeeping", gestiopolis.com
www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/5s
Fecha de consulta: 16 de Mar de 2007
Fecha de última actualización: 2006

11. "Las 5'S, productividad, comodidad y eficiencia", mailxmail.com
www.mailxmail.com/curso/empresa/5s/capitulo1.htm
Fecha de consulta: 17 de Mar de 2007
Fecha de última actualización: 2007

12. "Logística: Estrategia push y pull", gestiopolis.com
www.gestiopolis.com/canales5/navactiva/27.htm
Fecha de consulta: 7 de mayo de 2007
Fecha de última actualización: 2007

13. "Aplicación y uso del sistema kanban para lograr la eficiencia operativa de una empresa", gestiopolis.com
www.gestiopolis.com/recursos/documentos//ger/usokanban.htm
Fecha de consulta: 8 de May de 2007
Fecha última actualización: 2006

14. De Loor, C. *Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble, Fundamentado en la aplicación del Mapeo de la Cadena de Valor.* Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2007