



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería de Producción y Operaciones

***“Elaboración de un Sistema de Planeación de la Producción para la
línea de sillas metálicas, a través de la Planificación de
Requerimientos de Materiales y Teoría de Restricciones”***

**Monografía previa a la obtención del título de Ingeniero de Producción y
Operaciones**

AUTORES:

Orozco Aguirre Luis Carlos

Puga Bermúdez Emilio Sebastián

DIRECTOR:

Ing. Iván Andrade Dueñas

Cuenca, Ecuador

2010

Dedicatoria

A mi esposa Andrea, a mis Padres y mi Hermano, quienes supieron darme todo su apoyo y comprensión, además de brindarme siempre su cariño para superar los obstáculos que presenta la vida, para ellos va dedicado este esfuerzo.

Sebastián Puga Bermúdez.

A mis Padres, Carlos y Teresa, a mi Hermana Sonia, quienes han velado por mi bienestar a lo largo de mi vida y han confiado en mis capacidades para afrontar cualquier reto. A mi Hijo Martin Emilio con todo amor.

-Luis Carlos Orozco A.

Agradecimiento

Agradecemos por compartir sus conocimientos, tiempo y amistad al Ingeniero Iván Andrade Dueñas, quien nos apoyo incondicionalmente para cumplir con este reto académico.

Resumen

Esta monografía presenta un Sistema de Planeación de la Producción, a través de la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) y Teoría de Restricciones (TOC), herramientas que se emplearon en una empresa Metal-Mecánica, que sirvió como problema tipo, para desarrollar estos objetivos:

- Identificar la restricción de la planta, usando la Teoría de Restricciones.
- Encontrar el costo de producción de cada pedido de acuerdo a la información obtenida en el MRP.
- Buscar la mejor alternativa de producción basándose en el costo de producción y el tiempo de entrega.

TOC fue desarrollada por el Dr. Eliyahu Goldratt que es un modelo lógico que soluciona cualquier problema en industrias o empresas de cualquier índole.

Abstract

This thesis is intended to design a System of Production Planning, through the Materials Requirements Planning (MRP) and Theory of Constraints (TOC); these two tools were applied to a Metal-Mechanical industry, which manufactures chairs.

The main objectives that this investigation focuses are mentioned as follows:

- Identify the restriction of the plant through TOC.
- Calculate the cost of the production of each request according to the information of MRP.
- Look the best alternative of production based in the cost of production and lead time.

TOC, developed by Dr Eliyahu Goldratt is a general logical model to solve any problem that could be found in industries or enterprises in a wide sense.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE ANEXOS.....	IX
INTRODUCCIÓN.	1

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E INFORMACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	3
1.1.1 PROCESO DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIDNOS DE MATERIALES (MRP).	5
1.1.2 LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC).	6
1.2 INFORMACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	10
1.2.1 TIPOS DE AMBIENTES DE TRABAJO.....	10
1.2.2 OPERACIÓN TIPO A PARA EL CASO DE ESTUDIO.....	13
1.2.3 LAYOUT DE LA PLANTA.....	14
1.2.3.1 <i>Factor Material</i>	17
1.2.3.2 <i>Factor Máquina</i>	19
1.2.3.3 <i>Factor Humano</i>	19
1.2.4 PEDIDOS SEMANALES PARA EL CASO DE ESTUDIO.....	20
1.2.5 DIAGRAMAS DE PROCESOS DE OPERACIONES PARA LAS SILLAS A, B Y C.....	20

CAPITULO 2

ESTRUCTURAS TIPO DE LAS SILLAS PARA EL DESARROLLO DE NUESTRO TEMA DE MONOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN.....	25
2.1. LISTA DE MATERIALES (ÁRBOL DE LA ESTRUCTURA DEL PRODUCTO).	25
2.2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP).....	29
2.2.1 PLAZO DE ENTREGA.	29
2.2.2 DATOS DEL INVENTARIO Y COMPRAS.	30
2.2.3 NECESIDADES BRUTAS.	30

2.2.4 INVENTARIO DISPONIBLE.....	30
2.2.5 NECESIDADES TOTALES.....	31
2.2.6 NECESIDADES NETAS	31
2.2.7 ORDENES DE PRODUCCIÓN	31
2.3 ELABORACIÓN DE LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PARA EL PROBLEMA TIPO.	31

CAPITULO 3

IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO (UTILIZACIÓN DE DBR Y TOC) Y ELEGIR LA MEJOR ALTERNATIVA DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.....	33
3.1 REALIZAR UNA APLICACIÓN EN UNA HOJA ELECTRÓNICA (EXCEL) PARA BUSCAR LA RESTRICCIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.	34
3.1.1 GESTIÓN DE BUFFER’S PARA LAS SILLAS A, B Y C DEL PROBLEMA TIPO.	39
3.2 REALIZAR UNA COMPARACIÓN (EXCEL) ENTRE LAS DISTINTAS POSIBILIDADES DE PRODUCCIÓN BASÁNDONOS EN EL CENTRO DE TRABAJO QUE ES CUELLO DE BOTELLA.	42
3.3..... CALCULAR LOS DISTINTOS COSTOS DE PRODUCCIÓN CON LA INFORMACIÓN DE LA PLANEACIÓN REALIZADA.....	44
3.3.1 PRIMERA ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN (SIN BUFFER DE ESTRUCTURAS).	46
3.3.2 SEGUNDA ALTERNATIVA PARA REALIZAR LA PRODUCCIÓN DE LAS SILLAS CON UN BUFFER DE SEGURIDAD FRENTE AL CENTRO DE TRABAJO 3 (RESTRICCIÓN).....	47

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	53

INDICE DE FIGURAS

FIG. 1. OPERACIÓN TIPO A	13
FIG. 2. LAYOUT DE LA PLANTA.....	15
FIG. 3. DIAGRAMA DE PROCESO SILLA A.....	21
FIG. 4. DIAGRAMA DE PROCESO SILLA B.....	22
FIG. 5. DIAGRAMA DE PROCESO SILLA C.....	23
FIG. 6. SILLA A.....	26
FIG. 7. ESTRUCTURA SILLA A.....	27
FIG. 8. SILLA B.....	287
FIG. 9. ESTRUCTURA SILLA B	288
FIG. 10. SILLA C.....	288
FIG. 11. ESTRUCTURA SILLA C	29

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Primera Alternativa de Producción sin buffer de seguridad frente al cuello de botella.....	53
ANEXO 2: Segunda Alternativa de Producción con un Buffer de estructuras hechas frente a la restricción.....	56

Orozco Aguirre Luis Carlos.

Puga Bermúdez Emilio Sebastián.

Trabajo de Graduación.

Ing. Iván Andrade Dueñas.

Julio 2010.

“Elaboración de un Sistema de Planeación de la Producción para la línea de sillas metálicas, a través de la Planificación de Requerimientos de Materiales y Teoría de Restricciones”.

INTRODUCCIÓN.

La Planeación de la Producción es la función de la dirección de la empresa que sistematiza por anticipado los factores de mano de obra, materia prima, maquinaria y equipo, para realizar la fabricación que ésta determina.

Para administrar la producción de una planta se utilizan varios sistemas de planeación. Dentro de estos se encuentra la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP), que ayuda con el manejo de los recursos antes mencionados, pero que descuida a los demás elementos por lo que se necesita de otra herramienta que brinda esta posibilidad.

Una herramienta muy compatible con el MRP es la Teoría de las Restricciones (TOC) que es una filosofía administrativa integral que utiliza los métodos usados por las ciencias duras para comprender y gestionar los sistemas con base humana (personas, organizaciones, etc.). Esta Teoría fue desarrollada por el israelí Eliyahu Goldratt.

El T.O.C. permite enfocar las soluciones a los problemas críticos de las empresas (sin importar su tamaño ó giro), para que éstas se acerquen a su meta mediante un proceso de mejora continua. Para su desarrollo se tomó como base el pensamiento Socrático basado en la lógica de causa efecto.

Por lo tanto utilizaremos estas dos herramientas para planear la mejor alternativa de producción en un problema tipo para una empresa Metal- Mecánica que elabora sillas.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E INFORMACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.

1.1 Fundamentos Teóricos.

En la década de los sesenta, Joseph Orlicky de la compañía IBM, dirigió los primeros ensayos de lo que llamó **Planeación de Requerimientos de Materiales** (Materials Requirement Planning, **MRP** por sus siglas en inglés). Este sistema fue creado para planear en forma confiable y rentable las operaciones en empresas de manufactura, lo que permitía determinar las necesidades de cantidades y fechas de necesidades de las materias primas.

Los sistemas MRP, han sido implementados en muchas fábricas. La razón es que MRP es un método lógico, fácil de entender, para resolver los problemas de determinación de **cantidad** y **fechas** para la elaboración o compra de partes, componentes y materiales que se necesitan.

Las empresas que utilizan los sistemas MRP llevan un archivo de Lista de Materiales (**BOM** Bill Of Materials por sus siglas en inglés), que no es otra cosa que la secuencia de todo aquello que compone el producto final. Se puede llamar **árbol de la estructura del producto, esquema o diagrama de flujo** que muestra el orden para producir el bien y la cantidad de materiales o subpartes requeridas para el mismo.

Para utilizar **MRP** se necesita una base de datos que contenga las especificaciones de cada producto, cantidades y cuanto tiempo se tarda en producirlos. El procedimiento de la Planeación de Requerimientos de Materiales está basado en dos ideas esenciales:

- 1 La demanda de la mayoría de los artículos no es independiente, únicamente lo es la de los productos terminados.
- 2 Las necesidades de cada artículo y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se pueden calcular a partir de unos datos bastantes sencillos:
 - Las demandas independientes
 - Las estructuras de los productos

Demanda Independiente.- Se entiende por demanda independiente aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, por ejemplo la demanda exógena de productos terminados que no son controlables por la empresa, porque depende las decisiones de los clientes, aunque sí pueden ser influidas en ciertos casos, aplicando las cuatros P's del Marketing (Producto, Precios Plaza y Promoción). También se clasificaría como demanda independiente la correspondiente a piezas de recambio.

Demanda Dependiente.- Es la que se genera por la demanda del Producto Terminado. Es importante esta distinción, porque los métodos a usar en la gestión de stocks de un producto variarán completamente según éste se halle sujeto a demanda dependiente o independiente. Para determinar la cantidad de bienes de la demanda dependiente que se necesita es, en esencia un proceso simple de multiplicación; es decir la cantidad requerida de un producto independiente por el número de componentes dependientes que se requiera en cada nivel.

El sistema MRP obtiene la información de tres fuentes principales que a su vez suelen ser generadas por otros subsistemas específicos los cuales son:

- **El Plan Maestro de Producción**, el cual contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos de la planta que están sometidos a demanda externa (productos finales fundamentalmente y, posiblemente, piezas de repuesto).

- **El nivel del inventario**, revisa las cantidades de materias primas, piezas componentes que están disponibles o en curso de fabricación. Si estas faltasen se debe conocer la fecha de recepción o compras de las mismas.
- **La lista de materiales**, que representa la estructura de fabricación en la empresa. En concreto, ha de conocerse el árbol de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción o en los pedidos en firme de los clientes.

1.1.1 Proceso de la Planeación de Requeridos de Materiales (MRP).

La explosión de las necesidades de fabricación, es el proceso por el que las demandas externas correspondientes a los productos finales son traducidas en órdenes concretas de fabricación y aprovisionamiento para cada uno de los ítems que intervienen en el proceso productivo.

A partir de estos datos de la explosión de las necesidades de fabricación, proporciona como resultado la siguiente información:

- *El plan de producción* de cada uno de los ítems que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación, para calcular las cargas de trabajo de cada una de las secciones de la planta.
- *El plan de aprovisionamiento*, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que son adquiridas.

Para el plan de aprovisionamiento, podemos utilizar Justo a Tiempo, (JIT Just In Time por sus siglas en inglés), para llevar el material exacto al lugar necesario en el momento preciso. El combinar MRP con la filosofía JIT proporciona ventajas como reducción de inventario en proceso, y tener un perfil exacto de necesidades.

Como mencionamos anteriormente MRP es un sistema que planea el requerimiento de materiales, en cantidad y tiempo requerido, pero no considera la capacidad de las distintas máquinas o centros de trabajo, esto provoca fallas en el sistema de planeación, por lo que hemos utilizado la Teoría de Restricciones (TOC Theory Of Constraints por sus siglas en inglés), para poder encontrar la restricción del sistema, decidir como explotarla, subordinar la planeación a dicha restricción.

1.1.2 La Teoría de Restricciones (TOC).

La filosofía del TOC, inició en la década de los setenta, cuando el físico Israelí Eliyahu Goldratt comenzó a estudiar los problemas de la logística de producción. Goldratt no tenía antecedentes en negocios pero utilizó los métodos usados por las ciencias duras para buscar resolver los problemas de la logística de producción.

Su método fue muy exitoso, y muchas empresas se interesaron, y él mismo se dedicó a su desarrollo y a diseminarlo. A comienzo de la década de los ochenta, escribió el libro “La Meta” acerca de su teoría. Esta novela trata sobre las dificultades que enfrenta un gerente de planta, y como va aprendiendo los principios de la Teoría de Goldratt, para rescatar a la empresa de la quiebra.

Este método que Goldratt aplicó para la logística de producción, incrementó el desempeño de producción hasta tal punto que los problemas de las fábricas comenzaron a surgir en otras áreas, por lo que desarrolló soluciones para dichas áreas, como la Logística de Distribución y la Gerencia de Proyectos.

Él se dio cuenta que las empresas necesitaban algo más fundamental que soluciones ya listas, por lo que, decidió explicar el razonamiento lógico que utilizó para resolver los problemas inherentes a las empresas y de esta forma mejorar continuamente.

La Teoría de Restricciones se divide en dos áreas que son:

- Aplicaciones específicas.
- Los Procesos de Pensamiento.

Aplicaciones específicas: Estas aplicaciones se utilizan para resolver problemas genéricos como:

- La Logística de Producción con Tambor-Amortiguador-Cuerda (DBR=Drum-Buffer-Rope).
- La Logística de Distribución. RAM = Reposición Activada por el Mercado.
- La Gerencia de Proyectos. Gestion de Proyectos de Cadena Crítica CCPM = Critical Chain Project Management.

Los Procesos de Pensamiento se basan en que cualquier sistema existe una cantidad pequeña de causas que generan una gran cantidad de efectos. Por lo tanto estos procesos están basados en las leyes de causa-efecto; son diagramas lógicos que nos ayudan a sacar a flote nuestra lógica o sentido común. Se componen de cinco herramientas:

- El Árbol de la Realidad Actual (ARA).
- Diagrama de Conflicto y Nube Evaporada.
- El Árbol de Realidad Futura (ARF) y la Reserva de Ramas Negativas.
- El Árbol de Prerrequisitos (APR).
- El Árbol de Transición (ATR).

Estas herramientas pueden ser utilizadas juntas o separadas, dependiendo del objetivo deseado.

TOC ve a la empresa de una forma holística, como un sistema, es decir, un conjunto de elementos en una relación interdependiente. Cada elemento depende de otro, de alguna forma, y el desempeño global del sistema depende de los esfuerzos conjuntos de todos

los elementos del sistema. Cambiar alguna parte del sistema puede tener implicaciones significativas (tanto positivas como negativas) en otras partes del mismo¹.

En consecuencia, debemos identificar los elementos del sistema sobre los cuales debe enfocarse el esfuerzo de mejora (Restricción o Cuello de Botella). La Restricción o Cuello de Botella es cualquier cosa que limita a un sistema de alcanzar un mayor desempeño en relación a sus objetivos y metas². Cualquier sistema tiene muy pocas restricciones y al mismo tiempo cualquier sistema en la realidad debe tener al menos una restricción.

La afirmación anterior se explica por el hecho de que si no existiese algo que limitara el desempeño del sistema, éste desempeño sería infinito de acuerdo a los objetivos y metas planteados por la organización.

Los Procesos de mejora continua de TOC surgieron de este razonamiento, siempre enfocando todos los esfuerzos a la meta del sistema. Este proceso consta de cinco pasos:

1. *Identifique* la(s) Restricción(es) del Sistema.
2. Decida cómo *Explotar* la(s) Restricción(es) del Sistema.
3. *Subordine* todo lo demás a la decisión anterior.
4. *Eleve* la(s) Restricción(es) del Sistema.
5. Si en un paso previo se ha roto una Restricción, vuelva al paso 1, pero **No Permita que la Inercia Cause una Restricción del Sistema**. Es decir no dejar que la flojera cause el estancamiento de este sistema de mejora continua.

Como todo proceso de mejora continua se necesita medir su desempeño. El TOC utiliza tres medidores financieros, para mostrar si la empresa va rumbo a cumplir su meta y objetivos.

¹ TOC Insights en Operaciones. Que Cambiar - Goldratt's Marketing Group. ppt.3

² **CORBETT**, Thomas. La Contabilidad del Tráput: El Sistema de Contabilidad Gerencial del TOC. Segunda Edición. Bogotá, Colombia. Ediciones Piénsalo. 2002, p.25

Estos medidores son los siguientes:

- Throughput (T): La velocidad con la que el sistema genera dinero a través de las ventas.
- Inventarioⁱ (I): Todo el dinero que el sistema ha invertido en comprar cosas que pretende vender.
- Gasto de Operación (GO): Todo el dinero que el sistema gasta para convertir el inventario en Throughput³.

Para tener una idea más precisa podemos decir que el Throughput se define como todo dinero que ingresa a la empresa menos los costos totalmente variables.

Las fórmulas para calcular el Throughput son las siguientes:

$$Tu = P - CTV$$

Donde:

Tu = Throughput por unidad de producto

P = Precio por unidad de producto

CTV = Costo **Totalmente Variable**, es decir, la cantidad de costo que varía con cada incremento en la venta del producto (en la mayoría de los casos sólo es la materia prima).

$$TTp = Tu \times q$$

Donde:

TTp = Throughput Total por producto

q = Cantidad vendida en el período

ⁱ Corbett llama a este medidor “inversión”, se refiere a trabajo en proceso y al inventario de productos terminados.

³ COX, Jeff; GOLDRATT, Eliyahu. La Meta, Un Proceso de Mejora Continua, Séptima Edición en Español. Monterrey, N.L., México. Ediciones Castillo. 1998.p74.

$$\text{Throughput Total de la Empresa} = \sum TTP^4.$$

Goldratt considera que a los Costos Indirectos de fabricación no se los puede cuantificar correctamente, por lo que utiliza solo los Costos Totalmente Variable (CTV), que en la mayoría de los casos es la materia prima directa para tomar decisiones.

1.2 Información y Descripción del Caso de Estudio

Los problemas frecuentes que tienen las empresas son inventarios elevados, tanto de producto terminado, en proceso, de insumos y materia prima. Además falta de entregas, pedidos atrasados por tiempos de procesamiento largos o no planificados. Esto hace que las empresas pierdan dinero y clientes.

En vista de esta problemática **elaboraremos un Sistema de Planeación de la Producción para una línea tipo (sillas metálicas), a través de MRP y TOC.** Para verificar que con una planeación adecuada se puede reducir estos efectos indeseables que mencionamos anteriormente.

1.2.1 Tipos de Ambientes de Trabajo.

Los problemas que nosotros hemos identificado también concuerdan con los EIDEs o efectos indeseables que existen en las operaciones industriales. Goldratt encuentra los efectos indeseables únicos para cada ambiente de trabajo, estos ambientes genéricos son los tipos: V, A, T.

Una **planta “V”** tiene pocas materias primas, y estas se transforman a través de un proceso relativamente uniforme, en un número mayor de productos finales. Las características del tipo “V” son:

⁴ **CORBETT**, Thomas. La Contabilidad del Trúput: El Sistema de Contabilidad Gerencial del TOC. Segunda Edición. Bogotá, Colombia. Ediciones Piénsalo 2002, p30.

- Los productos utilizan esencialmente la misma secuencia y los mismos procesos.
- La Planta produce una gran cantidad de productos en muy poco tiempo.
- Los cambios en los procesos requieren una gran inversión de recursos.
- El equipo es generalmente de capital intensivo y especializado.

Una **planta “A”** tiene una utilización baja de los equipos, gran cantidad de horas extras no planeadas, escasez de partes y falta de control en el proceso de producción. Si se planifica adecuadamente existirá una mejor utilización de los recursos disponibles, además se reduce significativamente el inventario y las horas extra de trabajo. Las características del tipo “A” son:

- Los recursos se comparten dentro y a través de las rutas.
- Las maquinas tienden a ser de propósitos generales en lugar de ser especializadas.
- Existe un gran inventario de partes terminadas pero hay gran escasez de otras partes.
- La falta de planificación adecuada se considera el problema principal.

Los efectos indeseables únicos de la planta Tipo A según Goldratt son:

- Altos inventarios de partes terminadas.
- Tiempos de entrega largos.
- Incumplimiento en las fechas de entregas.

Una **Planta “T”** el producto final se ensambla de muchas maneras con partes y componentes similares, existen dos etapas en el proceso de producción: en la primera las partes y componentes básicos se fabrican de una manera relativamente directa y luego es almacenada. En la segunda el ensamble se lleva a cabo combinando esas partes comunes de muchas maneras para crear el producto final.

Las características de tipo “T” son:

- Dos flujos y procesos distintos: **Fabricación y Ensamblaje.**
- La fabricación se realiza en grandes lotes.
- Hay una gran cantidad inventario a nivel de almacenamiento entre la fabricación y el ensamblaje.

Las empresas Metal-Mecánica que es el caso de nuestro estudio son un ejemplo de operaciones de Tipo A, a continuación presentamos un grafico que indica la secuencia de la operaciones y ensambles en este tipo.

1.2.2 Operación Tipo A para el caso de estudio

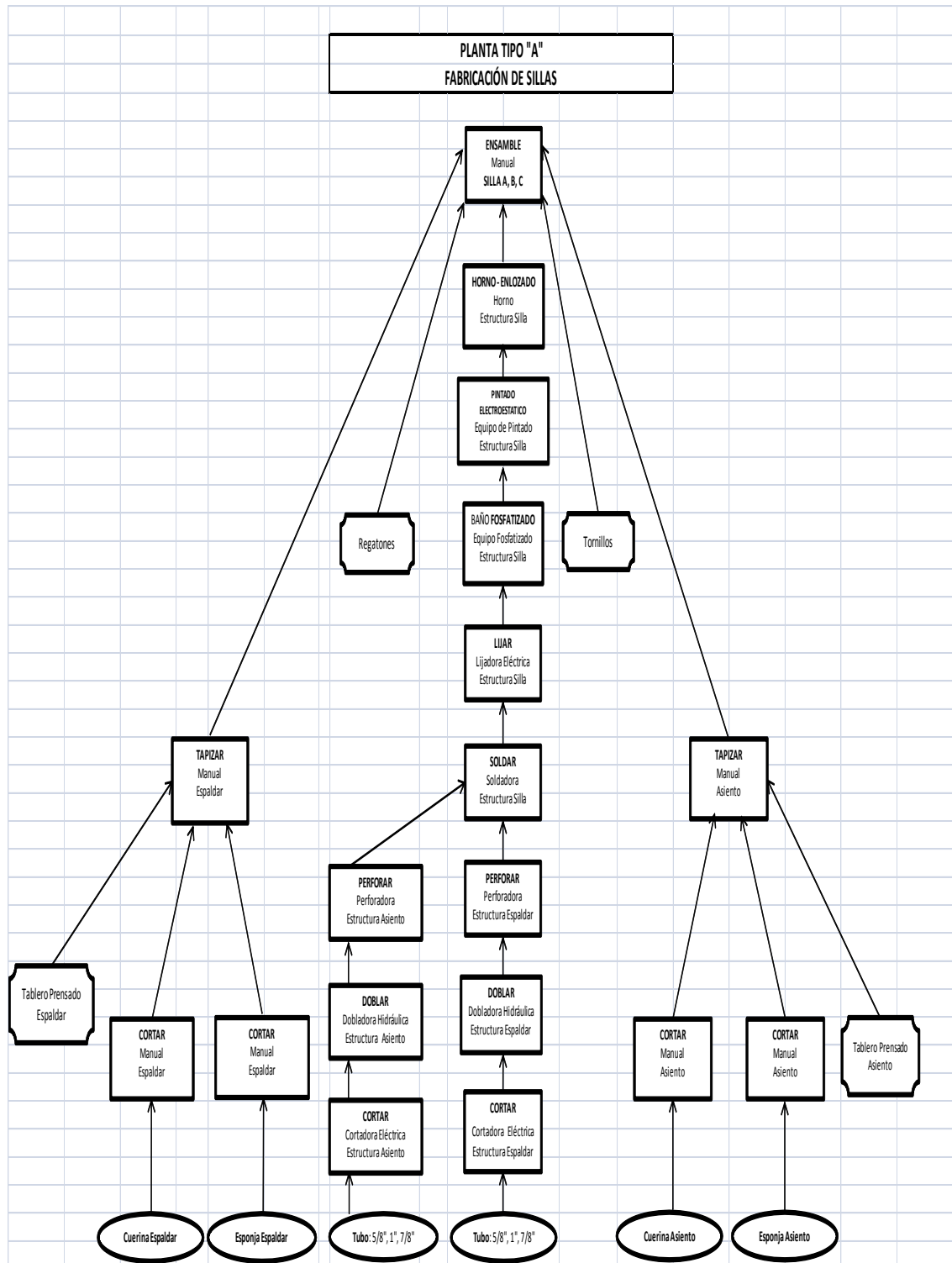


Fig. 1. Operación Tipo A

1.2.3 Layout de la Planta.

El Layout o distribución de la planta es la disposición física de los equipos e instalaciones industriales incluyendo los espacios necesarios para el movimiento del material y su almacenamiento, máquinas y equipos de producción, así como de su personal.

Nuestro caso de estudio posee una **distribución por procesos** (también llamada trabajo de taller o distribución funcional) es un formato en el que se agrupan equipos o funciones similares⁵. Ésta es similar a una distribución por células (**Centros de trabajo**), porque los Centros están diseñados para desempeñar una serie específica de procesos.

A continuación se presenta el layout de la planta y la ruta para la elaboración de las Sillas A, B y C.

⁵ **CHASE**, Richard B; **JACOBS**, F. Robert; **AQUILANO** Nicholas J. Administración de la Producción y Operaciones: Para una Ventaja Competitiva. Decima Edición. México, México D.F. McGraw-Hill. 2005. p207.

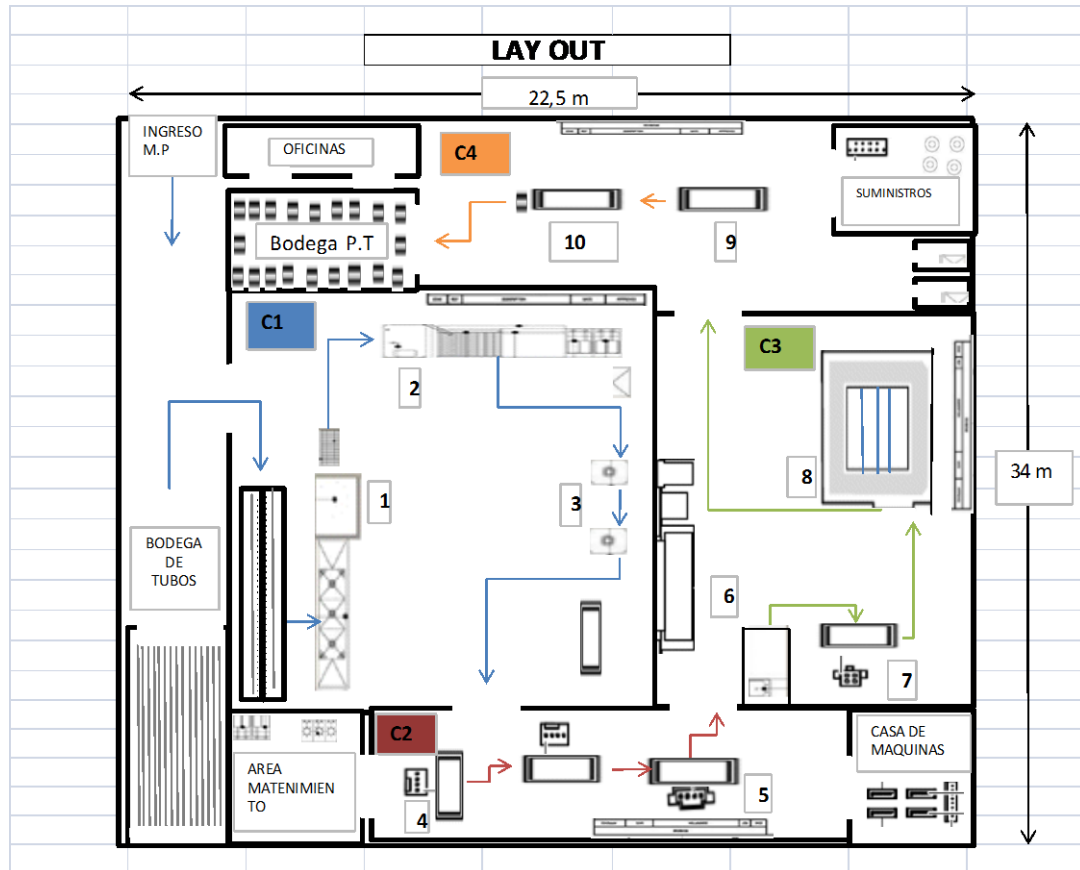


Fig. 2. Layout de la planta

CENTROS DE TRABAJO		PROCESOS	RUTA PARA LA ELABORACION DE SILLAS A, B, C
C1		Corte, Doblado, Perforado	
C2		Soldado, Lijado	
C3		Baño Fosfatizado, Pintado, Horno.	
C4		Tapizado, Ensamblado	

MAQUINAS Y EQUIPOS	
#	NOMBRE
1	CORTADORA ELECTRICA
2	DOBLADORA HIDRAULICA
3	PERFORADORA
4	SOLDADORAS
5	LIJADORA ELECTRICA
6	EQUIPO DE FOSFATIZADO
7	EQUIPO DE PINTADO
8	HORNO - ENLOZADO
9	EQUIPO DE TAPIZADO
10	MESA DE ENSAMBLE

LAS SILLAS A, B,C, VAN A SEGUIR LA MISMA RUTA, LA DIFERENCIA ENTRE ESTAS SON LOS DISEÑOS, POR LO QUE TENDRAN DIFERENTES CORTES, DOBLES, TAPICES, ADemás EL COLOR QUE ELIJAN LOS CLIENTES. LO CUAL HACE QUE VARIE LOS TIEMPOS DE PROCESO VARIANDO EL TIEMPO DE PRODUCCION DE CADA SILLA.

A continuación presentamos un resumen de los procesos que se encuentran en cada uno de los Centros de Trabajo:

- **Centro de Trabajo C1**, que consta de los siguientes procesos: Corte, doblado y perforado.

Corte. El proceso de corte se realiza con un operario, en la máquina cortadora de sierra. Se realizan los cortes necesarios en los tubos para las estructuras de las sillas A, B y C.

Doblado. Este proceso se realiza con una dobladora hidráulica, operada por un solo obrero. Se realizan los doblados necesarios en los tubos para las estructuras de las sillas A, B y C.

Perforado. Este proceso se realiza con un taladro, con un operario. Se realizan los perforados necesarios en los tubos para la colocación posterior de tornillos.

- **Centro de Trabajo C2**, que consta de los siguientes procesos: Armado-Suelda y lijado.

Armado. Este proceso se realiza con dos soldadoras una autógena y una de punto, con dos operarios. Se realizan las sueldas necesarias para el armado de las estructuras de las sillas A, B y C.

Lijado. Este proceso se realiza con una lijadora eléctrica, con un operario. Se realiza el lijado en los puntos de suelda para retirar los restos de suelda e imperfecciones en las estructuras de las sillas A, B y C.

- **Centro de Trabajo C3**, que consta de los siguientes procesos: Baño electroestático, Pintado y horno.

Baño Fosfatizado se realiza en una piscina con Fosfato, para limpiar las estructuras de grasas, y que adquiera la porosidad necesaria para que la pintura electroestática se adhiera mejor, este proceso se realiza con un operario.

Pintado. Este proceso realiza el pintado Electroestático, con el equipo necesario para esta operación, con un operario. Se realiza el pintado necesario en las estructuras de las sillas A, B y C.

Horno. Este proceso lo efectúa un operario, en el horno para enlozado. Se realiza el cocido necesario de la pintura para que se funda en las estructuras de las sillas A, B y C.

- **Centro de Trabajo C4**, que consta de los siguientes procesos: Tapizado, ensamblado.

Tapizado. Este proceso se realiza con un operario. El corte de la esponja, tapiz o cuerina, es manual. Y para confeccionar el asiento se compra el tablero base a un proveedor externo a la empresa, en esta parte del proceso se utiliza una grapadora neumática. Este proceso sirve para la fabricación de los asientos que se utilizaran en las sillas A, B y C.

Ensamblado. Este proceso se realiza con un operario manualmente. Esta operación sirve para el ensamble de las sillas A, B y C.

1.2.3.1 Factor Material.

En nuestro caso de estudio la empresa tiene los siguientes tipos materiales:

- **Materia Prima Directa.**- es la que se puede identificar claramente en el producto, es decir en las distintas sillas.

- Tubos
- Microfibra
- Tableros
- Esponja
- Regatones
- Tornillos

- Pintura Electroestática.
- Materia Prima Indirecta.- es la que no se puede identificar en el producto.
 - Suelta
 - Lijas
 - Químicos.

La Materia Prima Directa e Indirecta se almacena en cada centro de trabajo, bajo condiciones de seguridad e higiene industrial establecidos por los reglamentos y normas internas de la empresa, para su posterior utilización.

La cantidad de Materia Prima Directa e Indirecta no debe exceder el stock de seguridad y su reposición se hace de acuerdo a la cantidad mínima de compra establecida por el departamento de compras.

- Producto en proceso: son estructuras, asientos, espaldares que se encuentran en cada uno de los centros de trabajo. Los lotes de producción en cada centro son en lotes de cuatro unidades.
- Producto Final: son las Sillas A, B, C permanecen en la Bodega de Producto Terminado de la empresa para su posterior entrega.
- Suministros: estos son regatones, tornillos, cartón, cinta de embalaje, etc., se almacenan en el centro de trabajo 4 y son adquiridos rápidamente después que se haya consumido ya que el tiempo de suministro es inmediato.
- Desperdicios: son los retazos de tubos y piezas mal elaboradas que se aprovechan al máximo, ya que se realizan juguetes pequeños que se les obsequia a los clientes y el resto que no se recupera se vende como chatarra.
- Material de mantenimiento: Son las herramientas básicas, filtros, bombas, engranajes, etc., se encuentran en el área de mantenimiento en el centro de trabajo 2.

1.2.3.2 Factor Máquina.

Son las máquinas y equipos, necesarias para la fabricación de las sillas, estas son:

- Máquinas y Equipos de Producción:
 - Cortadora Eléctrica
 - Dobladora Hidráulica
 - Perforadora
 - Soldadora
 - Lijadora Eléctrica
 - Equipo de Fosfatizado.
 - Equipo de Pintado,
 - Horno-Enlozado
 - Equipo de tapizado
 - Mesas de Ensamble.

- Herramientas y matrices: todas las herramientas y matrices se encuentran en estantes adecuados, que ayudan con los procesos que son manuales en la empresa.

1.2.3.3 Factor Humano.

Cuenta con 10 obreros en planta en un solo turno, no existe rotación del personal, ya que la mayor parte de procesos requiere de gente especializada. Además se cuenta con un ambiente de trabajo que provee las facilidades para el mismo, por ejemplo cuenta con estructuras rodantes para el fácil desplazamiento de material, lo que alivia el esfuerzo físico del personal.

Los cargos y las destrezas necesarias para ejecutar los distintos procesos fueron mencionados en la descripción de los centros de trabajo.

1.2.4 Pedidos Semanales para el Caso de Estudio.

Los datos que presentamos a continuación son de una empresa de este sector para la elaboración de nuestra monografía.

En estas cuatro semanas estos productos causaron problemas de producción lo que generó falta de entregas e inventarios elevados en toda la línea. Los pedidos de las sillas en este periodo fueron bajo contrato, y la forma de producir es iniciar cuando llega el pedido, es decir sin tener partes y piezas pre-fabricadas.

Pedidos en Firme	Pedido 1	Pedido 2	Pedido 3	Pedido 4
Silla A	32	28	31	37
Silla B	43	30	37	35
Silla C	50	45	42	40
Nota: Todos los Pedidos son Semanales				

Nota: Estas sillas son las de mayor demanda en esta fábrica.

1.2.5 Diagramas de Procesos de Operaciones para las Sillas A, B y C.

Los diagramas de proceso nos sirve para saber el orden en el que las operaciones se realizan, el tiempo que toma cada una de ellas y el tiempo que se tarda en inspeccionar los productos para evitar defectos de calidad.

A continuación se presenta los Diagramas de Procesos de Operaciones de las sillas A, B y C.

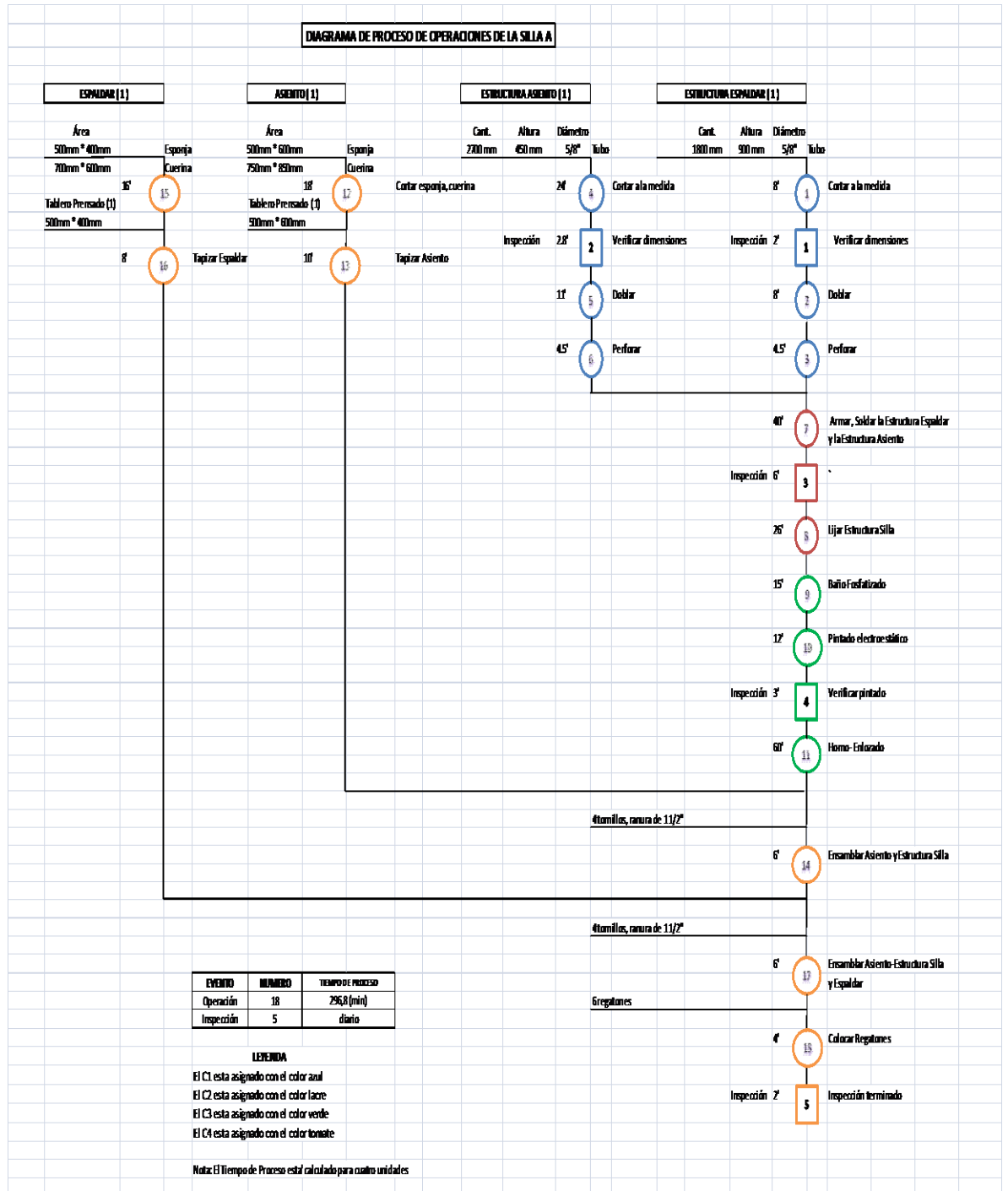


Fig. 3. Diagrama de proceso Silla A

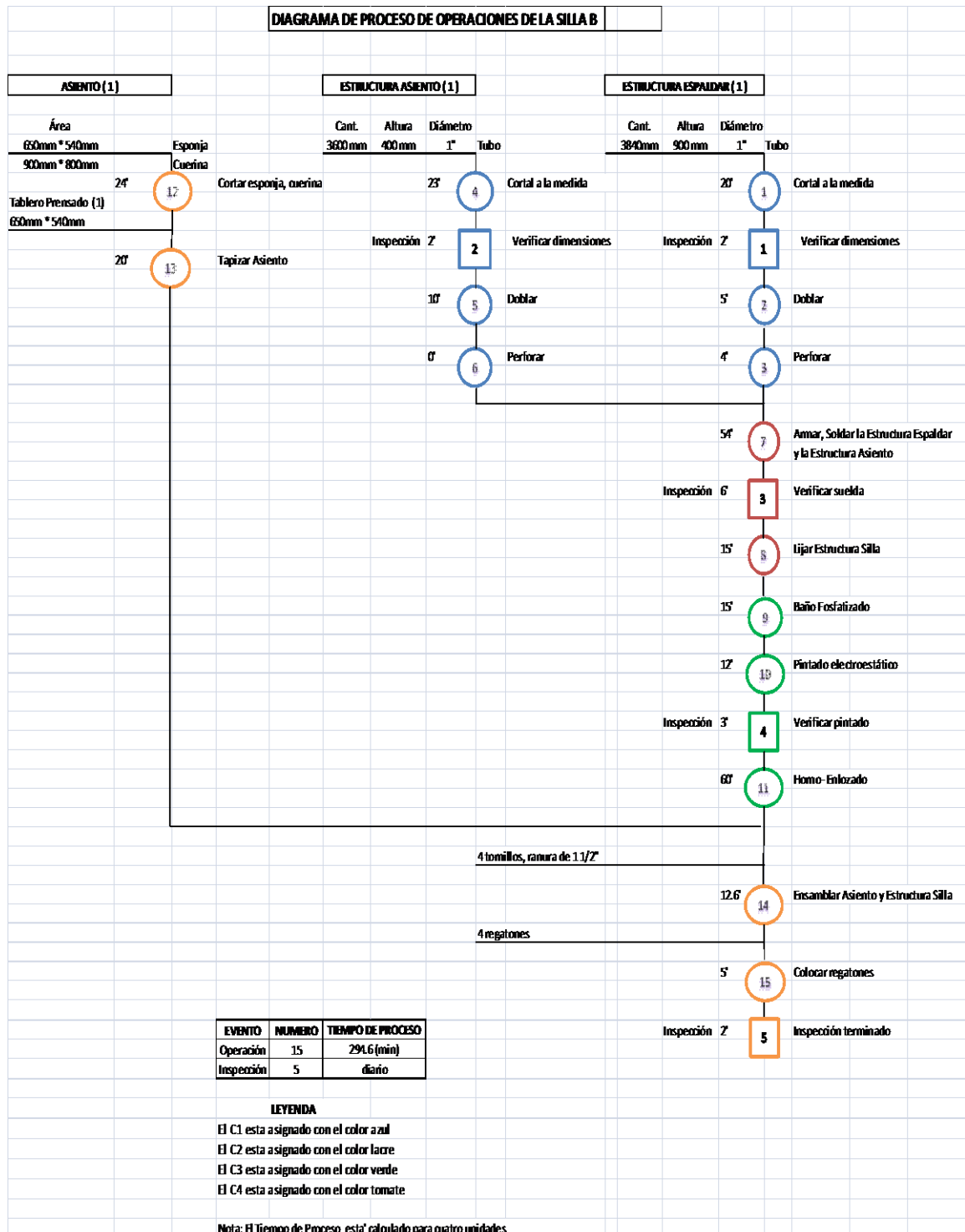


Fig. 4. Diagrama de proceso Silla B

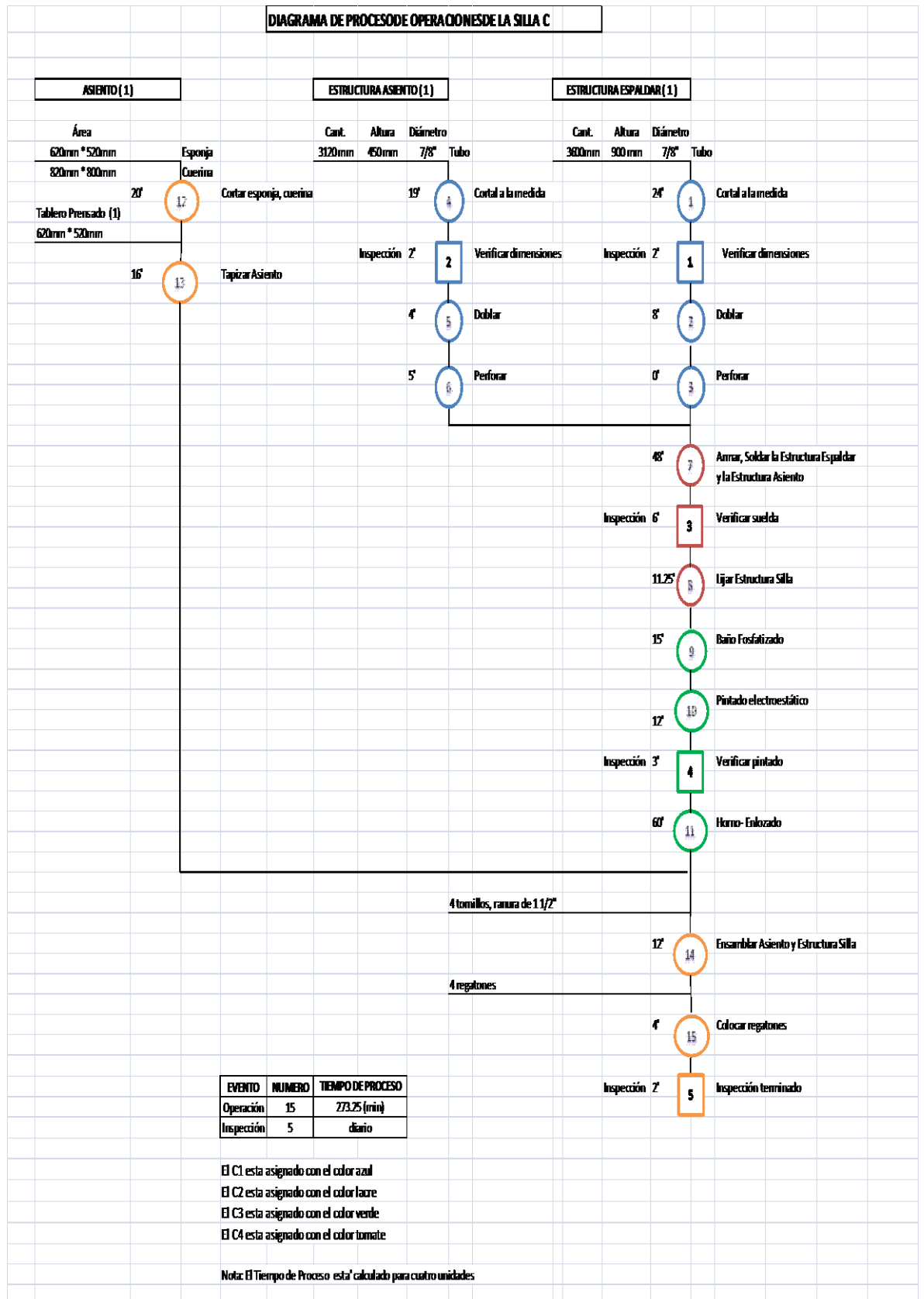


Fig. 5. Diagrama de proceso Silla C

De donde obtuvimos los siguientes tiempos en cada uno de los Centros de Trabajo.

Productos	Tiempo en C1	Tiempo en C2	Tiempo en C3	Tiempo en C4
Silla A	1,08	1,2	1,5	1,17
Silla B	1,10	1,25	1,5	1,06
Silla C	1,07	1,09	1,5	0,9
Nota: Todos los tiempos estan en horas				

Todos los Centros de trabajo tienen 40 horas disponibles semanalmente en un turno al día. Los tiempos que presentamos nos ayudaran a encontrar la restricción del sistema, y poder encontrar el throughput por hora de cada pedido.

El MRP en industrias que fabrican bajo pedido, es decir que están sujetos a los pedidos que hagan sus clientes, los beneficios que se esperan son pocos. Por lo que mezclaremos la Teoría de Restricciones y el sistema de planeación MRP para una solución a estos efectos indeseables que se presentan en este tipo de industrias y sus ambientes de operación.

CAPITULO 2

ESTRUCTURAS TIPO DE LAS SILLAS PARA EL DESARROLLO DE NUESTRO TEMA DE MONOGRAFÍA.

Introducción

El procedimiento de los sistemas Planeación de Requerimiento de Materiales es sencillo y se puede realizar a mano. Debido a que si se realiza la Lista de Materiales o Árbol de la estructura de producto y se define correctamente sus niveles, el MRP cumplirá con las necesidades del planeador.

Pero en realidad por la cantidad de componentes, partes y piezas resulta muy difícil realizarlo a mano por lo que la mayoría de los Sistemas MRP son programas informáticos, que utilizan las siguientes entradas como fuentes de información o datos estos son: **Lista de Materiales (árbol de la estructura del producto), Plazo de entrega, Datos del inventario y Datos de compras.**

2.1. Lista de Materiales (Árbol de la Estructura del Producto).

Contiene una descripción completa del producto: la secuencia en la que el producto es fabricado, los materiales partes y componentes que se requieren para fabricar cada uno de los productos.

Para esto existe un sistema de niveles en las estructuras. Los artículos que se encuentra en el nivel superior es decir; sobre el resto de los niveles se denominan “**padres**”, y los artículos que se encuentran bajo estos se los denominan “**hijos**” o componentes.

Codificación de Nivel Inferior. La codificación de Nivel Inferior es necesaria cuando existen artículos idénticos en distintos niveles en la estructura de producto. Esta indica que el artículo se ha de codificar en el nivel más bajo en el que aparezca, además permite sumar los artículos debido a que se encuentran en un mismo nivel.

Para nuestro problema Tipo las Sillas A, B y C con sus Estructuras de los Productos correspondientes son los siguientes:

Silla A

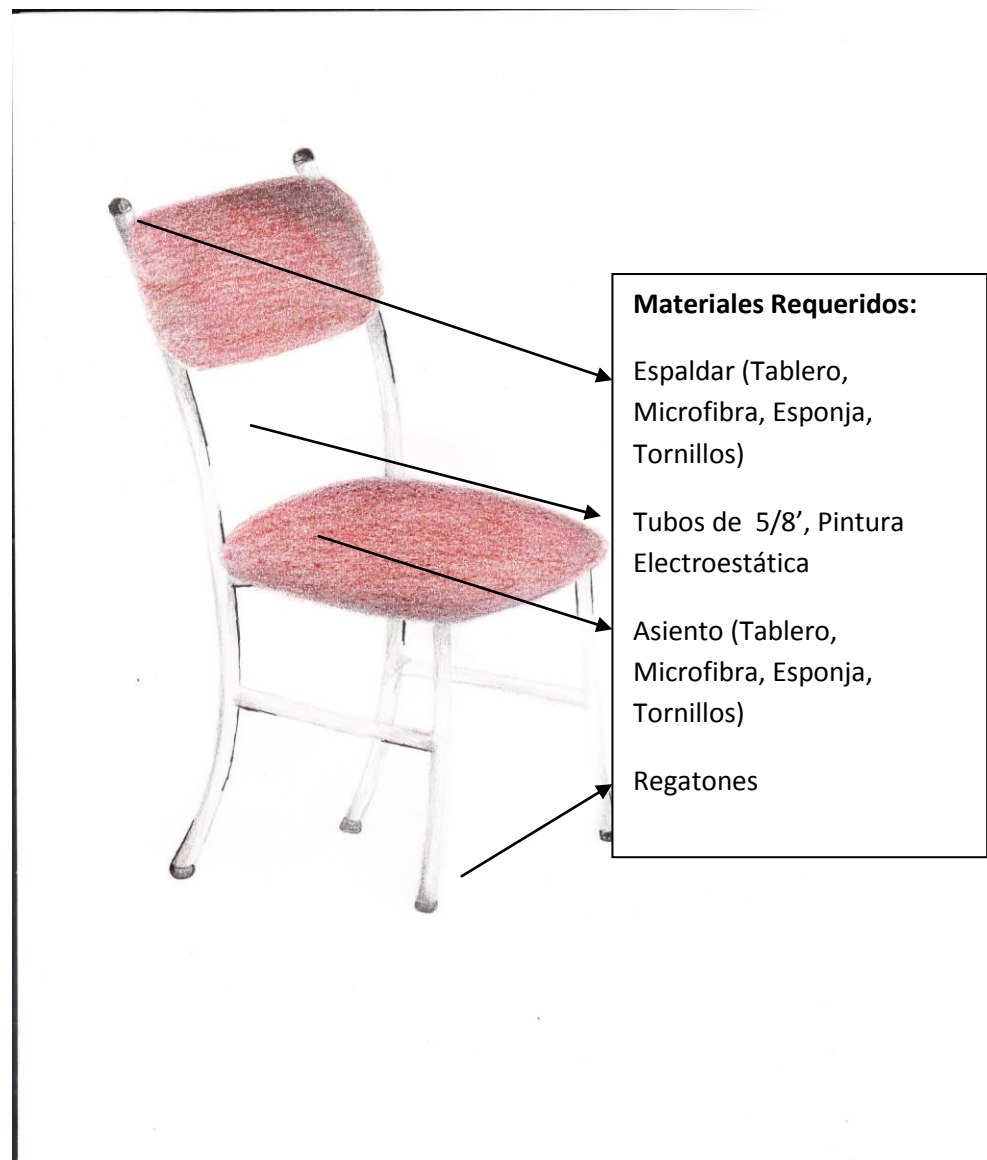


Fig. 6. Silla A

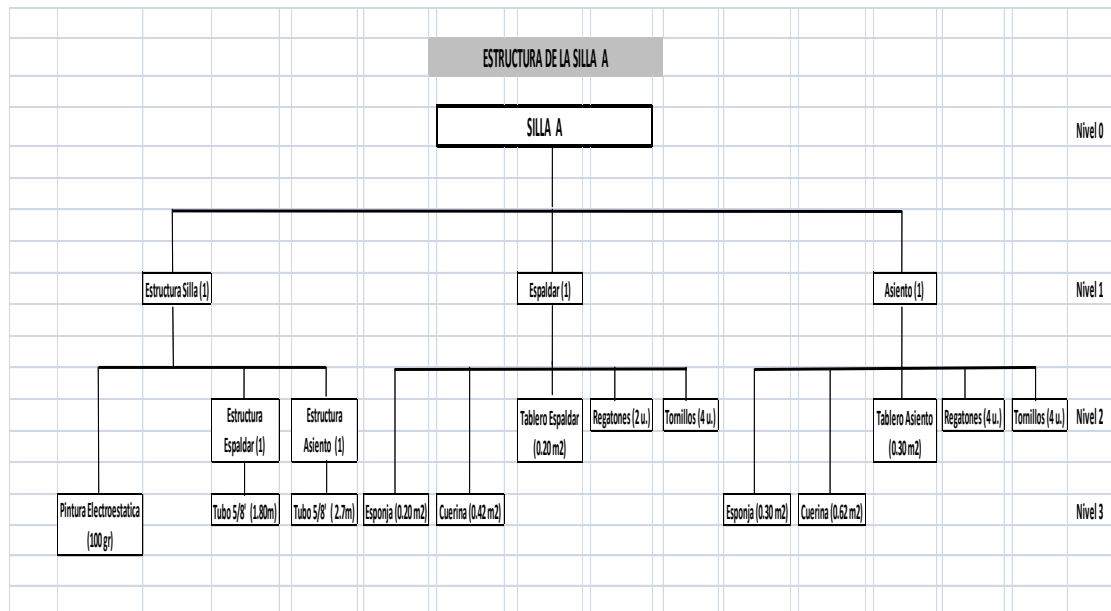


Fig. 7. Estructura silla A

Silla B

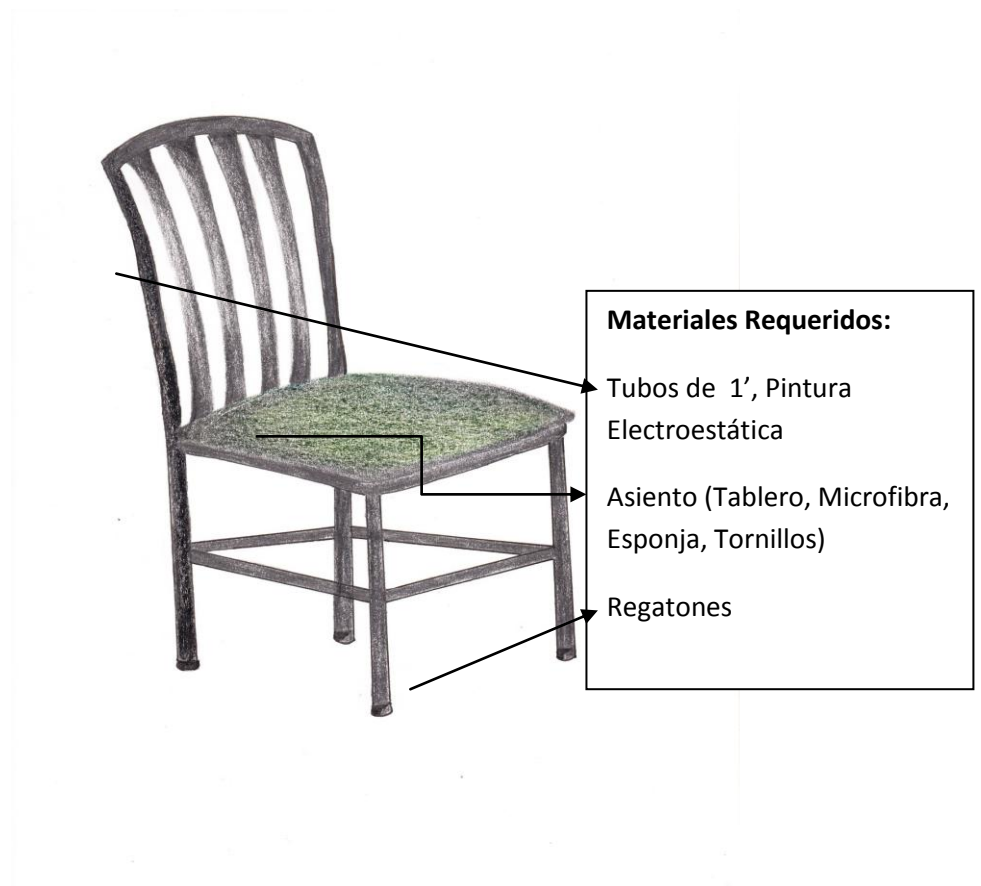


Fig. 8. Silla B

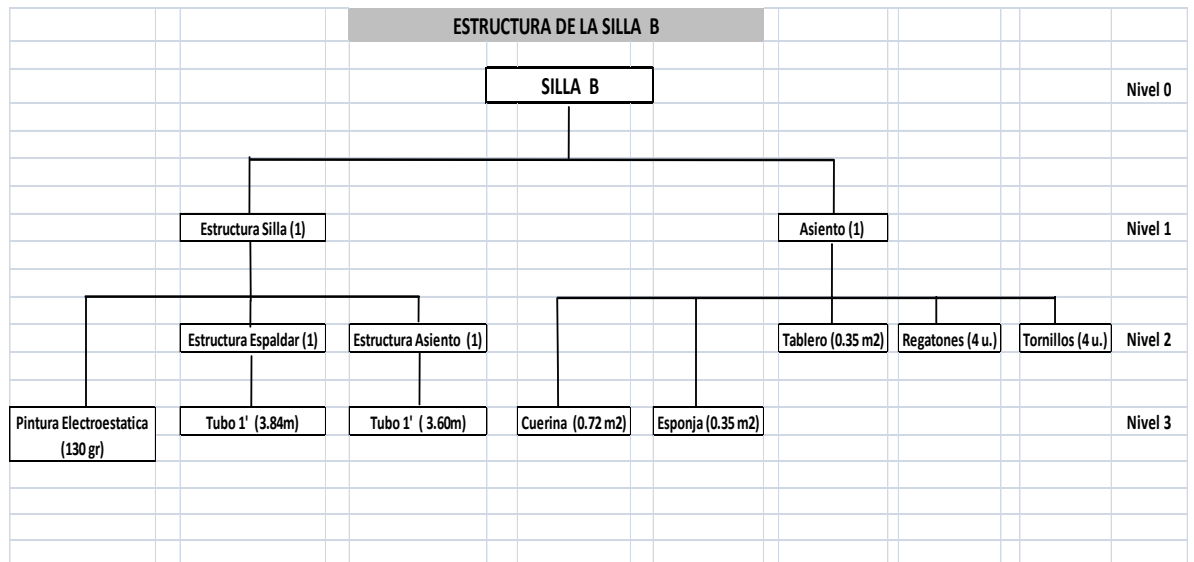


Fig. 9. Estructura Silla B

Silla C

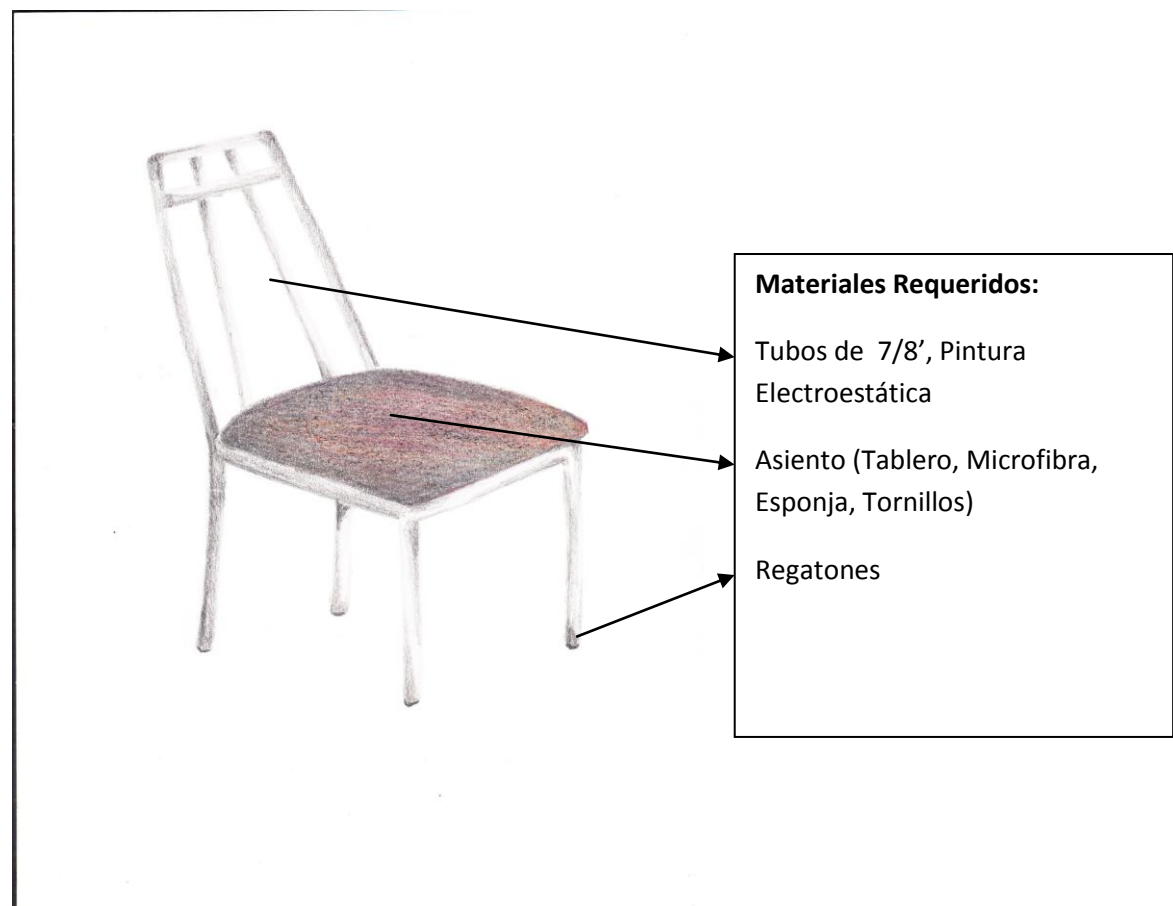


Fig. 10. Silla C

Los Diseños de las sillas A, B y C son de autoría de Anabel Guzmán H.

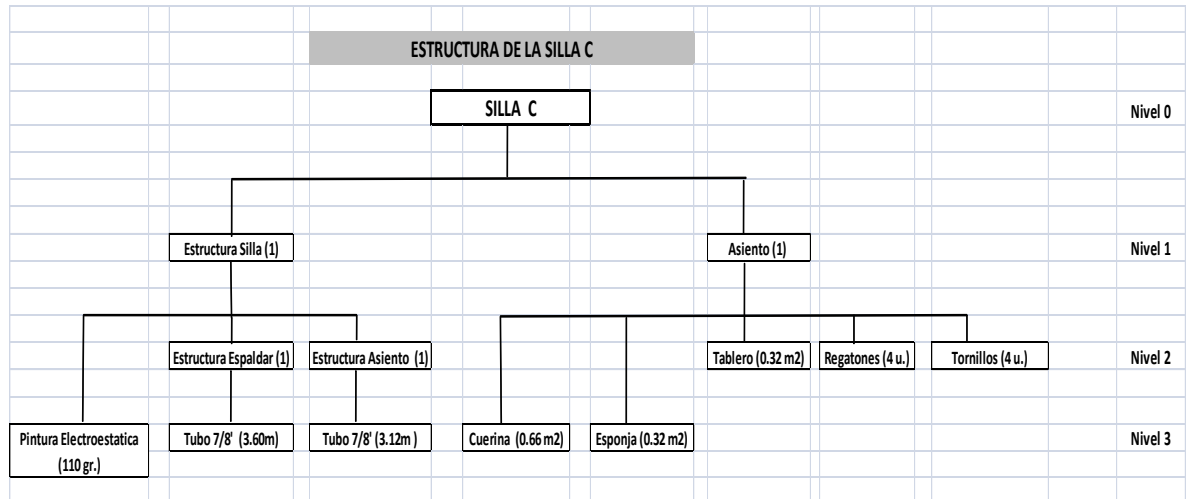


Fig. 11. Estructura Silla C

2.2. Estructura del Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP).

Para poder elaborar un sistema de planeación de requerimientos de materiales es necesario conocer las distintas fuentes de información, que son necesarias para obtener los datos relevantes para la elaboración del mismo.

2.2.1 Plazo de Entrega.

Es el tiempo que se requiere para **comprar** (es todo lo que la empresa adquiere sin sufrir transformación dentro de proceso productivo), **producir o montar** cada artículo, esto se conoce en los sistemas de Planeación de Requerimiento de Materiales como **Lead Time**.

El plazo de entrega de un producto manufacturado (Producido o Montado), es el tiempo necesario para transportar, preparar, montar o procesar cada componente de un producto final. Mientras un artículo comprado su plazo de entrega es el Tiempo que transcurre desde que se hace el pedido hasta que se encuentre disponible en la planta para su posterior producción.

2.2.2 Datos del Inventario y Compras.

Se refiere al registro que una fábrica posee sobre materia prima y componentes adquiridos, productos en proceso y la cantidad de productos terminados, mientras mejor sea la gestión de inventarios y compras la planeación de una empresa será más eficaz debido a que sabremos que tenemos y que debemos producir, lo que reduce la inversión en estos rubros.

Después de que obtenemos y procesamos las fuentes de información el siguiente paso para la Elaboración del MRP es construir el **Plan de Necesidades Netas de Materiales** este incluye las Necesidades Brutas, Recibos Programados, Inventario, las Necesidades Netas, Recepciones Planeadas y las Ordenes de Producción.

2.2.3 Necesidades Brutas.

Indica cuando se debe pedir un artículo a los proveedores si no existe ninguno disponible en ese momento en inventario, o cuando debe iniciar la producción de los artículos para satisfacer la demanda de productos terminados en una fecha determinada.

2.2.4 Inventario Disponible

Los Recibos Programados son los pedidos que han sido liberados en transcurso del periodo de producción. Esto más el Inventario se convierte en el Inventario Disponible.

$$\underbrace{[(\text{Inventario}) + (\text{Recibos Programados})]}_{\text{Inventario Disponible}}$$

2.2.5 Necesidades Totales

Las Totales son la suma de las Necesidades Brutas más las **Asignaciones** (son un número de unidades existentes que han sido fijadas a una producción específica; dicho de otra manera reduce el Inventario).

$$\underbrace{[(\text{Necesidades Brutas}) + (\text{Asignaciones})]}_{\text{Necesidades Totales}}$$

2.2.6 Necesidades Netas

Indica la cantidad de cuanto se debe fabricar, después de restar las Necesidades Totales menos el Inventario Disponible.

$$\text{Necesidades Netas} = \underbrace{[(\text{Necesidades Brutas}) + (\text{Asignaciones})]}_{\text{Necesidades Totales}} - \underbrace{[(\text{Inventario}) + (\text{Recibos Programados})]}_{\text{Inventario Disponible}}$$

2.2.7 Ordenes de Producción

Son las necesidades Netas desplazada en el tiempo, es decir el **Lead Time** o tiempo que tarda en ser producido el pedido, las partes y los componentes que van a ser fabricados.

2.3 Elaboración de la Planeación de Requerimientos de Materiales para el Problema Tipo.

En nuestro caso de estudio la empresa no posee un Sistema de planeación de la Producción, por lo que ha generado muchos problemas como no entregas, altos niveles de inventario de productos en proceso y horas extras.

Por lo que Elaboraremos un Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) para las Sillas A, B y C, para verificar que las ordenes semanales se pueden cumplir o no en este plazo[♦].

Con esta información obtenida de MRP se verificó que los plazos de entrega ofrecidos no se pueden cumplir debido a que los resultados obtenidos nos desplazaron dos días en el plazo de entrega para los distintos pedidos.

[♦] Referirse a Anexos pag. 53

CAPITULO 3

IDENTIFICAR LA RESTRICCIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO (UTILIZACIÓN DE DBR Y TOC) Y ELEGIR LA MEJOR ALTERNATIVA DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

Introducción

Sabiendo que los tiempos de entrega están mal calculados nos dispondremos a buscar una solución para este problema, con la ayuda de la filosofía de la Teoría de Restricciones (TOC), que se fundamenta en la aplicación del Modelo **DBR** (*Drum, Buffer, Rope*) siguiendo los **cinco pasos de enfoque** que son una manera de asegurarse que la planeación de una empresa se cumpla de una manera exitosa basándose en la restricción.

Aplicación de los cinco pasos de enfoque:

1. Identificar la Restricción en Planta.

Según Goldratt la manera más fácil de identificar la Restricción es ir y preguntar al personal de planta, lo cual hemos hecho, estos nos han informado que el centro donde se acumula más producto en proceso, es en el Centro de Trabajo 3 y algunas veces en el cuatro.

Con este supuesto nos dispondremos a verificar cual es el centro de trabajo que restringe la producción de la planta. Para esto necesitamos los tiempos disponibles en cada centro y los de proceso para cada uno de los pedidos, y realizar una comparación

entre estos tiempos e identificar la restricción real, que nos ayudara a continuar con los cinco pasos de enfoque encontrando la solución.

3.1 Realizar una aplicación en una hoja electrónica (Excel) para buscar la restricción en los centros de trabajo.

En este programa se compara los tiempos totales de producción en cada uno de los centros de trabajo para la Sillas A, B y C, con el tiempo disponible por semana (40 horas).

Para calcular el Tiempo Total se multiplica el Tiempo de Proceso de las sillas (tiempo calculado para lotes de cuatro unidades) por la demanda semanal de cada uno de los pedidos.

Si el Tiempo Total es mayor al disponible, quiere decir que los pedidos no se podrán cumplir en su totalidad por lo que necesitan horas extras para cumplir el pedido en dicho plazo.

Se presentan las tablas (Excel) que muestran que centro es la restricción de planta.

	CENTRO DE TRABAJO 1				
	A	B	C		
	1,08	1,1	1,07	TOTAL	DISPONIBLE HORAS
Semana 1	32	43	50	33,80	40
Semana 2	28	30	45	27,81	40
Semana 3	31	37	42	29,74	40
Semana 4	37	35	40	30,28	40

Esta tabla muestra que el Tiempo Total es menor al Disponible lo que indica que este Centro de Trabajo puede cumplir con todos los pedidos en ese periodo de tiempo.

	CENTRO DE TRABAJO 2				
	A	B	C		
	1,20	1,25	1,09	TOTAL	DISPONIBLE HORAS
Semana 1	32	43	50	36,63	36,75
Semana 2	28	30	45	30,01	36,75
Semana 3	31	37	42	32,28	36,75
Semana 4	37	35	40	32,91	36,75

La tabla muestra que el Tiempo Total es menor al Disponible lo que indica que este Centro de Trabajo puede cumplir con todos los pedidos en ese periodo de tiempo.

En el Centro de Trabajo 2 las horas disponibles son menores a 40, debido a que se debe restar el tiempo de procesar las cuatro unidades de cada lote de los distintos pedidos en el Centro de Trabajo 1.

	CENTRO DE TRABAJO 3					
	A	B	C			
	1,50	1,50	1,50	TOTAL	DISPONIBLE HORAS	Horas Faltantes
Semana 1	32	43	50	46,88	33,22	13,66
Semana 2	28	30	45	38,63	33,22	5,41
Semana 3	31	37	42	41,25	33,22	8,03
Semana 4	37	35	40	42,00	33,22	8,78

Como se observa en esta tabla, el Tiempo Total es mayor al disponible lo que indica que se debe trabajar horas extra (Horas Faltantes), para cumplir con los pedidos en el plazo de una semana.

El Centro de Trabajo 3 no puede trabajar las 40 horas disponibles por semana, debido a que habría tiempo muerto, por los procesos previos de los Centros 1 y 2. Por lo que trabajaría solamente 33,22 horas

Nota: Las horas faltantes se calculan restando el Tiempo Total menos el Disponible.

	CENTRO DE TRABAJO 4					
	A	B	C			
	1,17	1,06	0,90	TOTAL	DISPONIBLE HORAS	Horas Faltantes
Semana 1	32	43	50	31,98	28,72	3,26
Semana 2	28	30	45	26,24	28,72	0,00
Semana 3	31	37	42	28,30	28,72	0,00
Semana 4	37	35	40	29,07	28,72	0,35

Como se observa en esta tabla, el Tiempo Total es mayor al disponible lo que indica que se debe trabajar horas extra (Horas Faltantes), para cumplir con los pedidos en el plazo de una semana.

El Centro de Trabajo 4 no puede trabajar las 40 horas disponibles por semana, debido a que habría tiempo muerto, por los procesos previos de los Centros 1, 2 y 3. Por lo que trabajaría solamente 28,72 horas.

Las tablas muestran que la restricción de la planta es el Centro de Trabajo 3, debido a que es el más lento de la planta, esto hace que necesite muchas Horas Extras para cumplir con los pedidos semanales, es decir es el **Tambor** (*Drum*) de la planta este Centro de Trabajo es el que proporciona el ritmo al cual se debe producir.

Mientras que el Centro de Trabajo 4 al ser el último centro de producción depende del tiempo de procesamiento de los anteriores centros, reduciendo su Tiempo disponible lo que genera horas extras.

2. Decidir como explotar la Restricción de la Planta.

Para cumplir con las órdenes de producción es necesario trabajar la totalidad de horas disponibles en el cuello de botella (Centro de Trabajo 3), esto se puede hacer con un Buffer de seguridad antes de la restricción. Lo cual asegura que el Centro trabajo pueda cumplir con sus 40 horas disponibles por semana.

3. Subordinar todo a la decisión anterior.

A continuación se presenta el Tiempo de proceso que se tomó del Diagrama de Proceso de Operaciones de la Silla A, que nos sirve para calcular el **Amortiguador (Buffer)** en horas y unidades.

Silla A		
Tiempo de Proceso (h)	Pedido semanal (unidades)	Tiempo Total de Proceso (h)
4,95	32	39,60
	28	34,65
	31	38,36
	37	45,79

Nota: El tiempo de proceso para la Silla A es en horas y está calculado para lotes de cuatro unidades.

Los Centros de Trabajo 1 y 2 deben proteger a la restricción (Centro de Trabajo 3) con un Buffer de seguridad para los pedidos semanales de las Sillas A, B y C, se presentan a continuación.

Buffer de Silla A		
Tiempo Total de Proceso/2 (h)	Tiempo de Proceso (h)	Estructuras Sillas (unidades)
19,80	4,95	16
17,33	4,95	14
19,18	4,95	16
22,89	4,95	19

La mejor forma de determinar el tamaño del Buffer según la Teoría de Restricciones es tomar el Tiempo Total de Proceso existente y cortarlo a la mitad, que es lo que se hizo en la tabla anterior y además se calculo el número de estructuras que se fabricarían en ese tiempo.

La siguiente tabla muestra, el Tiempo de Proceso respectivo para la Silla B y el Tiempo total de proceso para el pedido correspondiente.

Silla B		
Tiempo de Proceso (h)	Pedido semanal (unidades)	Tiempo Total de Proceso (h)
4,91	43	52,78
	30	36,83
	37	45,42
	35	42,96

Esta tabla presenta el Buffer de seguridad en Tiempo y número de Estructuras para proteger la restricción (Centro de Trabajo 3).

Buffer de Silla B		
Tiempo Total de Proceso/2 (h)	Tiempo de Proceso (h)	Estructuras Sillas (unidades)
26,39	4,91	22
18,41	4,91	15
22,71	4,91	19
21,48	4,91	18

La tabla indica, el Tiempo de Proceso respectivo para la Silla C y el Tiempo total de proceso para el pedido correspondiente.

Silla C		
Tiempo de Proceso (h)	Pedido semanal (unidades)	Tiempo Total de Proceso (h)
4,55	50	56,88
	45	51,19
	42	47,78
	40	45,50

El Buffer necesario para proteger el cuello de botella en los pedidos de la Silla C, tanto en el tiempo como en unidades se presenta a continuación.

Buffer de Silla C		
Tiempo Total de Proceso/2 (h)	Tiempo de Proceso (h)	Estructuras Sillas (unidades)
28,44	4,55	25
25,59	4,55	23
23,89	4,55	21
22,75	4,55	20

Con los cálculos presentados anteriormente mostraremos que los Tiempos Faltantes se reducen considerablemente en el Centro de Trabajo 3 y se elimina en el Centro de Trabajo 4, debido a que se planeo realizar **Estructuras** para proteger la Restricción (Centro de Trabajo 3). Esto hizo que se llegue a trabajar las 40 horas disponibles en este Centro de Trabajo reduciendo Horas Extras.

3.1.1 Gestión de Buffer's para las Sillas A, B y C del Problema Tipo.

Una de las maneras más acertadas de administrar los Amortiguadores es por medio de *La Gestión de Buffer*, esta es una forma práctica de determinar cuándo se debe dar la orden de producir a los Centros Previos al Cuello de Botella, es decir es la **Cuerda (Rope)** que se ata para jalar la producción hacia la restricción.

Para esto se debe tomar el Buffer de seguridad (Estructuras en Unidades) y dividirlo en tres partes, marcando cada división con un color determinado que son: Verde, Anaranjado y Rojo. Estas marcas nos indican que el Buffer de seguridad, está en la región Verde no hace falta seguir realizando estructuras de ese tipo.

Cuando el Buffer a disminuido su cantidad hasta llegar a la región Anaranjada, se debe verificar la prioridad de producción, para determinar si decidimos producir o si dejamos que el Buffer llegue a la región Roja en donde se debe dar la orden de producción de las Estructuras para las Sillas correspondientes.

De esta manera las divisiones nos ayudan a visualizar en que región se encuentra nuestro amortiguador, lo que ayuda a tener un control de inventario en proceso y determinar de una manera confiable cuando se debe dar la orden de producción para las Estructuras de las Sillas correspondientes.

A continuación se muestra el Amortiguador de Estructuras, con el número de unidades en cada región para el Pedido 1.

	Pedido 1		
Buffer de Estructuras (Unidades)			
Silla A	5	5	6
Silla B	7	7	8
Silla C	8	8	9

La Tabla muestra el Amortiguador de Estructuras, con el número de unidades en cada región para el Pedido 2.

	Pedido 2		
Buffer de Estructuras (Unidades)			
Silla A	4	5	5
Silla B	5	5	5
Silla C	7	8	8

A continuación se muestra el Amortiguador de Estructuras, con el número de unidades en cada región para el Pedido 3.

	Pedido 3		
Buffer de Estructuras (Unidades)			
Silla A	5	5	6
Silla B	6	6	7
Silla C	7	7	7

La siguiente Tabla muestra el Amortiguador de Estructuras, con el número de unidades en cada región para el Pedido 2.

	Pedido 4		
Buffer de Estructuras (Unidades)			
Silla A	6	6	7
Silla B	6	6	6
Silla C	6	7	7

3.2 Realizar una comparación (Excel) entre las distintas posibilidades de producción basándonos en el centro de trabajo que es cuello de botella.

La primera posibilidad de producción es no tener un Buffer de estructuras de Sillas hechas que es la manera que se maneja la fábrica, lo que reduce la cantidad de Horas Disponibles y por consiguiente aumentan las Horas Extra.

4. Elevar la Restricción de la Planta.

Para poder cumplir con cualquiera de las dos posibilidades de producción se necesita elevar la Restricción con horas extra de Trabajo

	CENTRO DE TRABAJO 3					
	A	B	C			
	1,50	1,50	1,50	TOTAL	DISPONIBLE HORAS	Horas Faltantes
Semana 1	32	43	50	46,88	33,22	13,66
Semana 2	28	30	45	38,63	33,22	5,41
Semana 3	31	37	42	41,25	33,22	8,03
Semana 4	37	35	40	42,00	33,22	8,78

La segunda posibilidad es tener un Buffer de estructuras hechas frente al Centro de Trabajo 3, (que es el cuello de botella) haciendo que este trabaje las 40 Horas Disponibles.

	CENTRO DE TRABAJO 3					
	A	B	C			
	1,50	1,50	1,50	TOTAL	DISPONIBLE HORAS	Horas Faltantes
Semana 1	32	43	50	46,88	40	6,88
Semana 2	28	30	45	38,63	40	0,00
Semana 3	31	37	42	41,25	40	1,25
Semana 4	37	35	40	42,00	40	2,00

El problema del Centro de Trabajo 4 en la primera posibilidad de producción es depender de todos los Centros que lo anteceden, es decir que debe esperar que los otros Centros de Trabajo terminen de procesar los lotes de cuatro unidades en cada uno de los pedidos correspondientes, lo que disminuye sus Horas Disponibles semanales, obligando a tener horas extras innecesarias.

	CENTRO DE TRABAJO 4					
	A	B	C			
	1,17	1,06	0,90	TOTAL	DISPONIBLE HORAS	Horas Faltantes
Semana 1	32	43	50	31,98	28,72	3,26
Semana 2	28	30	45	26,24	28,72	0,00
Semana 3	31	37	42	28,30	28,72	0,00
Semana 4	37	35	40	29,07	28,72	0,35

Con la segunda alternativa el Centro de Trabajo 4 aumenta sus Horas Disponibles, debido a que solo depende del Centro de Trabajo 3. Lo que elimina las horas extras innecesarias.

	CENTRO DE TRABAJO 4					
	A	B	C			
	1,17	1,06	0,90	TOTAL	DISPONIBLE HORAS	Horas Faltantes
Semana 1	32	43	50	31,98	35,5	0,00
Semana 2	28	30	45	26,24	35,5	0,00
Semana 3	31	37	42	28,30	35,5	0,00
Semana 4	37	35	40	29,07	35,5	0,00

Como observamos en las tablas anteriores la alternativa de realizar las estructuras previamente, es la mejor opción entre estas. Ahora lo verificaremos con los Costos de producción.

3.3 Calcular los distintos costos de producción con la información de la Planeación realizada.

Para realizar los cálculos de los costos de producción, necesitamos los Costos Totalmente Variables, que los obtuvimos con la información del MRP.

El Costo Total de cada uno de los Materiales e Insumos, se obtiene al multiplicar la Suma de cada uno de los Pedidos Semanales por el Precio Unitario. El Total de los Costos Totalmente Variables (CTV), se obtiene al sumar el costo total de cada uno de los materiales e insumos.

Se presentan a continuación los CTV, de las Sillas A, B y C para pedidos semanales.

Calculo de Costos Totalmente Variables para Silla A							
Materiales e Insumos	Cantidad X Pedido Semanal					Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)
	Unidades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4		
Tubo 5/8"	m	24,0	21,0	24,0	28,0	8,25	800,25
Tablero Asiento	u.	32,0	28,0	31,0	37,0	2,5	320,00
Tablero Espaldar	u.	32,0	28,0	31,0	37,0	2,2	281,60
Esponja	m ²	16,0	14,0	15,5	18,5	3,37	215,68
Cuerina	m ²	33,3	29,1	32,2	38,5	2,19	291,53
Pintura Electroestatica	gr.	3200,0	2800,0	3100,0	3700,0	0,07	896,00
Tornillos	u.	256,0	224,0	248,0	296,0	0,01	10,24
Regatones	u.	192,0	168,0	186,0	222,0	0,1	76,80
						Total de CTV	2892,10

Calculo de Costos Totalmente Variables para Silla B							
Materiales e Insumos	Cantidad X Pedido Semanal					Precio	Costo
	Unidades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Unitario (\$)	Total (\$)
Tubo 1"	m	53,32	37,2	45,88	43,4	9,82	1765,64
Tablero Asiento	u.	43	30	37	35	2,5	362,50
Esponja	m ²	15,05	10,5	12,95	12,25	3,37	171,03
Cuerina	m ²	30,96	21,6	26,64	25,2	2,19	228,64
Pintura Electroestatica	gr.	5590	3900	4810	4550	0,07	1319,50
Tornillos	u.	172	120	148	140	0,01	5,80
Regatones	u.	172	120	148	140	0,1	58,00
						Total de CTV	3911,10

Calculo de Costos Totalmente Variables para Silla C							
Materiales e Insumos	Cantidad X Pedido Semanal					Precio	Costo
	Unidades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Unitario (\$)	Total (\$)
Tubo 7/8"	m	59	53,1	49,56	47,2	9,02	1883,92
Tablero Asiento	u.	50	45	42	40	2,5	442,50
Esponja	m ²	16	14,4	13,44	12,8	3,37	190,88
Cuerina	m ²	33	29,7	27,72	26,4	2,19	255,84
Pintura Electroestatica	gr.	5500	4950	4620	4400	0,07	1362,90
Tornillos	u.	200	180	168	160	0,01	7,08
Regatones	u.	200	180	168	160	0,1	70,80
						Total de CTV	4213,91

La suma de los CTV de cada una de las Sillas, nos sirve para encontrar el Total de costo de materia prima que es uno de los rubros del Costo de Producción.

Calculo Materia Prima	
CTV para Silla A	(\$ 2892,10
CTV para Silla B	(\$ 3911,10
CTV para Silla C	(\$ 4213,91
Total de M. P.	(\$ 11017,11

Este Total de Materia Prima nos sirve para calcular las dos alternativas de los Costo de producción, debido a que la cantidad de Materia Prima no varía.

3.3.1 Primera alternativa de producción (sin Buffer de Estructuras).

En la tabla que se presenta a continuación, calcula el Costo de Horas Extras Totales, en la que se toma las (horas faltantes) de la primera alternativa de producción, tanto del centro de trabajo 3 y 4. Debido a que el Centro de Trabajo 4 depende del Centro 3, las horas faltantes se han sumado y que en esta tabla se muestran como Horas Extra.

Además la cantidad de obreros son la totalidad de la planta (10 obreros), debido que al no tener un buffer de estructuras hechas, la totalidad de obreros deben trabajar para cumplir con los distintos pedidos.

El costo por hora extra, es tomado de un sueldo básico más los beneficios estipulados por la Ley vigente en el país.

Costo de Horas Extras Totales				
Semana	Obreros	Costo/Hora (\$/h)	Horas Extra (h)	Costo (\$)
Semana 1	10	3,05	16,92	516,0
Semana 2	10	3,05	5,41	165,0
Semana 3	10	3,05	8,03	245,0
Semana 4	10	3,05	9,13	278,6
			Total	\$ 1.204,64

Los costo de Mamo de Obra Directa (MOD) y Costos Indirectos de Fabricación (CIF) son proporcionados por la empresa de nuestro ejemplo tipo.

CIF	\$2850
MO	\$3240

El costo total de producción para esta alternativa se presenta a continuación.

CIF	(\$) 2850
MO	(\$) 3240
CTV	(\$) 11017,11
Horas Extras	(\$) 1184,89
Costo Total	(\$) 18292

3.3.2 Segunda Alternativa para Realizar la Producción de las Sillas con un Buffer de seguridad frente al Centro de Trabajo 3 (Restricción).

La cantidad de obreros son solamente 3 debido a que son los que trabajan en el Centro de Trabajo 3 (Restricción de la Planta).

Costo de Horas Extras Totales				
Semana	Obreros	Costo Hora (\$/h)	Horas Extra (h)	Costo (\$)
Semana 1	3	3,05	6,88	63
Semana 2	3	3,05	0,00	0
Semana 3	3	3,05	1,25	11
Semana 4	3	3,05	2,00	18
Total				\$ 92,69

Los costo de Mamo de Obra Directa (MOD) y Costos Indirectos de Fabricación (CIF) son proporcionados por la empresa de nuestro ejemplo tipo.

CIF	\$2850
MO	\$3240

El costo total de producción para esta alternativa se presenta a continuación.

CIF	(\$) 2850,00
MO	(\$) 3240,00
CTV	(\$) 11017,11
Horas Extras	(\$) 91,17
Costos Totales de Producción	(\$) 17198,28

Como podemos observar la diferencia entre las dos alternativas de producción es \$ 1093,72. Lo que muestra un gran ahorro si se realizaría la segunda alternativa *propuesta de nosotros*, y no la primera que es la forma como se maneja la empresa actualmente.

Nota: Si el lector desea comparar con el método de Throughput puede referirse a anexos, revisar que la variación entre los costos es igual a la variación de utilidad en la misma proporción entre estas dos alternativas de producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El Sistema de Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP), no calcula la capacidad de los Centros de Trabajo para realizar los distintos tipos de pedidos, lo que impide saber si los pedidos se pueden cumplir en un plazo determinado.

El MRP calcula los plazos de entrega basada en los *Lead Time* (tiempo de entrega) de cada producto, pero sin considerar una mezcla de los mismos o la cantidad que se va a producir, lo que genera mucho inventario en proceso o incumplir con el pedido.

El MRP no libera la orden hasta que todos los productos se hayan terminado en un determinado proceso, lo que hace que el flujo de producción sea más lento y existan tiempos muertos más elevados en los Centros de Trabajo.

La planeación basada en la filosofía de la Teoría de Restricciones, proporciona soluciones, para reducir plazos de entrega y costos de producción. Lo que genera beneficios económicos para la empresa y confianza para los clientes.

Un Sistema de Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP), necesita de otro sistema o método que cuantifique la capacidad de los Centros de Trabajo, para que se pueda limitar la cantidad de los pedidos o el tiempo de entrega.

La contabilidad del Throughput no considera una cantidad mínima de compra, que genera costo de almacenamiento de materia prima o en proceso como los Buffers de seguridad.

La Planeación de Requerimiento de Materiales, es compatible con la Teoría de Restricciones al cuantificar específicamente cuanta materia prima se necesita para

cumplir con determinado producto, que es lo que Goldratt plantea con los costos totalmente variable (CTV), que es la materia prima para cada producto.

No se debe calcular los plazos de entrega basándonos en los Lead Time del sistema MRP, sino en el tiempo que se demora el pedido en ser procesado por la Restricción de la Planta o cuello de botella, debido a que ese será el ritmo al que se puede realizar el pedido.

RECOMENDACIONES

Recomendamos utilizar cualquier Sistema de Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP), con otro sistema adicional que cuantifique la capacidad de los Centros de Trabajo, para no causar errores en la producción de la planta.

Para poder utilizar el método de contabilidad Throughput se necesita, que la empresa trabaje con un sistema Justo a Tiempo (Just in Time), para no incluir los costos de mantenimiento de inventario a los costos de producción.

Se recomienda utilizar el MRP para calcular la cantidad de materia prima e insumos, pero no para calcular los plazos de entrega de los distintos pedidos.

Para poder planear de manera adecuada con la Teoría de Restricciones (TOC), se recomienda seguir los cinco pasos de enfoque, que nos lleva a la identificación y posterior solución de los problemas que posee una determinada área de la empresa.

Al ser la Teoría de Restricciones un sistema de mejora continua, se debe identificar cual es la área de la empresa que posea más problemas para comenzar a solucionarlos en dicha área y continuar con el resto.

BIBLIOGRAFÍA

1. **CORBETT**, Thomas. La Contabilidad del Trúput: El Sistema de Contabilidad Gerencial del TOC. Segunda Edición. Bogotá, Colombia. Ediciones Piénsalo 2002.
2. **CHASE**, Richard B; **JACOBS**, F. Robert; **AQUILANO** Nicholas J. Administración de la Producción y Operaciones: Para una Ventaja Competitiva. Decima Edición. México, México D.F. McGraw-Hill 2005.
3. **GOLDRATT**, Eliyahu; **COX**, Jeff. La Meta: Un proceso de Mejora continua. Segunda Edición en Español. México. Ediciones Castillo 1993.
4. **HEIZER**, Jay; **RENDER** Barry. Dirección de la Producción. Decisiones Tácticas. Sexta edición. Madrid, España. Pearson Educación 2001.
5. **SARMENTO**, Ricardo; **JARDIM** Eduardo. Programación de la Producción por Simulación Computacional. Primera Edición. Rio Janeiro, Brasil. 2009.

ANEXOS

ANEXO 1: Primera Alternativa de Producción sin buffer de seguridad frente al cuello de botella.

La tabla muestra la prioridad de producción de acuerdo al throughput generado en el cuello de botella.

Producto	Precio (\$)	CTV (\$)	Truput por unidad (\$/u.)	tiempo en el rrc (min)	throughput / tiempo en rrc (\$/t)
Silla A	45	22,59	22,41	22,5	1,00
Silla B	55	26,97	28,03	22,5	1,25
Silla C	48	23,81	24,19	22,5	1,08
Nota: rrc recurso restringido de capacidad					

Las siguientes tablas muestran los escenarios de las distintas semanas basados en la prioridad de producción.

Escenario TOC Semana 1								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc	Throughput (\$)
Silla B	43	55	26,97	28,03	22,5	967,5	1,25	1205,29
Silla C	46	48	23,81	24,19	22,5	1035	1,08	1112,74
Silla A	0	45	22,59	22,41	22,5	0	1,00	0,00
Faltante de A	32	Nota: Las 32 sillas A y las 4 sillas B no se pueden fabricar por la falta de Tiempo en el Cuello de Botella (Centro de Trabajo 3).					TT	2318,03
Faltante de C	4							

Escenario TOC Semana 2								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc	Throughput (\$)
Silla B	30	55	26,97	28,03	22,5	675	1,25	840,90
Silla C	45	48	23,81	24,19	22,5	1012,5	1,08	1088,55
Silla A	14	45	22,59	22,41	22,5	315	1,00	313,74
Faltante A	14						TT	2243,19

Escenario TOC Semana 3								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc	Throughput (\$)
Silla B	37	55	26,97	28,03	22,5	832,5	1,25	1037,11
Silla C	42	48	23,81	24,19	22,5	945	1,08	1015,98
Silla A	10	45	22,59	22,41	22,5	225	1,00	224,10
Faltante A	21	Nota: Las 21 unidades de la silla A no se puede fabricar por la falta de Tiempo en el Cuello de Botella (Centro de Trabajo 3).					TT	2277,19

Escenario TOC Semana 4								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc	Throughput (\$)
Silla B	35	55	26,97	28,03	22,5	787,5	1,25	981,05
Silla C	40	48	23,81	24,19	22,5	900	1,08	967,60
Silla A	16	45	22,59	22,41	22,5	360	1,00	358,56
Faltante A	21	Nota: Las 21 unidades de la silla A no se puede fabricar por la falta de Tiempo en el Cuello de Botella (Centro de Trabajo 3).					TT	2307,21

Los costos generados por las horas extras necesarias en las distintas semanas, para cumplir con el pedido correspondiente.

Costo de Horas Extras Totales				
Semana	Obreros	Costo Hora (\$)	Horas Extra(\$)	Costo (\$)
Semana 1	10	3,05	16,92	516,0
Semana 2	10	3,05	5,41	165,0
Semana 3	10	3,05	8,03	245,0
Semana 4	10	3,05	9,13	278,6
			Total	\$ 1.204,64

A continuación se presenta la tabla de throughput por semana, en el cuello de botella; generado por las horas extras correspondientes.

throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Horas Extra (h)	Throughput Semanal de Horas Extra (\$)
1,00	12,16	727,01
	5,41	323,39
	8,03	480,33
	8,78	525,17
	ThroughputTotal	2055,90

En la primera semana de producción el Centro de Trabajo 3 debe trabajar 13,66 horas extra lo que significa que no puede cumplir con todo el pedido de la Silla A, además de 4 unidades de la Silla C.

Esta tabla muestra el throughput generado por el cuello de botella, realizando las 4 unidades de la Silla C.

throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Horas Extra (h)	Throughput Semanal de Horas Extra (\$)
1,08	1,5	97,2

A continuación se muestra la utilidad total con esta alternativa de Producción.

ΣTTP (\$)	9145,62
CIF (\$)	2850
MOD (\$)	3240
Costo Horas Extras	\$ 1.204,64
Throughput de Horas Extra (\$)	2153,10
Utilidad (\$)	4004,08

ANEXO 2: Segunda Alternativa de Producción con un Buffer de estructuras hechas frente a la restricción.

La tabla muestra la prioridad de producción de acuerdo al throughput generado en el cuello de botella.

Producto	Precio (\$)	CTV (\$)	Truput por unidad (\$/u.)	tiempo en el rrc (min)	throughput / tiempo en rrc (\$/t)
Silla A	45	22,59	22,41	22,5	1,00
Silla B	55	26,97	28,03	22,5	1,25
Silla C	48	23,81	24,19	22,5	1,08
Nota: rrc recurso restringido de capacidad					

Las siguientes tablas muestran los escenarios de las distintas semanas basados en la prioridad de producción.

Escenario TOC Semana 1								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Throughput (\$)
Silla B	43	55	26,97	28,03	22,5	967,5	1,25	1205,29
Silla C	50	48	23,81	24,19	22,5	1125	1,08	1209,50
Silla A	14	45	22,59	22,41	22,5	315	1,00	313,74
Faltante de A	18	Nota: Las 18 unidades de la silla A no se puede fabricar por la falta de Tiempo en el Cuello de Botella (Centro de Trabajo 3).					TT	2728,53

Escenario TOC Semana 2								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Throughput (\$)
Silla B	30	55	26,97	28,03	22,5	675	1,25	840,90
Silla C	45	48	23,81	24,19	22,5	1012,5	1,08	1088,55
Silla A	28	45	22,59	22,41	22,5	630	1,00	627,48
Faltante A	0						TT	2556,93

Escenario TOC Semana 3								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Throughput (\$)
Silla B	37	55	26,97	28,03	22,5	832,5	1,25	1037,11
Silla C	42	48	23,81	24,19	22,5	945	1,08	1015,98
Silla A	28	45	22,59	22,41	22,5	630	1,00	627,48
Faltante A	3	Nota: Las 3 unidades de la silla A no se puede fabricar por la falta de Tiempo en el Cuello de Botella (Centro de Trabajo 3).					TT	2680,57

Escenario TOC Semana 4								
Producto	demanda semanal	Precio (\$)	CTV (\$)	Throughput por unidad	tiempo en el rrc (min)	tiempo total por semana	throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Throughput (\$)
Silla B	35	55	26,97	28,03	22,5	787,5	1,25	981,05
Silla C	40	48	23,81	24,19	22,5	900	1,08	967,60
Silla A	34	45	22,59	22,41	22,5	765	1,00	761,94
Faltante A	3	Nota: Las 3 unidades de la silla A no se puede fabricar por la falta de Tiempo en el Cuello de Botella (Centro de Trabajo 3).					TT	2710,59

Los costos generados por las horas extras necesarias en las distintas semanas, para cumplir con el pedido correspondiente.

Costo de Horas Extras para cumplir el Contrato en la Restricción				
Semana	Obreros	Costo Hora	Horas Extra	Costo (\$)
Semana 1	3	3,05	6,88	63
Semana 2	3	3,05	0,00	0
Semana 3	3	3,05	1,25	11
Semana 4	3	3,05	2,00	18
Total				\$ 92,69

A continuación se presenta la tabla de throughput por semana, en el cuello de botella; generado por las horas extras correspondientes.

throughput / tiempo en rrc (\$/min)	Horas Extra (h)	Throughput Semanal Horas Extra (\$)
1,00	6,88	411,33
	0,00	0,00
	1,25	74,73
	2,00	119,57
	ThroughputTotal	605,64

A continuación se muestra la utilidad total con esta alternativa de Producción.

ΣTTP (\$)	10676,62
CIF (\$)	2850
MOD (\$)	3240
Costo Horas Extras	\$ 92,69
Throughput de Horas Extra (\$)	605,64
Utilidad (\$)	5099,57

Como podemos observar la diferencia entre las dos utilidades en los distintos escenarios de producción es \$ 1095,49. Que es casi exactamente la misma variación entre los costos de producción obtenidos en el Capítulo 3 de esta monografía que es \$ 1093,72.