



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

SISTEMA COMBINADO DE MANUFACTURA PUSH-PULL PARA PRODUCCIÓN INTERMITENTE

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA ÁREA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA
MARCO CÉSAR GONZÁLEZ GÓMEZ

ASESOR
M. EN I. SILVINA HERNÁNDEZ GARCÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F. 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Una propuesta de cambio en la
organización de la manufactura para
obtener una ventaja competitiva a través
de la estrategia operativa

Sistema combinado de manufactura push-pull para producción intermitente

Marco César González Gómez

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. Planteamiento del problema	3
<i>En este tema se explican los motivos por los cuales se emprendió este trabajo, la metodología usada para llevarlo a cabo y los objetivos a lograr.</i>	
1.1 Motivación para el trabajo de tesis	5
1.2 Metodología	6
1.3 Objetivos	6
1.4 Hipótesis	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 La estrategia de manufactura como ventaja competitiva y su relación con la estrategia de negocios.	7
<i>En éste tema se define la estrategia de manufactura y su impacto sobre los planes estratégicos corporativos, se introduce también a los factores tácticos y cómo estos ayudan a moldear la estrategia de manufactura. Se justifica la selección de la estrategia de manufactura presentada en la tesis y su comparación con otras estrategias aplicables al escenario.</i>	
2.1.1 Definiciones	10
2.1.2 El rol de la estrategia de operaciones	16
2.1.3 La construcción de la estrategia de operaciones	20
2.1.4 Ejemplos de estrategias de operaciones actuales	22
2.2 Estrategias de innovación en manufactura para flexibilidad, agilidad y personalización.	24
<i>Este tema analiza de manera más detallada algunas estrategias de manufactura que se encontraron con coincidencias en sus objetivos con los de la propuesta para poder hacer una comparación más directa.</i>	
2.2.1 Manufactura de respuesta rápida	24
2.2.2 Justo a tiempo/Manufactura esbelta	26
2.2.3 Manufactura ágil	29
2.2.4 Aplazamiento estratégico / Personalización en masa	30
2.3 Factores tácticos y la organización del proceso de manufactura.	32
<i>En este tema se analizan a detalle las arquitecturas de manufactura y sus tendencias o su importancia para los mercados actuales. Se justifica la selección de determinadas tácticas que corresponden con la hipótesis de la tesis y se comparan con las demás.</i>	
2.3.1 Factores tácticos que moldean la estrategia de operaciones	37
2.3.2 Flexibilidad	40
2.3.3 Planeación de los requerimientos de materiales y planeación de los requerimientos de manufactura	44
2.3.4 Sistemas de programación "Pull"	49
2.4 El balanced scorecard y los indicadores de desempeño como una forma de alinear las operaciones con la estrategia.	50
<i>Aquí se explican los principales indicadores de desempeño que utilizan en las empresas y que sirven para comparar la propuesta con el diseño del sistema original.</i>	
2.5 Conclusiones del capítulo	54

3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA COMBINADO PUSH-PULL.	57
3.1 Introducción a la propuesta.	57
<i>Aquí se explica cómo se plante el modelo que sirve para comparar las dos propuestas estudiadas así como las premisas sobre las que se forma el modelo</i>	
3.2 Modelo.	60
<i>Se presenta el modelo general que representa una fabricación intermitente y el cual se utiliza para desarrollar la propuesta.</i>	
3.3 Datos.	62
<i>En este punto se presenta la colección de datos que se usan para la corrida de simulación como son SKUs, datos de demanda, variación de la demanda etc.</i>	
3.3.1 Variables.	67
3.4 Proceso inicial.	67
<i>La primera parte de la simulación muestra un proceso típico de producción por pronósticos y sus resultados para poder compararlos con el proceso propuesto.</i>	
3.4.1 Explicación del proceso	67
3.4.2 Codificación y programación	68
3.4.3 Corrida y resultados	70
3.5 Proceso propuesto.	72
<i>Se explica el proceso propuesto y la corrida de su simulación.</i>	
3.5.1 Explicación de la propuesta y su alcance	72
3.5.2 Propuesta PUSH	72
3.5.3 Propuesta PULL	90
3.5.4 Codificación y programación	92
3.5.5 Corrida y resultados	94
4. RESULTADOS.	97
4.1 Cambios en KPI's.	97
<i>Se presentan los resultados numéricos de la simulación.</i>	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	100
REFERENCIAS	103
APÉNDICE A. TABLAS DE DATOS, CÁLCULOS Y PROGRAMAS	106
APÉNDICE B. CODIFICACIONES	157
APÉNDICE C. TABLAS DE RESULTADOS	195



Ilustración 1 - Esquema temático

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

<i>Ilustración 1 - Esquema temático. Fuente: elaboración propia</i>	iv
<i>Ilustración 2 - Esquema conceptual. Fuente: elaboración propia.</i>	2
<i>Ilustración 3 - Jerarquía de las estrategias. Fuente: Elaboración propia.</i>	14
<i>Ilustración 4 - Relación entre las estrategias, el posicionamiento estratégico y la administración de operaciones. Fuente: Elaboración propia.</i>	15
<i>Ilustración 5 - curva de intercambio inventario/nivel de servicio, antes y después del aplazamiento. Fuente: Supply Chain Performance Metrics, Warren Hausman, Junio 2002.</i>	34
<i>Ilustración 6 Evolución de la planeación de manufactura. Fuente: APICs, prog de formación de planeadores compradores, 2005)</i>	35
<i>Ilustración 7 - Diferentes niveles de planeación. Fuente: Elaboración propia.</i>	36
<i>Ilustración 8 – Tipos de flexibilidad y sus resultados. Fuente: Swamidass, 2002</i>	42
<i>Ilustración 9 – Diagrama de entrada proceso y salida del MPS. Fuente: Elaboración propia.</i>	45
<i>Ilustración 10 – Gráfico de capacidad RCCP. Fuente: Elaboración propia.</i>	46
<i>Ilustración 11 – Fuentes de cambios al MPS. Fuente: Elaboración propia.</i>	46
<i>Ilustración 12 – Diagrama de entrada proceso y salida del MRP. Fuente: Elaboración propia.</i>	47
<i>Ilustración 13 –Punto de desacoplamiento en un sistema común MRP. Fuente: Elaboración propia.</i>	57
<i>Ilustración 14 –Punto de desacoplamiento en el sistema propuesto. Fuente: Elaboración propia.</i>	58
<i>Ilustración 15 –Modelo usado para la simulación. Fuente: Elaboración propia.</i>	60
<i>Ilustración 16 –Gráfico para demanda semi-estable. Fuente: Elaboración propia.</i>	65
<i>Ilustración 17 –Gráfico para demanda creciente. Fuente: Elaboración propia.</i>	65
<i>Ilustración 18 –Gráfico para demanda decreciente. Fuente: Elaboración propia.</i>	65
<i>Ilustración 19 –Gráfico para demanda estacional. Fuente: Elaboración propia.</i>	66
<i>Ilustración 20 –Gráfico para demanda errática. Fuente: Elaboración propia</i>	66
<i>Ilustración 21 –Gráfico para demanda esporádica. Fuente: Elaboración propia</i>	66
<i>Ilustración 22 – Tiempo de entrega de productos. Fuente: elaboración propia. (cambiar)</i>	73
<i>Ilustración 23 – Gráfico variabilidad contra volumen. Fuente: elaboración propia. (cambiar)</i>	74
<i>Ilustración 24 – Distribución normal y desviación estándar. Fuente: elaboración propia. (cambiar)</i>	80
<i>Ilustración 25 – Hoja de cálculo utilizada para el cálculo de la duración ideal del ciclo de producción. Fuente: elaboración propia.</i>	82
<i>Ilustración 26 – Sensibilidad de la rueda a los cambios de demanda como porcentaje de la capacidad. Fuente: elaboración propia.</i>	84
<i>Ilustración 27 – Tiempo de cambio como porcentaje del ciclo en función de la tasa de demanda como porcentaje de la tasa de producción. Fuente: elaboración propia.</i>	85
<i>Ilustración 28 – Gráfico de sensibilidad de la rueda a los cambios de demanda como porcentaje de la capacidad por medio de fórmulas. Fuente: elaboración propia.</i>	86
<i>Ilustración 29 – Comportamiento de los inventarios en un ciclo de duración constante. Fuente: elaboración propia.</i>	88
<i>Ilustración 30 – Comportamiento de los inventarios en un ciclo de duración cambiante. Fuente: elaboración propia.</i>	89
<i>Ilustración 31 – Diagrama del proceso propuesto. Fuente: elaboración propia.</i>	90
<i>Ilustración 32 – Gráfico de pay de tiempos de producción. Fuente: elaboración propia.</i>	94

ÍNDICE DE TABLAS:

<i>Tabla 1 – Etapas del rol de la planeación estratégica de manufactura. Fuente: Wheelwright, S.C. and Hayes, R.H., Competing through Manufacturing, Harvard Business Review, 1985.</i>	9
<i>Tabla 2- Estrategias de operaciones. Fuente: Elaboración propia.</i>	22
<i>Tabla 3- 10 pasos para lograr una producción esbelta. Fuente: Black and Hunter, 2003</i>	28
<i>Tabla 4 – Tipos de mass customization. Fuente: Elaboración propia.</i>	31
<i>Tabla 5- Valor competitivo de la flexibilidad en manufactura. Fuente: Swamidass, 2002</i>	40
<i>Tabla 6 - Tipos de flexibilidad. Fuente: Swamidass, 2002</i>	41
<i>Tabla 7 – Indicadores del Balanced Scorecard. Fuente: Elaboración propia.</i>	51
<i>Tabla 8 – Indicadores del Balanced Scorecard. Fuente: APICS programa de formación de planeadores compradores.</i>	64
<i>Tabla 9 – Tabla de datos del ejemplo. Fuente: Elaboración propia.</i>	76
<i>Tabla 10 – Segunda tabla de datos del ejemplo. Fuente: Elaboración propia.</i>	76
<i>Tabla 11 – Tabulación de datos para la obtención de la curva característica. Fuente: Elaboración propia.</i>	84
<i>Tabla 12 – Comparación de indicadores de los dos procesos. Fuente: Elaboración propia.</i>	97
<i>Tabla 13 – Indicadores de balanced scorecard afectados por los cambio. Fuente: Elaboración propia.</i>	97

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo aborda y propone una solución para los problemas de organización de la manufactura cuando se tiene una diversidad de productos con un volumen bajo de producción, el concepto anterior se denomina producción intermitente, el cual consiste en que las estaciones de trabajo no son especiales para un solo producto sino que tienen se alternan diferentes productos a lo largo del tiempo o de los ciclos de producción.

Se parte de la idea de que un cambio propuesto conlleva una ventaja competitiva, de otra forma es una inversión sin sentido. Una posibilidad de mejora debe evaluarse para revelar si es posible alinearla con una ventaja competitiva, lo que implica que debe afectar positivamente un *indicador clave de desempeño* (o KPI por Key Performance Indicator en inglés) que son indicadores que se han derivado de la estrategia competitiva de la empresa, o en caso de ser conveniente, la propuesta se puede evaluar para su adhesión a la estrategia junto con un nuevo indicador clave de desempeño.

Por otra parte se plantea la pregunta sobre qué tanto puede apoyar un cambio en el área de manufactura a la estrategia competitiva de una empresa ¿No debería ser la labor de manufactura el producir a menor costo posible y sin causar problemas de calidad para que las áreas comerciales se encarguen de la estrategia competitiva?

Es por eso que, aunque se trata de una propuesta de cambio en la organización de la manufactura, el capítulo 2 se plantea de forma que proporcione una base teórica sobre lo que se pretende lograr: Una ventaja competitiva. En la ilustración 2 se explica el desarrollo del trabajo desde un punto de vista conceptual y sobre todo la razón del marco teórico, los números hacen referencia al capítulo donde se abordan las respuestas.

Al plantear un cambio en el área de manufactura surgen las siguientes preguntas básicas para la tesis:

¿Por qué se propone determinado cambio en el área de manufactura?

¿Se pueden obtener ventajas competitivas con dichos cambios?

¿Qué tipo de ventajas estratégicas se pueden obtener?

¿Cómo se integra la táctica de manufactura y sus ventajas competitivas con la estrategia corporativa?

¿Qué es diferente en la propuesta y qué existe actualmente en la industria?

En tal caso ¿Cómo podemos demostrar que se trata efectivamente de una ventaja?

Las preguntas anteriores se irán respondiendo a lo largo del capítulo 2 (marco teórico) y nos llevan a las estrategias que se han propuesto y se emplean actualmente en la industria.

El detalle de la propuesta y su desarrollo se explican en el capítulo 3 empezando con la definición de un modelo típico de producción intermitente, seguida de la solución común para este modelo y terminando con una propuesta alternativa, ambas con sus respectivas corridas en un simulador para evaluar los resultados aproximados que arrojarían en un ambiente real.

Los resultados se muestran en el capítulo 4

Y por último el capítulo 5 resume las conclusiones sobre lo expuesto.



Ilustración 2 - Esquema conceptual. Fuente: elaboración propia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La manufactura y su papel en la estrategia empresarial.

“La complejidad y competitividad creciente de los mercados es un tema ya conocido y abordado, pero no ha dejado de ser vigente. El desarrollo de países emergentes principalmente de Asia ha provocado un exceso de capacidad productiva y por lo tanto una sobre-oferta de producción que ha colaborado con la fuerte competencia entre los fabricantes por ganar un lugar en el mercado” (Swamidass, 2002). Hoy las empresas requieren atacar diferentes segmentos de mercado que al mismo tiempo son cada vez más exigentes, la estrategia de *reducir la complejidad* para disminuir los costos en las plantas de fabricación se está quedando en el pasado para la mayoría de las industrias y se requieren plantas capaces de manejar una mayor complejidad al menor costo. En la mayoría de los casos la cartera de productos de una compañía consiste de un porcentaje reducido de productos principales de muy alto volumen de venta y una mayor cantidad de productos o presentaciones con un volumen de venta relativamente bajo. La reestructuración de las cadenas de suministro obliga a especializar plantas de acuerdo con la etapa del ciclo de vida de los productos y de acuerdo con diferentes formas comunes que dichos productos puedan tener. Esto hace que algunas plantas se especialicen en, productos que ya no son de tan alto volumen respondiendo a una cantidad más grande de presentaciones para abarcar un mayor número de mercados.

En la actualidad, es sabido que la estrategia de fabricación y su administración pueden convertirse en ventajas competitivas para las empresas y apoyar a la consecución de la estrategia empresarial e incluso forma parte de la misma. Los tiempos en que la fabricación era vista como neutral (estratégicamente) y como una forma de obtener un producto al menor costo han quedado atrás por numerosas compañías que demostraron que la estrategia de fabricación se podía convertir en una forma de aventajar a los competidores.

Las ventajas competitivas (costo, tiempo, calidad, productos y servicios) están apoyadas por factores relacionados con la operación como lo son: tiempo de desarrollo de nuevos productos, menor tiempo de entrega, calidad más alta, flexibilidad, servicio a clientes, menor desperdicio, rendimiento de los activos, más ciclos de inventarios etc.

La estrategia de fabricación debe estar incluida dentro de la estrategia corporativa como respuesta a la pregunta sobre cómo obtienen los pedidos u órdenes los productos en el mercado. Es decir, las ventajas o razones por las cuales el consumidor prefiere nuestro producto.

Con la llegada de los sistemas de manufactura flexible en los setentas y con la manufactura integrada por computadora en los ochentas un nuevo tipo de ambiente de manufactura emergió en el cual el objetivo más importante para las compañías de manufactura es la satisfacción total del cliente. Muchas compañías diseñan y administran sus sistemas de planeación y control con un enfoque orientado al cliente. Los sistemas de manufactura orientados al cliente son solicitados por las organizaciones que se guían a través de los requerimientos del cliente y las presiones competitivas del mercado. En muchos casos las tecnologías de manufactura se han convertido en tecnologías orientadas al cliente hasta

el caso extremo de productos únicos en su clase en que cada producto se personaliza totalmente a los requerimientos del cliente. Este advenimiento de la manufactura orientada al cliente tiene grandes consecuencias en los enfoques actuales para las filosofías de planeación y control de la manufactura.

Cada vez es más frecuente que las compañías manufactureras tengan que lidiar con: Ciclos de vida de productos muy reducidos, Gran variedad de productos, Patrones de demanda impredecibles, tiempos de entrega muy cortos, Gran cantidad de componentes críticos con largos tiempos de entrega (lead times).

Sistemas de producción.

Tradicionalmente se encasillan los sistemas de producción y la forma de administrarlos y controlarlos en: Taller, lotes, línea acompañada por equipo, línea acompañada por operario, continuo y en algunos casos se incluye manufactura justo a tiempo (JIT por Just In Time en inglés) y sistemas de manufactura flexible, dependiendo de factores como la variedad y volumen; y de acuerdo con esto se organiza el sistema de producción utilizando las tecnologías materiales e inmateriales (tecnologías basadas en sistemas físicos y en conocimientos, "hard" y "soft" technologies en inglés respectivamente) (Swamidass, 2002) que se consideran apropiadas para cada uno, por ejemplo se piensa en una organización de taller o por lotes para cierto tipo de productos y JIT para otro tipo etc. Sin embargo se ha demostrado en algunos casos que no existen fronteras estrictamente definidas para hacer corresponder cada uno de estos sistemas con cada tipo de demanda, lo cual es parte del planteamiento de esta tesis.

Muchas compañías han optado por usar un enfoque de planeación de los requerimientos de materiales (MRP por materials requirement planning en inglés) y planeación de requerimientos de manufactura (MRPII por manufacturing requirements planning en inglés), muy a menudo sin considerar el ambiente de manufactura en el que esas compañías operan. A pesar de las mejoras, el MRPII todavía se desempeña pobremente en algunos ambientes de manufactura. Lo cual hace necesario revisar los supuestos subyacentes (al MRP) para evaluar su aplicabilidad y desarrollar arquitecturas de planeación y control hechas a la medida para cada compañía individual.

Existe un número grande de casos (los cuales abarca esta tesis) donde por cuestiones técnicas no es posible reducir el tamaño de los lotes para lograr una optimización del sistema, por lo que permanecerán como producción intermitente con lotes relativamente grandes (elaboración en tanques de líquidos, masas para alimentos, procesos químicos y equipos con tiempo de despeje y limpieza grandes etc.).

El caso tratado en este trabajo tiene la limitación de que deben ser productos que tengan una vida de anaquel suficientemente larga como semi-terminado (es decir como granel sin empacar) lo cual aplica para la mayoría de los productos, sin embargo, algunos por sus características no se pueden almacenar por mucho tiempo sin estar dentro de un empaque individual. Tal sería el caso de una sustancia higroscópica que se descompondría en su consistencia. Estos productos representan un porcentaje muy bajo o nulo dependiendo de la planta, por lo que el presente trabajo se acota a una planta que maneje solamente productos que cumplan con las características de ser almacenados en forma de granel sin presentar algún problema.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

La forma tradicional en que se maneja la producción en estos casos es fabricando los semi-terminados (o productos a granel) de acuerdo con el tamaño de lote mínimo establecido para minimizar costos, esto es necesario debido a los tiempos de preparación tan grandes requeridos en algunos tipos de industria. El tiempo de preparación depende del tipo de producto, proceso, del tipo de maquinaria y de la secuencia de producción por lo que en muchos casos no es costeable usar lotes más pequeños en la fabricación de productos a granel.

El caso de las áreas de acondicionamiento es diferente, se requieren cambios de formato y la limpieza es simplemente un despeje de línea. En casos donde se secuencian productos que usan el mismo formato se evita hacer un cambio más largo y simplemente se hace un despeje de línea asegurando que no queden materiales que pudieran causar una mezcla de productos en el empaque.

Normalmente se procede a acondicionar todo el semi-terminado o a granel convirtiéndolo en producto terminado de acuerdo con un pronóstico, que por su naturaleza tiene muchas imprecisiones dándose casos donde se puede quedar corto el inventario y casos donde se produce un desplazamiento lento causando además del costo de almacenamiento algunas pérdidas por caducidad; incluso se han observado casos donde se hace un reacondicionamiento debido a que en dos productos de la misma familia uno tuvo un desplazamiento acelerado y el otro un lento movimiento o ningún movimiento.

La separación del granel además causa un aumento en los requerimientos de espacio de almacenaje, pues un granel almacenado en un contenedor que ocupa una tarima al separarse ocupará un mayor número de tarimas; ya que se aumenta el volumen por el empaque y se divide en tarimas para cada presentación diferente (no se puede almacenar más de una presentación por ubicación).

Debido a todo esto se pretende usar otra forma de organización de la producción. Una programación por lotes en el área de semi-terminado, almacenando el producto de esta forma, y una producción con elementos de justo a tiempo para el proceso de empaque donde sólo se acondicione lo que va a ser requerido inmediatamente evitando así el almacenamiento de producto terminado y evitando retrasos en las entregas por el uso de la planeación por pronóstico en la última parte del proceso.

1.1 MOTIVACIÓN PARA EL TRABAJO DE TESIS.

Es claramente un trabajo de la Ingeniería Industrial hacer más eficientes los procesos con el doble enfoque de servicio al cliente y mejora del rendimiento a los accionistas. A través de áreas como el diseño de sistemas de producción y la planeación de la producción se pueden hacer aportaciones significativas para responder a estas necesidades. Personalmente la combinación de interés y experiencia me llevan a plantear la siguiente propuesta que es en cierta medida una tendencia que está teniendo lugar en diferentes industrias aunque su aplicación ha sido escasa.

Por otra parte aunque la base del problema nace de una inquietud observada en la industria farmacéutica, este sistema se puede extender a otros tipos de industrias que tengan condiciones similares de fabricación en lotes para su futuro acondicionamiento en presentaciones diferentes, ya sea por número de piezas o por cambio en los textos para diferentes mercados (por ejemplo exportaciones o segmentos diferentes de mercado).

1.2 METODOLOGÍA

La investigación viene principalmente de libros, artículos de revistas especializadas y material de capacitación de empresas. Se trabajó un caso por simulación con elementos que reflejan la problemática real de muchas empresas y se desarrolla para hacer una comparación entre el estado inicial (el tipo de organización tradicional) y el final (el tipo de organización propuesto).

Se propone la siguiente metodología adaptada al caso:

Planteamiento de la problemática

Hipótesis

Objetivo

Marco teórico.

Planeación de recursos y actividades.

Recopilación de la información (documental).

Procesamiento de datos sistematizado y manual.

Interpretación y explicación.

Informe de tesis

Técnicas: Se trabajará sobre la propuesta aplicando simulación por Process Model y Excel para la obtención del círculo óptimo de planeación y la metodología de JIT para la segunda etapa de producción.

1.3 OBJETIVO.

Proponer un sistema combinado PUSH-PULL mediante el uso de un sistema de cómputo, para demostrar que dicho sistema permite la entrega de una variedad amplia de presentaciones en tiempos óptimos mientras se aprovecha al máximo la capacidad de la planta en el área de semi-terminados para las fabricaciones intermitentes.

1.4 HIPÓTESIS.

La hipótesis principal de este trabajo es que al hacer un sistema mixto mediante la combinación de un sistema de empuje y un sistema de arrastre (conocidos como sistema push y pull en inglés, términos que se usarán en adelante) dentro de la planta de fabricación, se pueden obtener beneficios tanto económicos como de servicio al cliente.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LA ESTRATEGIA DE MANUFACTURA COMO VENTAJA COMPETITIVA Y SU RELACIÓN CON LA ESTRATEGIA DE NEGOCIO.

De acuerdo con Porter (1996) la hiper-competitividad empresarial ha llevado a algunas organizaciones a auto-infringirse una herida pensando que es una inevitable competencia de un nuevo paradigma competitivo. La raíz del problema está en fallar al distinguir entre lo que es una efectividad operativa y una estrategia operativa. La búsqueda de la productividad, calidad y velocidad ha hecho surgir una gran cantidad de herramientas y técnicas de administración (Gestión total de la calidad, uso de un estándar de comparación o benchmarking por su nombre en inglés, competencia basada en el tiempo o TBC por sus siglas en inglés, reingeniería etc.) y poco a poco, de manera casi imperceptible estas herramientas han tomado el lugar de la estrategia. Al intentar mejorar en todas direcciones, los gerentes se han ido alejando de posiciones competitivas viables. La eficiencia operativa es necesaria, pero no suficiente. La efectividad operacional significa hacer las cosas mejor que los rivales, mientras que el posicionamiento estratégico significa hacer las cosas de manera diferente que los rivales. Los japoneses en los ochentas tenían tal superioridad en efectividad operativa que podían ofrecer bajo costo y calidad superior al mismo tiempo. Muchos de los considerados intercambios de ganancias (conocidos como trade-offs en inglés) como bajo costo vs diferenciación o defectos vs costo han sido desmentidos por la efectividad operativa. Sin embargo, pocas compañías han logrado mantenerse en la cima por largo tiempo mediante únicamente la efectividad operativa principalmente debido a la facilidad con la que las mejores prácticas son copiadas. La competencia en efectividad productiva no necesariamente ha traído beneficios a los productores a la larga, en general todos han permanecido relativamente igual siendo los ganadores de estas mejoras, los clientes, y algunos proveedores de nuevas tecnologías. (Entre otras consecuencias el valor del mercado se ha mantenido o no se han roto barreras de nichos de mercado en mi opinión). Muchas compañías al carecer de una visión estratégica y al ser impulsados por presiones en el desempeño, no han tenido mejores ideas que la de comprar a los competidores. (Porter, 1996)

Para Lawson (2002) tener una estrategia competitiva significa escoger un conjunto diferente de actividades para entregar una mezcla única de valor, y a pesar de que ésta puede ser rápidamente copiada, aún existen casos donde con una misma estrategia un competidor puede tener un mejor nivel de desempeño o alguna forma de efectividad operativa que haga la diferencia, un ejemplo sería el de Southwest Airlines cuya estrategia ha sido copiada por Airtran y Jetblue, pero se ha mantenido a la cabeza por su administración fiscal conservadora que sería tal vez una forma de efectividad operativa.

Lo que convierte un concepto de mercadeo en una estrategia, es el conjunto de actividades hechas a medida que la hacen funcionar.

Los “trade-offs” son esenciales para una estrategia (e inevitables aun cuando se mencionó que se han roto barreras a este respecto) crean la necesidad de escoger y limitar de manera propositiva lo que una compañía ofrece aunque en muchos casos como ya se mencionó estos intercambios han sido desmentidos.

Por otra parte el posicionamiento estratégico viene de tres fuentes que se pueden superponer. Puede estar basada en producir un subconjunto de productos o servicios (posicionamiento basado en la variedad) con un conjunto distintivo de actividades. (Lowson, 2002).

El cliente cada día más exigente (y consentido) espera ya no solo calidad al mejor precio y un servicio impecable, sino también una respuesta rápida y una gama de variedad y/o personalización como nunca antes. Por el lado de las empresas la competencia en la mayoría de las industrias está en la búsqueda de la flexibilidad y la agilidad. La industria se ha movido del lado del proveedor hacia un mundo “pull”. Los patrones de demanda son cambiantes, con ciclos más cortos, con necesidad de innovación, aproximándose a lo caótico en su búsqueda por los bienes y servicios individualizados y diversos.

Para muchas compañías el escoger una estrategia correcta, implementarla y evolucionarla, puede representar una ventaja competitiva considerable. Sin embargo, el estudio de la estrategia de operaciones es relativamente reciente, ha sido impulsado precisamente por la dinámica actual (de las últimas décadas) entre los cambios en el mercado y en la conciencia de los consumidores, y la competitividad que ha alcanzado límites nunca antes vistos desde los tiempos del proceso de globalización donde la capacidad disponible creció y la productividad ha crecido también sin precedentes provocando lo que se ha llamado hiper-competitividad. (Swamidass, 2002) y (Porter, 1996). En la actualidad se habla de tener varias estrategias operativas y no de solo una estrategia operativa para cada organización, y las estrategias operativas abarcan redes de suministro y no organizaciones aisladas. En muchos casos se aborda la estrategia en forma de panacea, un remedio sin importar cuál es la enfermedad, lo cual hace que disminuya la credibilidad (Porter, 1996). Para entender un poco más el por qué de este rezago en la forma de entender la estrategia operativa y sus posibilidades de aportación a la estrategia corporativa como ventaja competitiva, hay que revisar un poco de la historia del desarrollo de la manufactura en el último siglo y debe ser entendido también a través del proceso de expansión y maduración de los mercados.

En 1984 Wheelwright y Hayes escribían en su libro *Restoring our competitive edge: Competing through manufacturing*, “La mayoría de los gerentes tienen una idea de en qué consiste una estrategia de negocios, y generalmente están familiarizados con los términos de estrategia de mercadeo, y estrategia financiera. Pero el hecho de que haya algo como una estrategia de manufactura más allá de hacer únicamente lo necesario para llevar a cabo otras estrategias y obtener una mejora en la eficiencia, resulta sorprendente para mucha gente, incluso para aquellos dentro de la función de manufactura”. (Wheelwright, 1984)

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Tabla 1 – Etapas del rol de la planeación estratégica de manufactura. Fuente: Wheelwright, S.C. and Hayes, R.H., Competing through Manufacturing, Harvard Business Review, 1985.

ETAPAS DEL ROL DE LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE LA MANUFACTURA	
<p>I Se busca minimizar el impacto negativo potencial, se usan sistemas internos de monitoreo de desempeño, la manufactura se mantiene flexible y reactiva.</p>	<p>II Se sigue la práctica de la industria, la planeación de inversiones en manufactura sigue el ciclo del negocio, se invierte en capital para alcanzar a la competencia.</p>
<p>III Se proporciona un soporte creíble a la estrategia de negocio, las inversiones en manufactura se analizan por su congruencia con la estrategia corporativa, se formulan e implementan ESTRATEGIAS DE MANUFACTURA, se analizan sistemáticamente desarrollos y tendencias de la manufactura a largo plazo.</p>	<p>IV Se busca obtener una ventaja competitiva con base en la manufactura. - Se anticipa al potencial de nuevas prácticas y tecnologías de manufactura. - La manufactura se considera junto con mercadotecnia e ingeniería en las decisiones importantes. - Programas de largo plazo son seguidos para adquirir capacidades anticipándose a las necesidades.</p>



Así, en las últimas décadas el pensamiento estratégico ha superado la mentalidad monolítica de la reducción y minimización de costos en la manufactura. Como consecuencia, la búsqueda de costo, calidad, flexibilidad, confianza y tiempo ha sustituido la simple disminución de los costos que era la regla hasta la década de los 70. Ahora los fabricantes encuentran ventajas competitivas en las mejoras en el diseño, en la satisfacción del cliente, respuesta rápida, introducción rápida de nuevos productos, etc. (Swamidass, 2002)

Existe ahora un reconocimiento de que la eficiencia y efectividad operacional son críticas para obtener y retener una ventaja competitiva. Sobrevivir en este ambiente global demanda altos niveles de agilidad y capacidad de respuesta. Se requieren nuevas soluciones así como un mejor entendimiento de lo que constituye la estrategia y administración de operaciones.

Así por medio de estrategias de operaciones superiores se puede crear valor y diferenciación.

No hay que perder de vista que aún dentro de todo este nivel de complejidad que parece que por momentos nos sobrepasa, existe sólo un par de cuestiones que cualquier empresa debe satisfacer y que son la base de toda estrategia empresarial: ¿Cómo puedo ganar la preferencia de los clientes? (esto implica, por supuesto, la satisfacción de sus requerimientos) y ¿Cómo puedo maximizar los beneficios para la empresa? La respuesta a estas dos preguntas debe estar insertada en todas las actividades de una organización funcionando de manera sinérgica. Al mismo tiempo debe

estar insertada en todos los niveles de planeación: estratégico, táctico y operativo. Es por esto que se irán repasando cada uno de estos niveles para alinear las actividades al objetivo común.

2.1.1 DEFINICIONES

Es necesario comenzar definiendo algunos conceptos o definiciones que se utilizarán con regularidad y diferenciarlos de otros con los que pudiera haber confusión. Se distinguirán las definiciones de lo que es una filosofía empresarial y una estrategia empresarial, la administración de operaciones y la estrategia de operaciones así como los diferentes niveles o jerarquías de estrategias en una compañía.

FILOSOFÍA EMPRESARIAL: Un conjunto de principios guía, fuerzas conductoras, y actitudes arraigadas que ayudan a comunicar a los empleados los planes, políticas y metas y que son reforzados mediante comportamientos a todos niveles de la organización (Wheelwright, 1984). Un conjunto de valores comunes. Muchas veces se dice que sistemas como Justo a Tiempo son filosofías de manufactura o filosofías empresariales yendo más allá de un simple método, táctica o estrategia.

DIRECCIÓN DE OPERACIONES: Es el diseño, operación y mejora de los sistemas, recursos y tecnologías, internos y externos; que crean y entregan las combinaciones de productos y servicios principales de cualquier tipo de organización (Chase et al, 2009).

Bajo esta definición se vuelve claro que las operaciones tienen una contribución al apoyar las necesidades de los clientes y consumidores. Las operaciones al crear y entregar las combinaciones de productos y servicios están inmersas en el proceso de agregación de valor. El director de operaciones tiene la tarea de crear la estrategia competitiva en conjunto con el director ejecutivo y el presidente de la compañía.

VALOR AGREGADO: Está relacionado principalmente con qué tan bien la organización empata sus productos/servicios con las necesidades identificadas de sus clientes (escogidos).

En una "cadena de valor" se pueden dividir las actividades en dos categorías: Primarias (logística de entrada, operaciones, logística de salida, mercadeo y ventas, servicios) y de apoyo (adquisiciones, desarrollo de tecnología, recursos humanos, infraestructura incluyendo planeación, finanzas, calidad, tecnologías de información). Una deficiencia del enfoque de cadena de valor es que tiende a compartimentar el pensamiento e ignorar las relaciones entre actividades primarias y de apoyo, por otra parte al decidir lo que realmente agrega valor para el cliente, muchas veces el mismo cliente no está tomando parte.

VENTAJA COMPETITIVA: Son competencias, recursos y capacidades que posee una empresa como ventaja frente a otras que le permiten sobresalir o destacar y tener una posición competitiva en el sector de mercado. Como tales deben ser únicas pero superiores y posibles de mantener. Porter la define como la capacidad que tienen las empresas para mercadear o producir sus bienes o servicios en mejores condiciones de COSTO, CALIDAD y OPORTUNIDAD que sus

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

rivales (Porter, 1980). Se puede decir que una ventaja competitiva está formada por recursos, competencias y capacidades.

ESTRATEGIA: Es un conjunto de acciones planificadas sistemáticamente en el tiempo que se llevan a cabo para lograr un fin. En el ambiente empresarial, el concepto de estrategia tiene las siguientes cinco características: horizonte en el tiempo (extendido), impacto, concentración de esfuerzos, patrón de decisiones y engloban a toda la organización (Wheelwright, 1984).

Entender la perspectiva de la administración de operaciones y su rol como plataforma de la estrategia de operaciones, la situación operacional desde diferentes puntos de vista y la estrategia corporativa, nos permite ubicar el rol de la estrategia operativa dentro de la jerarquía estratégica y demostrar su contribución a la ventaja competitiva de cualquier organización.

La **ESTRATEGIA COMPETITIVA** se trata de las diferencias (está basada en las diferencias), de la elección de ciertas actividades para dar como resultado una mezcla única de valores para un determinado mercado. La estrategia es entonces antes que nada una cuestión de elecciones. Elecciones sobre el mercado, la combinación de productos y servicios, recursos en el sentido más amplio, y la dirección hacia el futuro.

ESTRATEGIA CORPORATIVA. La estrategia corporativa puede ser vista como el sentido de propósito de una organización – una política guía o un propósito guía, una declaración de enfoque, o incluso una filosofía para alcanzar un objetivo. Es el mapeo de las direcciones futuras que necesitan ser adoptadas usando los recursos con los que se cuentan. La forman la estrategia de desarrollo, estrategia de crecimiento y la estrategia competitiva.

- Las estrategias de desarrollo descansan en la existencia de una ventaja competitiva de la empresa que es consecuencia de una ventaja en los costos o en la diferenciación y puede ser de liderazgo en costos (afectada por las cinco fuerzas competidoras señaladas por Porter (2008) que son aparición de nuevos competidores, intensidad de la rivalidad, presión de productos sustitutos, el poder negociado de los proveedores y de los compradores), estrategia de diferenciación o estrategia de especialización en un segmento de mercado.
- Las estrategias de crecimiento persiguen el crecimiento de ventas o de participación de mercado. Pueden ser de penetración (acciones de marketing), de desarrollo del producto, de desarrollo del mercado (ampliar mercados), de diversificación (nuevos productos), de integración vertical y horizontal (control de empresas), de consolidación.
- Las estrategias competitivas. De acuerdo con Porter (1985) existen tres estrategias competitivas genéricas que son liderazgo en costos, diferenciación, enfoque o segmentación. Estas tres competitividades genéricas se deben desglosar o detallar para poder insertarlas en las estrategias de negocios y funcionales.

En resumen se diría que se trata de definir: Dónde se está como negocio, dónde se quiere estar en el futuro, y cómo se alcanzará ese destino futuro.

La estrategia corporativa contiene objetivos que como tales deben ser medibles, claros, definidos en el tiempo, retadores y alcanzables. La formulación de objetivos está estrechamente vinculada a la confección de presupuestos pero también de magnitudes no monetarias.

ESTRATEGIA DE LAS UNIDADES DE NEGOCIOS. Nos da el enfoque del negocio. El objetivo es obtener una ventaja competitiva en una unidad de negocios en particular. El proceso de la planificación estratégica de las unidades de negocio lleva 8 etapas (Kotler, 1997): Definición de la misión, Análisis del entorno exterior e interior (DAFO: debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades), formulación de objetivos, Formulación de la estrategia.

La diferencia entre **ESTRATEGIA CORPORATIVA Y ESTRATEGIA DE NEGOCIOS** se puede entender mejor o conceptualizar mejor haciéndose las siguientes preguntas: ¿En qué negocio o negocios se debe competir? (CORPORATIVA: Qué industrias y mercados se abarcan, inversiones, integración vertical, adquisiciones y diversificación, cuántos recursos se asignan a las unidades de negocio) ¿Cómo se debe competir? (DE NEGOCIOS: Qué hace cada fábrica o unidad de negocios para competir en un mercado y obtener una ventaja competitiva).

Una estrategia depende tanto de factores internos como ambientales, los factores ambientales se pueden dividir en factores macro y micro. Los elementos macro (más amplios) incluyen los económicos (nacionales e internacionales), sociales, tecnológicos, demográficos, gubernamentales y de ambiente natural, mientras que en los micro se incluyen elementos como la industria o el ambiente competitivo, proveedores, competidores y consumidores.

Para el estratega el reto ambiental es el de encontrar un ajuste entre los recursos internos y las competencias clave de la organización con las oportunidades y amenazas externas.

El propósito de las estrategias de negocio y corporativa es generar las condiciones bajo las cuales la compañía puede crear este vital valor adicional y pasarlo al cliente, en los diferentes tiempos (ahora y en el futuro).

Dentro de las diferentes tendencias de pensamiento en cuanto a la visión estratégica existen dos grandes debates (por ahora):

Proceso (la planeación de la estrategia es un proceso que refleja solo hasta un 30% de lo concebido originalmente a través de la negociación y adaptación a circunstancias externas) vs diseño (se puede formular y ejecutar una estrategia con base en el análisis de las competencias y el ambiente).

ESTRATEGIA FUNCIONAL. Es el siguiente nivel de estrategia que sirve para dar apoyo a las anteriores y en esta clasificación entra la estrategia de operaciones (otros ejemplos serían la estrategia de recursos humanos, estrategia de marketing, estrategia de finanzas). Y después de esta siguen los niveles tácticos (despliegue de calidad, logística, capacidad, sistema de suministro).

ESTRATEGIA DE OPERACIONES: Conjunto de decisiones mayores y administración estratégica sobre competencias clave, capacidades y procesos, tecnologías, recursos y actividades tácticas clave, necesarios en una red de abastecimiento para crear y entregar una combinación de productos y servicios así como el valor requerido por el cliente.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

El rol estratégico también involucra la mezcla de los bloques constructivos en una arquitectura única, específica de la organización (Swamidass, 2002).

Entre las características de la definición es de notarse que abarca la situación donde las actividades operacionales son vistas como la “competencia” distintiva de la firma, enlaza decisiones de operación de corto plazo con las de largo plazo, hace énfasis en la importancia estratégica de las actividades.

La estrategia de manufactura se define como una secuencia de decisiones que con el tiempo le da la posibilidad a un negocio de obtener una estructura de manufactura, una infraestructura y un conjunto de capacidades específicas (Wheelwright, 1984).

De acuerdo con Slack y Lewis (2002) es el patrón total de decisiones que dan forma a las capacidades a largo plazo de una operación y de su contribución a la estrategia global. Ellos proponen cuatro perspectivas:

- Un reflejo de arriba abajo de lo que la organización o negocio quiere hacer.
- Una actividad de abajo a arriba donde las mejoras en las estrategias operativas construyen la estrategia de negocio.
- Una traducción de los requerimientos del mercado en decisiones operacionales.
- La explotación de las capacidades de los recursos operacionales en un mercado escogido.

La estrategia de operaciones tiene dos roles:

- Proveer apoyo a la estrategia general de la firma
- Servir como ventaja competitiva distintiva de la firma

Se observa dentro de la definición tres elementos clave que son competencias, recursos y capacidades, los cuales son los elementos de una ventaja competitiva. Así como de factores tácticos.

RECURSO: es un elemento básico que una firma puede controlar para organizar a su conveniencia los procesos operacionales (habilidad para innovar, reputación, red de relaciones etc.)

COMPETENCIAS: Se refiere al conocimiento fundamental que una empresa tiene (conocimiento, experiencia, innovación, información única etc.). Hay que hacer una diferenciación entre lo que es un resultado y una competencia ya que los clientes no lo perciben igual, por ejemplo el costo es un resultado y la flexibilidad una competencia. **Los clientes no compran las competencias per se, sino los resultados en atributos de productos y servicios que la firma crea al desarrollar sus competencias (por ejemplo velocidad en la entrega)** (Swamidass, 2002).

Existen 7 tipos fundamentales de competencias de las cuales 3 están orientadas al crecimiento y las otras 4 son competencias importantes en un estado estable.

- **MEJORA.** Se refiere al crecimiento en el desempeño usando los recursos actuales.
- **INNOVACIÓN.** Se refiere a la habilidad de crear procesos únicos que mejoran el desempeño.
- **INTEGRACIÓN.** Se refiere a la habilidad de incorporar nuevos productos y procesos.
- **AGUDEZA.** La habilidad de adquirir, desarrollar, entender y transmitir información valiosa respecto a productos y procesos.

- CONTROL. La habilidad para dirigir y regular los procesos de operación.
- AGILIDAD. La habilidad para moverse de un estado de manufactura a otro.
- SENSIBILIDAD O CAPACIDAD DE RESPUESTA. La habilidad para reaccionar a cambios en las variables de entrada o de salida de una forma oportuna.

RESULTADOS DE LA MANUFACTURA. son atributos del producto y servicios que reflejan el costo, calidad y tiempo (oportunidad) de la producción y servicios que provee una operación (Corbett and VanWassenhove, 1993; Chase, et al., 1992) estas dimensiones del desempeño de manufactura son corolarios a las dimensiones de mercadotecnia conocidas como las 4 P's: producto, precio, plaza y promoción (Swamidass, 2002).

CAPACIDADES: Refleja la capacidad de la organización para usar sus competencias. Se refiere a las rutinas dinámicas adquiridas por la organización concerniente a la capacidad gerencial para mejorar continuamente la efectividad de la organización.

El diagrama en la ilustración 3 resume cómo se relacionan los conceptos anteriormente mencionados.

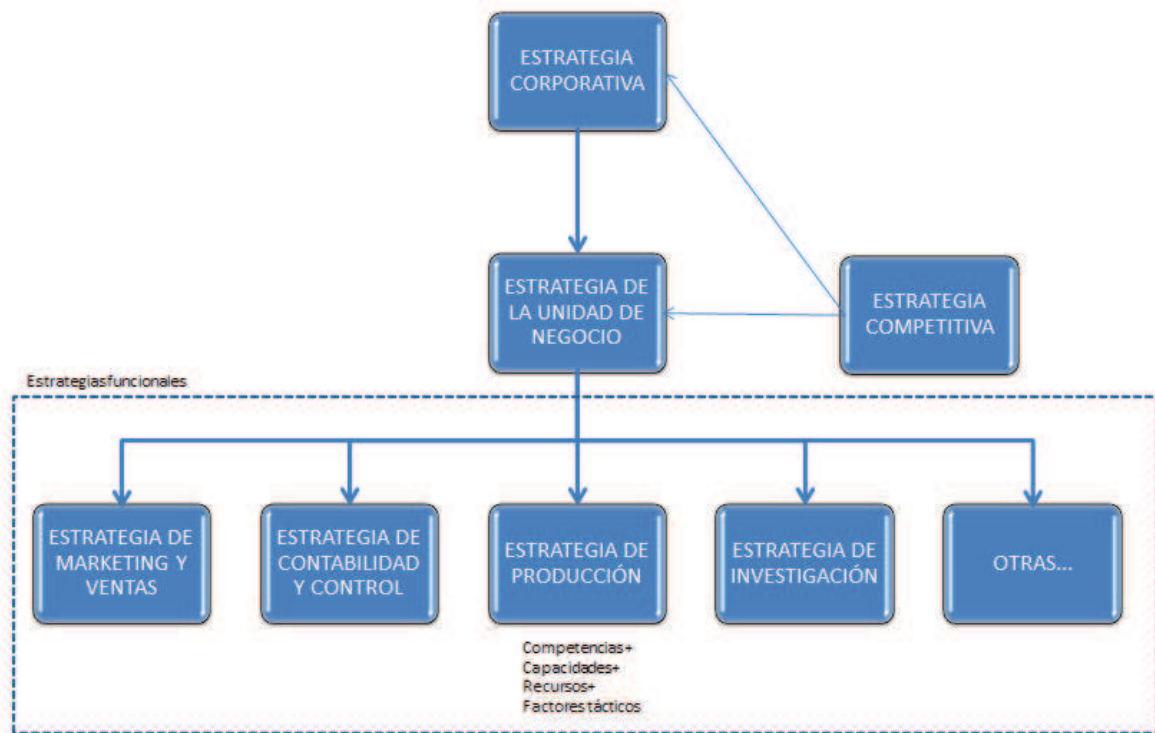


Ilustración 3 - Jerarquía de las estrategias. Fuente: Elaboración propia.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Por último dentro de las definiciones, se explica lo que es el posicionamiento.

El POSICIONAMIENTO DE UN PRODUCTO es el lugar que ocupa el producto en la mente de los consumidores, la manera en que los consumidores definen un producto (o servicio) a partir de sus atributos importantes (Kotler, 1997). Para posicionar un producto se requiere identificar las ventajas competitivas posibles para sustentar una posición, elegir las ventajas competitivas adecuadas y comunicarlas y presentarlas al mercado. Se trata de lograr que un producto ocupe un lugar claro, distintivo y deseable en el mercado con relación a los demás productos.

El POSICIONAMIENTO DE UNA EMPRESA es vital como una forma de alinear sus competencias clave o competencias esenciales con las oportunidades del mercado y como un mecanismo de enlace para las diferentes estrategias de operación que se pudieran adoptar.

Se distinguen tres posicionamientos estratégicos: basado en variedad, basado en las necesidades, basado en la accesibilidad.

El POSICIONAMIENTO EFECTIVO define cómo competirá la firma en el mercado basado en sus fortalezas y debilidades (en particular en sus competencias clave), las necesidades del mercado y la posición de sus competidores. En la práctica se escoge entre las siguientes opciones: COSTO, CALIDAD, FLEXIBILIDAD, RESPUESTA.

POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO significa hacer diferentes actividades que los rivales o actividades similares en diferente forma mientras que efectividad operativa significa hacer actividades similares mejor que los rivales (Porter, 1996).

De esta manera se pueden establecer jerarquías donde, como se muestra en la ilustración 4, se parte de las estrategias genéricas para llegar a la administración de operaciones.

La ilustración 4 muestra cómo entra el posicionamiento estratégico en la jerarquía de las estrategias.



Ilustración 4 – Relación entre las estrategias, el posicionamiento estratégico y la administración de operaciones. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 EL ROL DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

La estrategia de operaciones tiene dos roles:

- a) Proveer apoyo a la estrategia general de la firma.
- b) Servir como ventaja competitiva distintiva de la firma.

La misión de la estrategia de operaciones tiene las características de una misión estratégica, además, debe proclamar aquellas áreas de excelencia y competencias clave que son capaces de asegurar una ventaja competitiva; como tal, habrá un lazo fuerte entre la misión y la estrategia de negocios.

La estrategia es principalmente una cuestión de desarrollo de capacidades y las actividades son las unidades básicas de la ventaja competitiva (Porter, 1996) (flexibilidad, costo, calidad, velocidad, diversidad, variedad etc.).

La estrategia de negocio define la dirección a largo plazo de una organización en la que los recursos se hacen equivalenter al clima económico y las necesidades de los clientes y de los dueños del negocio mientras que el objetivo esencial de una estrategia de manufactura es asegurar que todos los desarrollos de manufactura a largo plazo sean congruentes con la estrategia de negocio o las prioridades competitivas de la firma (Swamidass, 2002).

Las preguntas básicas que deben contestar los diferentes niveles de estrategia serían:

- ▶ Estrategia corporativa: ¿en qué conjunto de negocios debemos estar?
- ▶ Estrategia de negocio: ¿cómo podemos competir en un determinado negocio?
- ▶ Estrategia de manufactura: ¿cómo podría la función de manufactura contribuir con, y apoyar las ventajas competitivas del negocio?

Las decisiones de cualquier estrategia tienen menos que ver con elecciones en actividades del día con día y/o tácticas y más que ver con el sistema total de transformación que es parte de la organización. Las decisiones apoyan tanto las capacidades principales o esenciales como las competencias de la compañía, y cómo usa los recursos y tecnologías para dar ventajas competitivas sostenibles en el futuro.

Hill (Hill, 1985) recomienda clarificar estas prioridades como CALIFICADORES DE ÓRDENES o GANADORES DE ÓRDENES.

Las prioridades de manufactura definidas en la estrategia tienen un impacto mayor en las decisiones respecto a los asuntos de manufactura infraestructurales (o “soft” en inglés)

- Organización
- políticas de calidad
- control de la producción
- recursos humanos
- diseño de nuevos productos
- medición del desempeño y compensación

y estructurales (o “hard” en inglés)

- capacidad
- instalaciones

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

- tecnologías
- integración vertical

Las tecnologías de manufactura llamadas “hard technologies” o estructurales son tecnologías intensivas en hardware y software, ejemplos son el diseño asistido por computadora, la manufactura asistida por computadora, control numérico, manufactura integrada por computadora, sistemas de manufactura flexible, red de área local, red de área extendida (CAD, CAM, CNC, CIM, FMS, LAN, WAN respectivamente por sus siglas en inglés), robótica etc. Por otra parte las llamadas tecnologías inmateriales o infraestructurales están basadas en el conocimiento (o know-how en inglés), técnicas y procedimientos. Ejemplos de estas tecnologías son la ingeniería concurrente, justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés), manufactura por células, MRP, control estadístico de la calidad (SQC por sus siglas en inglés), simulación y modelado, gestión total de la calidad (TQM por sus siglas en inglés), mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés), códigos de barras, etc. No son necesariamente dependientes del hardware y del software.

Nótese que las áreas materiales o estructurales requieren inversión en procesos y maquinaria, mientras que las áreas inmateriales o infraestructurales requieren entrenamiento de los empleados.

La premisa aquí es que una estrategia de operación busca efectuar actividades clave de operaciones mejor que los rivales así como proveer el apoyo para la estrategia general de la firma y servir como una competencia distintiva.

El tipo de juicios en una estrategia operativa varían de firma en firma y de industria y sector, pudiendo ser sobre tópicos como:

¿Cómo proveer determinados productos y servicios? ¿Qué capacidades y competencias se requerirán en el futuro? ¿Qué recursos se necesitan adquirir? ¿Qué flujos de trabajo son necesarios? ¿Qué procesos y tecnologías son requeridos? ¿Qué capacidad y nivel de flexibilidad se requiere? ¿Qué niveles de recursos humanos? ¿Qué niveles de calidad? ¿Qué Instalaciones? ¿Qué tipos de proveedores y sus relaciones? ¿Qué sistemas de operación? Pero todas estas decisiones tendrán las siguientes características:

- Plazo: mediano y largo plazo
- Análisis a nivel operativo
- Conceptualización a nivel operativo
- Estratégicas más que tácticas

Aunque cada estrategia de operaciones es única para cada firma, todas se construyen a partir de los mismos bloques.

INGREDIENTES O BLOQUES CONSTRUCTIVOS DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES. Como ya se había visto, en la definición existen 6 ingredientes que forman la estrategia de operaciones: Competencias clave, recursos, capacidades, procesos, tecnologías, actividades tácticas clave; es decir, un conjunto de factores estructurales e infraestructurales (Lowson, 2002).

También hay que decir que con este conjunto de elementos se deben establecer las prioridades para una planta en cinco áreas mayores:

- Diferenciación. Sofisticación tecnológica y características del producto.
- Flexibilidad. Para modificar los productos para adaptarse a los clientes y para ajustar el volumen de entrega.

- Costo de manufactura.
- Oportunidad. Tiempo de entrega, confiabilidad en la entrega (esta área está relacionada con la capacidad de la planta).
- Calidad. Conformidad o calidad percibida con respecto al desempeño del producto, confiabilidad, durabilidad etc.

(Swamidass, 2002)

Hay que notar que esta lista de prioridades incluye tanto competencias esenciales como resultados (salidas) de manufactura de acuerdo con lo que se describió en la sección de definiciones. Entonces estas prioridades no están limitadas a una clasificación sino al grado de importancia (prioridad) que pueden tener en los objetivos de manufactura. Por otra parte se distingue que algunas de estas áreas son atribuibles a las características del producto (diferenciación, calidad, costo) y otras a las características del proceso (flexibilidad, oportunidad).

¿CÓMO PUEDE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES CONTRIBUIR A LA VENTAJA COMPETITIVA?

La premisa inicial es que la estrategia de operaciones significa:

- hacer actividades operativas clave mejor que los rivales o
- hacer diferentes actividades que los rivales.

Se considera aquí que ambos enfoques pueden formar parte de una estrategia operativa ya que de los dos se puede obtener una ventaja competitiva.

Por último cabe repetir que una organización puede tener más de una estrategia de operaciones, cada combinación de producto/cliente tiene un comportamiento especial de requerimientos y de demanda. Esto hasta cierto punto justifica que se tengan diferentes estrategias o combinaciones de estrategias de manufactura dentro de una compañía.

POSICIONAMIENTO Y LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES:

El posicionamiento se relaciona directamente con cómo competirá la firma. El posicionamiento estratégico, como ya se vio, puede ser a nivel conceptual (basado en la variedad, requerimientos, acceso etc.) o a nivel práctico (costo, calidad, flexibilidad, respuesta/velocidad). La estrategia de operaciones puede ayudar a un posicionamiento tanto a nivel conceptual como a nivel práctico; Sin embargo, es inevitable el intercambio de beneficios ya que las mejoras en un área se harán a expensas de otras.

MEDIO AMBIENTE.

El ambiente competitivo externo afectará tanto a la estrategia en el nivel amplio como a los factores tácticos. Un análisis de factores ambientales (EFA por sus siglas en inglés) incluye los siguientes 10 factores: Políticos, económicos, sociológicos, tecnológicos, ambientales (verdes), éticos, de clientes, complejidad, predictibilidad, dinámicos.

VENTAJAS COMPETITIVAS OBTENIDAS DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES:

A las estrategias competitivas genéricas que se mencionaron (costo, diferenciación y segmentación) les podemos añadir otras tres para hacerlas más específicas como ventajas competitivas:

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

1. Relaciones con los proveedores.
2. Servicios al cliente.
3. Diferenciación de servicios del producto.
4. Planeación de nuevos productos.
5. Costos.
6. Segmentación de mercados.

Como se mencionó en la definición, todas éstas deberían apuntar a las tres ventajas básicas de costo calidad y oportunidad.

Se puede hacer una clasificación mucho más general de las ventajas competitivas en el sentido en que regresando al modelo básico del intercambio comercial sólo hay dos cosas importantes, el valor para el cliente (o su preferencia) y el valor obtenido por la empresa. Ventaja competitiva significaría todo lo que nos diera una ventaja en la preferencia del cliente, por otra parte se tiene todo lo que nos da una mayor ganancia para la compañía (ROI por return of investment en inglés). Por supuesto al competir por la preferencia del cliente y dado que el valor para el cliente se entrega en una combinación producto-servicio se están acotando las ventajas competitivas a todo aquello que pertenezca a la combinación de productos y servicios que sea preferible para el cliente con relación a otros proveedores. Así, se tienen sólo dos tipos de ventaja competitiva: las inherentes al producto (calidad, costo, funcionalidad, durabilidad etc.) y las inherentes al servicio (oportunidad, tiempo de entrega, lugar de entrega, facilidad de compra, etc.). En este punto queda claro que cualquier tecnología (material o inmaterial) que no gane la preferencia del cliente con respecto a otros proveedores no es una ventaja competitiva. Las iniciativas de reducción de costos se convierten en una ventaja competitiva cuando se va a competir por precio, de lo contrario son una ganancia para los dueños de la empresa (ROI). Ahora, al existir un número grande de competidores, la estrategia competitiva no necesariamente será la de ser el mejor de todos, por eso existen las definiciones de líder/innovador, retador, seguidor, especializada, como estrategias competitivas. Y esto también implica que se puede tener una ventaja competitiva a cierto nivel en el mercado, por ejemplo al hablar de precio, se puede tener un "precio competitivo" sin ser necesariamente el más bajo de todos.

Con esta clasificación se pueden analizar las ventajas competitivas que se pueden obtener de una planta de manufactura:

- PRODUCTO:
 - ✓ Precio. Es decir, la parte de la disminución del costo del producto que se destina a mejorar el precio de venta, la otra parte se convierte en ganancias para los empresarios y solamente cuando se reinvierte se puede volver a convertir en una ventaja competitiva de cualquier tipo dependiendo cómo se reinvierta.
 - ✓ Calidad. Entendiendo que la calidad abarca todos los atributos especificados del producto durante su diseño, incluyendo durabilidad, confiabilidad etc.
- SERVICIO:
 - ✓ Oportunidad. En esta categoría se agrupa todo lo que da al producto condiciones favorables para el cliente como puede ser la disponibilidad, rapidez, variedad, personalización (el desarrollo rápido de nuevos productos implica por ejemplo disponibilidad, rapidez)

¿Qué estrategias se deben seguir para obtener estas ventajas competitivas? Es la razón de existir de la estrategia de operaciones y a la vez su aportación.

La única manera para obtener un mejor precio usando la función de producción es disminuyendo los costos, aquí entrarían estrategias como Lean-Sigma (combinación entre manufactura esbelta y seis sigma), “bien a la primera” etc.

La labor de la función de producción con respecto a la calidad es la de entregar todo producto cumpliendo el 100% de las especificaciones de diseños, aquí se aplican estrategias como gestión total de la calidad, 6-Sigma etc.

Las estrategias que darán resultados que ayuden a la empresa a obtener una ventaja competitiva en oportunidad serán estrategias que ayuden a disminuir el tiempo de entrega y aumentar la variedad del tipo de Flexibilidad, o Manufactura flexible, Manufactura esbelta, JIT-cero inventarios, cambios de herramental de un minuto (SMED por single minute Exchange of dies en inglés), etc.

Finalmente sobre el proceso de elaboración de una estrategia operativa no existe un proceso estándar o universal. Se podría formular una estrategia en los altos mandos y alinear los objetivos departamentales en cascada hacia abajo o se podrían analizar por separado los objetivos departamentales de forma que se puedan descubrir ventajas competitivas en la operación y luego negociar la estrategia final entre los altos y los medios mandos.

2.1.3 LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES.

En la literatura de estrategias de negocios está entendido que una estrategia no se puede planear completamente sino que está comprendida por diferentes proporciones de planeación deliberada y componentes emergentes, es decir es un plan y un proceso.

Aunque existen muchas propuestas para el desarrollo de una estrategia de manufactura/operaciones una forma típica incluiría los siguientes pasos:

1. Definir los objetivos corporativos. Pueden incluir el desarrollo de nuevos productos, el grado de personalización, la política de costo.
2. Seleccionar las familias de productos. Los productos fabricados divididos por sus requerimientos competitivos, seguido por la formulación de una estrategia de manufactura para cada grupo.
3. Auditar las condiciones externas. Requerimientos del mercado y competencia.
4. Auditar las capacidades internas. De acuerdo con las prioridades definidas de diferenciación, flexibilidad, costo, oportunidad, calidad.
5. Analizar el desfase entre el desempeño actual y el deseado.
6. Dar prioridad a asuntos clave y definir los objetivos de manufactura. Traducir en un conjunto de objetivos y prioridades tangibles.
7. Escoger una estrategia de manufactura. Se convierten las prioridades y objetivos en un plan de acción.

Una firma no solo puede tener más de una estrategia operativa, sino que cada una es única y personalizada como resultado de ciertas fuerzas y requerimientos y como resultado de la mezcla de ciertos bloques de construcción con ciertos énfasis en especial.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Cada estrategia debe hacer énfasis en las prioridades mencionadas de flexibilidad, costo, calidad, diferenciación y oportunidad.

Como se mencionó, cada estrategia operativa está formada por varios bloques constructivos (competencias esenciales, capacidades y procesos, tecnologías, recursos y actividades tácticas clave). Aunque se pueden observar factores o bloques comunes dentro de una industria y las compañías pueden incluso tener en común bloques constructivos dentro de sus estrategias, la mezcla particular y énfasis de estos elementos será única para la empresa y para el sector.

Para ilustrar esto de una mejor manera se presenta una lista de bloques constructivos identificados en el sector de bienes de consumo:

BLOQUES CONSTRUCTIVOS:

- Planeación estratégica de operaciones compartida con los mayores proveedores y clientes.
- Planeación conjunta de productos y mercadeo entre proveedores y clientes.
- Uso de código de barras.
- Lotes pequeños y órdenes pequeñas.
- Datos de producto e información compartida con los socios comerciales.
- Uso de intercambio electrónico de datos (EDI por sus siglas en inglés).
- Captura de ventas por pieza individual.
- Sistemas de reabastecimiento continuos y automáticos.
- Órdenes y reordenamiento electrónico.
- Entregas listas para consumo.
- Sistemas de administración de inventarios compartidos y abiertos.
- Producción inteligente y manufactura por células.
- Sistemas para re-estimación rápida de ventas y re-orden (para productos más volátiles).
- Códigos de embarque por contenedor.
- Datos de punto de venta compartidos.
- Sistemas de información demográfica de consumidores (conocido como data mining en inglés).
- Conectividad de internet y comercio electrónico.
- Nuevos sistemas de logística.
- Períodos “abiertos” para comprar comprimidos (no tan adelantados).
- Cambios en las entregas pre-temporada.
- Equipos virtuales de desarrollo de productos.
- Aplazamiento de actividades.

Sobre la lista de bloques constructivos mencionados, para fines de esta tesis me parece importante resaltar las siguientes:

La producción inteligente y manufactura por células ofrece un grado mayor de respuesta, velocidad y agilidad, a pesar del costo inicial muchos fabricantes están optando por esta forma de organización de la producción.

La tendencia son los embarques pequeños de pre-temporada (suficientes para el mostrador y un pequeño inventario) seguidos por un suministro rápido, flexible y con capacidad de respuesta durante la temporada, cuando la demanda es conocida.

El aplazamiento estratégico está siendo cada vez más difundido; sin embargo, es complejo y requiere de una planeación cuidadosa. Se requiere un entendimiento preciso de las preferencias de demanda y de cómo toman forma, una buena coordinación entre todos los participantes en el abastecimiento de bienes, la flexibilidad en todas las operaciones para alterar las actividades en línea con el perfil cambiante de la demanda y una fuerza de trabajo bien entrenada y calificada.

2.1.4 EJEMPLOS DE ESTRATEGIAS DE OPERACIONES ACTUALES

La tabla 2 muestra los diferentes ejemplos de estrategias de operaciones.

Tabla 2- Estrategias de operaciones. Fuente: Elaboración propia.

ESTRATEGIA DE OPERACIONES
RESPUESTA RÁPIDA O RESPUESTA PLANEADA (QR por quick response en inglés). Se enlazan todas las actividades a la demanda en tiempo real. Se personaliza a nivel minorista (o detallista) o manufactura, se adapta a firmas de tamaño medio o pequeño. Ver bibliografía.
RESPUESTA EFICIENTE AL CONSUMIDOR (ECR por sus siglas en inglés). Para menos unidades de inventario (SKUs por stock keeping units en inglés) y de bajo valor, con estacionalidad. Con alto movimiento y bajo margen. Eficiencia en surtido, reposición, promoción y productos.
COMPETENCIA BASADA EN EL TIEMPO (TBC). La esencia de esta estrategia de operación es la habilidad de convertir los deseos de los clientes en nuevos diseños de productos de manera rápida. Es una extensión de JIT a toda la cadena. Involucra rapidez de respuesta, reducción de retrasos en todos los ciclos del negocio, reducir la dependencia en tiempos de entrega tiempos largos y en la necesidad de trabajar con un pronóstico, requiere variedad expandida, manufactura flexible, innovación incrementada.
ESTRATEGIA DE RED DE SUMINISTRO. Conjunta un número de iniciativas como administración del suministro/demanda, administración del suministro, administración de la corriente de valor, todas estas provienen de la administración de la cadena de suministro, logística, administración de materiales, principios de teoría de sistemas. Busca coordinar el flujo de materiales e información en la red. Aquellas organizaciones que ven el sistema completo de suministro como algo estratégicamente importante para obtener una ventaja competitiva sustentable adoptarán este tipo de estrategias.
JUST IN TIME, JUST IN TIME II, VENDOR MANAGED INVENTORY. La estrategia de operaciones JIT cubre un número de enfoques de manufactura. Es una filosofía de reducción del desperdicio y mejora continua, un método para controlar y

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

reducir el inventario, incrementar la puesta en el mercado del producto (o throughput en inglés) y un sistema de programación de la producción. Se aplica mejor a demanda estable y gran volumen. JIT II es una extensión de las relaciones cliente-proveedor de JIT. En los inventarios manejados por el vendedor (VMI por sus siglas en inglés) la responsabilidad de reabastecer el inventario del cliente recae completamente en el proveedor.

AGILIDAD EN EL SISTEMA DE SUMINISTRO, MANUFACTURA ÁGIL, PRODUCCIÓN ESTRATÉGICAMENTE FLEXIBLE O MANUFACTURA DE PROXIMIDAD (PROXIMITY MANUFACTURING en inglés). Surgió de la necesidad de ir más allá de la variedad hacia la personalización en masa (en inglés se distinguen dos tipos: mass customization y mass personalization). El fabricante ágil busca producir artículos altamente personalizados a costos comparados con los de la fabricación en masa y con tiempos de entrega cortos. Combinado con QR se incluye un elemento de alto servicio y por lo tanto mayor valor agregado. Dentro de una cultura de aprendizaje se contiene una gran flexibilidad en fuerza de trabajo, estructura y tecnologías de fabricación. Externamente los conceptos de integración vertical y asociaciones de largo plazo se sustituyen por contratos flexibles a corto plazo y tercerización (o outsourcing en inglés) horizontal. Esto permite una rápida respuesta a través de una red de comunicaciones expansiva.

ESTRATEGIA DE OPERACIONES VIRTUALES. Una situación donde redes de recursos externos son movilizadas y configuradas para una tarea en particular para después ser desarmadas o reconfiguradas. La propiedad y el control de los recursos se manejan a distancia mediante tecnologías de información y a través de redes de suministro. Este tipo de estrategia se apoya en el outsourcing y en la rápida formulación de las fronteras organizacionales.

OUTSOURCING ESTRATÉGICO. Cuando una organización prefiere concentrarse en sus competencias clave o sus capacidades únicas y buscar formas de eliminar, limitar o tercerizar las actividades en las que la compañía no tiene superioridad sobre aquellas especialistas en el campo a menos que esas actividades sean esenciales para el enfoque estratégico. Ejemplos son en almacenaje, transporte o tecnologías de información y servicios administrativos.

MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL. Hayes et al lo describen como convertirse en el mejor competidor, crecer más rápido y más rentable, tener a la mejor gente, desarrollar un staff de primera categoría, mejora continua, adoptar ingeniería de procesos y productos que maximice el desempeño.

MANUFACTURA ESBELTA O PENSAMIENTO ESBELTO. Tiene un claro enfoque en reducir el desperdicio en un sistema. Tiene ventajas en mercados de producción en masa y se duda de su utilidad en mercados más complejos, flexibles y de movimiento rápido poblados por pequeñas y medianas empresas.

APLAZAMIENTO ESTRATÉGICO. Es una estrategia que busca aplazar ciertas actividades hasta que los atributos exactos de la demanda sean conocidos. Puede tomar tres formas: tiempo (aplazar actividades), lugar (aplazar el movimiento de productos), forma (aplazar actividades que definen atributos). Puede aplicarse incluso a las compras o aprovisionamiento. Esta estrategia ayuda a la personalización. También se ha descrito como un punto de desacoplamiento, un punto donde las actividades impulsadas por la demanda y las impulsadas por las órdenes se encuentran en el flujo de bienes, y muestra qué tan profundamente las órdenes de los clientes penetran el sistema de abastecimiento.

ESTRATEGIA DE LOGÍSTICA. A nivel estratégico se ve a la logística como las "micro" actividades (como el transporte) que toman lugar después de la producción de un bien o servicio (en la parte de la demanda) para brindar un valor en

servicio. Visto así se podría considerar una parte de la estrategia de red de suministro. Sin embargo si la parte de demanda de la red asume una importancia estratégica para una organización (por ejemplo el comercio electrónico) se puede desarrollar una estrategia de logística concentrándose en elementos de instalaciones de distribución para suministro más que en el todo de la cadena.

ABASTECIMIENTO O COMPRAS ESTRATÉGICAS. Estas estrategias de operaciones tienen que ver con la parte del abastecimiento. Se intenta desarrollar una estrategia que asegure la efectividad operacional y un posicionamiento estratégico. La estrategia en particular puede ser de diversas formas por ejemplo bajo costo, calidad, flexibilidad y respuesta, etc.

PLANEACIÓN, PRONÓSTICO Y REABASTECIMIENTO COLABORATIVO (CPFR por collaborative planning forecasting and replenishment en inglés). Una estrategia que se desarrolló especialmente para el sector minorista y sus proveedores. Se emplean procesos colaborativos a lo largo de la cadena de suministro usando un conjunto de modelos de procesos y tecnología.

MEJORA CONTINUA.

OPERACIONES DE NEGOCIO

2.2 ESTRATEGIAS PARA LA FLEXIBILIDAD, AGILIDAD, PERSONALIZACIÓN

Existen varias iniciativas en manufactura que prometen hacer la manufactura más flexible y con capacidad de respuesta. Las principales son manufactura ágil, respuesta rápida (QR) y manufactura virtual. Para efectos de la tesis, de acuerdo con lo definido en las conclusiones del capítulo 2.1 respecto a la estrategia de operaciones, se decidió estudiar un poco más a fondo aquellas iniciativas que propusieran ventajas competitivas similares a las que se pretende alcanzar mediante la propuesta. Así, por ejemplo, manufactura virtual que consiste en la creación rápida de nuevas entidades de manufactura mediante la integración de recursos dispersos en una o varias firmas para responder a una demanda especial, queda fuera del alcance de la propuesta. Otras iniciativas están basadas en la oferta de variedad o personalización como el caso de “mass customization” o los sistemas de ensamblaje por órdenes (conocido como “assemble-to-order” por su nombre en inglés), y otras como manufactura esbelta están avocadas a la eliminación del desperdicio. En todos los casos el criterio es el mencionado y se hará un breve repaso de las que sean de relevancia.

2.2.1 MANUFACTURA DE RESPUESTA RÁPIDA

De acuerdo con Rajan Suri (2002), autor del libro Quick Response Manufacturing o manufactura de respuesta rápida (QRM por sus siglas en inglés), se trata de una estrategia que abarca toda la compañía para reducir los tiempos de entrega, en particular para productos de bajo volumen y alta variedad o personalizados.

Se busca la reducción de tiempos de respuesta o tiempos de entrega tanto internos como externos en una organización. Reducir los tiempos de entrega externos significa diseñar y fabricar productos para una necesidad específica del cliente de manera veloz. Los aspectos internos implican la reducción de los tiempos de entrega de todas las actividades dentro de la organización como el tiempo para aprobar cambios de ingeniería, o los tiempos para emitir una orden de compra a un proveedor. La reducción de todos estos tiempos de entrega da como resultado una respuesta rápida, pero también

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

una mejoría en la calidad a un menor costo. La reducción de tiempos de entrega esperados de acuerdo con Suri es del 80 al 90%, reducción en costo del producto del 15 al 30%, mejora en las entregas a tiempo pasando del 60% al 99%, y reducción de desperdicio y re trabajo del 80% (Tubino y Suri, 2000).

Con QRM se elimina la variabilidad disfuncional (causada por errores y sistemas pobres como paradas de máquina, re trabajos, cambios de prioridades) pero no se elimina la variabilidad estratégica (ofrecer diversas opciones de productos) sino que ésta se explota para obtener una ventaja competitiva.

Cuatro conceptos clave en QRM son el tiempo (la reducción de tiempos de entrega trae más beneficios y reducción de costos de lo que los gerentes piensan), repensar la estructura de la organización (se implementan las celdas o células QRM, más flexibles, holísticas y aplicadas fuera del piso de manufactura), Explotación de la dinámica de sistemas (mejores decisiones al entender cómo la capacidad, el tamaño de los lotes etc., afectan los tiempos de entrega), implementar una estrategia unificada en toda la empresa (más allá del piso de manufactura).

El enfoque es totalmente hacia la disminución del tiempo de entrega, éste se identifica mediante un métrico que provee una forma única de medir el desperdicio a lo largo de la compañía, se conoce como ruta crítica de manufactura. Otro enfoque fuerte es el de las células QRM que son flexibles permitiendo una amplia variedad de productos.

Tanto respuesta rápida (QR por sus siglas en inglés) creado en la industria textil, como respuesta eficiente al consumidor (ECR por efficient consumer response en inglés) creado en la industria de alimentos, fueron desarrollados desde el punto de vista de incrementar la satisfacción del cliente y de sobrevivir a competidores que las alianzas de productores y minoristas llaman “discounters” (descontadores) y “category killers” (matadores de categorías comerciales) que son vendedores a precios muy competitivos. Ambos conceptos intentan reducir los tiempos de entrega desde que se recibe la orden hasta la entrega, minimizar los inventarios de producto terminado y aumentar el flujo de efectivo. (lean-manufacturing-japan.com)

QRM provee principios y herramientas para la reducción de tiempos de entrega. Usa el entendimiento de la dinámica del sistema y define las mejores estructuras y políticas. Se apoya en herramientas novedosas como el software de simulación MPX para el análisis y cuantificación de beneficios. Dado que para una compañía con amplia variedad de productos y poca demanda los sistemas JIT/Lean pueden ser contraproducentes en el uso del sistema pull, QRM provee una estrategia alternativa llamada POLCA (que viene de paired cells overlapping loops of cards with authorization en inglés) que combina las mejores características de push y pull.

Se puede decir que QRM surge de TBC, como un enfoque a la manufactura y con nuevas dimensiones.

Con dinámica del sistema o de la fábrica se entiende, entre otras cosas, la interacción entre utilización de la capacidad, medidas de eficiencia, y políticas de tamaño de lote. Se debe entender cómo se relacionan éstos con el tiempo de entrega final. Y que existe un tamaño de lote que minimiza el tiempo de entrega. Al medir el tiempo de entrega y no las entregas a tiempo, se evitan los tiempos de colchón.

Uno de los principios de QRM propone usar la planeación de requerimientos de materiales (MRP por material requirements planning en inglés) para la planeación de nivel alto y para materiales y re-estructurar la manufactura en células orientadas al producto ya que el MRP no puede resolver problemas de tiempos de entrega y de hecho el MRP usa un tiempo de entrega fijo, lo que promueve la espiral de tiempo.

POLCA como estrategia de control de materiales toma lo mejor de push y pull, y provee un mayor grado de flexibilidad incluso para productos personalizados.

En QRM las células no tienen necesariamente un flujo unidireccional. En el contexto de QRM la variabilidad puede llevar a grandes cambios en una operación de un día a otro (comparado con JIT que no soporta este tipo de cambios). Algunos de los principios que ayudan a manejar la variabilidad en QRM son: flexibilidad organizacional (y de estructura), entender la dinámica del sistema y la implementación de construcciones novedosas como la técnica llamada “time slicing” o división de tiempo, usar modelos de colas para manejar la capacidad y tamaños de lote para planear para la variabilidad. Uno de los puntos clave es la flexibilidad del programa de producción, no usando periodos congelados.

Como estrategia, QRM puede ayudar a la compañía a entrar en mercados de mayor variedad y demanda más variante.

POLCA. Es un método de control de materiales. En un caso donde se tienen tres requerimientos clave para su sistema de administración de materiales: 1. La habilidad para enrutar productos por diferentes combinaciones de células de acuerdo con una determinada orden. 2. Dentro de una célula, la habilidad de los productos de usar la maquinaria en diferentes secuencias. 3. Una gran flexibilidad en términos de requerimientos de capacidad para cada operación en una célula. Aunque MRP supuestamente debería funcionar para este caso, la experiencia ha demostrado lo contrario. POLCA opera en el contexto de un MRP de nivel alto (HL/MRP por sus siglas en inglés) y células de trabajo, es decir, tiene pre-requisitos. Se utilizan tarjetas llamadas “polca-cards” que son similares al sistema de reposición llamado “kanban” de JIT pero en este caso no controlan el flujo dentro de la célula y sólo funcionan entre dos células, además las tarjetas permanecen con el trabajo mientras este se esté procesando y en la célula donde se procesa. Existe un procedimiento para secuenciar los trabajos y los movimientos de las tarjetas.

Para cada orden los tiempos de autorización de liberación se crean vía HL/MRP de manera similar a un sistema MRP, el sistema POLCA genera los tiempos cuando una célula puede empezar un trabajo pero, a diferencia de un sistema push tradicional, la célula tiene permitido iniciar pero no puede iniciar si no se cumplen las otras condiciones ya mencionadas ¿? (no se puede comenzar si la célula siguiente está ocupada para no generar inventarios).

HL/MRP permite un sistema de fabricación por órdenes (“make-to-order” o MTO por su nombre en inglés) a través de la flexibilización de rutas que usan las células a discreción y el uso de tiempos de autorización evita la formación de stock innecesaria. Con el acople de POLCA y HL/MRP se asegura que no se fabrican productos sin que haya una demanda explícita.

La principal diferencia de JIT/Lean es que éste usa un tiempo de procesamiento llamado “takt time” para sincronizar actividades lo que limita la flexibilización.

2.2.2 JUSTO A TIEMPO / MANUFACTURA ESBELTA

En JIT se busca utilizar todos los recursos en la forma más eficiente al eliminar todo aquello que no agregue valor para el cliente. Una forma de definir JIT es como una manufactura de flujo (flow manufacturing por su nombre en inglés), la idea de JIT es asemejarse en la mayor medida posible a un proceso de flujo continuo (como una refinería de petróleo o molino de papel) donde el flujo de materia prima a producto terminado es muy eficiente. Es por esto que este tipo de sistemas se adaptan mejor cuando las características de producción corresponden con alto volumen, baja mezcla de productos, baja variabilidad de la demanda y bajo grado de personalización de los productos.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

JIT está compuesto por varios componentes sobre los que incluso no hay un acuerdo total entre autores, uno de los puntos que más llamó la atención al principio fue la reducción de inventario sin embargo, hoy se considera a ésta como una consecuencia y no como un componente. Algunos procedimientos dentro de JIT que han sido adoptados por otras estrategias son tiempos de preparación reducidos, lotes pequeños, flexibilidad del trabajador, mantenimiento preventivo (Swamidass, 2002).

La manufactura esbelta o JIT considera 7 principales desperdicios de los cuales hay que deshacerse; Sobreproducción adelantando a la demanda, tiempo de espera para el siguiente paso, transporte innecesario de materiales, sobreprocesamiento debido a un pobre diseño o herramental, inventarios más allá del mínimo necesario, movimiento innecesario de personal y producción de partes con defectos.

La distribución de planta generalmente toma la forma de una línea de flujo, o una serie de celdas o células de producción las cuales procesan partes con tiempos similares de procesamiento en cada máquina (familias) y tiempos de cambio mínimos.

Existen tres conceptos principales en la manufactura esbelta: la eliminación de desperdicio, la implementación del flujo (por medio de "takt time", programación nivelada, o vallas flexibles o "flex fences") y la implementación del sistema pull para permitir que el cliente sea quien jale la producción.

Sakakibara et al (1993) identificó 16 componentes esenciales de JIT divididos en 6 categorías:

- ▶ Administración del piso de trabajo.
 - ⊕ Reducción del tiempo de preparación
 - ⊕ Lotes pequeños
 - ⊕ Mantenimiento preventivo
 - ⊕ Kanban (cuando es aplicable)
 - ⊕ Soporte de sistema pull (cuando es aplicable)
- ▶ Programación.
 - ⊕ Programación maestra repetitiva
 - ⊕ Adherencia diaria al programa
- ▶ Diseño de proceso y de producto
 - ⊕ Diseño de distribución de planta (a menudo por células)
 - ⊕ Simplicidad en el diseño de producto
- ▶ Administración de la fuerza de trabajo
 - ⊕ Multifuncionalidad
 - ⊕ Solución de problemas por grupos pequeños
 - ⊕ Entrenamiento
- ▶ Administración de proveedores
 - ⊕ Entregas justo a tiempo
 - ⊕ Nivel de calidad del proveedor
- ▶ Sistema de información
 - ⊕ Adaptación del MRP a JIT

✚ Adaptación de la contabilidad a JIT

Las compañías que usan JIT normalmente desarrollan una PROGRAMACIÓN MAESTRA que es repetida todos los días durante un periodo extendido de tiempo de incluso meses. La producción de cada producto está basada en los requerimientos diarios, de este modo se tiene un inventario mínimo al final del día. Así en lugar de hacer una producción de un lote grande que tarde varios días, todos los días se producen lotes pequeños de todos los productos, a esto se le llama programación de carga uniforme (o mixed model sequencing en inglés). Esto también nivela los requerimientos de componentes.

Las células se organizan por productos con similares requerimientos de proceso o maquinaria.

Se puede utilizar un MRP sin periodos fijos de tiempo (se conoce como "bucketless" MRP en inglés) pero ya que no se puede usar un sistema MRP común donde se utiliza el enfoque de órdenes de producción, asignaciones, y talones de recolección de inventario porque el sistema se atascaría con papeleos muchas compañías usan una técnica retroactiva ("backflushing" por su nombre en inglés) para capturar los cambios de materiales en el sistema. La utilización de materiales se calcula de la producción final y esto también se aplica para la contabilidad.

La tecnología no es un requerimiento de JIT (esto no quiere decir que no se requiera para nada) de hecho, muchas veces el resultado es una disminución en el uso de tecnología, por ejemplo no se requiere de una tecnología sofisticada para manejo de materiales.

Algunas compañías reportan resultados de reducción de tiempos de ciclo del 80 al 90%, reducción de inventarios del 35 al 90%, reducción del costo de mano de obra del 10 al 60% y reducción de costos de calidad del 25 al 60%.

Muchos de los componentes de JIT se aplican en todo tipo de industrias e incluso en servicios.

Tabla 3- 10 pasos para lograr una producción esbelta

10 pasos para Producción Esbelta (Black)	
1	Reconfigurar el sistema de manufactura
2	Reducir tiempos de preparación
3	Integrar el control de calidad
4	Integrar mantenimiento preventivo
5	Nivelar y balancear el sistema de manufactura
6	Integrar el control de producción
7	Integrar el control de inventarios
8	Integrar a los vendedores (proveedores)
9	Automatizar
10	Integrar al resto de la compañía

De acuerdo con Suri (2002) las herramientas clave de Lean trabajan mejor en una producción de alto volumen. De hecho algunas técnicas esenciales como Takt time, estandarización del trabajo, programación nivelada y Kanban están

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

diseñadas para eliminar la variabilidad, y estas técnicas se rompen en la cara de una alta variabilidad, bajo volumen o producción personalizada. La manufactura esbelta no es apropiada para algunos segmentos de mercado donde QRM funciona bien (Suri 2002).

Un énfasis esencial en JIT/Lean es la eliminación de desperdicio sistemática (actividades que no agregan valor) dando por resultado una mejora en la calidad, reducción de costos y reducción de tiempos de entrega.

JIT requiere de muchos inventarios en los estados intermedios del sistema de resurtido de materiales (en la práctica esto contrasta con el cero inventarios que muchas veces se lee)

Un segundo concepto clave en Lean, es el FLUJO, la meta es hacer que los pasos generadores de valor “fluyan”. Un modo de operación de lote y cola. Esto se logra enfocándose en un producto y extender todos los recursos para que una orden fluya continuamente sin paradas ni contraflujos.

Aspectos del flujo en Lean:

TAKT TIME. Es el tiempo que transcurre desde que se termina una pieza hasta que se termina la siguiente, si la tasa de embarque a los clientes permanece constante. La meta es determinar cómo ajustar cada paso en la operación para que le tome exactamente el takt time. Esto se puede lograr mediante el trabajo standard. Ante los cambios en demanda se debe redefinir el takt time y re-optimizar, lo cual lo hace poco práctico para cambios recurrentes, incluso teniendo que aumentar o disminuir máquinas. Este enfoque en el flujo es ideal cuando los cambios son pequeños de semana a semana o de mes en mes.

PROGRAMACIÓN NIVELADA (HEIJUNKA). Una parte de esto es reducir los tiempos de preparación y el tamaño de lotes, pero requiere de un periodo congelado, lo cual es la antítesis de la respuesta al cliente

FLEX FENCES (vallas flexibles). Son rangos en los incrementos de la demanda a los cuales los proveedores pueden responder en corto tiempo. Esto implica muchas veces que alguien en la cadena tiene que mantener un stock.

Un tercer concepto clave en Lean es el de pull. Womack y Jones (2005) lo definen como “embarca uno, haz uno”.

KANBAN. Son controles físicos que pueden tomar diferentes formas (tarjetas, carros, charolas) que representan una cantidad de piezas que se han de “jalar”. Funcionan para controlar el flujo de materiales (entre células y dentro de las células) dentro de un sistema pull, la cantidad de Kanbans o controles, dependen del número de presentaciones, la variabilidad de la demanda o la cantidad de producto en proceso requerida.

2.2.3 MANUFACTURA ÁGIL

Históricamente la producción en masa ha evolucionado hacia la producción esbelta, ahora la producción esbelta está evolucionando hacia la producción ágil. Hasta los 50 las compañías se enfocaban en la mejora de productividad, en los sesentas y setentas en mejora de la calidad, en los ochentas las compañías trabajaron duro por la flexibilidad y en los noventas son retadas por la necesidad de incrementar su agilidad.

La idea central de la manufactura ágil es que una empresa debe ser construida en los fundamentos competitivos de mejora continua, respuesta rápida, mejora de calidad, responsabilidad social y enfoque total en el cliente. Se trata de la habilidad de los productores de bienes y servicios de prosperar en mercados fragmentados rápidamente cambiantes. Sus principales medidas son tiempo, costo, robustez y foco (¿Cuánto cambio es capaz de soportar la compañía?).

La manufactura ágil es una respuesta a factores como la fragmentación de mercado, producción en lotes más pequeños, capacidad de información para tratar a masas de consumidores como consumidores individuales, ciclo de productos más pequeños, convergencia de productos y servicios, cooperación y competencia simultánea entre compañía, infraestructuras de distribución para personalización en masa.

La manufactura ágil intenta combinar organización, tecnología y gente en un todo integrado. Los empleados deben ser entrenados con habilidades especiales y para trabajo en equipo que atraviese las barreras funcionales. Se puede implementar en compañías con alta o con baja tecnología. Generalmente se prefieren sistemas altamente flexibles de propósito general. Algunas tecnologías se pueden usar para identificar requerimientos de los clientes, para cumplir con las órdenes con lotes de tamaño arbitrario.

Dove (2006) identificaron los siguientes ocho dominios sobre los cuales se puede analizar y construir capacidades de agilidad: creación/eliminación, expansión/contracción (modificación), adición/substracción, reconfiguración, migración, variación, mejora, y corrección. Los últimos tres son comunes a Lean y Agile.

Conceptos como Esbeltez, Flexibilidad, personalización en masa, JIT, son estrategias de operación que una empresa puede utilizar para volverse más ágil.

La agilidad en la práctica es muy dependiente del contexto por lo que lo que una empresa debe hacer para ser más ágil está basado en su propio entendimiento de sus clientes, mercados, competidores, productos, competencias y recursos. Es un proceso continuo para manejar el cambio, una constante adaptación de prácticas internas y relaciones externas para alcanzar nuevas oportunidades. La manufactura ágil aporta módulos de trabajo y ambientes de trabajo reconfigurables. A diferencia de Lean que se centra en lo que se puede controlar, Agile trabaja con lo que no se puede controlar (Swamidass, 2002).

2.2.4 APLAZAMIENTO ESTRATÉGICO y PERSONALIZACIÓN EN MASA (MASS CUSTOMIZATION / STRATEGIC POSTPONEMENT)

PERSONALIZACIÓN EN MASA. Un concepto que se hizo popular en los noventas. Las compañías buscan proveer productos y servicios personalizados a bajo costo (al costo de uno producido en masa). El concepto debe verse como una capacidad competitiva que radica en las funciones de marketing, manufactura e ingeniería de producto, y la integración de sus estrategias.

La personalización implica un producto hecho únicamente para un cliente y la participación de éste en el proceso de diseño. Mintzberg (1988) define la personalización tomando en cuenta tres formas: Pura (desde el diseño), adaptada (tailored en inglés, altera un diseño básico a nivel manufactura), y estandarizada (ensamble a partir de componentes estándar). Pine (1993) sugiere que la clave para la personalización es la modularidad (Swamidass, 2002).

El término en masa sugiere producción a gran volumen y para lograr esto se adopta cierto grado de modularidad que puede ser de las siguientes formas: Compartición de componentes, intercambio de componentes, modularidad seccional, modularidad de mezcla, modularidad de "bus" y modularidad cortar-para-ajustar (cut-to-fit en inglés).

Un ejemplo de personalización en masa es la compañía DELL que usa un proceso assemble-to-order, a diferencia, LEVI's usa un proceso que corta la tela a un patrón personalizado para el ajuste en sus Jeans para dama.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Existen diferentes tipos de mass customization, dependiendo del punto donde el cliente intervenga, puede ser incluso en el punto de venta (cuando se venden módulos por separado como en muebles) pero lo que sí es un requisito es que se emplean un tipo de modularidad y el cliente interviene en el diseño en alguna etapa. En la tabla 4 se muestra un comparativo de los tipos mencionados.

Tabla 4 – Tipos de personalización en masa. Fuente: Elaboración propia.

TIPO	PUNTO DE INVOLUCRAMIENTO DEL CLIENTE	
	INVO...	TIPO DE MODULARIDAD
PURA O MASS PURE	Diseño	Diseño; componentes compartidos
ADAPTADA O MASS TAILORED	Fabricación	Manufactura; Cortar para ajustar
ESTANDARIZADA O MASS STANDARD	Ensamble	Manufactura; intercambio, seccional, mezcla y bus
DE PUNTO DE VENTA O POINT OF SALE	Entrega	Seccional, bus

El concepto personalización en masa (MC por sus siglas en inglés) involucra satisfacer las demandas del cliente individuales y usa tecnologías como manufactura ágil, manufactura flexible, CIM, y tecnologías de información y comunicación.

A diferencia de manufactura esbelta que busca la eliminación de desperdicio en los procesos, MC busca la eliminación de desperdicio desechando las características que los clientes no requieren.

Desde el punto de vista de manufactura se pueden identificar cinco tipos de MC:

- ⊕ MAKE TO STOCK MCP
- ⊕ ASSEMBLE TO ORDER MCP
- ⊕ MAKE TO ORDER MCP
- ⊕ ENGINEER TO ORDER MCP
- ⊕ DEVELOP TO ORDER MCP

La clasificación es similar a la de los tipos genéricos de opciones de procesos como producción continua, en línea, por lote, a destajo o "jobbing", por proyecto.

PUNTO DE DESACOPAMIENTO DE ORDEN DEL CLIENTE (CODP por sus siglas en inglés). Se refiere al punto en la cadena de valor en que la orden del cliente da forma a las actividades de producción. Todas las actividades antes del punto de desacoplamiento son con base en el pronóstico (Wortmann, 1992).

APLAZAMIENTO ESTRATÉGICO.

Aplazamiento o diferenciación retardada es una estrategia de cadenas de suministro adaptativas que permite a las compañías reducir dramáticamente los inventarios y mejorar el servicio al cliente (Oracle, APICS y CGE&Y, 2003). Una estrategia reciente seguida por varias compañías consiste en aplazar la producción manteniendo inventarios de producto en una fase no totalmente terminada hasta conocer la demanda real del consumidor. Esta estrategia se llama aplazamiento estratégico o diferenciación postergada. De esta manera se puede responder más rápido a las oportunidades de mercado y ofrecer un grado de personalización (es comúnmente usada como una herramienta para personalización en masa).

Por ejemplo HP utiliza el principio de posponer o aplazar en la diferenciación de productos en sus impresoras deskjet. Posponer el punto de la diferenciación de productos significa retrasar tanto como sea posible la etapa en la que la diferenciación ocurre antes de que el producto final se complete. Un producto genérico o esencial se fabrica en Vancouver o Singapur y se envía a un centro de distribución en E.U. el cual hace la personalización al insertar en el empaque los instructivos con lenguaje específico, los módulos de alimentación de poder, y software. HP ha adoptado el concepto de aplazamiento del empaque donde este se hace en los centros de distribución y no en la planta de manufactura. A esto Lee et al. (1993) se refieren como diseño para localización o diseño para personalización (Swamidass, 2002).

La producción de tipo configurar por órdenes (configure-to-order por su nombre en inglés) requiere un alto grado colaboración a lo largo de la cadena de suministro. Detener la producción en un estado genérico del producto y ofrecer un rango de configuraciones y opciones diferentes requiere de un modelo flexible, y del tipo JIT. Si se implementa pobremente en la cadena de suministro esta personalización en masa resultará en costos excesivos y largos tiempos de entrega. El aplazamiento obliga a las compañías a decidir qué componentes serán modulares, estándar o personalizados, cuáles inventarios estarán justificados y dónde serán colocados, y cuáles actividades estarán basadas en forecast.

Es de tomar en consideración la etapa en la que se encuentra el producto dentro de su ciclo de vida (esto sucede con todas las estrategias), una tapa temprana exige disponibilidad de producto para soportar el crecimiento mientras que en una etapa última cualquier exceso de inventario puede representar pérdidas por obsolescencia.

Un ambiente donde cada vez es más difícil pronosticar ante la variabilidad de la demanda puede ser propicio para que las empresas piensen en el aplazamiento.

Desde los puntos de vista de logística y operacional, el mejor modelo para un producto multinacional es el embarque de granel o de producto genérico ya que es más barato que embarcar producto empacado, convirtiendo los almacenes o centros de distribución en centros de ensamble final que trabajan por orden.

Es primordial en una estrategia de aplazamiento, por su misma naturaleza, cuidar que no se pierda el nivel de servicio y el desempeño de las entregas. Se debe encontrar un punto de diferenciación donde se equilibren las ventajas con los riesgos.

En 2003 Oracle, APICS y Cap Gemini Ernst & Young llevaron a cabo un estudio en conjunto con el fin de examinar qué lleva a las compañías a optar por el aplazamiento, cuáles son los habilitadores y cuáles son los factores de éxito y beneficios.

Del estudio se desprenden los siguientes resultados:

91% de los encuestados dicen haber tenido significativas mejoras en servicio al cliente.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

La razón primaria para no implantar la estrategia fue una falta de entendimiento de ésta o una percepción de riesgo asociado con la incertidumbre de la generación de valor o limitaciones tecnológicas. La alineación organizacional es uno de los mayores retos en la implementación. La colaboración interna y externa en la cadena de suministro son cruciales. Dónde, cuándo y cómo posponer requiere una visibilidad adecuada de la cadena de suministro.

Los principales factores que impulsan el aplazamiento son una creciente dificultad en el pronóstico de la demanda y una demanda creciente por productos personalizados.

Algunas soluciones que se han utilizado para implementar el aplazamiento son componentes por outsourcing, búsqueda de consultores expertos, soluciones de tecnología etc.

Algunos factores críticos para el éxito de la estrategia son: estandarización de diseño de producto, colaboración interfuncional interna, reingeniería de procesos, colaboración con proveedores y clientes, medidas de desempeño etc.

Algunos de los beneficios obtenidos son: mejora en la satisfacción del cliente, reducción de costos de inventario, mejora en la tasa de cumplimiento de órdenes (order fill rate en inglés), minimización de riesgo, reducción de costos en manufactura, infraestructura, transporte, compras (Swamidass, 2002).

Durante una implementación de aplazamiento se requieren revisar los sistemas de producción ya que sistemas tipo MTO y MTS puede presentarse como un obstáculo mayor.

Se pueden diferenciar dos tipos principales de aplazamiento: el aplazamiento de forma conocido también como aplazamiento de manufactura, y el aplazamiento de tiempo o aplazamiento logístico. Una diferencia principal entre ambos es la localización del CODP, en el primer caso lo encontraremos en una etapa de producto semi-terminado mientras en el segundo caso estará en el inventario de producto terminado. El CODP se relaciona con el punto donde encontramos el último inventario especulativo, es decir antes de éste tenemos un sistema especulativo o guiado por pronósticos y después de éste tenemos un sistema guiado por órdenes.

El aplazamiento de forma se puede definir como el retraso de la parte final del proceso de transformación hasta que lleguen las órdenes del cliente con las cuales prolifera el número de los diferentes artículos terminados. Los procesos pospuestos pueden ser de manufactura, configuración, empaque o etiquetado y pueden tener lugar en la fábrica, el almacén o incluso con el minorista. Para el caso en que el proceso pospuesto se encuentra dentro de la fábrica donde se efectúan los procesos genéricos, tenemos lo que se llama un aplazamiento de forma unicéntrico (Unicentric form postponement)

Es primordial que un sistema basado en el aplazamiento tenga una respuesta rápida para que se pueda convertir en una ventaja estratégica y no en un simple sistema MTO-Push con tiempos de respuesta lentos.

La estrategia de aplazamiento busca equilibrar la flexibilidad en la manufactura con la eficiencia en los costos en lugar de sacrificar una por la otra. De acuerdo con Fisher (1997) en un sistema de aplazamiento de forma coexisten dos tipos de cadenas de suministro en serie, antes del punto de aplazamiento tenemos productos con características de producto "funcional" para lo que se aplica una cadena de suministro "eficiente" mientras que después del punto de aplazamiento tenemos productos de tipo "innovador" para lo cual se aplica una cadena de suministro "reactiva" o basada en la respuesta. Las dos etapas observadas generalmente se hacen coincidir con un paradigma de esbeltez para la primera y un paradigma de agilidad para la segunda.

En la ilustración 5 se puede observar cómo cambia la curva de intercambio entre inventarios y servicio al cliente después de aplicar la personalización en masa, pudiendo obtener el mismo nivel de servicio con un menor inventario.

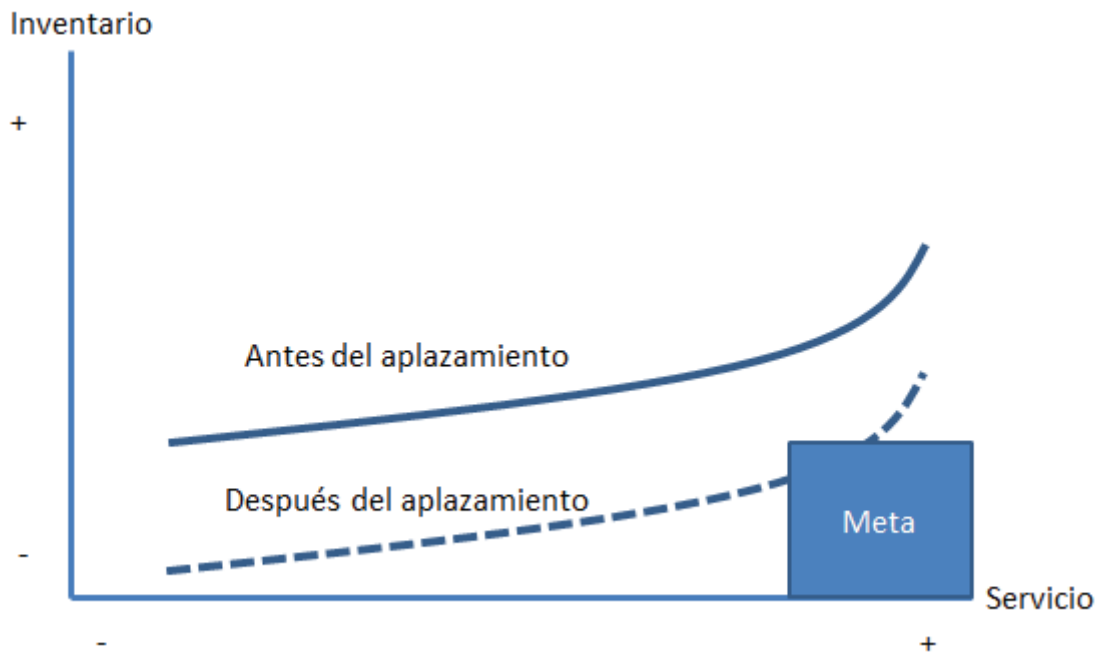


Ilustración 5 - curva de intercambio inventario/nivel de servicio, antes y después del aplazamiento. Fuente: Supply Chain Performance Metrics, Warren Hausman, Junio 2002.

2.3 FACTORES TÁCTICOS

PLANEACIÓN TÁCTICA. Los planes tácticos surgen como una extensión de la planeación estratégica y son creados a todos los niveles de la organización. Establecen los pasos necesarios para implementar la estrategia y como ya se ha mencionado los planes tácticos inevitablemente tendrán influencia sobre los objetivos estratégicos. Son planes más tangibles y medibles, es decir, se componen de acciones cuyo resultado puede ser claramente medible como contribución al objetivo estratégico.

Se necesitará desarrollar diferentes planes tácticos para alcanzar las metas y objetivos del negocio. Se recomienda no solo determinar los pasos a seguir para conseguir un objetivo, sino el monitoreo y los medios de comunicación y se debe tener el plan por escrito.

Las gerencias de bajo nivel tienen un mejor conocimiento de las operaciones día a día, es por esto que son los responsables de la planeación táctica. Al igual que con la planeación estratégica funcional, los planes tácticos deben estar comunicados entre diferentes departamentos funcionales ya que los objetivos tienen impacto en diferentes departamentos. Por ejemplo las decisiones de ventas afectan al área operativa, las decisiones de marketing afectan al área de ventas y es válido en el sentido opuesto. Por esto a veces es conveniente crear equipos inter-funcionales para determinar los planes.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Una diferencia principal entre planes estratégicos y planes tácticos es la temporalidad, por ejemplo que un plan estratégico definiría los objetivos de los próximos cinco años mientras que el plan táctico propondría los objetivos a cumplir durante el próximo año, que llevarán a la larga a cumplir los planes estratégicos.

La planeación táctica en la manufactura puede estar apoyada por sistemas que pueden ser visuales, sistema de apoyo en cálculos, sistemas que apoyan mediante sugerencias hasta sistemas que apoyan en la toma de decisiones. Su evolución a lo largo del tiempo se muestra en la ilustración 6.

LA PLANEACIÓN TÁCTICA EN MANUFACTURA.

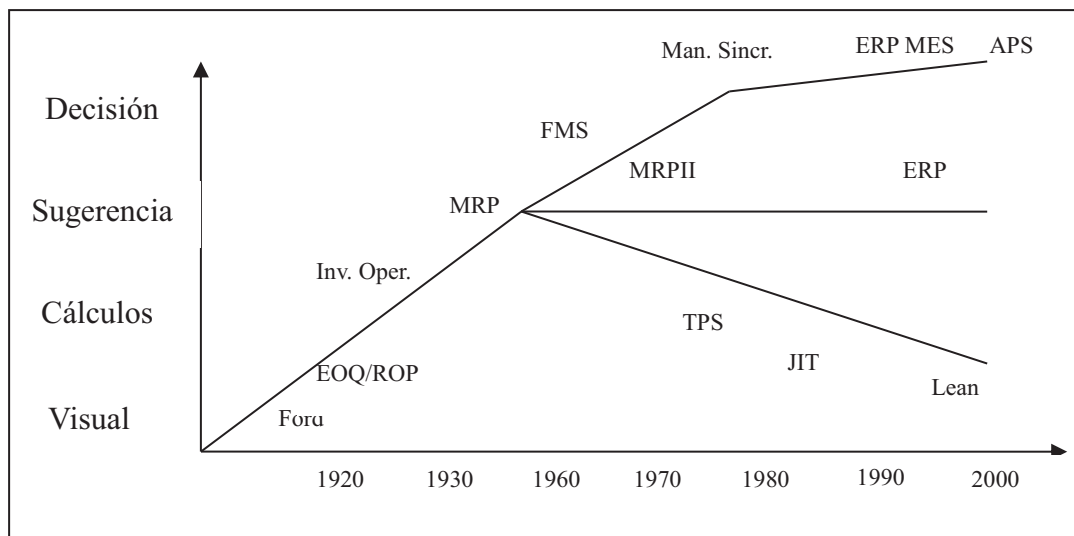


Ilustración 6 Evolución de la planeación de manufactura. Fuente: APICs, prog de formación de planeadores compradores, 2005)

El nivel táctico de la planeación se encuentra entre diferentes actividades de planeación que van del nivel estratégico al operativo apoyado por otras actividades de administración como se puede ver en la ilustración 7.



Ilustración 7 - Diferentes niveles de planeación. Fuente: Elaboración propia.

A manera de ejemplo, en el nivel de planeación de la producción se pueden seguir en general tres tipos de tácticas: un tipo que se denomina persecución donde se pretende ir siguiendo la demanda con la producción, lo cual requiere de una flexibilidad de la capacidad de planta para ajustarse a los cambios esperados de la demanda, y seguramente de una gran cantidad de "agilidad" para responder a los cambios inesperados de la demanda o en su defecto inventarios de seguridad. Un segundo tipo denominado de producción nivelada, donde un crecimiento en la demanda se satisface adelantando la producción en periodos de baja demanda, aunque esto genere inventario de producto terminado pero manteniendo la capacidad de producción a un nivel estable, esto se utiliza en empresas con baja flexibilidad de capacidad. El tercer tipo de táctica es un híbrido de los dos anteriores y es probablemente el más usado, existe un cierto grado de cambios en la capacidad de producción y un cierto grado de nivelación.

El potencial de aportación de los sistemas de planeación y control de inventarios es todavía muy grande debido principalmente a un descuido por parte de muchas compañías que no han implantado los sistemas más modernos como sistemas de planeación y programación avanzados (APS por advanced planning and scheduling en inglés) y en algunos casos siquiera se saca suficiente provecho de los sistemas de planeación de los recursos empresariales (ERP por Enterprise resources planning en inglés) aunado con el impacto que pueden tener las mejoras en estas áreas sobre los indicadores de desempeño estratégicos.

Algunos ejemplos son:

- Reducción de costos. Existe un gran potencial para la reducción de costos por un mejor aprovechamiento o planeación de la capacidad instalada y por la reducción de inventarios y sus costos de manejo y mantenimiento.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Ya sea que esta reducción de costos se use para lograr una mayor competitividad en precios o para obtener mayores utilidades.

- Tiempo de respuesta para la entrega de productos y ante cambios en la demanda. Mediante estas tecnologías infraestructurales o "soft" se pueden disminuir los tiempos de entrega. Uno de los principales responsables del aumento del tiempo de entrega son los grandes inventarios, así como los tiempos de cambio (que requieren algunas tecnologías estructurales o "hard" para mejorar) y tamaños de lote.
- Mayor oportunidad de personalización de los productos. Mediante el uso de retrasos en la manufactura.
- Aumento del nivel de servicio de entregas al cliente mediante la disminución de faltantes u órdenes comprometidas sin cumplir (stock out o back order).
- Administración del nivel de servicio cuando se quiere dar prioridad a clientes grandes y no sacrificar costos para aumentar el nivel de servicio de clientes pequeños.
- Combinaciones producto-servicio.

Y otros.

2.3.1 FACTORES TÁCTICOS QUE MOLDEAN LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

La estrategia de operaciones o la estrategia de manufactura, debe considerar ciertos factores tácticos (factores que relacionan a la estrategia con la táctica) y contingencias durante su elaboración. Estos factores tácticos están relacionados con las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se definen los procesos de transformación?
- ¿Cómo se vinculan los sistemas de transformación?
- ¿Cuáles son los principios básicos de operaciones para cada sistema de transformación? Es decir, las necesidades de infraestructura y las opciones de procesos. El proceso puede estar basado en Esbeltez, flexibilidad, lotes, proyectos, flujo continuo, una línea, células de producción etc.
- ¿Cómo se lleva a cabo la transformación en la realidad? La mezcla de labor humana y maquinaria.
- ¿Cuáles son los límites cuantitativos del proceso de transformación? La CAPACIDAD.
- ¿Dónde se localiza el proceso?
- ¿cómo está el proceso físicamente organizado? Distribución de planta, movimiento de materiales y personas.
- ¿Quién es dueño de cada proceso de transformación? In-house, outsourcing, subcontratados etc.
- ¿Cómo se logran los atributos del producto y servicios? Diseño de productos y servicios.
- ¿Cómo se controla y mejora la calidad?
- ¿Cómo se planea y controla el flujo de materiales, gente y servicios?
- ¿Cómo se logra satisfacer las necesidades de información de la operación?
- ¿Cómo se satisfacen las necesidades de recursos humanos?

A un nivel estratégico todas estas preguntas deberán encajar en la misión, el posicionamiento, y el ambiente competitivo de la estrategia de operaciones (Harrison 1993).

Los factores tácticos y contingencias deben verse no como fuerzas ante las cuales se debe reaccionar sino como posibles palancas proactivas que se pueden ajustar para encajar en las exigencias del ambiente competitivo. Estos factores tácticos existen interna y externamente en el dominio de la empresa y a menudo están conectados con los diferentes conjuntos de recursos o competencias esenciales de la compañía.

Las decisiones tácticas de una compañía pueden involucrar:

- Decisiones de provisión de productos y servicios. MAKE TO ORDER, MAKE TO STOCK, ASSEMBLE TO ORDER etc.
- Procesos. PROYECTO, EN MASA, CONTINUO, POR LOTES.
- Tecnologías, capacidad e instalaciones. Que CAPACIDAD se requiere, la demanda y qué INSTALACIONES se requieren.
- Recursos humanos.
- Calidad. Objetivos y medición, entrenamiento etc.
- Aprovisionamiento. INTEGRACIÓN VERTICAL, HACER O COMPRAR.
- Decisiones del sistema operativo. Cómo se ejecutarán las decisiones del día con día para apoyar a la compañía en situaciones inciertas.

FACTORES TÁCTICOS COMO PALANCAS DE ADMINISTRACIÓN

En general existen 8 palancas de administración:

1. PRODUCTOS Y PROCESOS (principalmente desarrollo de nuevos productos y servicios)

- CALIFICADORES Y GANADORES DE ÓRDENES. (v. Hill 2000) Los calificadores de órdenes son aquellos criterios que una compañía debe cumplir para ser considerado como un posible proveedor mientras que los ganadores de órdenes aseguran una selección del producto/servicio.
- NUEVOS PRODUCTOS
- NUEVOS SERVICIOS. Diseñar o modificar un servicio es un proceso creativo (al igual que el diseño de nuevos productos). Comienza con un concepto de un servicio con características que lo diferencian de la competencia. Cuestiones como localización, instalaciones, distribución de planta, flujo, equipo, capacidad, procedimientos, puestos de trabajo, involucramiento del cliente, mediciones de calidad, todas son importantes.
- NUEVOS PROCESOS, COMPETENCIAS ESENCIALES Y TECNOLOGÍAS. Los procesos nuevos y los modificados requieren de la introducción de nuevas tecnologías necesarias para producir una combinación de productos y servicios.

2. SISTEMA DE OPERACIONES

El sistema de operaciones es clave para proveer el valor que los clientes buscan en las combinaciones de productos y servicios. A nivel táctico este sistema tendrá un número de consideraciones prácticas:

- ESTRATEGIA DE FLUJO. De acuerdo con las prioridades competitivas de la empresa para sus productos y servicios se debe escoger una estrategia de flujo, la cual determina cómo está

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

organizado el sistema operativo para manejar el volumen y la variedad de productos y servicios para un segmento de mercado. Una empresa puede emplear más de una estrategia de flujo. Con una estrategia de flujo flexible el sistema se organiza alrededor del proceso para obtener el producto o servicio. Con una estrategia de línea el sistema se organiza alrededor del producto o servicio en sí. El flujo flexible y el flujo de línea son casos extremos entre los cuales existe una variedad.

- TIPO DE PROCESO. Los procesos deben ser escogidos para apoyar el tipo de flujo. Existen cinco tipos básicos de proceso que forman un continuo, es decir, se pueden superponer. Por proyecto, taller, lote, línea, continuo. Se puede notar que algunos procesos están hechos para manejar pequeños volúmenes y son por lo tanto más flexibles. Esto aplica para productos y para servicios.
- PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN. Se enfoca en planear y controlar el sistema de transformación. Debe formar un ajuste con la estrategia de operación y sus diferentes elementos. El plan de producción, o plan agregado, requiere entradas de ciertas funciones e involucra decisiones sobre las tasas de producción, niveles de inventario, factores relacionados con el staff, capacidad e utilización de la maquinaria, costos y presupuestos, requerimientos de materiales etc.
- INSTALACIONES, CAPACIDAD Y LOCALIZACIÓN. Para la manufactura la localización juega un papel cuando se trata de logística y suministro. Las decisiones de capacidad involucran el volumen de productos/servicios, almacenaje, distribución, nivel de empleo, etc.

3. PAPEL DE LA INFORMACIÓN Y DATOS. El procesamiento de datos e información y el uso de tecnologías de comunicación de la información (ICT por sus siglas en inglés) ha revolucionado los negocios y por supuesto las operaciones. Los flujos de información en las operaciones son vitales para el despliegue de la estrategia de operaciones. De hecho algunas compañías tienen su propia estrategia para la información y tecnologías de información para acentuar su importancia, sin embargo es necesario remarcar que son habilitadores y no estrategias en sí. Para las operaciones y la manufactura como parte de una cadena de suministro se consideran indispensables para el manejo de la demanda entre otras cosas, utilizando tecnologías como códigos de barras, identificación de radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés), datos de punto de venta, EDI, Internet etc.

4. ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

5. CALIDAD. Está asociada al valor y al proceso de agregación de valor que hace hincapié en los clientes internos y externos.

6. COMPRAS Y APROVISIONAMIENTO

7. ESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA. El diseño de la red trata de asuntos como: Integración vertical (qué tanto de la red es propiedad de la operación, decisiones de hacer o comprar, arreglos, outsourcing, VMI etc), localización de la operación, capacidad, expansión. Todas estas decisiones pueden afectar la calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo de toda la red de suministro.

8. REDES DE ABASTECIMIENTO

2.3.2 FLEXIBILIDAD

Se ha mencionado mucho el tema de la flexibilidad como una de las prioridades de manufactura o como un factor de posicionamiento estratégico.

La flexibilidad en manufactura puede referirse a la capacidad de un sistema de manufactura de adaptarse exitosamente a condiciones cambiantes del ambiente así como cambios en los requerimientos de productos y procesos. La flexibilidad le da a la planta de manufactura la habilidad de mantener la satisfacción del cliente y la rentabilidad en condiciones de cambio e incertidumbre.

Para un mejor entendimiento de lo que es flexibilidad en manufactura, se debe separar lo que es la flexibilidad en una máquina o estación de trabajo y la flexibilidad de la planta entera. La flexibilidad en máquina está principalmente basada en la tecnología, pero la flexibilidad en la planta es una combinación compleja de distintos ingredientes que incluyen tanto 1. Las tecnologías "hard" (equipo, hardware y software) 2. Tecnologías "soft" (técnicas, procedimientos, organización, know-how), 3. Diseño, 4. Infraestructura de manufactura.

Uno de los retos primarios de una planta en un ambiente de incertidumbre viene de poder responder apropiadamente a los cambios de demanda lo que determinará la estabilidad en crecimiento de la rentabilidad del negocio. Queda claro que la flexibilidad tiene un valor estratégico (Swamidass, 2002) y su valor competitivo se resume en la tabla 5.

Tabla 5- Valor competitivo de la flexibilidad en manufactura. Fuente: Swamidass, 2002

VALOR COMPETITIVO DE LA FLEXIBILIDAD EN LA MANUFACTURA		
A LA OFENSIVA	A LA DEFENSIVA	A LA OFENSIVA Y DEFENSIVA
RESPONDIENDO A LAS OPORTUNIDADES	DESENSIBILIZANTE ANTE CAMBIOS ADVERSOS	INCREMENTANDO LA EFICIENCIA
1 Habilidad de introducir un gran número de modelos al mercado 2 Reducción del tiempo para cambiar toda una línea de productos	1 Menos susceptible a cambios en demanda, suministro, gustos debido a un rango más amplio de mezcla de producto 2 Permite al fabricante manejar la incertidumbre causada por cambios en el ambiente externo – demanda, mezcla, materiales	1 Mejor utilización de la capacidad debido a una mezcla mayor de productos. 2 Reducción o eliminación del tiempo de preparación o tiempo de cambio 3 Mejor uso de la capacidad de la producción de productos contra ciclos

Tres tipos de flexibilidad que abarcan casi todas las empresas (se incluye tipo cuatro para empresas por proceso) se muestran en la tabla 6. Nota: AGV viene de Automated Guided Vehicle en inglés (vehículos guiados automáticamente), GT viene de Group Technology (tecnología de grupo), PCP es planeación y control de la producción.

De acuerdo con el tipo de flexibilidad las metas estratégicas son diferentes, algunos aspectos dependiendo del tipo de flexibilidad son excluyentes, se requiere un sistema de información avanzado para obtener cualquier tipo de flexibilidad. Para que un sistema de manufactura tenga alta capacidad de respuesta ante la necesidad de cambio, los tiempos de preparación entre cambios de diseño, tecnología, e infraestructura debe tender a cero.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Desde otro enfoque se identifican tres tipos de flexibilidad: de diseño, de proceso, de infraestructura que se pueden ver en la tabla 6 e ilustración 8.

Tabla 6 - Tipos de flexibilidad. Fuente: Swamidass, 2002

		CONTEXTO DE FLEXIBILIDAD			
		Tipo 1: Flexibilidad en líneas automatizadas.	Tipo 2: Flexibilidad en manufactura.	Tipo 3: Flexibilidad en diseño y manufactura.	Tipo 4: Industria por proceso.
	METAS ESTRATÉGICAS → Variedad, estabilidad de diseño, volumen, capacidad de personalización, tamaño de lote, flexibilidad de ruta.	1 ALTO VOLUMEN / BAJO COSTO 2 INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS 3 MODELOS MÚLTIPLES	1 ALTA VARIEDAD / VOLUMEN MEDIO 2 DIFERENTES CONFIGURACIONES 3 DIFERENTES RUTAS Lotes pequeños Diseños estables Flexibilidad en rutas	1 DISEÑO PERSONALIZADO 2 MUY BAJO VOLUMEN MUY ALTA VARIEDAD 2 FRECUENTES CAMBIOS DE DISEÑO Flexibilidad en rutas	1 CAMBIO DE BAJO COSTO 2 RANGO DEL PROCESO 3 MOVILIDAD DEL PROCESO
AGENTES DE FLEXIBILIDAD	DISEÑO	Algunos diseños estables congelados	Variedad de diseños moderadamente estables	Diseños muy variables, a medida	No relevante
	PROCESO / TECNOLOGÍA / FLUJO	Automatización flexible, robótica, AS/RS Flujo continuo	FMS/AGV, CAD, CAM Flujo automatizado, AGV	FMS, NC/CNC, CAD/CAM, CIM Flujo intermitente	Fijo en la instalación.
	INFRAESTRUCTURA Tecnologías Soft	JIT Pocos y confiables proveedores Empleados flexibles	GT, Células MRP/JIT Empleados flexibles multi-destrezas	GT PCP Flexible Rutas y programas alternativos	Empleados flexibles Control por computadora
	INTEGRACIÓN COMPUTARIZADA ENTRE DISEÑO, PROCESO, INFRAESTRUCTURA	Mejora la flexibilidad en planeación y programación, reduce inventarios, reduce tiempos de entrega	Mejora la flexibilidad en la programación, ruta y mezcla. Reduce tiempos de entrega	Permite la ingeniería concurrente, Reduce el tiempo y cambios de diseño	Mejora la programación, toma de decisiones en planta

	INTEGRACIÓN COMPUTARIZADA CON PROVEEDORES	Facilita la programación de la producción, reduce inventarios y tiempos de entrega	Reduce inventarios y tiempos de entrega	Mejora la ingeniería concurrente y reduce tiempos de entrega	Reduce inventarios y tiempos de entrega, capacidad de respuesta, planeación y pronósticos
--	---	--	---	--	---

De una fábrica flexible se espera que se responda a órdenes de los clientes de manera rápida, se provea un amplio rango de productos, o se introduzcan nuevos productos al rango con menor esfuerzo (Upton, 1995). De acuerdo con Upton (1995) el equipo y la integración por computadora son necesarias pero secundarias en el grado de flexibilidad alcanzado, la flexibilidad operacional está más determinada por el operador de la planta y el grado con el que la gerencia establezca comunicación y medidas con ellos. El problema, menciona él, es que los gerentes le tienen mucha fe a la maquinaria y tecnología y poca fe en la administración día con día de la gente.

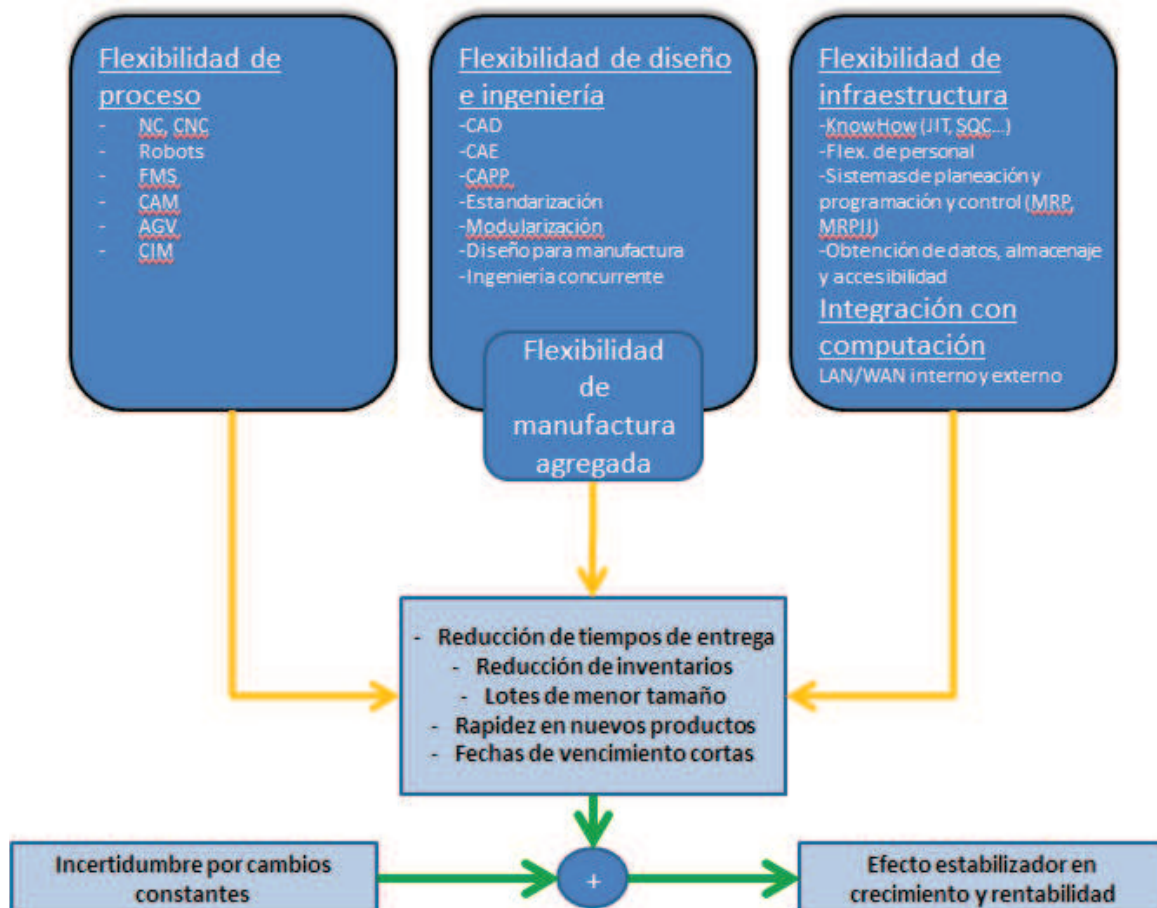


Ilustración 8 – Tipos de flexibilidad y sus resultados. Fuente: Swamidass, 2002

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

La flexibilidad se puede examinar desde el punto de vista de tres problemas particulares. El estímulo para una mayor variedad, las diferentes clasificaciones de variedad y la forma de medir la flexibilidad.

La flexibilidad en un sistema operativo es la respuesta a la necesidad de una mayor variedad y su consiguiente incertidumbre. Lo primero se puede ver como impulsado por la demanda y lo segundo como un dilema de suministro (Lawson, 2002).

RAZONES PARA LA FLEXIBILIDAD. En las últimas cuatro décadas los gustos de los consumidores se han alterado significativamente. La demanda de los consumidores se ha mostrado cada vez más inconexa y poco sistemática (y fragmentada) lo que la hace más difícil de satisfacer. Las compras de los consumidores son, más que nunca, un reflejo de un estilo de vida más que compras para satisfacer una necesidad básica, y esto es sólo el comienzo. La comunicación instantánea y global ha servido para educar al consumidor promedio.

Las organizaciones se ven enfrentadas a reaccionar más rápidamente y al mismo tiempo evitar los problemas asociados con una demanda cada vez más volátil.

Los cambios en el ambiente de negocios están provocando una reconfiguración sin precedentes de la demanda del consumidor, como ha sido testificado por las organizaciones que proveen combinaciones de productos y servicios. A su vez estas fuerzas están siendo pasadas a lo largo de los sistemas de proveedores y de demanda. Desafortunadamente mientras más lejos del punto de venta y de la indicación de las preferencias de demanda, se vuelve más difícil reaccionar de la manera más eficiente y efectiva. Recurrir a los pronósticos de largo alcance se vuelve totalmente inútil mientras la complejidad y el dinamismo continúan creciendo.

En los tiempos de la fábrica enfocada (Ford) siempre se encuentran trade-offs en el enfoque. Los costos bajos no conviven con la flexibilidad. Si la demanda del mercado varía y se diversifica, la empresa enfocada cae en demasiada tensión, aliviada solamente con altos niveles de inventario.

En los ochentas se da cuenta de que las organizaciones operando de esta manera no pueden convivir con una demanda en particular: la de la variedad. Aún se buscan estos enfoques (muchos de los cuales se llaman estrategia de operación). Ya se definió anteriormente a la flexibilidad como uno de los factores clave que determinan la posición competitiva de una firma y una de las cuatro prioridades competitivas (costo, calidad, flexibilidad, entrega) que forman una estrategia de manufactura (Hayes & Wheelerright, 1984).

PERSONALIZACIÓN EN MASA. El objetivo de la personalización en masa es proveer una variedad de productos y a menudo productos personalizados individualmente al precio bajo de los productos estandarizados y producidos en masa (Pine, 1993). MC busca flexibilidad y respuesta rápida. La gente los procesos, la tecnología, las unidades se reconfiguran para darle al consumidor exactamente lo que quiere. El resultado debe ser productos y servicios personalizados, de alta calidad y a bajo costo. Esto requiere que la red de suministro completa esté integrada, con datos compartidos y visibilidad total. Un sistema de suministro/demanda con visibilidad total nos brinda las bases para la flexibilidad y capacidad de respuesta a la “demanda en tiempo real”.

Se presentan 4 etapas en el desarrollo de las redes de suministro/demanda, la cuarta es la ideal para poder desarrollar la personalización en masa.

OTRAS CLASIFICACIONES DE LA FLEXIBILIDAD.

En un nivel inter e intra organizacional, es una cuestión estratégica, la firma y los sistemas de suministro y demanda están involucrados en la capacidad de ofrecer una flexibilidad específica para sus combinaciones de productos y servicios. A nivel operacional, se considera si las actividades de operación son capaces de dar suficiente flexibilidad a los productos o servicios. A nivel de los individuos, recursos, procesos y estructuras, la pregunta es si todos ellos son capaces de dar la flexibilidad requerida para la variedad de tareas demandadas por los niveles anteriores.

Un enfoque diferente a los anteriores clasifica los siguientes tipos de flexibilidad:

De combinación de productos y servicios

De mezcla (mix)

De volumen

De logística

Monetaria

De contacto con los clientes.

Atkinson (Atkinson, 1984) define tres tipos de flexibilidad con respecto a la fuerza de trabajo y sus implicaciones (el autor las clasifica como respuesta interna a las demandas): funcional, numérica (de cantidad), financiera (de sueldos y costos).

El autor agrega dos: temporal y tecnológica.

Las diferentes flexibilidades tendrán un impacto directo sobre el tipo de operación involucrada y la organización.

2.3.3 PLANEACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES Y PLANEACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MANUFACTURA

Se presenta un resumen del funcionamiento de los MRP's por ser una de las tecnologías tácticas de mayor uso actualmente y el punto de partida para desarrollar la propuesta de la tesis.

MRPII. Se parte de un plan de producción que generalmente se obtiene como resultado de una junta (por periodo) de planeación de ventas y operaciones. Este plan de producción normalmente nos da un horizonte de tiempo de 12 meses con la planeación por familia de productos, los niveles deseados de inventario, y la comparación de los recursos necesarios con los recursos disponibles. En este momento se decide la estrategia (o mejor dicho táctica) para el desarrollo del plan de producción la cual como ya se vio puede ser una combinación de persecución y producción nivelada. Se definen los recursos críticos necesarios como mano de obra, materiales o componentes, instalaciones, equipo, finanzas etc. Una vez que se ha validado el plan de producción, toma lugar la planeación maestra. Se trata de un plan con un nivel mayor de detalle:

La PLANEACIÓN MAESTRA es un proceso de negocio formal para balancear la demanda y el suministro para productos específicos y artículos terminados, usado para prometer órdenes. Aquí se fijan los límites para la planeación de la capacidad y los materiales y sobre este se pueden hacer una cantidad restringida de ajustes. Da las prioridades de producción y las estrategias para evitar programas sobrecargados de condiciones de equilibrio. Se obtiene un programa en el tiempo, es decir con fechas alcanzables. Su diagrama de entradas y salidas se puede ver en la ilustración 9.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

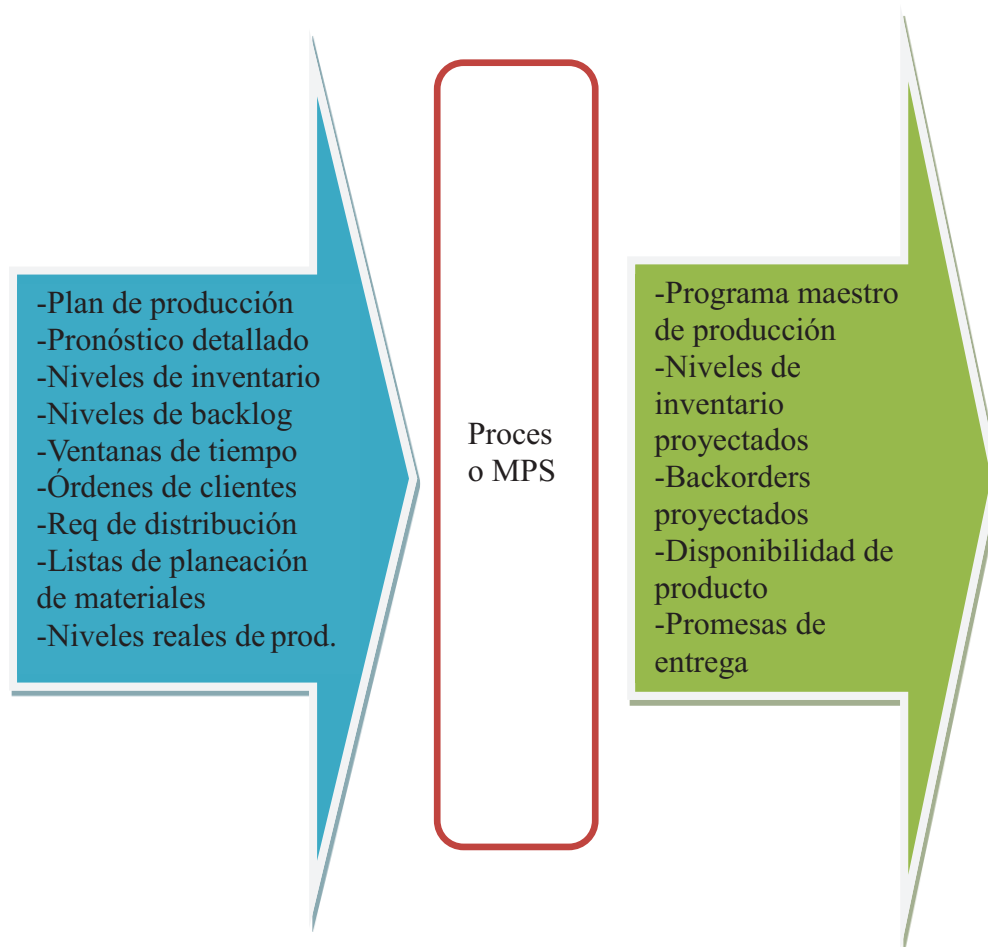


Ilustración 9 – Diagrama de entrada proceso y salida del MPS. Fuente: Elaboración propia.

La planeación maestra de la producción (MPS por sus siglas en inglés) utiliza una evaluación mediante planeación gruesa de la capacidad (RCCP por Rough cut capacity planning en inglés) el cual es un proceso que convierte el MPS en las proyecciones de carga de los centros de trabajo críticos y procesos de suministro críticos. De esta manera se determina la viabilidad del MPS para obtener un plan factible. Las principales desventajas del RCCP son que puede no considerar los tiempos de cambio de acuerdo a las secuencias y que no contribuye mucho a la planeación a mediano o largo plazo sino sólo hasta donde llega la barrera de planeación. El plan RCCP nos dará una visión de las horas de capacidad de un centro de trabajo y las horas de carga del mismo para los próximos periodos. La ilustración 10 muestra un ejemplo gráfico de este cálculo.

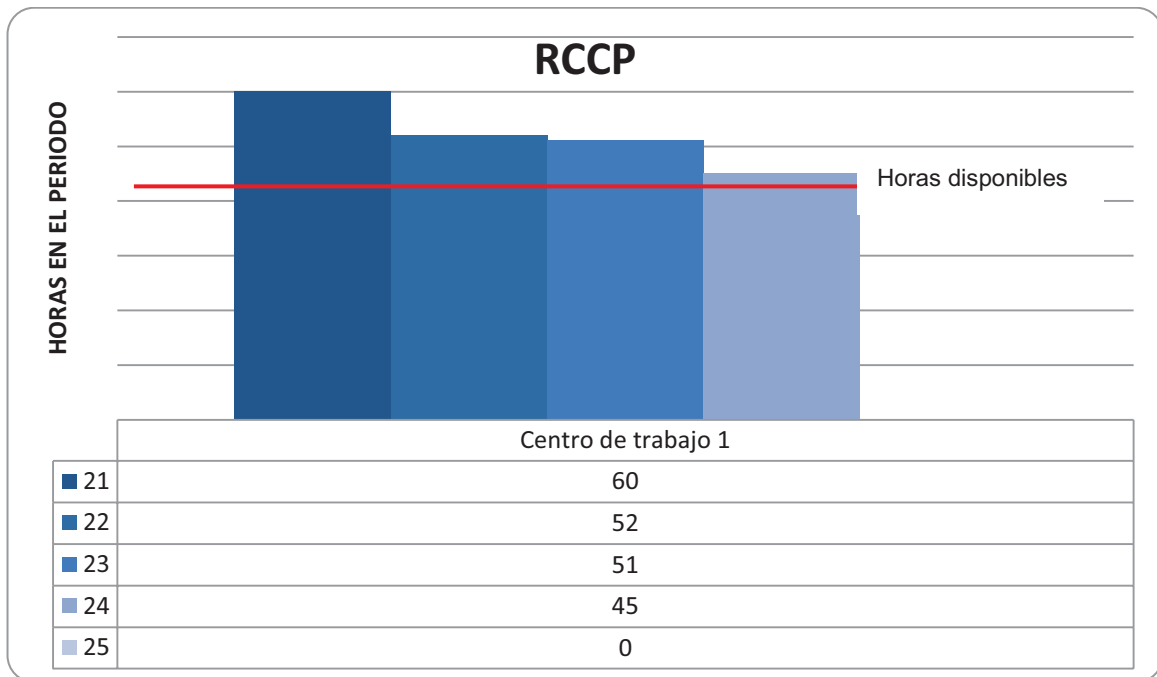


Ilustración 10 – Gráfico de capacidad RCCP. Fuente: Elaboración propia.

El modelo tiene varias limitantes en su desempeño, principalmente se debe a que se trata de un plan basado en pronósticos y su cumplimiento está sujeto a muchas variantes. En la siguiente ilustración se muestran los principales cambios a que está sujeto un plan de esta naturaleza:

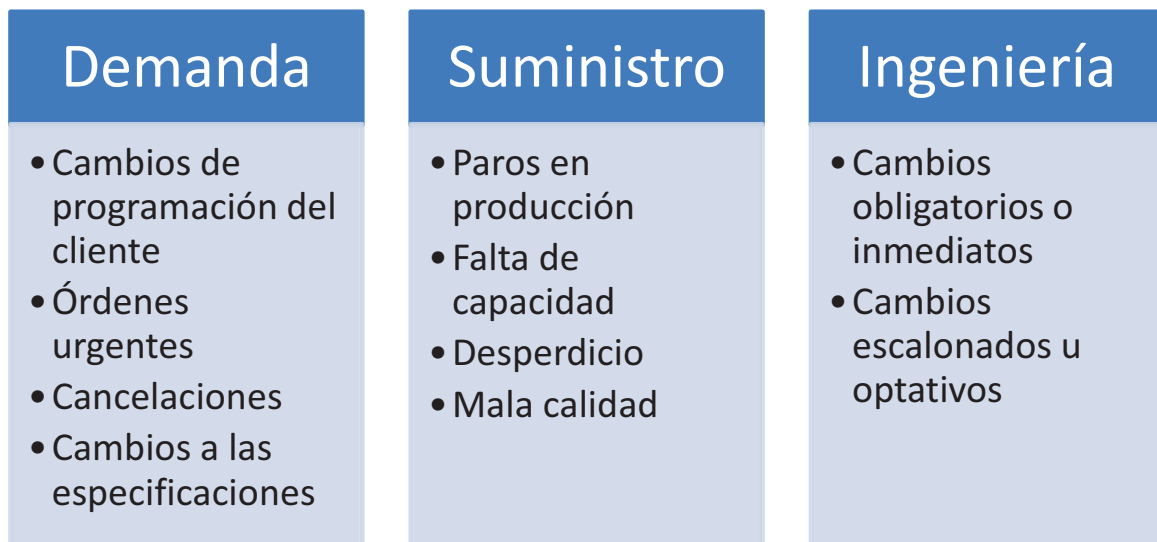


Ilustración 11 – Fuentes de cambios al MPS. Fuente: Elaboración propia.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Una vez obtenido el programa maestro de producción o MPS, se continúa con la planeación detallada. Esta planeación nos dará una retroalimentación al MPS ya que considera las fechas específicas de producción de cada artículo de acuerdo con las prioridades y la capacidad exacta requerida para que se cumplan estas fechas. Dentro de este plan detallado, aparte del ordenamiento de entregas o lista de despacho, y las fechas de entrega de acuerdo con las capacidades de producción, existen dos procesos: un proceso MRP (materials requirements planning) y una planeación de la capacidad detallada (CRP por capacity requirements planning en inglés).

En el modelo del MRP se tienen las siguientes entradas y salidas:

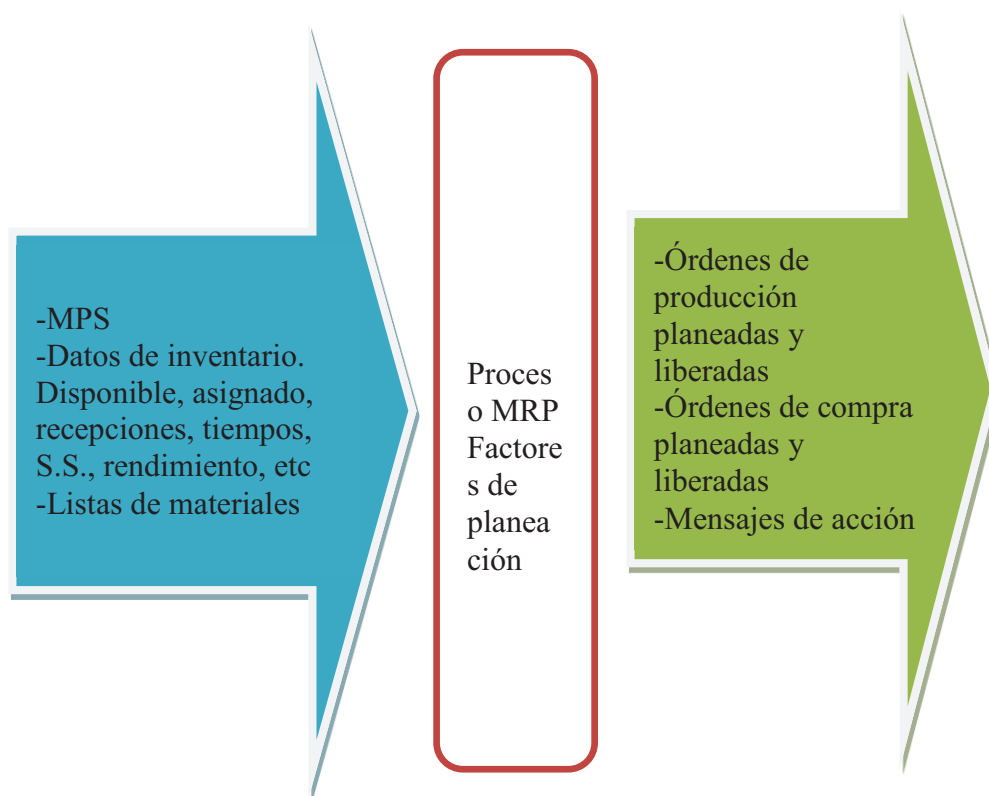


Ilustración 12 – Diagrama de entrada proceso y salida del MRP. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el proceso de MRP se obtiene un programa detallado con fechas de entrega para materiales y componentes comprados o necesidades de manufactura que satisfaga todas las necesidades de producción que pide el MPS.

La lógica del MRP nos dice, de acuerdo con una necesidad de producto terminado, qué componentes y materiales se necesitan para fabricar ese producto terminado, cuánto se necesita, cuánto hay disponible, cuánto hace falta, cuándo se necesita y cuánto tiempo se requiere para la entrega.

La planeación de los requerimientos de capacidad nos dará un programa revisado de las órdenes de producción con un ajuste mayor de tiempos considerando la capacidad de todas las estaciones de trabajo.

Las capacidades nuevamente se miden en horas disponibles y se compara con las horas requeridas por las órdenes de producción de acuerdo con las velocidades de producción medidas y/o estandarizadas. La capacidad disponible debe tomar en cuenta datos del centro de trabajo como número de horas totales por el porcentaje de utilización y eficiencia y datos de las rutas así como tiempos de preparación y de cambio. En caso de un faltante en capacidad se pueden tomar varias decisiones como el contratar turnos adicionales o aplazar las entregas o enviar a maquila, por otra parte en caso de tener capacidad sobrante se pueden reducir los tamaños de lote o reducir el MPS, pero siempre es menos recomendable atrasar las entregas.

La programación se puede hacer utilizando un punto central que sería el cuello de botella, las actividades anteriores se programarán hacia atrás y las posteriores hacia adelante aunque CRP usualmente solo programa hacia atrás.

Obteniendo todos los requerimientos de capacidad que corresponden a los tiempos de set-up y de manufactura de cada orden (no se incluyen tiempos de cola ni de transporte) se puede analizar la carga de cada centro de trabajo y tomar decisiones al respecto.

POLÍTICAS DE INVENTARIOS. Las políticas de inventarios definen los niveles de inventarios adecuados para la empresa, los cuales han sido calculados para satisfacer los requerimientos de las diferentes áreas equilibrando entre el nivel de servicio y los costos.

En cuanto al aprovisionamiento de los inventarios existen dos preguntas básicas que resolver: ¿Cuánto ordenar y cuándo ordenar?

Cantidad económica a ordenar (EOQ por economic order quantity en inglés). La cantidad económica a ordenar pretende generar una cantidad de inventario que equilibre los costos de ordenar con los costos de mantener el inventario. Los costos de ordenar se refieren al costo generado por cada orden lanzada o cada requerimiento. Estos costos suelen ser mayores cuando se trata de una orden interna, es decir, de la orden de fabricación que permite reabastecer un inventario de producto terminado o algún componente y ser poco significativos para ordenar artículos externos (compra de materiales) por lo que es más común encontrar un EOQ en el tamaño de lotes de fabricación. Para el caso de las compras normalmente los costos de transporte serían los más significativos, pero estos dependen del precio acordado con el proveedor y de las características de la logística (consolidaciones, acuerdos etc.)

La forma de calcular el EOQ es la siguiente: Costo total = costo de ordenar + costo de mantener

$$\text{CostoTotal} =$$

$$\frac{(\text{Costo de colocar la orden}) * (\text{demanda anual})}{\text{Cantidad a ordenar}} + \frac{(\text{Costo anual de mantener una unidad}) * (\text{cantidad a ordenar})}{2}$$

De donde se puede obtener un mínimo derivando respecto a la cantidad a ordenar que sería la variable independiente, igualando a cero y despejando.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

POR PUNTO DE REORDEN. En este caso se ordena cuando se tiene una cantidad de inventario cuyo tiempo estimado de agotamiento es cercano (por encima) al tiempos de entrega de producto para volver a elevar el inventario a una cantidad especificada.

POR COBERTURA. Este sistema se puede utilizar cuando se considera que se tiene una capacidad continua de atender pedidos (en cualquier momento) y no se está sujeto por ejemplo a campañas de producción, puede ser que el proveedor tenga un inventario de producto disponible (generalmente respecto al pronóstico). La política fija niveles mínimos y máximos de inventario. Nótese que en este caso no se tiene un inventario de seguridad por cantidad, sino un tiempo de seguridad en el tiempo de entrega, de manera que el inventario mínimo deberá cubrir un periodo de tiempo definido (por ejemplo 2 semanas) sin importar la cantidad que esto represente, ya sea que las dos próximas semanas demanden 1000 o 5000 piezas o kilos y la cantidad a recibir no debe sobrepasar un determinado tiempo de cobertura, por ejemplo, se pide producto para cubrir la demanda de los próximos dos meses sin importar si dicha cantidad varía en cada pedido. Los pedidos se analizan periódicamente y se ajustan los tiempos de pedido y recepción conforme va variando el pronóstico y más directamente el plan de producción.

2.3.4 SISTEMAS DE PROGRAMACIÓN “PULL”

Un sistema de tipo pull se puede definir como un sistema que no está basado en pronósticos sino en órdenes de los clientes. Esto hace que la información del cliente en forma de órdenes penetre hasta el inicio del sistema de manufactura, a diferencia del sistema tipo push donde todo el sistema de manufactura trabaja sin conocer las órdenes reales de los clientes.

Otra forma de definir un sistema pull es como un sistema en el cual los inventarios están limitados de alguna manera (Hallet, 2010).

Algunos de los puntos centrales de un sistema pull son:

- Reducción de tiempos de entrega
- Reducción del inventario en proceso
- Sistemas de programación sencillos, generalmente un solo punto de programación y el resto de las estaciones de trabajo se alinean con este punto de programación en lugar de programar cada una por separado.

Los sistemas pull generalmente usan uno o varios de los siguientes métodos de programación:

1. Supermercados. Se trata de un inventario limitado, generalmente de varias partes, cada una de las cuales tiene un punto de reorden un tamaño máximo permitido de inventario y un tamaño de lote de re-abastecimiento. El proceso posterior va tomando las piezas que requiere, cuando estas llegan a un punto mínimo especificado, se dispara un orden de re-abastecimiento que el proceso anterior debe completar. Se pueden colocar tantos supermercados como sean necesarios en frente de procesos que requieren escoger de entre varias piezas. Generalmente un supermercado antecede al proceso denominado como punto único de programación.
2. Líneas “primeras entradas primeras salidas” (PEPS) con inventarios limitados. Consisten en una serie de procesos donde el primer proceso de la serie es el punto único de programación, por lo tanto está normalmente

precedido de un supermercado. Entre cada uno de los procesos existe un inventario limitado que funciona con la regla PEPS, un proceso toma el lote siguiente de producción mientras haya existencia y lo pasa al inventario PEPS siguiente, cuando éste ha llegado a su límite, el proceso anterior debe parar de producir. De esta manera ninguno de los procesos posteriores al punto único de programación, requiere de programación.

3. Tambor-amortiguador-cuerda. En un sistema de este tipo el proceso denominado punto único de programación está ligado a la restricción o recurso cuello de botella de forma que el primero no empieza la siguiente producción hasta que el segundo envíe una señal de que ha terminado un lote más. A esta liga entre los dos recursos se le conoce como cuerda. Entre los dos recursos pueden existir una serie de otros recursos conectados por inventarios PEPS limitados. A todo el inventario limitado (mediante un cálculo) entre el punto de programación y la restricción, se le llama amortiguador, pues éste asegurará que el cuello de botella siempre tenga trabajo disponible. A la restricción se le llama tambor, pues es quien marca el ritmo de la producción del recurso programado, todos los demás recursos trabajan a su propio ritmo.

Una variante de este sistema es lo que se denomina un tambor-amortiguador-cuerda simplificado, donde la cuerda conecta al recurso programado con el último recurso en lugar de conectarlo con el cuello de botella.

2.4 EL BALANCED SCORECARD Y LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO COMO UNA FORMA DE ALINEAR LAS OPERACIONES CON LA ESTRATEGIA.

El tablero de control balanceado (Balanced scorecard por su nombre en inglés) es un sistema de administración del desempeño basado en estrategias que típicamente identifica los objetivos y las medidas de cuatro perspectivas diferentes: la financiera, la del cliente, la de proceso y la de aprendizaje y crecimiento (Kaplan, Norton 1996).

Surge como un esfuerzo por solventar la fragmentación de los esfuerzos de mejora continua que no logran conectarse con la misión y la estrategia general de una organización.

Las cuatro perspectivas señaladas (cliente, financiera, proceso, aprendizaje y crecimiento) se consideran suficientes para crear una ventaja competitiva y permitirle a los administradores articular y comunicar la misión y estrategia organizacional, sin embargo pueden plantearse más perspectivas de considerarse necesario.

Mediante el balanced scorecard se obtiene una serie de medidas de desempeño con sus metas que comunican la estrategia corporativa y sus objetivos (ver tabla 7).

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Tabla 7 – Indicadores del Balanced Scorecard. Fuente: Elaboración propia.

PERSPECTIVA FINANCIERA	
OBJETIVOS	MEDIDAS
Aumento de los ingresos	
Incremento de nuevos productos	% de ingresos por nuevos productos
Creación de nuevas aplicaciones	% de ingresos por nuevas aplicaciones
Desarrollo de nuevos clientes y mercados	% de ingresos por nuevas fuentes
Nueva estrategia de fijación de precios	Rentabilidad de productos y clientes
Reducción de costos	
Costo unitario de productos	% de reducción o reducción total
Costo unitario de clientes	% de reducción o reducción total
Costo de canal de distribución	% de reducción o reducción total
Utilización de activos	
Mejoramiento de utilización de activos	Rendimiento sobre la inversión
	Valor económico agregado
PERSPECTIVA DEL CLIENTE	
Fundamentales	
Incremento de la participación de mercado	% de participación de mercado
Incremento de la retención de clientes	% de crecimiento, clientes actuales
	% de repeticiones de clientes
Incremento en la adquisición de clientes	Número de clientes nuevos
Incremento en la satisfacción de clientes	Evaluación de las encuestas de los clientes
Incremento en la rentabilidad del cliente	Rentabilidad del cliente
Valor del desempeño	
Decremento del precio	Precio
Decremento en los costos posteriores a la compra	Costos posteriores a la compra
Mejoramiento de la funcionalidad del producto	Evaluaciones provenientes de las encuestas de clientes
Mejoramiento de la calidad del producto	% de devoluciones
Incremento en la confiabilidad de entrega	% de entregas a tiempo
	Reporte de antigüedad de las cuentas
Mejoramiento en la imagen y reputación del producto	Evaluaciones de encuestas de clientes

PERSPECTIVA DEL PROCESO

Innovación

Incremento en el número de nuevos productos	No. De productos nuevos / No. De productos totales
---	--

	Costos de investigación y desarrollo
--	--------------------------------------

Incremento de productos patentados	% de ingresos por productos patentados
------------------------------------	--

	No. De patentes pendientes
--	----------------------------

Decremento del tiempo de ciclo de desarrollo de nuevos productos	Tiempo para la comercialización
--	---------------------------------

Operaciones

Incremento de la calidad del proceso	Costos de calidad
--------------------------------------	-------------------

	Rendimiento de la producción
--	------------------------------

	% de unidades defectuosas
--	---------------------------

Incremento de la eficiencia del proceso	Tendencias en los costos unitarios
---	------------------------------------

	Producto/insumos
--	------------------

Decremento en el tiempo de procesamiento	Tiempo de ciclo y velocidad
--	-----------------------------

	Eficiencia del ciclo de manufactura
--	-------------------------------------

Servicio posterior a la venta

Incremento en la calidad de los servicios	Rendimientos del primer paso
---	------------------------------

Incremento en la eficiencia de los servicios	Tendencias en los costos
--	--------------------------

	Producto/Insumos
--	------------------

Decremento en el tiempo de servicio	Tiempo de ciclo
-------------------------------------	-----------------

PERSPECTIVA DE APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO

Incrementar las competencias de los empleados	Evaluaciones de satisfacción
---	------------------------------

	% de rotación
--	---------------

	Productividad (ingresos/No. De empleados)
--	---

	Horas de capacitación
--	-----------------------

	Razón de cobertura de los trabajos estratégicos
--	---

	(% de requerimientos críticos de trabajos cumplidos)
--	--

Incrementar la motivación y la alineación	Sugerencias por empleado
---	--------------------------

	Sugerencias de empleados implantadas
--	--------------------------------------

Incrementar las capacidades de los sistemas de información	% de procesos con capacidad de retroalimentación en tiempo real
--	---

	% de empleados que hacen contacto con el cliente con acceso en línea para la información de los clientes y de los productos
--	---

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Las medidas del scorecard están vinculadas por relaciones causa-efecto. Existen indicadores inductores y “medidas de producto final” las cuales a su vez pueden ser indicadores inductores de otras medidas finales. La estrategia se formula con base en un conjunto de hipótesis de causa y efecto. Esto se ilustra mejor con un ejemplo:

“Si se actualizan las habilidades de los empleados y si el proceso de manufactura se rediseña, entonces el tiempo de ciclo de manufactura se reducirá; si el tiempo del ciclo de manufactura se reduce, entonces la confiabilidad de las entregas mejorará y los costos de los procesos disminuirán; si la confiabilidad de las entregas mejora, entonces la retención de los clientes aumentará; y entonces la participación de mercado aumentará; si la participación de mercado aumenta, entonces las ventas aumentarán...”.

53

OTRAS MEDIDAS DE DESEMPEÑO.

La asociación para la administración de operaciones (APICS) recomienda las siguientes medidas de desempeño para la planeación maestra de producción (MPS):

- Entregas a tiempo. El porcentaje de órdenes entregadas dentro del plazo acordado.
- Nivel de entregas.
- Porcentaje de órdenes completadas por semana.
- Porcentaje de cambios al plan de producción.
- Número de interrupciones a producción.
- Número de violaciones a reglas de ventana de tiempo (dentro del periodo congelado y periodo flexible)
- Número de órdenes vencidas (que debieron haberse entregado con anterioridad)
- Nivel de órdenes pendientes (backlog en inglés)
- Rotación del inventario. El número de veces que se ha renovado el inventario durante un periodo. Se calcula como el costo de los bienes vendidos entre el costo promedio del inventario agregado.
- Días de suministro. El número de días que durará el inventario dada cierta demanda.
- Inventario en exceso u obsoleto. Que sobrepasa la política de inventarios de la empresa o ya no es desplazable.

Y para la planeación de requerimientos de materiales (MRP):

- Rotación de inventarios de insumos
- Reducción de costos en compras
- Control de presupuestos
- Costos asociados a la calidad
- Entregas a tiempo de insumos
- Órdenes perfectas, a tiempo, y completas
- Tasa de nivel de servicio (conocida como Fill rate en inglés)
- Tasa de entregas por línea o producto (conocida como Line rate en inglés)
- Calidad
- Tiempo de entrega

(APICs, 2005).

2.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Se vio que todas las ventajas competitivas se pueden agrupar en tres ventajas genéricas (costo, diferenciación, foco) sin embargo, me parece conveniente no basarse en esta clasificación que resulta muy general y pierde enfoque sino definir las como flexibilidad, rapidez o capacidad de respuesta, costo, calidad, es decir, como se habla de entregar una combinación de producto y servicios, hay ventajas competitivas inherentes al producto, como serían el costo y la calidad que engloba funcionalidad, durabilidad, diferenciación (sinónimo de status) etc. y por otra parte las ventajas competitivas inherentes al servicio al cliente o en los servicios en general como serían tiempo de entrega, accesibilidad, orientación, mantenimiento, variedad de productos, personalización, etc. donde algunas están soportadas por las áreas de producción y logística o cadena de suministro. Sobre estas ventajas competitivas que se encuentran en la estrategia general, se estaría haciendo la estrategia de manufactura, en un proceso con retroalimentación como ha sido mencionado antes; las capacidades de producción que se utilizan como ventaja competitiva y las ventajas competitivas requeridas que se pueden desarrollar en las áreas de manufactura en forma estructural o infraestructural.

Tanto competir haciendo lo mismo que los demás pero mejor (efectividad operativa) como hacer las cosas diferentes (estrategia pura) son formas de ventaja competitiva y por lo tanto es posible ponerlas dentro de una estrategia, ya que al final de cuentas, para hacer "lo mismo" que los otros pero mejor, hay que hacer algo diferente.

Podemos esperar un futuro aún más competitivo que en las últimas dos décadas donde la flexibilidad estratégica donde un fabricante es capaz de cambiar su configuración rápidamente será más común en la industria manufacturera. Esto significa que el aprendizaje de los sistemas para la flexibilidad es un asunto de sobrevivencia empresarial.

Con respecto al tema de estudio de esta tesis, se analizan a continuación los elementos del capítulo que le afectan y definen:

Por principio se hace notar que esta tesis se limita a proponer y analizar un cambio de proceso, no cambios en los atributos del producto ni a los procedimientos concernientes a su desarrollo, diseño o renovación. De lo anterior se deriva que las ventajas competitivas de interés para este caso son aquellas ganadas por medio del diseño del proceso que van involucradas con el servicio que entrega la función de manufactura (el cual puede ser convertido en una ventaja competitiva) con un margen en la reducción del costo de manufactura por medio de eliminación del desperdicio, es decir por medio de mejoras marginales en el diseño del proceso y no por el diseño del producto. Entonces, de acuerdo con la propuesta de esta tesis se atacan principalmente costo por la reducción de costo que puede representar una nueva organización del proceso de producción (inventarios, tiempos), y oportunidad por medio de la flexibilidad y agilidad del proceso se pueden obtener, como parte de los servicios entregados por la función de manufactura, un mayor nivel de confiabilidad en la entrega y tiempo de respuesta, es decir una mejor adaptación a la demanda. Por otra parte de acuerdo con la definición de la estrategia corporativa, en este caso el enfoque está en el apoyo a las estrategias competitivas, no así a las estrategias de desarrollo y crecimiento.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Se sabe que de la estrategia de operaciones que se forma por medio de bloques constructivos relacionados con las competencias clave, capacidades y procesos, tecnologías, recursos y actividades tácticas clave, donde las propuestas de cambio presentadas pueden colaborar de la siguiente manera:

Competencias clave. De las siete competencias fundamentales se espera un impacto en las siguientes: agilidad, capacidad de respuesta, agudeza. La propuesta requiere de sistemas de información oportunos sobre demanda.

Capacidades. Se aprovecharán las competencias adquiridas de los procesos de producción para obtener una ventaja competitiva.

Procesos. Se hará uso de los procesos como un medio de obtener ventajas competitivas.

Tecnologías. Se usarán algunas tecnologías inmateriales, y algunos cambios materiales o de estructura para obtener ventajas competitivas.

Recursos. Se hará un mejor uso de los recursos tanto físicos como intelectuales.

Actividades tácticas clave. Se implementarán tácticas de acuerdo con el nuevo sistema que produzcan una mejora en el rendimiento operativo.

Se espera también un impacto en el posicionamiento efectivo como se ha definido donde las variables son costo, calidad, flexibilidad y respuesta/rapidez. De esta manera se cumple con la función de la estrategia de operaciones respondiendo a la pregunta ¿Cómo podría la función de manufactura contribuir con, y apoyar las ventajas competitivas del negocio? Y se cumpliría con la función de apoyar a la estrategia global de la compañía de donde deben venir los criterios de los elementos que son calificadores y ganadores de órdenes. Es decir, se está dando por hecho que las ventajas que se presentan en la propuesta estarían definidas como calificadoras y ganadoras de órdenes en la estrategia global de la compañía.

Para lograr esto se están empleando tecnologías de acuerdo con las definiciones que se dieron como:

SOFT: Por medio de la organización y control de la producción.

HARD: Por medio del uso de tecnologías (por ejemplo SMED) que serían necesarias en una implementación de la propuesta.

Se presentaron ejemplos de las estrategias de operaciones más comunes con el fin de, primero, ilustrar la forma que toma una estrategia de operaciones en la realidad, segundo comparar las estrategias de operaciones que entregan ventajas competitivas esenciales similares a las propuestas, como en el caso de: respuesta rápida), respuesta eficiente al consumidor, just in time, agilidad en el sistema de suministro, manufactura ágil, producción estratégicamente flexible, manufactura esbelta pero sobretodo aplazamiento estratégico. De esta manera se podrá hacer una comparación con las estrategias que están en uso frecuente.

La propuesta presentada tiene similitudes con varias de las estrategias vistas y de hecho toma muchos elementos de ellas como en el caso de manufactura esbelta/JIT, manufactura flexible etc. Pero sobretodo tiene la misma visión que el aplazamiento estratégico con pequeñas diferencias en cuanto al alcance en la cadena de suministro ya que la propuesta

se limita a las operaciones dentro de una fábrica que hace operaciones tanto de manufactura, ensamble y empaque como es el caso de la mayoría de las empresas manufactureras medianas y pequeñas y su impacto no va más allá en la cadena de suministro, el cliente, el siguiente eslabón en la cadena no verá ninguna diferencia.

El sistema propuesto puede tener una aparente similitud con lo que es un sistema de tambor-amortiguador-cuerda sin embargo las diferencias principales son que no se trata de un sistema enteramente pull con supermercado como en TAC, en este caso no existe un supermercado que es un inventario con punto de reorden sino que se tiene un inventario push por pronóstico, tampoco se tiene el punto único de programación como tal a lo largo del sistema sino que como la parte pull tiene un solo paso, el tambor y el punto único de programación son el mismo.

El alcance de esta tesis estará relacionado con factores tácticos que responden a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se definen los procesos de transformación?
- ¿Cómo se vinculan los sistemas de transformación?
- ¿Cuáles son los principios básicos de operaciones para cada sistema de transformación?
- ¿Cuáles son los límites cuantitativos (capacidad) del proceso de transformación?
- ¿Cómo está el proceso físicamente organizado? distribución de planta, movimiento de materiales.
- ¿Cómo se logran los atributos del producto y servicios?
- ¿Cómo se planea y controla el flujo de materiales y servicios?

Con respecto a los factores tácticos (como palancas de administración) el alcance de la tesis está orientado a las siguientes:

- PROCESOS. Principalmente desarrollo de servicios asociados con la oportunidad en la función de manufactura.
 - Calificadores y ganadores de órdenes.
 - Nuevos procesos, competencias esenciales y tecnologías.
- SISTEMA DE OPERACIONES
El sistema de operaciones es clave para proveer el valor que los clientes buscan en las combinaciones de productos y servicios. A nivel táctico este sistema tendrá un número de consideraciones prácticas:
 - Estrategia de flujo. estrategia de flujo que tiende a ser flexible.
 - Tipo de proceso.
 - Planeación y control de la producción
 - Capacidad. Se parte de la idea de una capacidad fija ya definida, sin embargo se puede liberar una capacidad marginal.

3. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA COMBINADO PUSH-PULL

3.1 INTRODUCCIÓN A LA PROPUESTA

Se plantea una alternativa a un sistema común de organización de la producción y se comparará el desempeño de ambos sistemas para concluir si la alternativa puede representar una ventaja competitiva estratégica dados los problemas encontrados comúnmente en el sistema original. Se parte de un sistema convencional de MRP aplicado a un sistema de producción intermitente con una variedad media de productos y variaciones en la demanda de diferente naturaleza en cada producto. Este tipo de sistemas es el que se realiza en la mayoría de las plantas de manufactura de tamaño mediano e incluso en muchas consideradas de gran tamaño. A partir de este sistema basado en MRP se proponen algunos cambios en la organización de la manufactura, principalmente se propone un desplazamiento del punto de desacoplamiento hacia el interior de la manufactura como se muestra en las ilustraciones 13 y 14.

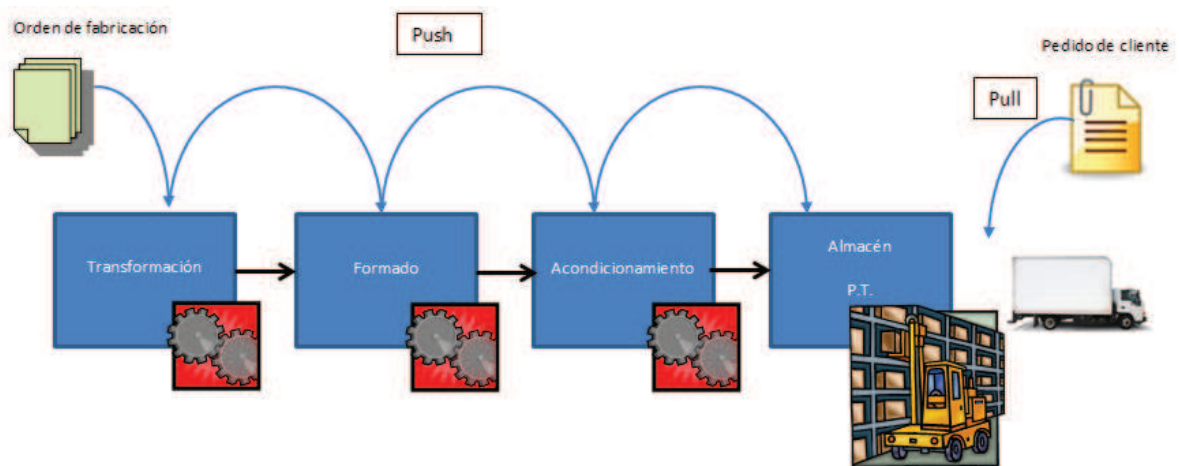


Ilustración 13 –Punto de desacoplamiento en un sistema común MRP. Fuente: Elaboración propia.

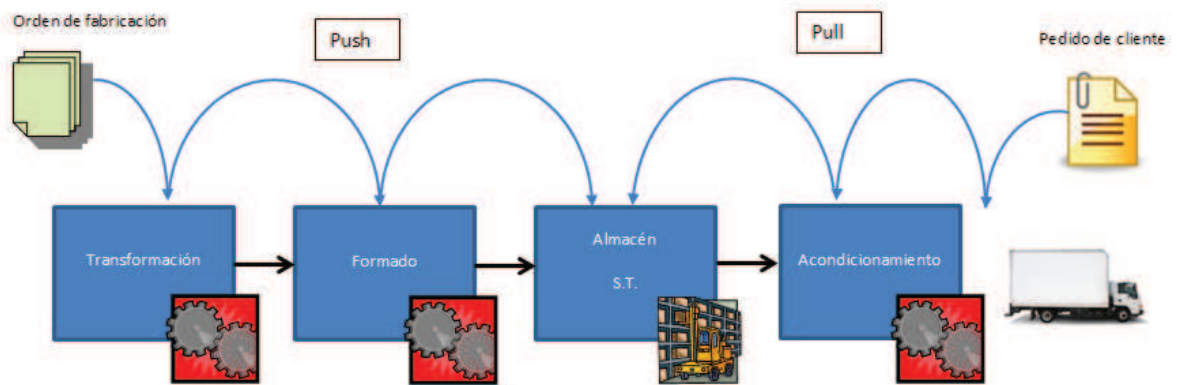


Ilustración 14 –Punto de desacoplamiento en el sistema propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Para empezar, se parte de algunas premisas:

La premisa de un cambio en el proceso de manufactura debe estar alineado con un objetivo en la estrategia de operaciones que a su vez está alineada con la estrategia de negocio y es aportadora de ventajas competitivas. Así que se parte de la idea de que los objetivos a lograr con el cambio propuesto fueron descendiendo a lo largo de la jerarquía de objetivos del negocio. Estos objetivos son parte de un balanced scorecard como se definió en el capítulo anterior. Los objetivos están ya planteados al inicio de la tesis y en la hipótesis y son:

Mejora en el nivel de servicio en la entrega de producto terminado al cliente inmediato, mediante una mejor reacción a los cambios de demanda y cumpliendo con una amplia variedad de productos terminados y disminuyendo el número de faltantes.

Disminución de costos por medio de manejo de inventarios. (esta disminución ya se había mencionado que se convierte en una ventaja competitiva sólo dependiendo de lo que la gerencia decida hacer con los recursos liberados, de lo contrario se convierte en ganancia para los inversionistas).

La premisa sería que la estrategia de negocios incluye estas ventajas competitivas como importantes para su plan.

Como ya se ha planteado, estos dos objetivos generales que se pueden llamar ventajas competitivas, se van a cumplir mediante alguna estrategia de manufactura, ya sea que tenga un nombre comúnmente aceptado o no, y la cual estará basada en tecnologías, competencias, recursos, capacidades y tácticas. Y con la combinación de estos factores se espera obtener estos beneficios:

- Reducción de costos por eliminación del inventario de producto terminado y reducción de costos por inventario en proceso y la respectiva reducción de capital de trabajo requerido por concepto de inventarios.
- Eliminación de inventarios de obsolescencia de producto terminado.
- Disminución de faltantes en inventario de producto terminado (mejor nivel de servicio).
- Eliminación de los re-procesos por cambio de presentación debido a cambios en la demanda.
- Mejora del tiempo de entrega.

Nótese que ninguno de estos beneficios son una ventaja competitiva per se, ya que sólo cuando se convierten en un atributo que el cliente valora se puede convertir en una ventaja competitiva.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Una premisa importante para este caso de simulación es que se cuentan con los recursos (humanos, financieros, de estructura e infraestructura) y las tecnologías (hard y soft) para llevar a cabo los cambios propuestos ya que no es objetivo de esta tesis hacer un estudio sobre los recursos necesarios sino sobre el impacto de los resultados obtenidos. Se considera que se han implantado sistemas de calidad y de SMED.

Para llevar a cabo la simulación se utilizó Process Model v. 5.3.0 ya que es un simulador suficientemente amigable y con características que permiten modelar y medir un proceso de producción de tipo intermitente, además de su accesibilidad ya que existe una versión de prueba completa por 30 días y para la obtención de una serie de datos con variables aleatorias así como para el manejo y cálculo de los datos se utilizó MSExcel.

Se utilizarán dos modelos, un modelo con las características mencionadas arriba, un MRP para producción intermitente basado en pronósticos y un modelo combinado push/pull con una parte basada en pronósticos y otra basada en demanda conocida.

Los datos se prueban por igual en los dos modelos, el modelo convencional y el modelo propuesto para definir cómo se comportan los inventarios en proceso y los costos totales de inventarios, como se satisface la demanda con cada uno de ellos (el detalle total se menciona en los próximos temas).

Para que el estudio tenga una mayor validez se utiliza el mismo número de productos y los mismos datos de demanda. El número de variedades de productos y rutas es considerable tal como se presenta en una planta de producción promedio, es decir, no se está haciendo ninguna simplificación en ese sentido. Lo mismo sucede con respecto a los datos de demanda pronosticados y su variación, la idea es que se mantenga lo más fiel a lo que pasa en el campo de trabajo.

La complejidad de la planta de producción simulada es media-baja consta de un área donde se manufacturan los productos genéricos y un área de acondicionamiento donde se da la diversificación principalmente en cuanto a empaque por número de piezas o diferenciación por mercado (idiomas o presentaciones económicas) siendo rutas que pasan por 3 o 4 máquinas en total una de las cuales es de acondicionamiento.

El sistema propuesto divide la producción en una fase push y una fase pull a partir del punto de desacoplamiento, es necesario aclarar esto porque no es lo mismo desacoplar en MTS y MTO ya que a partir del punto de desacoplamiento se puede trabajar con base en órdenes pero aún con un sistema push. A diferencia de muchos sistemas tipo pull, en este caso no se está usando el concepto de supermercado con reposición, el almacén es en cierta forma un supermercado pero no se utiliza la reposición, se rellena por pronóstico. Al final de la línea no se tiene un supermercado, o en tal caso se puede decir que se tiene un supermercado que cambia de productos cada día ya que se tienen los productos disponibles para juntar las órdenes de los clientes.

3.2 Modelo

La ilustración 15 muestra los elementos del modelo que se usó para simular los procesos. Consta de tres áreas principales; un área llamada de transformación con una estación de trabajo, un área de formado con cuatro estaciones de trabajo y un área de acondicionamiento con tres estaciones de trabajo son las áreas de manufactura, existen inventarios en proceso o “buffers” que acolchonan las diferencias entre el tiempo de salida de una estación y el tiempo de comienzo de la otra y representan los lotes transferidos entre estaciones.

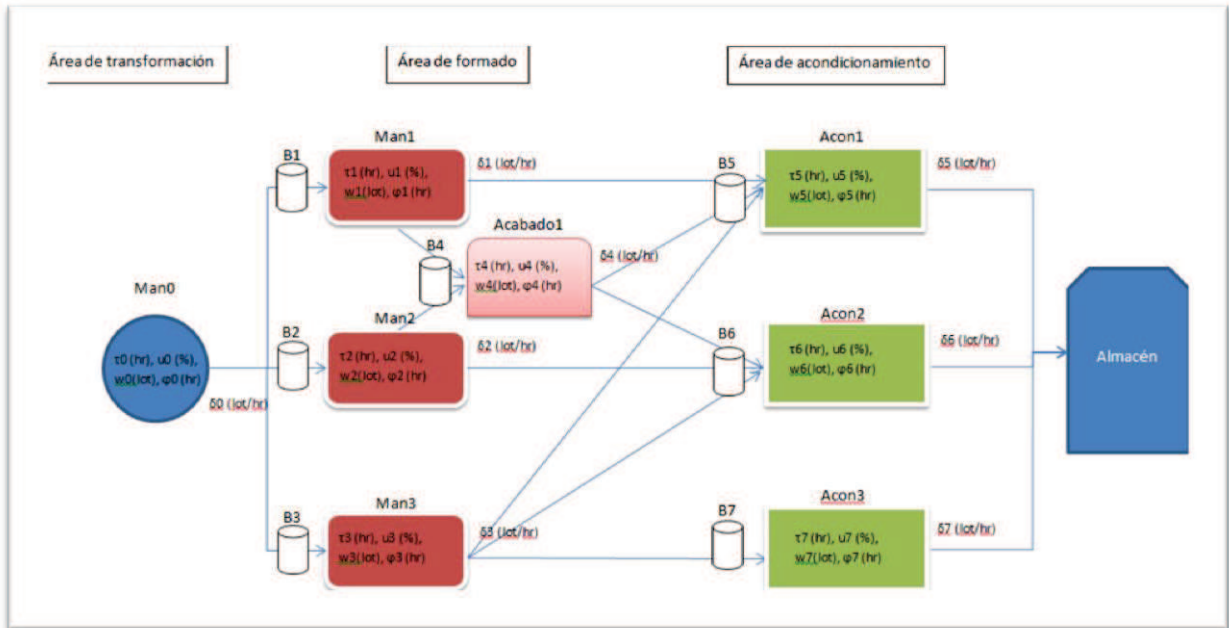


Ilustración 15 –Modelo usado para la simulación. Fuente: Elaboración propia.

ELEMENTOS BÁSICOS DEL MODELO.

Cada uno de los elementos manX y aconX (donde la X representa el número 0,1,2...) mostrados en la ilustración 15 representan estaciones de trabajo, estos elementos son entidades fijas o permanentes de capacidad individual porque sólo pueden procesar una pieza a la vez, las entidades temporales son los diferentes productos que pasan por el proceso para al final salir del sistema, en el modelo se manejan 10 entidades temporales cada una de las cuales representa una familia de productos la cual es importante para calcular los tiempos de preparación de las entidades fijas. Las 10 entidades temporales o productos se dividen en 20 productos semiterminados y en 75 presentaciones de productos terminados mediante la utilización de un atributo (variable) que los identifica. Los inventarios son también entidades fijas de capacidad múltiple que contendrán una cantidad promedio de entidades temporales.

Los atributos y actividades en el sistema se almacenan en variables. Las variables características de un sistema de producción son las siguientes:

Tiempo de procesamiento (t). Denota el tiempo neto que un lote o unidad de producción requiere ser procesado en la máquina.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Throughput δ . Denota el número de lotes o unidades de producción por unidad de tiempo que sale del sistema de manufactura. A un nivel de máquina o estación de trabajo, denota la tasa de salida de producto por unidad de tiempo.

Tiempo de flujo ϕ . Denota el tiempo que un lote pasa en el sistema de manufactura. A nivel fábrica, es el tiempo que transcurre desde que se libera el lote en la fábrica, hasta que el lote terminado sale de ésta. A nivel máquina es el tiempo desde que se entra al buffer o cola en la máquina hasta que éste sale de la máquina y deja la estación de trabajo.

Trabajo en proceso (wip por sus siglas en inglés). Denota el número total de lotes o unidades de producción en el sistema de manufactura o en la estación de trabajo.

Utilización (u). Denota el tiempo que la máquina no está ociosa. Una máquina se considera ociosa si ésta pudiera empezar a hacer un nuevo lote. Así que el tiempo de proceso, así como el tiempo de preparación, el tiempo de mantenimiento preventivo, contribuyen a la utilización. La utilización es una fracción entre 0 y 1.

(Lefebber and Rooda, 2006).

Los elementos ManX son centros de trabajo de manufactura y contienen cada uno de los elementos de tiempo y unidades de proceso mencionados anteriormente.

Los elementos AcondX son centros de trabajo de acondicionamiento y contienen cada uno de los elementos de tiempo y unidades de proceso mencionados anteriormente.

Los elementos BX son buffers o colas de espera en los centros de trabajo tienen un tiempo de espera que depende del tamaño de la cola y de los tiempos de proceso y una cantidad de lotes o unidades de proceso.

Los almacenes tendrán una ubicación y número diferente en cada sistema modelado (original y propuesto)

Las flechas en gris representan las diferentes rutas que los productos pueden seguir.

El modelo también incluye una simplificación en el tema de los tiempos de cambio causados por la secuencia, en la cual existen básicamente dos tiempos de cambio, un tiempo corto y un tiempo largo dependiendo de si los productos pertenecen a una misma familia (productos con características de procesamiento similares) o no. Esta simplificación es válida pues es un caso que se presenta muy comúnmente en la industria. Se ignoran pequeñas diferencias (por ejemplo un cambio que pueda ocurrir en 5, 5.3, 5.4 horas) agrupando sólo en dos categorías los tiempos de cambio (por ejemplo 6 horas para todos los tiempos de cambio largos).

Un análisis más detallado de la secuencia para una variedad de diferencias de tiempos de cambio requeriría métodos de optimización que podrían abarcar desde el problema del "vendedor viajero", heurísticas, hasta utilización de software tipo "solvers" y "branch and bound". Sin embargo, no es necesario en la mayoría de las empresas utilizar dichos métodos pues se tienen productos similares en las líneas.

MEDIDAS DE DESEMPEÑO.

Algunas de las medidas mencionadas en el tema 2.4 se utilizaron para medir el desempeño de los procesos comparados. Otras medidas pueden tener una afectación indirecta, lo cual sería el caso de varias del Balanced Scorecard. A

continuación se mencionan las medidas de desempeño que serían aplicables u observables durante los cambios propuestos:

- Rotación del inventario. La rotación de inventario se calcula como el costo de lo vendido entre el inventario promedio, ambos de un periodo definido. Como se está considerando una demanda determinada, igual para los dos procesos que se están comparando, basta con saber que los inventarios promedio han disminuido para deducir que la rotación ha aumentado o si el inventario promedio creció, la rotación disminuye.
- Días de suministro. Los días de suministro se pueden calcular dividiendo el inventario total entre la demanda diaria promedio, o el suministro promedio a lo largo de un periodo pasado dividiendo los inventarios promedio entre el costo de lo vendido, por lo que basta con saber que un inventario promedio ha disminuido para saber que los días de suministro han disminuido también. Esto se debe analizar en conjunto con el nivel de servicio o el número de faltantes, pues no se deben disminuir los días de suministro al grado que afecte algún otro indicador.
- Nivel de inventario. Este indicador se medirá de manera directa.*
- Días de faltantes*. Cuenta la suma de todos los días en que un producto ha caído en faltante, por ejemplo, si dos productos están en faltante durante el mismo día, se cuentan dos días de faltante.
- SKUs en faltante*. Cuenta el número de productos que han caído en faltante en total, por ejemplo, si un producto cae en faltante varias veces, sólo se cuenta un producto en faltante.
- Entregas a tiempo. Una entrega a destiempo se produce cuando se tenía programada una fecha para la entrega que se rebasa. La diferencia con los días de faltantes es que en este caso se contabiliza el número de órdenes a los cuales corresponden esos días de faltante. Como va en relación directa con los días de faltante, para el objetivo de la simulación bastará con considerar los días en faltante.
- Número de órdenes vencidas. Nos dice cuántas órdenes se encuentran en un momento dado en incumplimiento. También se puede manejar un promedio a lo largo de cierto periodo de tiempo. La diferencia con los SKUs en faltante es que en este caso, un solo SKU faltante puede provocar el incumplimiento de varias órdenes (o clientes). Sin embargo, para fines de los objetivos perseguidos por la simulación, se utilizará solo el número de SKUs en faltante.
- Utilización de las estaciones de trabajo*. Es el porcentaje de tiempo que una estación de trabajo está operando.
- Inventarios en exceso u obsoleto. Un inventario en exceso sería aquel que tiene un riesgo de convertirse en obsoleto, un inventario obsoleto es aquel que ya no se puede vender o utilizar por diversas razones. Durante la simulación no se tiene definido un tipo de producto especial con riesgo de obsolescencia por lo que no se considerará esta categoría.
- Tiempo de entrega* o lead time. Mide el tiempo promedio que transcurre desde que un material entra a la planta de producción hasta que sale en forma de producto terminado.
- Eficiencia del ciclo de manufactura (MCE por sus siglas en inglés). Se calcula como el tiempo de procesamiento dividido entre el tiempo de procesamiento más tiempo de desplazamiento, más tiempo de inspección más tiempo de espera más cualquier tiempo que no agregue valor (es decir entre el tiempo total)*
- Costo total unitario*. Da el costo sumado de todas las operaciones incluyendo traslados, almacenamientos y tiempo de máquina, más el costo de los materiales utilizados en la fabricación de una unidad.

3.3 DATOS

Para reflejar la complejidad de los casos reales se utilizará una cantidad significativa de datos los cuales constan de lo siguiente:

- ⊕ Datos de producto terminado (número de SKU) – Tabla A2 del apéndice A
- ⊕ Datos de producto semi-terminado o componentes fabricados en el sitio (número de SKU) – Tabla A1 del apéndice A

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

- ⊕ Lista de materiales para cada producto terminado (BOM por sus siglas en inglés) – Tablas A1 y A2 del apéndice A
- ⊕ Rutas de producción de acuerdo con el modelo utilizado – Tabla A2 del apéndice A
- ⊕ Velocidades de producción – Tablas A1 y A2 del apéndice A
- ⊕ Tamaños de lote de fabricación para semi-terminados y terminados – Tablas A1 y A2 del apéndice A
- ⊕ Tiempos de fabricación y acondicionamiento para cada SKU – Tablas A1 y A2 del apéndice A
- ⊕ Costo de producto semi-terminado y terminado
- ⊕ Costo de almacenamiento
- ⊕ Tiempos de cambio en maquinaria – Tabla A3 del apéndice A
- ⊕ Tiempos de preparación en maquinaria - Tabla A3 del apéndice A
- ⊕ Demanda pronosticada por SKU por mes – Tabla A4 del apéndice A
- ⊕ Desviación de la demanda real contra la demanda pronosticada por SKU (por medio de distribución probabilística) – Tabla A9 del apéndice A

Algunos factores no se tomarán en cuenta por no ser relevantes para el estudio como es el caso de turnos y horarios, ya que se compararán horas totales corridas por mes y no tanto el número de días u horarios de trabajo. Otro caso es el de los costos de inversión ya que el alcance de este estudio no abarca la evaluación de una inversión sino el comportamiento de dos sistemas diferentes en corridas normales. Respecto a los costos de fabricación, referentes a los costos por uso de maquinaria y por mano de obra, también están fuera del alcance de este estudio, pues dependería precisamente de la inversión inicial y características de la maquinaria comprada o adaptada para calcular el consumo eléctrico, de herramental y la cantidad de personal que se requiere para operar la maquinaria. Siendo como mencionaba, el alcance del estudio, el del comportamiento y costos relacionados con los productos y su almacenamiento. Por otra parte, no se están tomando en cuenta códigos de materiales de acondicionamiento, pero si un cambio de costo al pasar de ser un producto sin acondicionar a un producto acondicionado que estaría tomando en cuenta los costos agregados por los materiales de acondicionamiento.

Otro punto importante es que siempre se consideran en disponibilidad los insumos.

Para facilitar la corrida en el simulador se consideran sólo 20 códigos de producto semi-terminado fabricado en planta y 75 códigos de producto terminado que resultan de dividir los anteriores en las diferentes presentaciones. Esto es una simplificación de lo que pasa en una empresa real pero con un grado suficiente de complejidad para que su comportamiento se asemeje.

Algunos números se han obtenido de manera arbitraria para hacer encajar la capacidad, el balanceo de las líneas, la demanda etc. otros se han modificado de manera aleatoria para que representen las variables no controlables o las variaciones de la demanda, pero con límites y distribución definidos y con un grado de variación que pueda servir para poner a prueba la hipótesis.

Así por ejemplo el número de productos, las rutas de producción, los tamaños de lote fueron asignados arbitrariamente así como las medias de todos los datos que llevan un componente aleatorio como las velocidades de producción, la

demanda, etc., a la cual se sumó o restó una cantidad correspondiente a las desviaciones estándar para modelar cierto grado de variabilidad.

En el apéndice A se muestra la colección completa de los datos.

DEMANDA PRONOSTICADA y DEMANDA REAL. Se incluirán diferentes tipos de demanda para observar cómo reacciona el sistema, en algunos casos demanda estacional, inestable, creciente, decreciente etc. generados a partir del generador de números aleatorios de Excel combinado con funciones como la de distribución normal o funciones lineales. Los cambios o variaciones de la demanda real con respecto a la demanda pronosticada proporcionan un error en el pronóstico el cual se debe medir y servirá más adelante para establecer un stock de seguridad.

La demanda pronosticada sirve para hacer planes en un ambiente push.

La demanda real afecta la ejecución de esos planes.

Los patrones de demanda reales son más observables cuando el tiempo de análisis (histórico) es mayor y permitirá hacer mejores pronósticos, los pronósticos son cercanos pero difícilmente tendrán una gran confiabilidad por lo que existen niveles de tolerancia. La tabla 8 muestra las tolerancias observadas típicamente en la industria.

Tabla 8 – Tolerancias típicas a desviaciones de demanda real contra demanda pronosticada. Fuente: APICS programa de formación de planeadores compradores.

TIPO	INDICADOR	TOLERANCIA "TÍPICA"
Por familia	Mes real vs pronóstico	0-20%
Mezcla	% de desviación de suma de desviaciones absolutas	0-30%
Por producto	% de desviación, oportuno	A- 0-20% B- 0-30% C- 0-230%
Total	% de productos fuera de tolerancia	Tendencia

Existen diferentes métodos para hacer un pronóstico: Cualitativos y Cuantitativos (Series de tiempo u Causales).

Para la simulación no se utilizará un pronóstico como tal, sino que se considerarán variaciones a la demanda "supuestamente real" como si fueran los errores de pronóstico. Así, la demanda será una serie de datos que por su naturaleza variable no es lineal o continua y a esos datos adicionalmente tendrán una variación para el caso de los pronósticos (en el caso donde se dejan de usar pronósticos esta variación desaparece)

Se debe entonces reflejar una diferencia entre los planes de producción hechos con una demanda "pronosticada" y la tasa de salida real de los productos.

Previamente a la simulación, la producción se planeará con una demanda predeterminada de acuerdo a los tipos señalados más adelante. Durante la simulación a esa misma demanda se le agregará una aleatoriedad que represente tanto las variaciones en demanda como el error de pronóstico para obtener la tasa de salida.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Existen los siguientes tipos de demanda de acuerdo con su comportamiento en el tiempo:

- Demanda semi-estable, es decir, que oscilan alrededor de una media utilizando un patrón de distribución de normal para hacer aleatorias las variaciones.

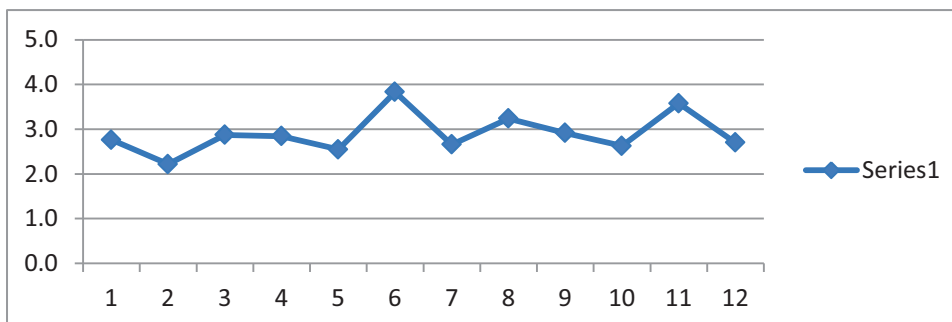


Ilustración 16 –Gráfico para demanda semi-estable. Fuente: Elaboración propia.

- Demanda creciente. Con tendencia al alza, se puede deber a que el producto esté en una etapa inicial en su ciclo de vida.

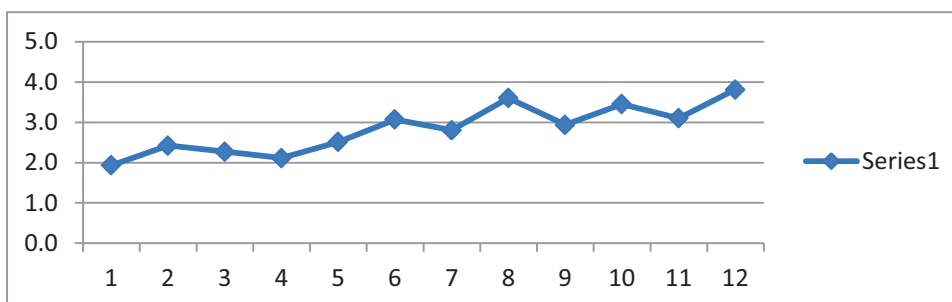


Ilustración 17 –Gráfico para demanda creciente. Fuente: Elaboración propia.

- Demanda decreciente. Con tendencia a la baja, se puede deber a que el producto esté en su fin del ciclo de vida.

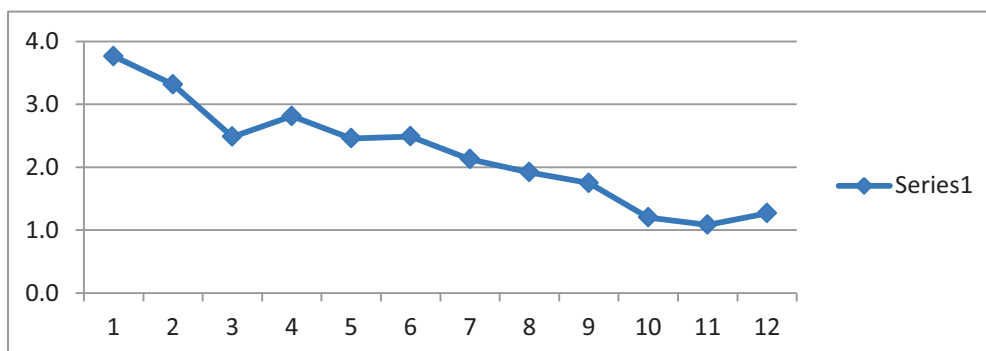


Ilustración 18 –Gráfico para demanda decreciente. Fuente: Elaboración propia.

- Demanda estacional. Una demanda que se caracteriza por tener algunos períodos crecientes que se repiten cada año.

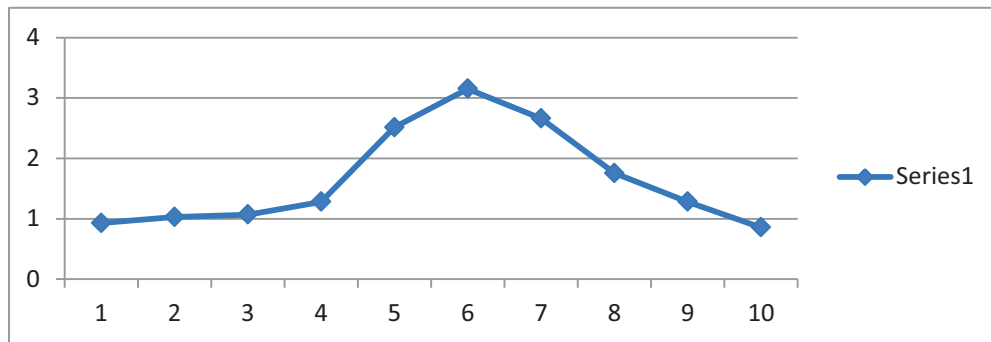


Ilustración 19 –Gráfico para demanda estacional. Fuente: Elaboración propia.

- Demanda errática. No se comporta de acuerdo con ningún patrón, sólo oscilan entre ciertas cantidades, se utiliza un generador de números aleatorios entre dos límites.

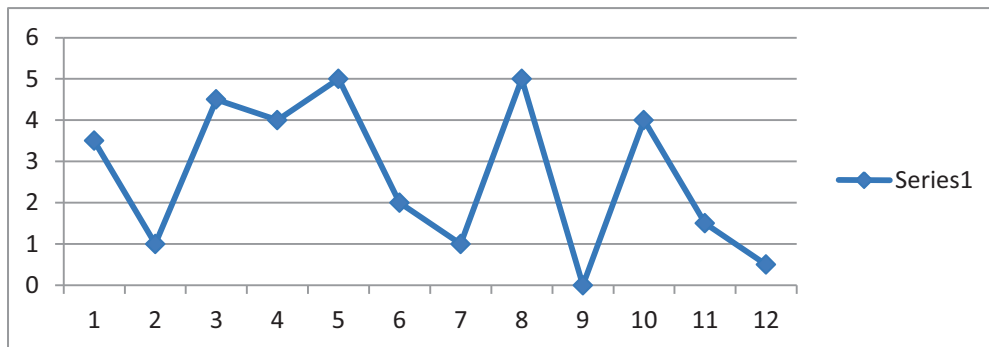


Ilustración 20 –Gráfico para demanda errática. Fuente: Elaboración propia.

- Demanda esporádica. Productos que tienen alguna demanda después de no requerirse por varios periodos. Se utiliza un generador de números aleatorios.

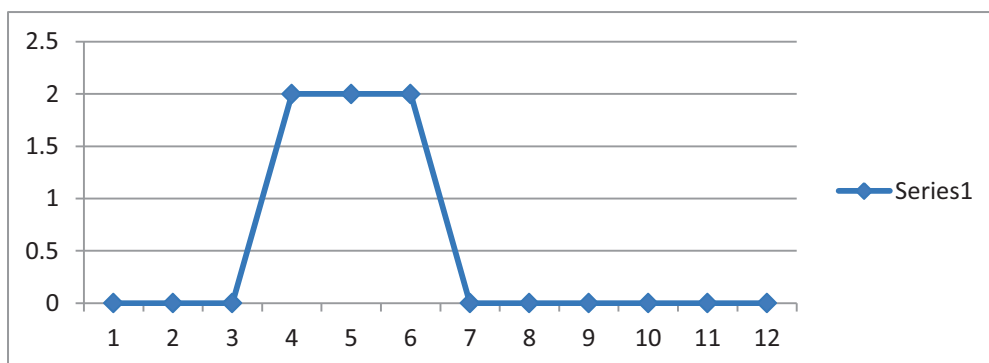


Ilustración 21 –Gráfico para demanda esporádica. Fuente: Elaboración propia

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Hay que considerar que se tiene un inventario inicial, el inventario debe cubrir lo previsto para el próximo ciclo de producción, hasta el momento en que llega un nuevo lote de producto. Una vez planeando la primera producción se hará un cálculo de inventario inicial bajo las mismas reglas establecidas que abastecerá la demanda del periodo.

3.3.1 Variables

Serán parámetros a las variables que se pueden cambiar a gusto para obtener los diferentes escenarios del sistema de producción.

También hay que distinguir lo que son las variables de entrada de las variables de salida, las variables de salida son los resultados, es decir los indicadores que se medirán para evaluar el desempeño del sistema y por lo tanto no hay una inferencia directa sobre ellas, solamente modificando ciertos elementos del sistema se podrá observar un cambio en las variables de salida. Por otra parte las variables de entrada se pueden dividir en variables controlables y variables no controlables o sujetas a un grado de aleatoriedad.

Variables de entrada:

- *Demanda del producto.
- Factores ambientales económicos sociales
- Mano de obra
- *Capacidad de maquinaria en piezas por unidad de tiempo
- *Horas disponibles
- *Tiempos de entrega de insumos
- *Elementos de planeación (políticas)
- *Costos
- Variables del proceso de producción (temperatura, presión etc.)
- *Variabilidad de la demanda

Variables de salida:

- Productividad
- Calidad
- *Tiempo de entrega de producto terminado
- *Velocidad de reacción a cambios
- *Inventarios
- Costo de lo producido
- *Disponibilidad de inventarios
- *Fill rate
- Atributos del producto
- etc.

Se han marcado con un asterisco aquellas variables que se usan dentro de la simulación.

3.4 PROCESO INICIAL

3.4.1 Explicación del proceso

El proceso es, como ya se había mencionado, un proceso característico de un sistema de producción intermitente, con una variedad de productos que tienen diferentes características de demanda. Para este tipo de procesos se usa un sistema MRP con planeación basada en pronósticos por un periodo definido, por ejemplo se puede hacer un pronóstico de demanda semanal para los siguientes seis meses, o un pronóstico de demanda mensual para los siguientes doce

meses. Este pronóstico es el disparador de todas las demás actividades de planeación y producción. Al ser un proceso basado en pronósticos el sistema es de tipo make-to-stock, donde se acumula un inventario de producto terminado que pretende cubrir la demanda pronosticada del periodo o de los siguientes periodos dependiendo de las políticas de inventarios, más un stock de seguridad que servirá para los casos donde la demanda pronosticada sea rebasada o que el suministro se vea atrasado. La producción al ser intermitente requiere tamaños de lote de producción los cuales se estiman de acuerdo con el modelo de lote económico y dependiendo de las características del producto y de las necesidades de transformación o procesos mecánicos o químicos requeridos; estos tamaños de lote también afectan la planeación de inventarios ya que cualquier entrada al inventario de producto terminado estará en múltiplos del tamaño de lote de producción. En cada periodo de planeación se recibe una actualización de los pronósticos de demanda de todos los productos y se calcula la producción del siguiente periodo de acuerdo con las reglas del MRP, para tener disponibilidad de producto terminado que cubra las necesidades hasta que se pueda volver a fabricar el producto.

3.4.2 Codificación y programación

La codificación incluye variables que van contando y promediando los inventarios en dos etapas del proceso, etapa 2 de semi-terminado al salir del área de formado y etapa de PT al salir del área de acondicionamiento.

Se agregó un contador que va acumulando el número de días que cualquier SKU cae en faltante debido a las variaciones de demanda.

Se incluyeron también elementos de espera para la preparación de la maquinaria para poder contabilizar el tiempo que la maquinaria está siendo preparada para la siguiente presentación.

Se consideraron los tiempos de transporte y los tiempos de preparación, así como los tiempos de espera en inventarios como tiempos sin valor agregado, pero que afectan al tiempo de entrega total del SKU.

Los detalles completos de la codificación se muestran en el apéndice B.

Para la elaboración del programa se utilizaron primero datos aleatorios (con una media y desviación estándar definidas) para la elaboración de un pronóstico para los 75 productos propuestos. De ahí se elaboró un MPS y los planes de producción correspondientes donde se evaluó la capacidad bruta para verificar el cumplimiento del programa. Se elaboraron entonces los programas de producción los cuales se cargaron en la simulación por medio de “arrivals” de órdenes por programa (en processmodel se llama arrival a un elemento que entra al sistema). Para los datos de demanda se hizo una variación aleatoria al pronóstico para reflejar el error del pronóstico y se cargaron dentro de la simulación como “arrivals” de órdenes de venta.

Los datos detallados se muestran en las tablas del apéndice A.

Los inventarios iniciales (tabla A4) se calcularon mediante la generación de números aleatorios siempre alrededor de una cantidad arbitrariamente establecida que diera datos coherentes. Esto dará las prioridades de producción en primera instancia.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Los pronósticos de demanda (tabla A4) se generaron a partir de un número arbitrario y números aleatorios de forma que dieran diferentes comportamientos de demanda de acuerdo con lo explicado anteriormente.

Para el MPS se utilizó una hoja de cálculo (tabla A5) que ayuda a calcular dinámicamente los inventarios iniciales, las coberturas e inventarios finales conforme se van colocando órdenes de lotes de producción para permanecer dentro de políticas razonables de inventario.

El plan de producción (tabla A6) es el resultado de las órdenes calculadas por el MPS, con éste se obtiene el número de lotes que se han de producir para los siguientes periodos, por producto y por línea de acondicionamiento (aquí todavía no se incluyen necesidades de semi-terminados).

Con el plan de producción y las velocidades definidas por producto por estación de trabajo, se pueden obtener las cargas aproximadas de las estaciones de trabajo para evaluar si existiesen limitantes de capacidad (tabla A7). Aquí se pueden ver los recursos que pueden llegar a ser críticos o imposibles, recordando que son cálculos aproximados y que en caso de ser variaciones no muy grandes se pueden ajustar mediante técnicas de secuenciación en el plan detallado. En este caso se identifican como críticas las estaciones acon1 y acon2.

En forma aleatoria se han calculado errores de pronóstico (de acuerdo con lo mencionado en el tema 3.2) que se usarán más adelante para calcular las ventas reales (tabla A9).

Una vez que se tiene la lista de prioridades con la cobertura calculada de los inventarios iniciales, las cantidades requeridas, y las rutas de fabricación, es posible empezar a elaborar el plan detallado para cada estación de trabajo.

La tabla A10 muestra el programa de producción del periodo 2, esto se hizo así porque al estar programando “hacia atrás” las primeras cargas para las estaciones de formado, acabado y mezcla ocurrirán en el periodo 1, el cual se consideraría un periodo de “calentamiento” para la simulación, es decir, un periodo que se corre pero que no se considera en la recolección de datos por estar incompleto.

Los productos se ordenan en una tabla de Excel de forma que se puedan cumplir con las fechas de producción requeridas (por la escasez de inventarios) y se minimicen los tiempos de cambio, colocando productos de la misma familia en forma consecutiva.

La secuencia de producción de las estaciones de acondicionamiento se convierte en los requerimientos de las estaciones anteriores y por lo tanto se convierten en restricciones para la secuenciación de trabajo de dichas estaciones, y como tales no permiten una secuencia óptima (pues están restringidas por las fechas de requerimiento).

A su vez, las secuencias de las estaciones anteriores se convierten en restricciones para sus estaciones anteriores.

Las tablas A11, A12, A13 muestran los programas obtenidos para todas las estaciones del área de mezcla, formado y acabado para el periodo 2, los números negativos en los tiempos representan órdenes que se ejecutan en el periodo 1. Por ejemplo si el periodo tiene 160 horas, una producción que empieza en la hora -10, en realidad empieza en el periodo 1 hora 150.

Una vez que se han programado las estaciones para el periodo 2, suponiendo que ha pasado el tiempo y existen las condiciones de planear el siguiente periodo, se puede comenzar con las prioridades de PT de acuerdo con los inventarios sobrantes de cada uno.

Un punto importante a mencionar aquí es el hecho de que el simulador tiene algunas limitantes por lo que no resulta práctico simular periodos separados, y se tiene que hacer una corrida completa para los dos periodos, esto no permite hacer ajustes por lo que se hizo el plan para el periodo 3 y se corrió sin ajustes.

Las tablas A14, A15, A16 y A17 tienen los programas calculados para el periodo 3 de todas las estaciones de trabajo.

Ya obtenidos los programas de producción se pueden alimentar estos en el modelo creado en el simulador para que se empiecen a generar órdenes de trabajo y órdenes de venta que vayan sacando el producto del almacén.

3.4.6 Corrida y resultados

La corrida se efectuó por 1344 horas totales que equivale a dos meses u ocho semanas. Las cuales para fines de utilización de maquinaria se consideró un turno de 8 horas al día, por 5 días a la semana por 4 semanas al mes. Es decir una programación total de 320 horas.

Cabe mencionar que el simulador requiere de un tiempo adicional de “calentamiento” el cual es un tiempo para el llenado de las líneas e inventarios hasta lograr un funcionamiento “normal” una vez ocurrido esto, se empiezan a contabilizar las 1344 horas.

Los detalles de lo anterior se despliegan en un resumen generado por processmodel, se pueden observar en la tabla C-1.1 llamada Encabezado en el apéndice C.

INVENTARIOS

PROMEDIO DE INVENTARIOS DE S.T. ETAPA 2: 22'317 UNIDADES

OCUPACIÓN MÁXIMA PROBABLE DE S.T. EN ETAPA 2: 49'612 UNIDADES

PROMEDIO DE INVENTARIOS DE P.T.: 58565 UNIDADES

OCUPACIÓN MÁXIMA PROBABLE DE P.T.: 94'643 UNIDADES

(Ocupación máxima probable se refiere al caso en que todos los productos estuvieran en su máxima ocupación simultáneamente lo cual daría la pauta para calcular los requerimientos de espacio de un almacén)

DÍAS DE STOCK OUT: 112 DÍAS

NÚMERO DE SKUS EN FALTANTE: 7

COSTO TOTAL DE INVENTARIOS: No se tienen datos de costos reales por lo que para fines de comparación se asignaron arbitrariamente costos de operación y transporte. De esta manera se podrá hacer una comparación del valor de los inventarios aun cuando estén en una etapa diferente del proceso. En este caso sólo es de interés el valor del producto en los almacenes, y el costo por espacio ocupado en el almacén. Respecto al costo por mantener el inventario en el almacén se considera que al reducir el tiempo de entrega se está incrementando la rotación de inventarios y por lo tanto se invierte menos por producto en gastos de almacenaje, es decir, el tiempo de entrega sería una medición indirecta pero suficiente para el fin de este estudio.

Arbitrariamente se asigna un costo de 1 por materiales para todos los productos sin considerar la adición de componentes durante el recorrido por el proceso. Se asigna un costo de 1 por estación de trabajo y un costo de 0.5 por transporte.

Así, para el primer almacén se tendrá un costo de $1+0.5+1+0.5+0.5+1+0.5=5$ por cada pieza.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Para el producto terminado se tendrá $5+0.5+1+0.5=7$ por pieza.

De esta manera los costos totales de inventarios serán:

$$22'317(5)+58'565(7)=521'540$$

Este dato solamente servirá para comparar la reducción o aumento en porcentaje con respecto al otro modelo ya que monetariamente no tiene ningún significado.

Los inventarios y los contadores de "stock out", es decir, de productos que caen en faltante, se han ido contando en forma de variables. Los detalles de lo calculado anteriormente se pueden ver tal como los resume processmodel en la tabla C-1.3 Variables, del apéndice C.

71

ARTÍCULOS

TIEMPO DE ENTREGA PROMEDIO: 67'955 MIN

TIEMPO DE VALOR AGREGADO PROMEDIO: 174 MIN

COSTO PROMEDIO: 5.03

EFFECTIVIDAD DEL CICLO DE MANUFACTURA: $174/67955=0.00256$

El resumen de estos datos generados por processmodel se puede ver en la tabla C-1.4 Entidades, del apéndice C.

CENTROS DE TRABAJO

PARA 319.6 HRS PROGRAMADAS

PORCENTAJE DE TIEMPO DE OPERACIÓN EN ETAPA 1: 23.59%

PORCENTAJE DE TIEMPO EN PREPARACIÓN: 33.09%

PORCENTAJE DE TIEMPO OCIOSO: 43.32%

PORCENTAJE DE TIEMPO DE OPERACIÓN EN ETAPA 2: 43.32%

PORCENTAJE DE TIEMPO EN PREPARACIÓN: 9.12%

PORCENTAJE DE TIEMPO OCIOSO: 47.56%

PORCENTAJE DE TIEMPO DE OPERACIÓN EN ETAPA P.T.: 83.66%

PORCENTAJE DE TIEMPO EN PREPARACIÓN: 3.8%

PORCENTAJE DE TIEMPO OCIOSO: 12.54%

Para estos cálculos se ha utilizado el porcentaje de utilización de la actividad (Man0, Man1 etc) y también el porcentaje de utilización de las actividades denominadas "Setup" que representan el tiempo de preparación de la estación de trabajo, el resto del tiempo se considera ocioso.

Los detalles completos de los resultados obtenidos mediante la simulación se muestran en el apéndice C, tabla C-1.2 Actividades, tal como los muestra Processmodel.

3.5 Proceso propuesto.

3.5.1 Explicación de la propuesta y su alcance

Partiendo del proceso en su estado inicial (el proceso del capítulo anterior) se propone insertar un punto de desacoplamiento entre las áreas de formado y acondicionamiento. Esto implica poner un almacén definitivo dividiendo las dos áreas y eliminar los buffers delante de los centros de trabajo de acondicionamiento. A partir de este punto de desacoplamiento, se trabajará con un sistema pull, en lugar del sistema push usado originalmente. Antes del punto de desacoplamiento el sistema seguirá siendo push y trabajará con algunos cambios pero sobre las mismas bases sobre las cuales trabajaba anteriormente. El sistema pull también pretende eliminar el almacén de producto terminado, al trabajarse sólo bajo demanda, y en su lugar colocar un área de surtido y embarque donde se completen los surtidos de órdenes y se envíen los pedidos a los clientes. El proceso como está concebido en su fase original (proceso inicial) incluye tanto el almacén de producto terminado como las áreas de surtido, embalaje y embarque que acompañan a este almacén, por lo que estas no se están adicionando sino que se están proponiendo algunas modificaciones para adaptarlo al nuevo sistema, es decir, se elimina el almacén y se modifican las áreas de surtido, embalaje y embarque que antes pertenecían a éste.

El área de almacenaje que se está insertando, debe ser un área mucho más pequeña que el almacén de producto terminado ya que el espacio ocupado por un producto que no se ha empacado o que se encuentra en forma de granel y que en alguna forma no se ha diferenciado dividiéndolo en las diferentes presentaciones es mucho menor.

A partir del punto de desacoplamiento se pretende introducir conceptos de JIT aunque no es una fiel reproducción de un sistema JIT como se verá cuando se explique el desarrollo, sobretodo porque los sistemas tipo JIT se utilizan más para demanda constante hasta cierto grado y en este caso se está suponiendo una demanda variable en el tiempo aunque sí se pretende que las órdenes del día sean las que estén por embarcarse y no más, al igual que se hace en un sistema JIT. En la propuesta no se plantean las formas de reducir los tiempos de cambio o aumentar los rendimientos o el flujo (por no estar dentro del alcance de este trabajo), en general se considera que en la primera etapa de producción (fase push) se tienen tiempos de cambio largos que no se pueden reducir por cuestiones técnicas y en la etapa pull los tiempos de cambio se han reducido drásticamente para alcanzar el SMED considerando que en esta etapa del proceso no existe una limitación técnica para esto ya que es una etapa de acondicionamiento o subdivisión.

3.5.2 Propuesta PUSH

La propuesta de la primera parte del proceso no difiere mucho de lo que era la planeación en el proceso original. La meta es tener disponibilidad de producto semi-terminado en todo momento, la fabricación es por lotes y cada corrida de fabricación de un SKU (uno o más lotes seguidos) debe ser suficiente para satisfacer la demanda hasta que se vuelva a fabricar el producto. Lo que cambia radicalmente es la secuenciación. Se fabricará el producto una sola vez hasta que se hayan fabricado todos los productos por lo que se debe calcular el tiempo que tardará el ciclo en dar toda una vuelta. De esta manera se minimizarán los tiempos de cambio que en esta etapa del proceso se consideran muy grandes (al menos una jornada laboral).

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Es necesario considerar todas las variabilidades ya que se está haciendo una planeación por pronóstico.

Este sistema pretende balancear costos (inventarios), utilización de la capacidad y servicio a la demanda.

Una de las contribuciones más importantes de las herramientas de programación computarizadas es el tener una forma de medir explícitamente y diferenciar un buen plan de uno malo.

La rueda de la producción o "Product Wheel Approach" en inglés es el nombre para una resolución formal a un típico problema de la programación: Producir n diferentes SKUs en un proceso de producción de un solo paso con m número de posibles máquinas. El problema tradicionalmente sigue dos etapas: enrutar los productos a su mejor opción de manufactura, esto es distribuir los n productos en los m recursos, y programar los n_i productos en los R_j recursos en una secuencia óptima.

Para el modelo en estudio es importante la segunda etapa, pues las rutas de los productos ya son fijas, cada producto tiene asignado un centro de trabajo, y sólo se pretende conseguir la mejor secuencia y cantidad en cada recurso.

Una vez que se han asignado los productos a los recursos de acuerdo con el criterio del menor costo de oportunidad (en nuestro caso están asignados en forma fija) se establece el círculo en una secuencia óptima con el menor costo en tiempos de preparación o cambio y el menor costo en inventarios de acuerdo con los criterios decididos. El problema de identificar la secuencia de menor costo de todas las posibles es bien conocido en la investigación de operaciones. La mayoría de las herramientas de programación (planeación) incluyen algoritmos para resolver este problema. La solución práctica de tal rueda requiere de un análisis adicional debido a la existencias de corridas mínimas (por restricciones técnicas o económicas) y corridas máximas (debidas a restricciones en vida de anaquel). Esto hace que las mejores ruedas sean de todos los productos asignados a un recurso pero no todos con la misma frecuencia.

El tiempo de entrega hasta esta etapa es fácil de calcular pues depende de cuántas veces aparece el producto en la rueda, por ejemplo, si aparece una sola vez, el tiempo de entrega será la misma duración de la rueda. (ver ilustración 22).

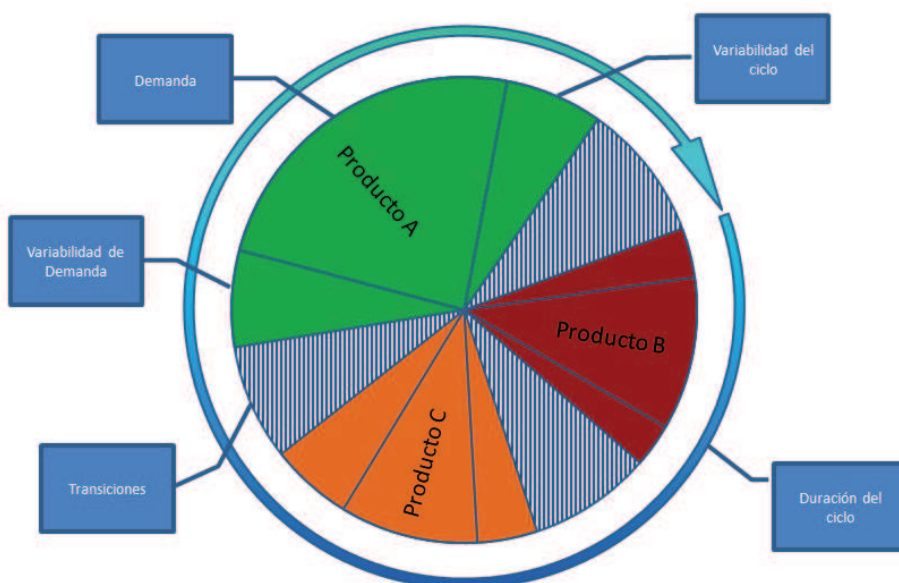


Ilustración 22 – Tiempo de entrega de productos. Fuente: elaboración propia.

En este punto es de notar los aspectos sobre la duración de la rueda, no necesariamente tiene la duración de un periodo de planeación típico como sería una planeación mensual o semanal, sino que con base en las mejores opciones o mejor combinación de utilización de capacidad, inventarios, servicio, la duración puede ser totalmente diferente, digamos 17 días, o 43 días etc. El concepto existe en manufactura esbelta con algunas diferencias importantes, por ejemplo se pretende que el ciclo sea nivelado, totalmente repetitivo, la misma secuencia y las mismas cantidades se repiten, se pretende lograr transparencia y predictibilidad, por otra parte no se considera la existencia de ambas características, especialmente tratándose de predecir, y se está sustituyendo por flexibilizar. En el caso de Lean la cantidad a producir está dada por el nivel de relleno de inventario menos el inventario actual.

En el caso de manufactura esbelta el objetivo siempre está limitado por la variabilidad con respecto al volumen, la idea es hacer una rueda que tenga cantidades casi constantes en cada vuelta. Se puede ver en la ilustración 23 que se abarca solo cierto grado de variabilidad:

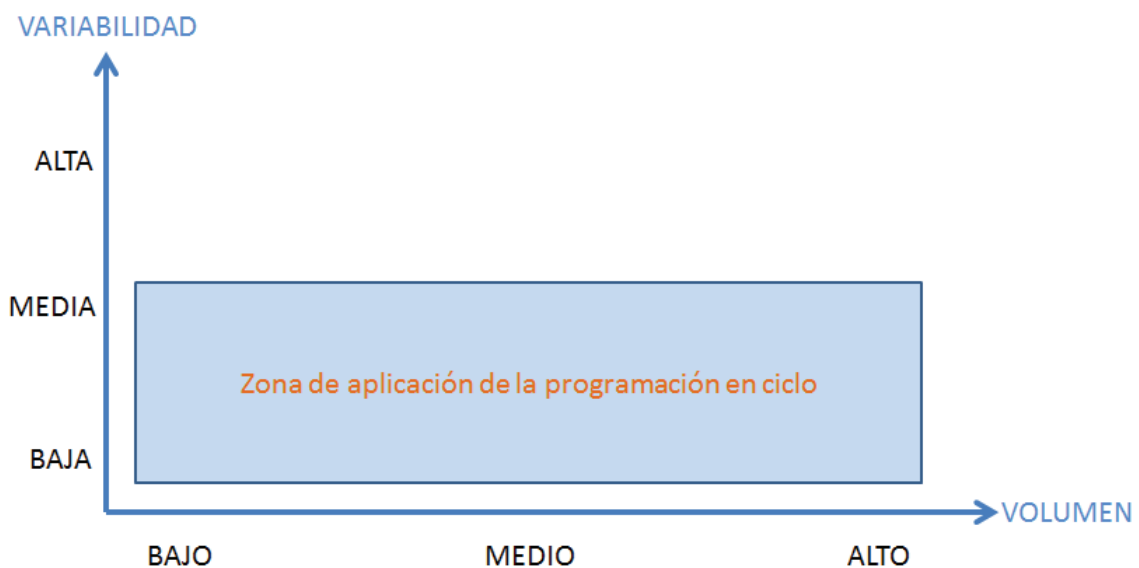


Ilustración 23 – Gráfico variabilidad contra volumen. Fuente: elaboración propia.

Se deja a un lado los productos con media-alta variabilidad, abarcando todo el rango de volumen con baja variabilidad. Bajo el esquema de esta tesis, donde la principal premisa es el aumento de la variabilidad en los productos, este esquema es insuficiente, sin embargo, se intentará tomar el concepto y aplicarlo a la más amplia variabilidad. La variabilidad se mide generalmente por medio del coeficiente de variación.

En el esquema propuesto la rueda se recalcula en cada ciclo, dependiendo de los productos requeridos se calcula la secuencia óptima y las cantidades necesarias.

Se hacen las siguientes consideraciones:

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

¿Cuántos productos entrarán en el recurso? Mientras más productos, más cambios y la rueda resultante será más larga.

¿Son productos de poco o gran volumen?

¿Los productos tienen demanda relativamente estable o muy variable? Se introduce un tiempo de colchón en la rueda (buffer time) el cual se usa para reaccionar ante picos de demanda y depende de la variabilidad.

Es importante hacer notar que en esta etapa del proceso donde no se ha subdividido la producción en diferentes presentaciones o personalizaciones, la variabilidad de la demanda tiene menor impacto, y ya que la producción en esta etapa es por lotes que cubren un periodo de tiempo mayor, se sabe que la variabilidad es menor mientras mayor sea el periodo considerado. Por otra parte se utilizan inventarios de seguridad y tiempos de seguridad, calculando que es menos costoso tener inventarios de seguridad en esta etapa que tenerlos en las diferentes presentaciones de los productos terminados.

Se debe determinar la secuencia óptima, la duración de la rueda y los niveles de inventario. Los tres factores están interrelacionados, a mayor número o longitud de cambios mayor duración de la rueda y mayores niveles de inventario requeridos, por otra parte si se define una longitud de ciclo más corta, los lotes de producción serán más pequeños, y disminuirán los inventarios.

La secuencia puede planearse por medio de sistemas avanzados de planeación, algoritmos de computadora o por la experiencia de los planeadores dependiendo de la complejidad del sistema.

La longitud del ciclo debe ser escogida cuidadosamente, un ciclo muy corto puede llevar a un plan no factible o a cantidades que no cubren la demanda durante el ciclo. Dicha longitud puede ser variable de un ciclo a otro, pero se intenta mantener dentro de ciertos límites (un límite inferior y uno superior). Mientras más cerca estén los límites nos permitirán una mayor utilización del equipo pero una necesidad de menores inventarios nos llevará a separar un poco los límites.

Las variables que principalmente interaccionan entre sí, son la longitud del ciclo, los límites impuestos de inventarios de cada producto y el nivel de servicio. Cualquier cambio en una de las variables se verá reflejado en las otras dos.

Pensemos en un ciclo de 45 días, durante ese ciclo se debe cubrir la demanda de todos los productos para los siguientes 45 días por lo tanto estará dividido en el número de productos en las cantidades pronosticadas para los próximos 45 días, ¿Qué pasa si los tiempos de producción más los tiempos de cambio dan más de 45 días? Nótese que mientras más corto el ciclo, más porcentaje de tiempo se destina a cambios y por lo tanto menos probable es cumplir con la demanda. Mientras más largo el ciclo, menos porcentaje de tiempo se dedica a cambios pero los inventarios son más grandes pues los lotes son grandes. El ciclo deberá ser el mínimo que pueda cumplir con la demanda (más un buffer).

En un pequeño ejemplo pensemos en tres productos cuya secuencia óptima (la de menores tiempos de preparación) nos da los siguientes datos:

Si tomamos la demanda de un periodo determinado (80 horas, dos semanas), la multiplicamos por la tasa de producción y sumamos los tiempos de preparación se obtendrá una longitud de ciclo aceptable (ver tabla 9):

Tabla 9 – Tabla de datos del ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

PRODUCTO	DEMANDA	STOCK DE SEGURIDAD	TIEMPO DE CAMBIO (previo) h	Tasa de producción min/pz	Producción del ciclo	Demanda cumplida %
A	2000	500	10	0.75	2000	100
B	2800	500	4	0.5	2800	100
C	1000	500	6	1.25	1000	100

Nos da un ciclo de 89.16 horas, sin embargo la demanda calculada fue para 80 horas por lo que el ciclo se quedaría corto. Lo cual nos indica que se requiere tomar como base un periodo más largo.

Si suponemos que la demanda es constante (solo para fines de este ejercicio), entonces la demanda pronosticada para 240 horas será de (ver tabla 10):

Tabla 10 – Segunda Tabla de datos del ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

PRODUCTO	DEMANDA	STOCK DE SEGURIDAD	TIEMPO DE CAMBIO h	Tasa de producción min/pz	Producción del ciclo	Demanda cumplida %
A	6000	500	10	0.75	6000	100
B	8400	500	4	0.5	8400	100
C	3000	500	6	1.25	3000	100

El tiempo de ciclo para cumplir la demanda es de 227.5 horas, por lo que en 240 horas se tiene la producción pronosticada más un buffer de tiempo. Lo que se observa en este ejemplo es una estación de trabajo con capacidad suficiente para cumplir la demanda pero que se ve afectada por los tiempos de preparación o de cambio entre producto y producto. Podemos tener el caso que para una producción infinita no se pueda cumplir la demanda a pesar de que la proporción de tiempos de preparación tienda a ser cero.

Se requiere de un algoritmo que calcule el ciclo óptimo de acuerdo con la secuencia óptima, que considere las variaciones en la demanda y que nos indique si la capacidad de la estación de trabajo es insuficiente.

Hay que considerar que mientras más grande el tiempo del ciclo, no solo los inventarios crecen en promedio sino que el tiempo de respuesta se vuelve demasiado lento por lo que hay que aumentar los niveles de inventario de seguridad. En este caso el inventario de seguridad es necesario y depende entre otros factores de la variabilidad de la demanda y del tiempo que se tarda el ciclo en cumplirse.

STOCK DE SEGURIDAD

Existen varias razones para ir haciendo ajustes (aumentos) a la demanda pronosticada; por una parte las variaciones en la demanda previstas y por otra la inexactitud del pronóstico. Al utilizar un promedio de demanda en un periodo de estacionalidad por ejemplo en creciente o decreciente se corre el riesgo de que uno de los periodos se quede corto. Hay

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

que ir ajustando la demanda promedio en cada periodo, por lo que se toman grupos de periodos digamos de los cuatro siguientes periodos para que la tendencia más próxima se vea reflejada. Si se toma el promedio con una tendencia creciente, el último periodo corre riesgo de no ser completado, y en una tendencia decreciente el primer periodo correría el riesgo de no completarse, por lo que se puede calcular la media, la desviación estándar y un factor de servicio, y tomar esto como la demanda media de los siguientes meses.

Cualquier cambio en la duración del ciclo afecta a los productos que fueron fabricados y que están en inventario, pues este inventario fue calculado para durar durante un periodo determinado y no uno más largo.

Existen diferentes métodos para calcular el stock de seguridad, uno de ellos calcula sólo la variación en el tiempo de entrega y lo multiplica por la demanda diaria, esto daría por resultado un stock que prevé los retrasos del proveedor en caso de que el siguiente pedido no llegara a tiempo, pero no calcula las variaciones en demanda.

En el caso tratado es más importante satisfacer las variaciones en demanda pues se tiene más control sobre los plazos de entrega. Para ello se utilizará una fórmula de modelo estadístico de desviaciones estándar de una distribución normal para determinar la probabilidad. Se requiere un historial de desviaciones respecto a la media o en nuestro caso, desviaciones respecto a lo pronosticado. Las empresas comúnmente manejan este número como exactitud de los pronósticos, generalmente utilizando el promedio de los errores absolutos medidos como porcentaje respecto a la demanda real (MAPE por mean absolute percent error en inglés), o el promedio de los errores o desviaciones entre el promedio de los datos (MAD/MEAN RATIO por mean absolute deviation en inglés) al usar el error en pronósticos para calcular el stock de seguridad se debe evitar incluir los errores donde el pronóstico fue mayor que la demanda, pues en estos casos no es necesario un stock de seguridad, sólo se debe incluir la probabilidad de que el pronóstico se encuentre por debajo de la demanda real o que la demanda real crezca más allá de lo pronosticado. (The Seven Deadly Sins of Sales Forecasting by Fred Tolbert, APICS | March 28, 2012)

Se debe considerar un nivel de servicio al establecer un stock de seguridad, tratándose de probabilidades y de distribuciones de probabilidad, un nivel de servicio esperado de 100% implicaría un gasto muy grande en stock de seguridad, el gasto crece exponencialmente al aumentar el nivel de servicio, por ejemplo mientras para obtener un 95% el stock de seguridad puede ser pequeño, pero subir los cálculos al 98% puede significar un gran aumento en stock de seguridad.

Aunque estadísticamente un nivel de servicio del 100% es imposible de obtener (pues abarcaría las probabilidades de que ocurriera +infinito por ejemplo), en la práctica diaria a nivel indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) se puede establecer como una meta a la cual tienda la operación. Estadísticamente si se utiliza una distribución normal, al hacer los cálculos del stock de seguridad usar el 100% arrojaría un resultado incosteable de nivel de stock. En la vida real las variaciones pueden tener una similitud con la distribución normal pero nunca tendrán una distribución normal completa, la cual se extiende de menos infinito a más infinito. En la vida real no se tendrá una demanda variable de menos infinito a más infinito, aunque la distribución normal considera la probabilidad más baja, pero se tienen límites

en la demanda mucho menores, no se esperaría un cambio de demanda que tiene una media de 100 y de pronto ocurra el caso de 100,000, es decir una variación repentina de mil por ciento.

Los stocks de seguridad conviene tenerlos en un solo lugar para evitar el efecto látigo en la cadena de suministro, en este caso se decide poner el stock de seguridad en este punto, ya que se evitó almacenar producto terminado y se evitará el stock de seguridad en materiales y componentes o se puede optar por utilizar un safety time para contrarrestar los posibles atrasos en las entregas del proveedor.

78

El modelo estadístico utiliza la desviación estándar para describir la probabilidad de ocurrencia de un número con referencia a una media en una distribución normal.

Mediante una tabla se obtiene un multiplicador que se usa con la desviación estándar para determinar rangos de números que estarán presentes para un porcentaje especificado de ocurrencias. El multiplicador es el número μ de desviaciones estándar que se requieren para alcanzar ese porcentaje. Con cero desviaciones estándar más la media se tendrá el 50 por ciento de ocurrencias, con una desviación estándar más la media se tendrá el 84% de ocurrencias etc. En el cálculo del inventario de seguridad este multiplicador será el factor de servicio.

Se utiliza el historial de demanda para calcular la desviación estándar.

De una manera muy simple se obtiene una fórmula para el cálculo como

$$SS = \text{DesvEst}(\text{factor de servicio})$$

En otras palabras, la cantidad de demanda que rebasaría el pronóstico con una probabilidad determinada de acuerdo con el historial de errores o desviaciones al pronóstico, por ejemplo, la cantidad de piezas que rebasaría la demanda pronosticada con un 95% de probabilidad.

Por simplicidad no se considera la probabilidad de desviaciones al tiempo o plazo de entrega, la probabilidad de fallas en la línea de producción, probabilidad de paros por huelga etc., ya que son factores internos hasta cierto punto controlables y de menor impacto que el error en los pronósticos el cual es constante y se considera que elevaría el costo de los inventarios. En caso de querer considerar todas las probabilidades de falla, se tendría que calcular una probabilidad conjunta (de que ocurran las diferentes combinaciones de eventos simultáneamente). Una versión más simple implica agregar factores basados en la experiencia. Así:

$$SS = \text{DesvEstand}(\text{factor de servicio})(\text{factor de lead time})(\text{factor de cobertura de la orden})(\text{factor de pronóstico a demanda media})$$

Ahora, para una distribución normal, si se quiere abarcar una probabilidad del 95% el factor de servicio de acuerdo con tablas será de: 1.64, o sea 1.64 desviaciones estándar a la izquierda y a la derecha de la media.

Queda por definir ¿qué es la media y qué es la desviación estándar con respecto a los datos de demanda? Si en los pronósticos de cada periodo se tiene un error de 64 piezas en promedio y en promedio se tiene un error del 13% de la demanda real con respecto al pronóstico (nótese que la diferencia es importante porque mientras el 13% de error puede

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

ser una media representativa en cada periodo, el número de piezas puede variar drásticamente, el 13% de 500 no es lo mismo que el 13% de 1500 y a nivel numérico puede variar por la estacionalidad) entonces si en promedio se tiene un 13% de error con respecto al pronóstico, con una variación respecto de ese 13%, sería deseable tener siempre un $<13\% + \text{variación}>$ adicional de inventario para cubrir la eventualidad del error del pronóstico. Sin embargo, ese 13% fluctuaría en número de piezas en cada periodo. Es decir, tenemos un inventario de seguridad variable por periodo. Para minimizar esta variación pensemos en un patrón de demanda estacional, se puede obtener un promedio de demanda anual y trabajar sobre el 13% de ese promedio (lo que generalmente se hace), esto provocaría que en lugar de que el inventario de seguridad sea variable, el nivel de servicio sería variable durante el año. Lo mismo pasaría al querer calcular respecto al periodo más alto, o abarcar el 75% de los periodos etc.

Por lo tanto es más conveniente recalcular el inventario de seguridad en cada periodo, optimizando el nivel de servicio y minimizando el costo del inventario.

Existen dos formas de calcular este inventario de seguridad. Una es con respecto al número de piezas de demanda, otra es con respecto al número de periodos cubiertos, sin embargo al usar la rueda de productos, se puede calcular la producción para que los inventarios cubran siempre la demanda durante el ciclo más la demanda pronosticada para el x% del ciclo siguiente, o calcular los inventarios para que cubran la demanda del ciclo más el porcentaje de error que ocurrirá con una probabilidad del 95%.

Se optó por la segunda opción. En lugar de tener un stock de seguridad fijo, el tamaño de la orden incluirá un stock de seguridad. Surge la pregunta ¿qué ocurre si ese stock de seguridad no se utiliza en caso de que el pronóstico sea correcto? Esto no representa ningún costo adicional ya que para el siguiente ciclo el cálculo de la orden será:

$$\text{ORDEN} = (\text{DEMANDA} + \% \text{ERROR} * (\text{FACTOR DE SERVICIO})) - \text{INVENTARIO NO RESERVADO}$$

Entonces el cálculo del stock de seguridad será con respecto a la media del porcentaje de error y la desviación estándar respecto a esa media con una probabilidad del 95%.

Así si se tiene una media del 13% de error, con una desviación estándar de 7.7 respecto a la media de 13, y se quiere abarcar el 95% de las ocasiones, se debe utilizar un factor de 1.64 desviaciones estándar, es decir, $1.64(7.7) = 12.6$. Esto significa que se tendría que usar $13 + 12.6 = 25.6\%$ para abarcar el 95% de las variaciones con respecto a la media de 13 considerando que los errores de pronóstico (el universo de datos) sigue una distribución normal con media=13 y desviación estándar de 7.7. En realidad el nivel de servicio sería de más del 95% porque toda la zona del lado negativo hasta menos infinito no provoca un faltante de inventarios por ser un error que sobre estimó la demanda.

No hay que olvidar que todos estos cálculos toman en cuenta las desviaciones respecto del pronóstico tanto positivas como negativas, sin embargo las desviaciones negativas no implican un consumo adicional de inventario sino lo contrario. Un error grave sería el usar el error absoluto respecto de la demanda real, pues esto sumaría los errores negativos como si fueran positivos así, un error medio de -9% se convertiría en un error medio del 13%.

ERROR=DEMANDA REAL – PRONÓSTICO

$$\%ERROR = (D.REAL-PRONOST.)/D.REAL$$

Porque es el error respecto de la demanda real, no de la demanda real respecto del pronóstico.

¿Cómo hacer para que las desviaciones negativas no afecten? Primero tomar los datos con signo, no en valor absoluto lo cual es la práctica normal para el cálculo de error de pronóstico, esto cambia la ubicación de la media y de los límites $\mu+1.64\sigma$ (donde μ es la media y σ la desviación estándar). Dado que se trata de una distribución de tendencia central se considera que el mismo número de errores se encuentran por debajo de la media de los que se encuentran por encima de la media y sólo es de interés el rango de datos que tiene signo positivo, es decir, la probabilidad de que ocurra un error que se encuentre entre cero y 1.64σ . La probabilidad de que un error sea positivo será la probabilidad entre cero e infinito. Si 1.64σ se encuentra del lado negativo, entonces no sería necesario un stock de seguridad pues indicaría que más del 95% de las veces la demanda pronosticada sería menor a la demanda real. La ilustración 24 muestra gráficamente el significado de 1σ , 2σ etc.

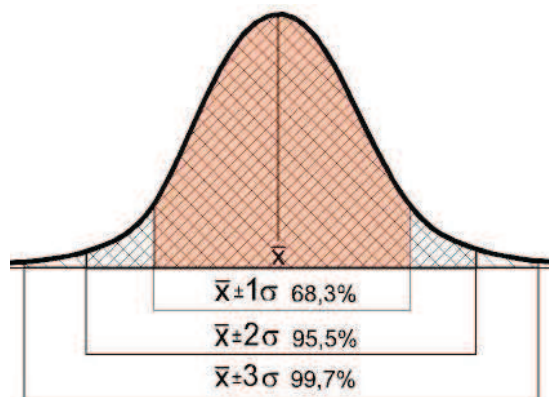


Ilustración 24 – Distribución normal y desviación estándar. Fuente: elaboración propia. (cambiar)

Si la media del error es -9% (esto significaría que generalmente está por encima de la demanda real) con una desviación estándar de 12 entonces con $-9+1.64(12)=11.5\%$ adicional de inventario cubriría más del 95% de los pedidos.

Como todos los datos negativos están cubiertos ya, la probabilidad real de cubrir la demanda será de menos infinito a $\mu+1.64\sigma$ que es mayor que el 95% que va de $\mu-1.64\sigma$ a $\mu+1.64\sigma$.

Los únicos casos especiales son cuando $\mu-1.64\sigma$ cae del lado positivo, en ese caso es conveniente ampliar el nivel de servicio hasta que llegue a $\mu-(z)\sigma=0$, y el otro caso en que $\mu+1.64\sigma$ sea negativo en donde no se usará stock de seguridad pues ya está cubierto más del 95% de nivel de servicio.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Ahora, todo esto ha considerado que se tienen suficientes datos de error de pronóstico para identificar una media y una desviación estándar fijas. Pero en realidad el mismo error de pronóstico puede tener una variabilidad con el tiempo e incluso datos disparados, para cubrir esa variabilidad se tendría que considerar un factor adicional de seguridad.

Para el objetivo de la tesis se considerará que el pronóstico tiene un error con distribución normal con una media de: 5 y una desviación estándar de 5 esto dará la suficiente variabilidad con respecto al pronóstico y en cada producción se considerará de antemano un stock de seguridad con esos datos.

Así se sabe, con el 95.05% de probabilidad (de tablas) que la demanda real será menor al 113.25% del pronóstico, esto significa que con un 13.25% ($5+1.65*5$) de inventario de seguridad se estaría cumpliendo con más del 95% de la demanda. Como ya se había comentado, en la realidad la curva no se extiende desde menos infinito hasta más infinito, y el nivel de servicio real sería mayor.

ALGORITMO PARA EL DISEÑO DE LA RUEDA

Se puede utilizar un enfoque de EOQ para empezar, pero el enfoque es no usar tamaño de lotes fijos sino ir siguiendo a la demanda. Por una parte seguir un EOQ puede llevar a inventarios innecesarios o tiempo ocioso de máquina cuando no se ajusta por completo a la duración del ciclo. Por lo tanto se utilizará otra forma para determinar el tamaño de las corridas de producción.

El algoritmo de diseño de la rueda de productos sería el siguiente:

Considerando que los productos ya están asignados a las diferentes estaciones de trabajo y se cuenta con los datos de producción (tiempos, rendimientos etc.).

1. Identificar los productos que entrarán al círculo esporádicamente y los que podrían tener más de una producción en un ciclo. Esto depende de la demanda y de la cantidad de inventario. Por ejemplo un producto cuya única fabricación generaría una gran cantidad de inventario y tardaría bastante, puede decidirse fabricar dos veces en un solo ciclo.
2. Ordenar los productos en la secuencia óptima de producción para minimizar los tiempos de cambio. Generalmente se agruparán productos por familias o por determinados atributos y se ordenarán para minimizar los tiempos de cambio debidos a limpiezas o cambios de formato, por ejemplo en un proceso donde se usan tintas pasar de un color claro a uno oscuro requiere menos esfuerzo de limpieza que de uno oscuro a uno claro, en medicamentos pasar de una dosis baja a una dosis fuerte requiere menos esfuerzo de limpieza que el contrario.
3. Obtener datos de pronósticos de demanda y de inventarios disponibles. Obtener la media y desviación estándar del error de pronóstico.

4. Empezar por lotes del tamaño más pequeño proporcionalmente a la demanda de cada producto más el inventario de seguridad, es decir, empezar por la demanda pronosticada prorrateada de un solo día para cada producto. Los tiempos de cambio son fijos. (tamaño de la producción del periodo= tamaño de la demanda del periodo + inventario de seguridad)
5. Contar el tiempo del ciclo y compararlo con el tiempo o periodo de demanda que se utilizó para determinar los lotes.
6. Si el tiempo del ciclo es mayor que el periodo de demanda utilizado, es necesario aumentar el número de periodos de pronóstico (actualizando la demanda acumulada para el nuevo periodo más largo) y por lo tanto el tiempo del ciclo. Regresar al paso 5
7. Si el tiempo del ciclo es menor que el periodo de demanda utilizado es necesario reducir el tiempo del ciclo, disminuyendo el número de periodos considerados para el pronóstico acumulado. Regresar al paso 5.
8. Si el tiempo de ciclo es mayor al tiempo máximo (límite) definido, entonces se considera que no hay capacidad suficiente en el centro de trabajo para satisfacer la demanda. Se deberán tomar medidas como aumentar turnos o distribuir los productos en otros centros con capacidad ociosa. Regresar al paso 5.
9. Si el tiempo de ciclo es igual o ligeramente menor que el periodo de demanda entonces queda definido el ciclo.

Dependiendo de la complejidad de los productos, la planeación (el algoritmo) se puede hacer alimentando una hoja de cálculo y ejecutando una macro, o simplemente usando una hoja de cálculo y copiando y pegando diferentes datos hasta encontrar el tamaño del ciclo ideal, no puede ser muy complicado, en realidad el número de periodos abarcados no puede ser muy grande (no pueden ser seis meses por ejemplo) por lo que se establece un límite. Un ejemplo simplificado se presenta a continuación (ver ilustración 25):

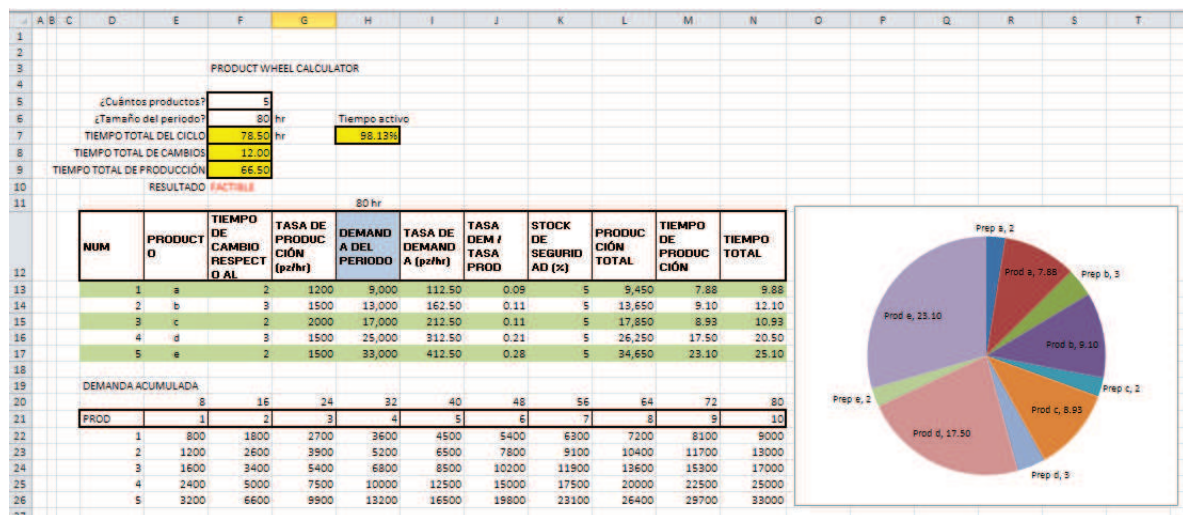


Ilustración 25 – Hoja de cálculo utilizada para el cálculo de la duración ideal del ciclo de producción. Fuente: elaboración propia.

En el ejemplo se determina un ciclo ideal de 80 horas (78.5 para ser más exacto), se empieza con un solo periodo, por ejemplo de 8 horas, se calcula el tiempo del ciclo que es de 18.57 (tiempo de actividad de 232%) horas por lo que no es

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

factible, luego se toman dos periodos (16 horas), luego tres etc. Cuando se llega a 10 periodos (80 horas) el resultado es que para cumplir con la demanda acumulada de 80 horas, se requieren 78.5 horas, por lo que sí se puede cumplir con menos del 2% de tiempo inactivo y se procede a formalizar el plan.

Se puede preferir llegar a un tiempo de actividad menor (digamos del 90%) para tener un tiempo de seguridad en caso de un atraso).

De hecho llegará un momento en que al seguir aumentando los periodos de demanda el porcentaje de tiempo activo se comporta asintóticamente, por ejemplo al 60% puesto que el factor que más influye que son los tiempos de cambio, y proporcionalmente dejan de tener importancia, pues son fijos, lo único que predomina al final son las diferencias entre la tasa de demanda y la tasa de producción.

Si se considera que el tiempo de actividad (%) es el tiempo total de producción entre el periodo de demanda:

$$\% = \frac{\text{tiempo total de cambios} + \sum \frac{\text{demanda} + \text{s. s.}}{\text{tasa de producción}}}{\sum \frac{\text{demanda}}{\text{tasa de demanda}}}$$

Donde demanda+ss es la cantidad a producir la cual al dividirla entre la tasa de producción nos da el tiempo de producción que cambia al cambiar el periodo de demanda mientras que el tiempo de cambios es fijo. La demanda es la cantidad demandada durante el periodo que al dividirla entre la tasa de demanda nos da el tiempo requerido o periodo de demanda considerado.

Cuando la demanda se hace muy grande (al aumentar el número de periodos) entonces el tiempo total de cambios proporcionalmente se vuelve despreciable. Si por otra parte, en este momento se deja a un lado los tiempos asociados al stock de seguridad. Entonces:

$$\% = \sum \frac{\text{demanda}/\text{tasa de prod}}{\text{demanda}/\text{tasa de demanda}} = \sum \frac{\text{tasa de demanda}}{\text{tasa de producción}}$$

Donde demanda es la demanda acumulada para un gran número de periodos. Esta fórmula daría esa asíntota (no considerando el stock de seguridad) si la demanda fuera constante, de otra manera la tasa de demanda iría cambiando conforme aumenta el número de periodos cambiando el comportamiento de la función, pero aun así, la función no tiende a decrecer a menos que la tasa de demanda acumulada tendiera a cero (la única forma sería que la demanda se volviera cero para el resto de los periodos hasta infinito).

Usando el algoritmo se hicieron los cálculos de diferentes escenarios de ciclo. En realidad el algoritmo por si solo permite calcular el ciclo fácilmente usando una hoja de cálculo, sin embargo, pienso que es útil modelar matemáticamente los resultados para tener una mayor facilidad de cálculo.

Tabla 11 – Tabulación de datos para la obtención de la curva característica. Fuente: Elaboración propia.

tasa de tasa prod	tiempo de cambio	tiempo de cambio	tiempo min del ciclo, tiempo de cambio = 6 periodos	tiempo de cambio	tiempo min del ciclo, tiempo de cambio = 12	tiempo de cambio	tiempo min del ciclo, tiempo de cambio = 18	tiempo de cambio	tiempo min del ciclo, tiempo de cambio = 24	tiempo de cambio	tiempo min del ciclo, tiempo de cambio = 30	tiempo de cambio	tiempo min del ciclo, tiempo de cambio = 36
4.00%	0.17	6	7	12	13	18	19	24	26	30	32	36	
8.00%	0.17	6	7	12	14	18	20	24	27	30	33	36	
16.00%	0.17	6	8	12	15	18	22	24	29	30	37	36	
20.00%	0.17	6	8	12	16	18	23	24	31	30	38	36	
24.00%	0.17	6	9	12	17	18	25	24	33	30	41	36	
28.00%	0.17	6	9	12	17	18	26	24	34	30	43	36	
32.00%	0.17	6	10	12	19	18	27	24	37	30	46	36	
36.00%	0.17	6	10	12	20	18	29	24	39	30	49	36	
40.00%	0.17	6	11	12	21	18	32	24	42	30	52	36	
44.00%	0.17	6	12	12	23	18	34	24	45	30	56	36	
48.00%	0.17	6	13	12	25	18	37	24	49	30	61	36	
52.00%	0.17	6	14	12	27	18	40	24	53	30	67	36	
56.00%	0.17	6	15	12	30	18	44	24	59	30	73	36	
60.00%	0.17	6	17	12	33	18	49	24	65	30	82	36	
64.00%	0.17	6	19	12	37	18	55	24	74	30	92	36	
68.00%	0.17	6	21	12	42	18	63	24	84	30	105	36	
72.00%	0.17	6	25	12	50	18	74	24	99	30	123	36	
76.00%	0.17	6	30	12	60	18	90	24	119	30	149	36	
80.00%	0.17	6	38	12	76	18	113	24	151	30	188	36	
84.00%	0.17	6	51	12	102	18	153	24	204	30	255	36	
88.00%	0.17	6	79	12	158	18	237	24	316	30	395	36	
92.00%	0.17	6	177	12	353	18	530	24	706	30	883	36	
94.00%	0.17	6	462	12	924	18	1385	24	1847	30	2308	36	

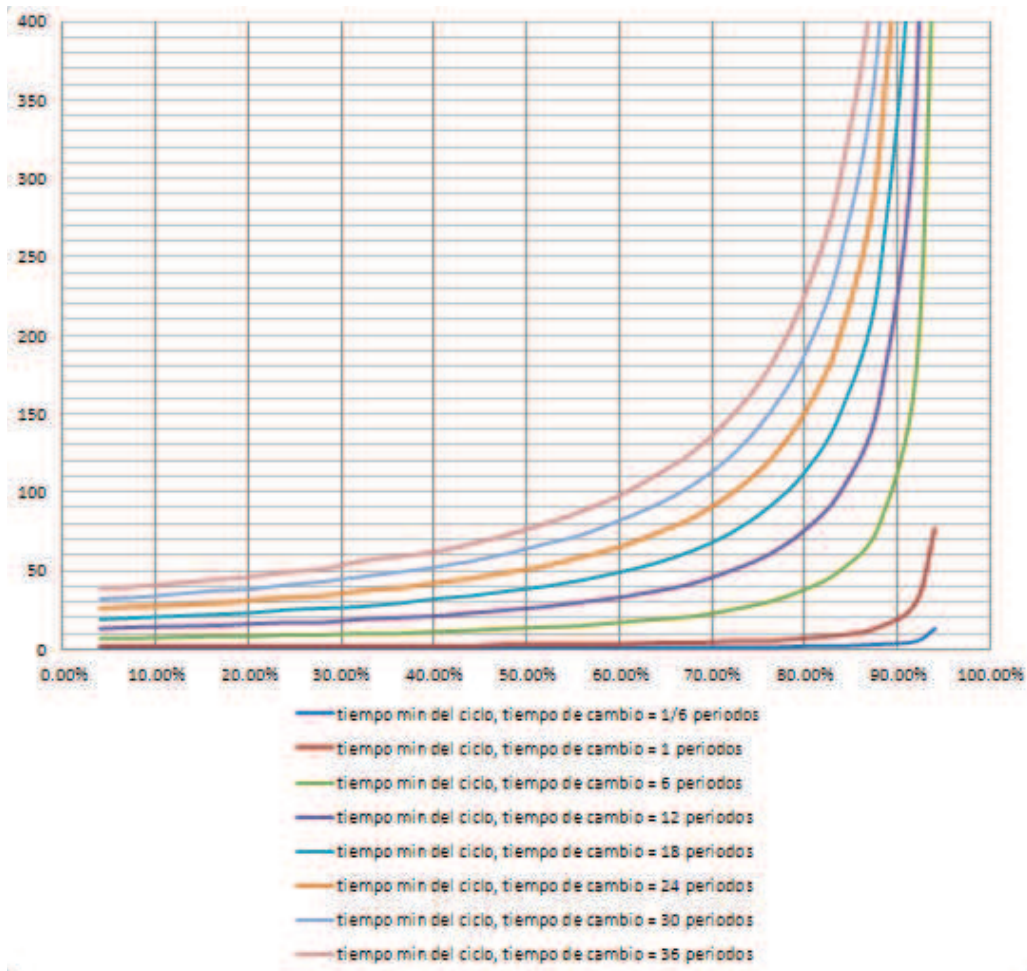


Ilustración 26 – Sensibilidad de la rueda a los cambios de demanda como porcentaje de la capacidad. Fuente: elaboración propia.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

En el eje horizontal en la ilustración 26 se tiene la relación tasa.de.demanda/tasa.de.producción, en el eje vertical se tiene el tiempo en número de ciclos y los trazos muestran el tiempo mínimo del ciclo para diferentes tiempos de cambio. Conforme la tasa de demanda se acerca a la tasa de producción nos movemos hacia la derecha y el tiempo mínimo de ciclo crece. El tiempo de ciclo no varía tanto cuando la tasa de demanda es mucho más pequeña o no varía tanto con respecto a la tasa de producción.

Cuando la tasa de demanda se acerca a la tasa de producción, cualquier pequeño cambio en la demanda afecta gravemente el tiempo mínimo del ciclo.

La tasa de demanda nunca puede ser igual a la tasa de producción (siempre debe ser menor)

Conforme el tiempo de cambio es más corto, la curva es más estable ante cambios en la demanda, por lo que el tiempo mínimo de ciclo cambia muy levemente hasta que acercarse al 90%.

La zona ideal para trabajar será una zona lo suficientemente a la derecha (para no requerir una gran velocidad de producción) pero que la pendiente no sea tan pronunciada que cualquier cambio en la demanda provoque un desequilibrio en el ciclo.

En la ilustración 27 se ve una relación lineal entre (tiempo de cambio / tiempo de ciclo) y (tasa de demanda / tasa de producción) de donde fácilmente se puede deducir una ecuación que modele el tiempo mínimo de ciclo:

tiempo de cambio como porcentaje del ciclo en función de la tasa de demanda como porcentaje de la tasa de producción

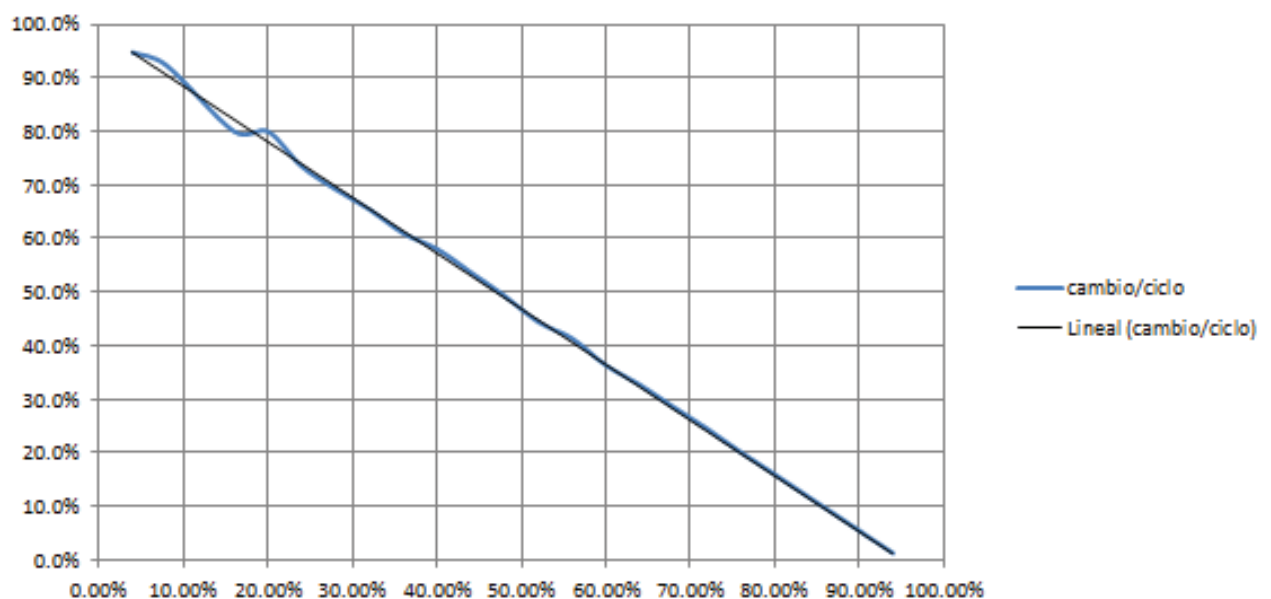


Ilustración 27 – Tiempo de cambio como porcentaje del ciclo en función de la tasa de

demanda como porcentaje de la tasa de producción. Fuente: elaboración propia.

Se observa en la ilustración 27 que:

$$\frac{\text{tiempo de cambio}}{\text{tiempo de ciclo}} = 1 - \frac{\text{tasa de demanda}}{\text{tasa de producción}}$$

De aquí:
$$\text{tiempo de ciclo} = \frac{\text{tiempo de cambio}}{1 - (\text{tasa de demanda} / \text{tasa de producción})}$$

El 1 viene de considerar un tiempo productivo del 100%

Esta fórmula no está basada en costos sino en la factibilidad de la programación. Nótese que dados los tiempos de transición o de cambio, los cuales son fijos, solamente mediante las variables en el denominador se puede variar la longitud de la rueda. Y de ahí la parte de demanda no es controlable.

En la gráfica pasada para modelar el tiempo de ciclo, en el eje de las abscisas se tenía la relación entre tasa de demanda y tasa de producción, dicha relación se sustituyó por x, de manera que y=tiempo de ciclo

$Y = \frac{t.\text{cambio}}{1-x}$ de donde se comprueba la relación con el tiempo de cambio y la asíntota cuando x tiene a 1 (o al 100%)

Con esta ecuación se puede graficar usando una graficadora de ecuaciones en computadora y así comprobar que tenemos modelado el comportamiento del ciclo (ilustración 28). Esto es importante porque como se había mencionado se puede comprobar la sensibilidad que tiene el ciclo a los cambios de demanda, así:

- ▶ Estando a determinado porcentaje de la capacidad total, se puede predecir qué tanto afectan los cambios en la demanda.

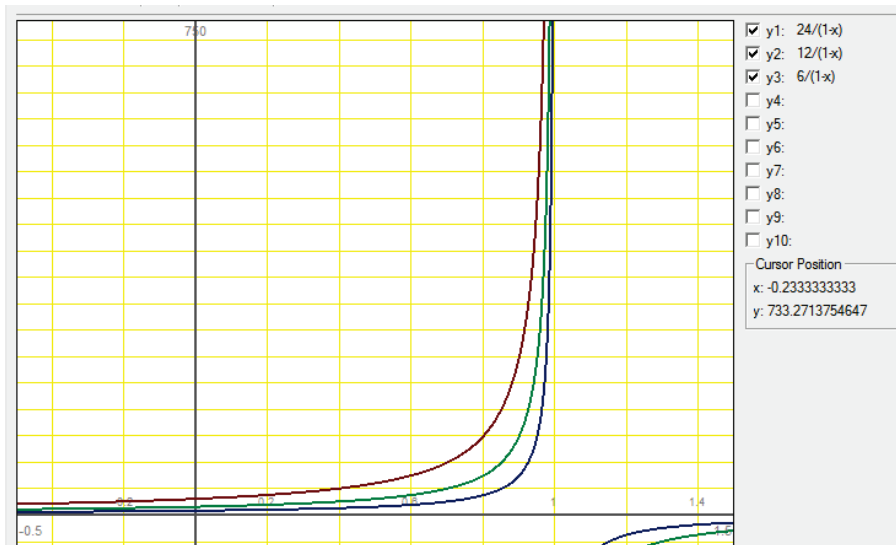


Ilustración 28 – Gráfico de sensibilidad de la rueda a los cambios de demanda como porcentaje de la capacidad por medio de fórmulas. Fuente: elaboración propia.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Para incluir el inventario de seguridad la demanda con la que se calculó la tasa de demanda ya debe incluirlo, en lugar de hacer simplemente la demanda por hora, se divide la (demanda+porcentaje de seguridad) entre el número de horas, de igual forma para calcular la tasa de producción se pondera la demanda de cada producto que incluya el porcentaje de seguridad, con su propia tasa de producción, esto es, tasa de producción del producto 1, por ((la demanda del producto 1+el porcentaje de seguridad del producto 1) entre la demanda total de todos los productos incluyendo porcentaje de seguridad). De esta manera se obtiene la tasa de demanda entre la tasa de producción para calcular el tiempo del ciclo. Por último, como los resultados son en horas y los periodos pueden abarcar varias horas (por ejemplo turnos o días) se puede hacer un ajuste en la fórmula para incluir un porcentaje de utilización deseado, en lugar de 1 que representa el 100%, se usará una fracción (por ejemplo 0.98) y hay que redondear hacia arriba a las unidades del periodo, por ejemplo 83 horas en días de 8 turnos serían 11 días para el ciclo, con cinco horas no útiles, pero que se pueden usar para algún aumento ligero en la demanda o para mantenimiento.

Una vez habiendo obtenido la ecuación característica del ciclo, se puede conocer qué tan sensible es éste con respecto a cambios en la demanda, puesto que la curva está en tiempo de ciclo con respecto a la relación demanda/producción, la derivada de la ecuación nos dirá como nos afecta un cambio en esa relación, al tiempo de ciclo:

$$\frac{d(\text{tiempo de ciclo})}{d(x)} = \frac{\text{tiempo de cambio}}{(1-x)^2}$$

Donde x representa la relación tasa de demanda entre tasa de producción.

Así, por ejemplo, con un tiempo de cambio de 36 horas y una relación de 0.5, se tiene una pendiente de:

$$\frac{36}{(1-0.5)^2} = 144$$

Por cada incremento de 1 en el eje horizontal tenemos un incremento de 144 en el vertical. Por lo que si la demanda crece en 10% ($0.5 \cdot 0.1 = 0.05$) entonces se tendría un aumento aproximado de $144(0.05) = 7.2$ horas en el tiempo de ciclo

Esto es:

$$\text{Aumento del ciclo} = \frac{\text{tiempo de cambio}}{(1-x)^2} (\text{aumento de demanda de } 0 - 1)(x)$$

Donde x=la relación actual entre demanda y producción.

$$\frac{36}{(1-0.05)^2} (0.1)(0.5) = 7.2$$

El resultado es aproximado puesto que la tasa de cambio varía conforme uno se mueve por el eje x, de forma que al “vértice” donde la pendiente cambia más drásticamente se tienen mayores imprecisiones sobre todo si se consideran aumentos muy grandes de demanda, por lo que en ese caso es más recomendable hacer una tabla de cálculos incrementales.

Una vez formalizado el ciclo, en este caso de nueve días, y acercándose al fin del ciclo, se planea el siguiente ciclo, si la demanda es constante se obtendrá un nuevo ciclo de nueve días, si la demanda cambia, el tamaño del ciclo cambiará (puede ser esta vez de 11 días). Como se puede ver es un algoritmo sencillo que sirve bien para la simulación. Se puede optar en un caso determinado por hacer una macro para que efectúe las aproximaciones de manera automática.

Generalmente, las compañías que se están inclinando por este tipo de planeación o las que lo utilizan en sistemas Lean/JIT prefieren tamaños de ciclos uniformes con una variación mínima. No es éste el caso, no se parte de querer satisfacer una demanda estable (que es una de las principales críticas del sistema Lean/JIT, tiene poca utilidad en situaciones de demanda muy cambiante) sino todo lo contrario, y no hay un motivo fuerte para no soportar variaciones de tamaño de ciclo más grandes.

Las diferencias con un sistema de planeación de MRP deben ser evidentes, en un ambiente MRP existe un periodo definido de planeación, por ejemplo un mes, para cada mes se elabora un plan maestro de producción y se programa en línea. Cada mes llega la información de demanda actualizada se elabora un plan maestro de producción y un programa de fabricación, la fabricación tiene que ajustarse a un mes (aunque en la práctica pocas veces ajusta bien) esto implica un mayor esfuerzo en cálculos de capacidad y en muchos casos esos cálculos no son bien ejecutados desde la planeación maestra.

Las ilustraciones 29 y 30 muestran cómo se comportan los niveles de inventarios durante los ciclos de producción.

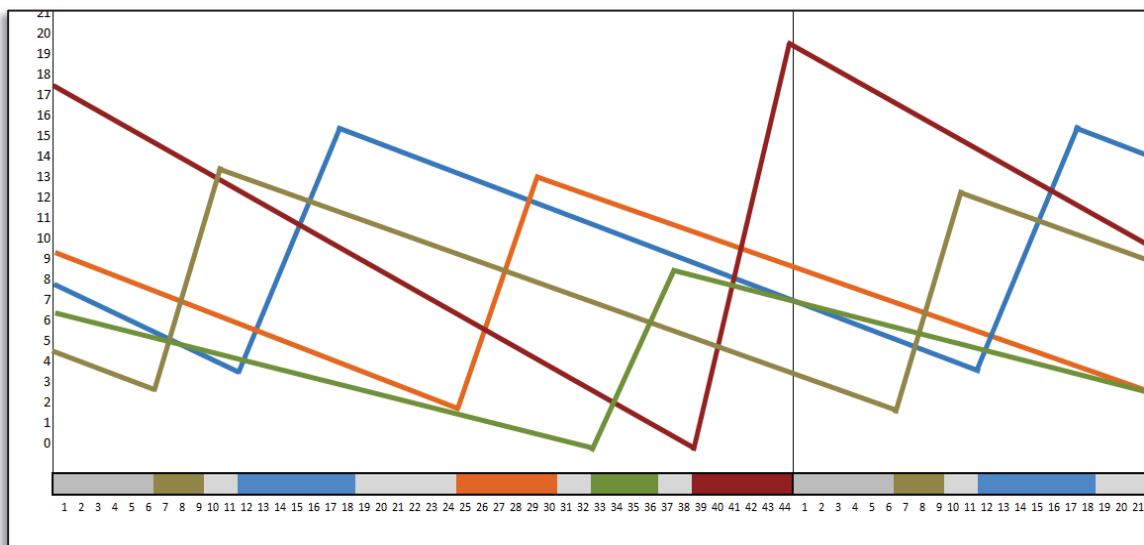


Ilustración 29 – Comportamiento de los inventarios en un ciclo de duración

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

constante. Fuente: elaboración propia.

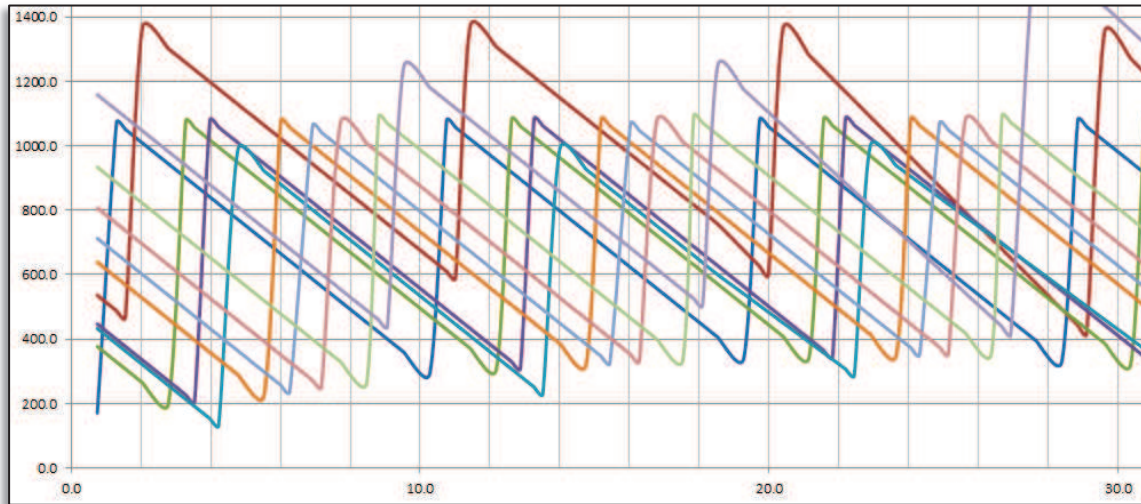


Ilustración 30 – Comportamiento de los inventarios en un ciclo de duración cambiante. Fuente: elaboración propia.

¿Cómo conectar dos estaciones de trabajo en serie?

Cuando se tienen dos estaciones de trabajo que funcionan bajo este sistema y están en serie, se tienen algunos inconvenientes debidos a que pueden estar funcionando en periodos de diferente longitud. Al ser una demanda dependiente de la otra, la demanda dependiente es predecible por lo menos en cuanto al momento de los pedidos (demanda) y dado que la demanda puede variar en cantidad, como ya se había visto, y esto ocurre en más del 95% de las veces a la baja (o sea una demanda menor a la prevista) entonces se puede trabajar con un mínimo stock de seguridad o con ninguno de hecho, teniendo que controlar los inventarios de la misma manera, haciendo que cada orden cumpla con el total previsto de la demanda con lo que sobró de inventario más lo que se producirá en el momento.

Al no coincidir la duración de los periodos y al ser pedidos puntuales por cantidades “grandes” no se puede trabajar completamente con la demanda diaria como una base para el tamaño de las órdenes de producción sino con el número de pedidos que se tendrán en el periodo siguiente y su máximo probable.

Para ilustrar esto con un ejemplo supongamos que la demanda independiente tiene un ciclo de 7 días, esto es cada 7 días se emite un pedido por la demanda de este periodo, y tenemos un ciclo de demanda dependiente de 30 días, o sea que la estación de trabajo anterior surtirá un inventario para 30 días, cada 30 días. Lo que se observaría al pasar el tiempo es que la demanda en algunos casos sería de 4 pedidos por periodo (días 6, 13, 20, 27) y en otros de 5 pedidos por periodo (días 1, 8, 15, 22, 29) quedando el inventario corto en algunos periodos. Como esto es previsible se pueden ajustar las cantidades de inventario o las cantidades de producción sin ningún problema.

Una alternativa aquí sería utilizar un algoritmo de tipo MRP para este caso de demanda dependiente.

3.5.4 Propuesta PULL

A partir del punto de desacoplamiento, es decir, del inventario de producto semi-terminado, el cual será abastecido por medio de pronóstico, se propone un sistema pull que solo atenderá las órdenes del día, pretendiendo abastecer toda la gama de productos requeridos en sus diferentes presentaciones por las órdenes que tengan que enviarse a más tardar el día siguiente (ilustración 31).

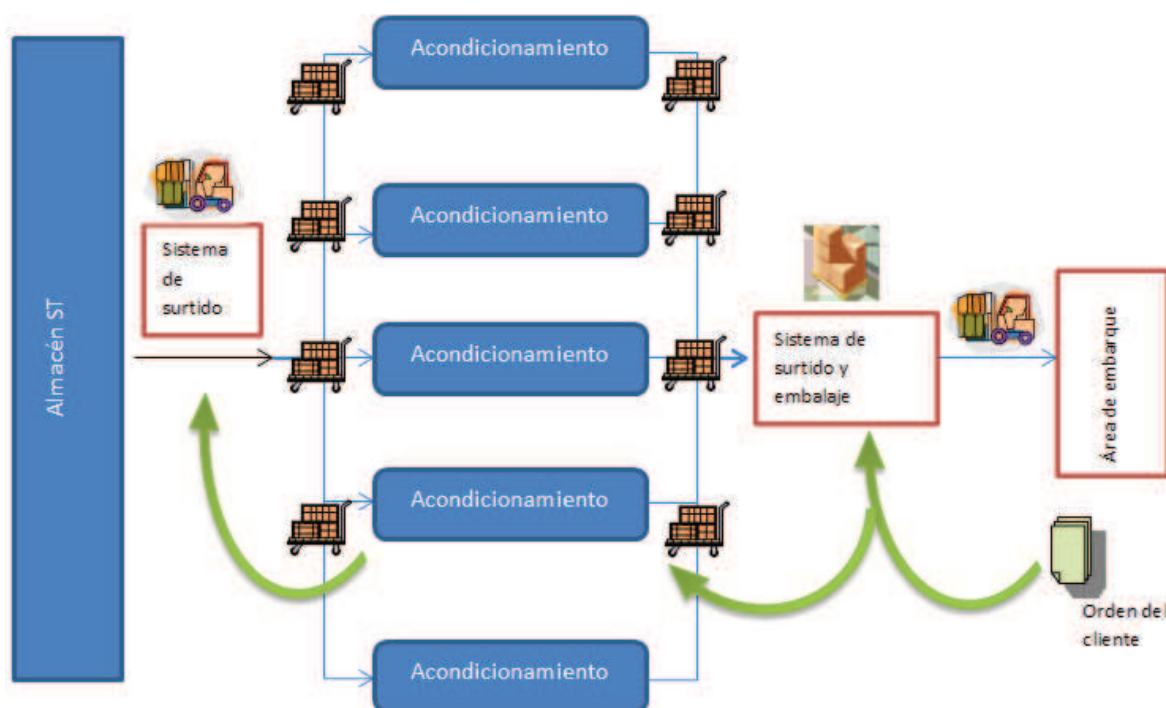


Ilustración 31 – Diagrama del proceso propuesto. Fuente: elaboración propia.

Se asume principalmente que se ha logrado implantar SMED en todas las áreas de acondicionamiento, que los productos que van a cada área, llevan el mismo tipo de acondicionado (empaques de cartón, bolsa, etiquetas, etc.) de manera que el proceso es similar para cada producto en un área. Se asume también que se tienen todos los elementos mecánicos y tecnológicos necesarios para un flujo de materiales continuo (bandas de transportación, mesas de trabajo, montacargas, grúas automáticas). Estas suposiciones existen debido al alcance de la tesis que está orientada a medir el desempeño de los dos sistemas y no a los detalles o costos de su implementación. Podría ser válido suponer que no se requieren elementos de alta tecnología o de alto costo para la implementación, pues depende de muchos factores como el tipo de materiales, las cantidades la distribución de planta etc.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Como ya se había mencionado no se ha incluido el concepto de reposición de supermercados, tampoco el concepto de kanban como una orden con cantidad fija, en este caso la orden viene con cantidad variable dependiendo de lo que se demanda directamente por el cliente.

La información va “rio arriba”, se puede interpretar que entra a un área de procesamiento y de ahí al área de surtido de producto terminado para que junten los productos del pedido, el área de surtido pasa las órdenes siguientes a las áreas de acondicionamiento las cuales pedirán los materiales necesarios al almacén mediante órdenes de surtido de materiales. Al término de cada día, deben estar en piso los productos que se embarcarán el día siguiente. El tiempo de entrega desde la llegada de la orden al almacén de semi-terminados (abreviado como S.T.) hasta su embarque será de 1 día. En una forma más práctica, las órdenes se recolectan en un área de procesamiento donde son conjuntadas para repartir el trabajo por día, la gran diferencia es que el trabajo se planea por día y por lo tanto se tiene un periodo congelado de un día lo cual proporciona cierta flexibilidad para satisfacer cambios en la demanda (Los periodos congelados suelen ser de hasta 1 a 3 meses en algunas industrias manufactureras). Una vez que se programan las entregas del día siguiente, mediante la elaboración de una lista de despacho, se reparte la lista a las cuatro áreas involucradas (surtido de almacén, acondicionamiento, surtido y embalaje, embarque) las cuales irán respetando la secuencia programada, pero el ritmo será marcado por la actividad de acondicionamiento, es decir, surtido de almacén no puede pasar el material hasta que tenga la señal de acondicionamiento. El área de surtido y embalaje junta los productos por orden y los envía al área de embarque, el piso de surtido estará en constante espera de la salida de empaque para poder completar los pedidos con los diferentes productos, de manera que es un área con un tiempo de espera de 1 día (se puede decir que es un almacén de producto terminado con inventario de menos de 1 día de cobertura). Algunos pedidos se completarán más pronto, otros tendrán que esperar hasta la última entrega de acondicionamiento, al final del día el área de surtido y embalaje deberá tener todos los pedidos del día listos para que se embarquen a primera hora del día siguiente. El área de embarque siempre tendrá todo el trabajo del día disponible desde la primera hora, y se dedicará a cargar los camiones y despacharlos.

El área de procesamiento que recibe los pedidos puede pertenecer al área de surtido y embalaje de producto terminado o al área de embarque.

Se puede tener una regla para la recepción de pedidos:

Se reciben pedidos por adelantado con fecha de entrega, esto permitiría repartir los pedidos por día y ver si se tienen conflictos de capacidad para solicitar un aplazamiento o adelanto de entregas.

La ilustración 31 muestra un esquema de la distribución de planta bajo esta propuesta.

La regla principal en esta etapa es NO PRONOSTICAR. Trabajar sólo lo que tiene un pedido en firme asociado. Adelantar trabajo es pronosticar y genera un inventario y mayores costos. Esto es lo que le da a este proyecto el nombre de pull. Esto no implica que no se puedan administrar los pedidos por adelantado, tal como se hace en la práctica habitual. En las áreas de surtido, embalaje y embarque de producto terminado, generalmente pertenecientes al almacén de producto terminado, se administran estos trabajos de acuerdo con los pedidos que se han recibido: se tiene un inventario disponible, se elaboran las listas de recolección, se busca el producto en el almacén y se baja a piso (esto puede ser en forma manual o por grúas automatizadas) en piso se surten las órdenes conforme a los pedidos, conforme

se van completando se estiban en una tarima, se paletizan, se juntan las tarimas en el área de embarque y se despachan. Esto requiere de una administración de almacén para obtener localizaciones, categorías de productos, dónde colocar los de mayor y menor rotación, los de mayor y menor costo, los que requieren condiciones especiales, muchas veces el producto se va recogiendo en montacargas para bajar una tarima a piso donde un almacenista con un "patín" manual tomará las piezas que se requieren para los siguientes pedidos. Todo este trabajo desaparece transfiriéndose al área de almacén de semi-terminados donde el número de SKU's es mucho menor y donde los movimientos de materiales son mucho menores y van por familias. En lugar del trabajo de recolección en almacén de producto terminado se hace una orden de acondicionamiento. El resto de la administración de pedidos se hace de la misma forma en que se hacía antes. Ahora en lugar de tener una solicitud para recolectar el producto terminado el cual se empaquetará y se enviará al día siguiente, se tiene una orden de acondicionamiento que reaccionará con la misma velocidad de la recolección.

Características pull utilizadas:

SMED

Single Schedule Point.

Inventarios mínimos.

No utilización de pronósticos.

3.5.6 Codificación y programación

La codificación incluye variables que van contando y promediando los inventarios en tres etapas del proceso, etapa 1 de semi-terminado, al salir del área de transformación, etapa 2 de semi-terminado al salir del área de formado y etapa de PT al salir del área de acondicionamiento.

Se agregó un contador que va acumulando el número de días que cualquier SKU cae en faltante debido a las variaciones de demanda. También se tienen variables que cuentan la cantidad de artículos faltantes, puesto que es posible tener varios días de faltante de una sola pieza, o un día de faltantes de un número grande de piezas faltantes.

Se incluyeron también elementos de espera para la preparación de la maquinaria para poder contabilizar el tiempo que la maquinaria está siendo preparada para la siguiente presentación. Así como un área de espera para que sólo un producto esté en tiempo de preparación a la vez. Los productos en cada estación de trabajo tienen que pasar por las tres etapas, primero al área de espera, hasta que el producto en proceso sale de producción, el siguiente (sólo uno) producto puede pasar al área de preparación para de esta manera representar que la maquinaria se está preparando para recibirlo, una vez concluido el tiempo de preparación, pasa al área de procesamiento.

Se consideraron los tiempos de transporte y los tiempos de preparación, así como los tiempos de espera en inventarios como tiempos sin valor agregado, pero que afectan al tiempo de entrega total del SKU.

Existen elementos de entrada de tres tipos: los productos que entran al sistema, entran de manera programada a la estación de trabajo 0. Si por alguna razón un producto no terminara de procesarse antes de que llegue el siguiente o los siguientes productos, estos tendrán que esperar en un área de almacenamiento.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Las órdenes de manufactura, una vez que los productos han pasado por la estación 0, estos entran a un almacén de donde se van tomando para entrar en las áreas de manufactura (estaciones 1,2,3), esto ocurre cuando una orden de manufactura entra al sistema, las órdenes entran de manera independiente (no están conectadas con las estaciones de trabajo) pero tienen la información que dispara la continuación de la ruta de los productos que están esperando en almacén. Las órdenes entran de acuerdo con un programa que se hizo en Excel, el cual se muestra en la propuesta.

Las órdenes de venta, tampoco están conectadas con las estaciones de trabajo, y en este caso llegan de manera periódica una vez cada 24 horas para representar las ventas diarias. Estas órdenes tienen la información que dispara la continuación del trayecto de los productos almacenados en el almacén principal, los cuales pasarán al área de acondicionamiento para su despacho.

Las órdenes de embarque, también cada 24 horas entra una orden de embarque para representar la salida de productos diaria, estas órdenes dan salida a todos los productos que se encuentren en ese momento en el área de embarque. Los que no se vayan en ese momento (que lleguen minutos después) tendrán que esperar al día siguiente para despacharse en lo que sería un área de embarque o zona de almacenamiento de producto terminado de 24 horas.

Los detalles completos de la codificación se muestran en el apéndice B.

Los detalles de los cálculos se muestran en las tablas del apéndice A.

Los datos de pronóstico de demanda son los mismos que los usados para el proceso inicial. En este caso, mediante una distribución normal se calculó el número de lotes mensuales a producir que cubriría el 95% de las demandas para los próximos cuatro periodos (tabla A18 del apéndice A).

El inventario de seguridad se calculó también para obtener un 95% de nivel de servicio (tabla de datos A18 del apéndice A).

Con los datos de demanda se usó una tabla de Excel para calcular la “rueda de producción”. En un proceso iterativo se van colocando las demandas acumuladas por días en la tabla que calculará los tiempos de producción más los tiempos de cambio contra el tiempo de ciclo propuesto hasta que el resultado sea factible. Por ejemplo, producir la demanda de 56 horas me puede tomar 60 horas por lo que el plan no es factible (esto debido a las velocidades de manufactura y a los tiempos de cambio) sin embargo producir la demanda de 64 horas me puede tomar 63.6 horas por lo que el ciclo sí es factible.

En la ilustración 32 podemos ver a manera de ejemplo el gráfico de pay para la estación de manufactura 1.

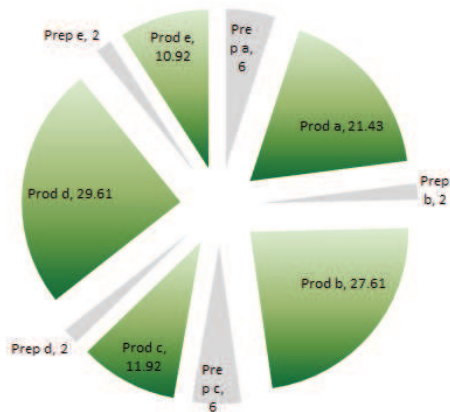


Ilustración 32 – Gráfico de pay de tiempos de producción. Fuente: elaboración propia.

Gráfico de pay de tiempos de producción. Se lee (Prep a, 6) = preparación de producto a, 6 horas. (Prod a 21.43) = tiempo de producción de a= 21.43 horas. Etc.

Los datos del ciclo obtenido como factible se deben ajustar para alimentar el modelo del simulador. Después de ajustar las cantidades a producir con los inventarios sobrantes en cada ciclo, la programación queda definida (tabla A19 del apéndice A) formateada para poder ingresarla al simulador.

Las tablas A20 y A21 del apéndice A tienen los cálculos para las estaciones de manufactura 2 y 3.

La estación de mezclado, o estación 0 se encuentra en serie con las estaciones de manufactura o formado. Como se mencionó anteriormente se requieren hacer ajustes a las cantidades debido a los desfases en los tiempos de ciclos que están en serie. Estos ajustes se hicieron manualmente y se muestran en la tabla A22 del apéndice A junto con los demás cálculos del ciclo de la estación 0.

3.5.7 Corrida y resultados

La corrida se efectuó por 1344 horas totales que equivale a dos meses u ocho semanas. Las cuales para fines de utilización de maquinaria se consideró un turno de 8 horas al día, por 5 días a la semana por 4 semanas al mes. Es decir una programación total de 320 horas.

Cabe mencionar que el simulador requiere de un tiempo adicional de “calentamiento” (warmup en inglés) el cual es un tiempo para el llenado de las líneas e inventarios hasta lograr un funcionamiento “normal” una vez ocurrido esto, se empiezan a contabilizar las 1344 horas.

Lo anterior se puede observar en la tabla C-2.1 en el apéndice C bajo el título de Encabezado, tal como es generado por processmodel.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

INVENTARIOS

Intencionalmente se ha dejado un remanente de unas cuantas piezas en todos los inventarios de forma que se pueda identificar claramente cuando ha ocurrido un agotamiento. El cero en el inventario del ST17 significa que en algún momento ocurrió un desfase entre pedido y surtido (el pedido llegó antes que el surtido) pero se verá a continuación que no impactó en un faltante de producto terminado.

En este caso tenemos dos almacenes de producto semiterminado de los cuales uno es de tránsito entre la etapa 1 y dos de manufactura y el segundo es el que provee a las áreas de acondicionamiento en la etapa pull. El almacén de producto terminado desaparece pero se hace una cuenta de inventarios de producto terminado en el área de embarque, el cual es un inventario de 1 día.

PROMEDIO DE INVENTARIOS DE S.T. EN ETAPA 1: 31'963 UNIDADES
OCUPACIÓN MÁXIMA PROBABLE DE S.T. EN ETAPA 1: 61'988 UNIDADES
PROMEDIO DE INVENTARIOS DE S.T. EN ETAPA 2: 20'955 UNIDADES
OCUPACIÓN MÁXIMA PROBABLE DE S.T. EN ETAPA 2: 37'226 UNIDADES
PROMEDIO DE INVENTARIOS DE P.T.: 1164 UNIDADES
OCUPACIÓN MÁXIMA PROBABLE DE P.T.: 3'201 UNIDADES

DÍAS DE STOCK OUT: 0
NÚMERO DE SKUS EN FALTANTE: 0

COSTO TOTAL DE INVENTARIOS: No se tienen datos de costos reales por lo que para fines de comparación se asignaron arbitrariamente costos de operación y transporte. De esta manera se podrá hacer una comparación del valor de los inventarios aun cuando estén en una etapa diferente del proceso. En este caso sólo se requiere el valor del producto en los almacenes, y el costo por espacio ocupado en el almacén. Respecto al costo por mantener el inventario en el almacén se considera que al reducir el tiempo de entrega se está incrementando la rotación de inventarios y por lo tanto se invierte menos por producto en gastos de almacenaje, es decir, el tiempo de entrega sería una medición indirecta pero suficiente para el fin de este estudio.

Arbitrariamente se ha asignado un costo de 1 por materiales para todos los productos sin considerar la adición de componentes durante el recorrido por el proceso, un costo de 1 por estación de trabajo y un costo de 0.5 por transporte.

De esta manera para el primer almacén se tiene un costo acumulado de $1+0.5+1+0.5=3$ por cada pieza.

Para el segundo almacén se tiene un costo de $3+0.5+1+0.5=5$ por cada pieza.

Para el producto terminado se tiene $5+0.5+1+0.5=7$ por pieza.

De esta manera los costos totales de inventarios serán:

$$31'963(3)+20'955(5)+1'164(7)=208'812$$

Este dato solamente servirá para comparar la reducción o aumento en porcentaje con respecto al otro modelo ya que monetariamente no tiene ningún significado.

Los inventarios y los contadores de "stock out", es decir, de productos que caen en faltante, se han ido contando en forma de variables. Los detalles de lo calculado anteriormente se pueden ver tal como los resume processmodel en la tabla C-2.3 Variables, del apéndice C.

ARTÍCULOS

TIEMPO DE ENTREGA PROMEDIO: 33'354.9 MIN
TIEMPO DE VALOR AGREGADO PROMEDIO: 760.8 MIN
COSTO PROMEDIO: 1.892
EFICIENCIA DEL CICLO DE MANUFACTURA: $760.8/33354.9=0.0228$

El resumen de estos datos generados por processmodel se puede ver en la tabla C-2.4 Entidades, del apéndice C.

CENTROS DE TRABAJO

PORCENTAJE DE TIEMPO DE OPERACIÓN EN ETAPA 1: 35.14%
PORCENTAJE DE TIEMPO EN PREPARACIÓN: 53.17%
PORCENTAJE DE TIEMPO OCIOSO: 11.69%

PORCENTAJE DE TIEMPO DE OPERACIÓN EN ETAPA 2: 60.22%
PORCENTAJE DE TIEMPO EN PREPARACIÓN: 27.41%
PORCENTAJE DE TIEMPO OCIOSO: 12.36%

PORCENTAJE DE TIEMPO DE OPERACIÓN EN ETAPA P.T.: 8.71%
PORCENTAJE DE TIEMPO EN PREPARACIÓN: 51.72%
PORCENTAJE DE TIEMPO OCIOSO: 39.56%

Para estos cálculos se ha utilizado el porcentaje de utilización de la actividad (Man0, Man1 etc) y también el porcentaje de utilización de las actividades denominadas "Setup" que representan el tiempo de preparación de la estación de trabajo, el resto del tiempo se considera ocioso.

Los detalles completos de los resultados obtenidos mediante la simulación se muestran en el apéndice C, tabla C-2.2 Actividades, tal como los muestra Processmodel.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

4. RESULTADOS.

4.1 Cambios en KPIs, estados financieros.

Tabla 12 – Comparación de indicadores de los dos procesos. Fuente: Elaboración propia.

INDICADOR	PROCESO ORIGINAL	PROPUESTA	CAMBIO
tiempo de entrega (lead time) [min]	67'955	33'354.9	51%
costos de inventarios [\$]	521'540	208'812	60%
días de faltantes	112	0	DE 112 DÍAS A 0 DÍAS
SKUs en faltante	7	0	DE 7 SKUS A 0 SKU
utilización de las estaciones de acondicionamiento [%]	83.66	8.71	de 83.66% a 8.71%
utilización de las estaciones de S.T. [%]	43.32	60.22	DE 43.32% A 60.22%
utilización de las estaciones de S.T. etapa 1 [%]	23.59	35.14	DE 23.59% A 35.14%
Eficiencia del ciclo de manufactura	0.00256	0.0228	Mejora de 890%

En el marco teórico se presentaron una serie de indicadores de desempeño que son comunes en cualquier empresa. Aquí se enlistan en forma resumida los indicadores que estarían siendo afectados de manera directa o indirecta con los resultados obtenidos de la simulación:

Tabla 13 – Indicadores de balanced scorecard afectados por los cambio. Fuente: Elaboración propia.

KPI's comunes con afectación positiva por los resultados obtenidos.

Indicadores	Afectación directa o indirecta	Causa de la afectación	Explicación
Indicadores del MPS o MRPII			
Órdenes completadas	Directa	Por el aumento en disponibilidad de inventarios y reducción de faltantes	Una orden no entregada se debe a la falta de inventarios, o a la falta de capacidad. En este caso se mejora la entrega de órdenes por la reducción de faltantes.
Porcentaje de cambios	Directa	Por ser un programa más sencillo	Los cambios al MRP y MPS se reducirán drásticamente al utilizar este modelo de programación sencilla.
Número de órdenes vencidas	Directa	Por el aumento en disponibilidad de inventarios y reducción de faltantes	Órdenes vencidas se refiere a órdenes cuya fecha de entrega se ha sobrepasado, esto se debe a que no hay disponibilidad de inventarios probablemente por un programa que va atrasado, con los dos puntos anteriores se disminuyen también las órdenes vencidas.
Días de suministro	Directa	Por la disminución de inventarios	Los días de suministro bajan al disminuir los inventarios, sin embargo la medida ideal depende de la empresa y sus

Inventario en exceso u obsoleto	Directa	Por el aumento de la rotación de inventarios	políticas. Al aumentar la rotación se reduce el riesgo de inventarios obsoletos.
Rotación de inventarios	Directa	Por la disminución de inventarios	Bajo la misma demanda, una disminución de inventarios significa un aumento en su rotación, esto es un mejor uso de los recursos financieros.
Costos asociados a la calidad	Indirecta	Por la cultura de trabajo asociada a los cambios	Cambios en la cultura de trabajo suelen estar acompañados de una mejora en la calidad, sin embargo, esto no es comprobable mediante este trabajo.
Entregas a tiempo	Directa	Por la disponibilidad de inventarios	La disponibilidad de inventarios mejora el nivel de entregas a tiempo, sin embargo puede haber otros factores que afecten, como incidentes en la logística.
Órdenes perfectas, a tiempo, y completas	Directa	Por la disponibilidad de inventarios	Igual que el punto anterior.
Fill rate (órdenes completas)	Directa	Por la disponibilidad de inventarios	Igual que el punto anterior.
Line rate (productos completos en cantidad)	Directa	Por la disponibilidad de inventarios	Igual que el punto anterior.
Calidad	Indirecta	Por la cultura de trabajo asociada a los cambios	Cambios en la cultura de trabajo suelen estar acompañados de una mejora en la calidad, sin embargo, esto no es comprobable mediante este trabajo.
Tiempo de entrega (lead time)	Directa	Por la disminución de inventarios	Se comprobó la disminución del tiempo de entrega, así como la disminución del inventario que factor importante en el tiempo de entrega.

Indicadores de Balanced Scorecard

Perspectiva Financiera

Costo unitario de productos	Indirecta	Posible por el aumento de efectividad del proceso.	Al disminuir el tiempo que pasa un producto en almacenamiento, se disminuye el costo asociado a mantener el inventario de manera unitaria. Lo mismo puede suceder al disminuir los tiempos de preparación
Mejoramiento de utilización de activos	Directa	Por la capacidad liberada mediante SMED y la mejor utilización por secuenciación	La utilización de la maquinaria no debe ser prioridad, una utilización baja significa capacidad sobrante, y su aumento solamente se debe justificar con un aumento en las ventas, el uso defectivo de los activos invertidos en inventarios, sí es una prioridad.

Perspectiva del cliente

Incremento de la retención de clientes	Indirecta	Por el mejoramiento del nivel de servicio	La entrega de órdenes perfectas es un factor en la retención de los clientes, pero no es el único, esto dependerá de la estrategia competitiva de la compañía.
Decremento del precio	Indirecta	Posible por la reducción de costos	Una reducción de costos se puede utilizar para lograr un precio competitivo o para mejorar el rendimiento a accionistas.
Mejoramiento de la calidad del producto	Indirecta	Por la filosofía de trabajo implantada	Se ha mencionado cómo una nueva filosofía empresarial puede mejorar la calidad final del producto.
Incremento en la confiabilidad de entrega	Directa	Por la reducción de faltantes de inventario	Se demostró una mejor disponibilidad de inventarios.

Perspectiva de procesos

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Decremento del tiempo de ciclo de desarrollo de nuevos productos	Directa	Por la reducción del tiempo de entrega	Una reducción del "lead time" de manufactura es una aportación a la rapidez con que un producto nuevo se puede colocar en el mercado.
Incremento de la calidad del proceso	Indirecta	Por la filosofía de trabajo implantada	Se requiere y se presupone una filosofía nueva de trabajo orientada al cliente.
Incremento de la eficiencia del proceso	Directa	Por la reducción del tiempo de entrega, tiempo de preparación y costo.	Se ha demostrado una mejor utilización de los recursos.
Decremento en el tiempo de procesamiento	Directa	Por la reducción de tiempos de preparación, tiempo de entrega y el incremento de la eficiencia del ciclo.	Aunque se manejaron tiempos de procesamiento iguales, la disminución en tiempos de preparación presupuesta es un factor a tomar en cuenta.
Perspectiva de desarrollo			
Incrementar las competencias de los empleados	Indirecta	Por el aumento de la productividad (ingresos/No. De empleados)	El proceso presupone un entrenamiento a todos los empleados, y una mejora en la productividad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se ha comprobado la importancia de que las propuestas de mejora tengan un fundamento estratégico para poder conducir a resultados favorables a nivel empresa y no sólo a nivel departamento.

Se establecieron indicadores que corresponderían con las mediciones de una estrategia típica favorable para casi cualquier tipo de organización basada en un balanced scorecard estándar, y al final se vieron los resultados alineados con la estrategia supuesta. Con esto se comprueba la utilidad de la propuesta como ventaja competitiva.

Se ha comprobado entonces que mediante un cambio en la organización de la manufactura se pueden obtener ventajas competitivas como flexibilidad, rapidez o capacidad de respuesta, costo, calidad dentro de las cuales se engloban las ventajas competitivas inherentes al servicio al cliente o en los servicios en general como serían tiempo de entrega, variedad de productos, personalización, que sería posible conseguir mediante el mismo proceso.

Como se puede ver en los resultados la propuesta ataca principalmente costo, por la reducción de costo que puede representar una nueva organización del proceso de producción (inventarios, tiempos), y oportunidad por medio de la flexibilidad y agilidad del proceso se puede obtener, como parte de los servicios entregados por la función de manufactura, un mayor nivel de confiabilidad en la entrega y tiempo de respuesta, es decir una mejor adaptación a la demanda.

Se han hecho modificaciones a factores tácticos usados como palancas de administración en:

Procesos (calificadores y ganadores de órdenes, nuevos procesos, competencias esenciales y tecnologías).

Sistema de operaciones (estrategia de flujo, tipo de proceso, planeación y control de la producción, niveles de inventario, capacidad e utilización de la maquinaria, costos, capacidad).

Como nota recordatoria añadiré que el alcance de la tesis no incluye los métodos y costos que serían necesarios para llegar de un estado a otro (del estado inicial al propuesto) sino simplemente investigar sobre los beneficios finales que se obtendrían.

Los resultados comprueban la poca eficiencia de una planeación con base en fechas de entrega y basada en un MRP frente a otros tipos de propuestas. Esto se puede comprobar analizando los resultados, se ven mejoras en los porcentajes de utilización de las áreas de manufactura con excepción de las áreas de acondicionamiento, pero, ¿A qué se debe que las áreas de acondicionamiento tengan ahora un utilización tan significativamente menor que antes cuando se supone haber aplicado SMED? La respuesta es sencilla, se tiene capacidad liberada y una mayor rotación de artículos de diferentes familias con el fin de brindar flexibilidad. Está fuera del alcance de esta tesis el demostrar que se podría trabajar con menos líneas de acondicionamiento. En el caso de las áreas de manufactura, se demostró que al programar por fechas de entrega y hacia atrás, se requiere un exceso de capacidad para garantizar el cumplimiento de

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

los requerimientos mandados por las líneas de acondicionamiento, mismas que en teoría deben estar funcionando a su máxima capacidad considerando las limitaciones que imponen los tiempos de cambio tradicionalmente largos. Las fechas de entrega impuestas por las líneas de acondicionamiento no permiten que las estaciones de trabajo anteriores se programen de manera óptima, lo que causa horas inactivas en el programa de éstas y en muchos casos adelantos en las entregas. Ambos casos son indeseables, los adelantos significan inventario en proceso con los costos y requerimientos de espacio y manejo de materiales no organizado que esto implica. Inventarios significan aumento de tiempos de entrega (lead times) y esto significa disminución de la capacidad de reacción y costos. Lo último es aplicable en especial para los inventarios en proceso pues ni siquiera significan productos disponibles para venta.

En la propuesta que se hizo las líneas de formado aun cuando se están aplicando inventarios de seguridad y se tiene cierto grado de desaprovechamiento de capacidad en los ciclos con menor demanda, la utilización creció. Pero no se debe de caer en el error de pensar que un aumento en la utilización de las líneas de producción es necesariamente bueno. Solo en el caso de dicho aumento esté soportando ventas reales, éste será benéfico. De no ser así, se presentaría un aumento en los inventarios. Las reducciones en los inventarios y en el tiempo de ciclo demuestran que este no es el caso.

La reducción de los días de faltante se traduce como un aumento en el nivel de servicio que era uno de los objetivos esperados. La razón para esto es que al retrasar el acondicionamiento se tiene producto semi-terminado listo para empacar en la presentación requerida, en lugar de producto terminado ya subdividido y con una presentación fija que no se puede cambiar si no es con un re-trabajo en caso de que alguna presentación aumente su demanda mientras otra la disminuye.

La cantidad promedio de inventarios está íntimamente ligada con el tiempo de entrega o lead time, una reducción en inventarios automáticamente resultará en una reducción en tiempo de entrega, y esto significa tiempo de respuesta, pero los beneficios son más que esto. La inversión en espacio e infraestructura para el manejo de inventarios (sistemas de aire acondicionado, racks, montacargas o grúas automáticas, personal, gasto de electricidad, combustible, etc.) es cuantiosa y una reducción en el nivel de inventarios trae beneficios instantáneos. Además de la disminución en costo de inventarios por sí misma, es decir, de tener menos artículos en inventario, al transformar el inventario de P.T. en inventario de S.T. se tienen automáticamente artículos de menor costo y sobre todo artículos almacenables en granel genérico lo que significa que el espacio por artículo es mucho menor que el espacio ocupado por el P.T. por ejemplo, si tenemos un artículo en granel que se divide en tres presentaciones, este artículo que originalmente ocupa una tarima y una posición de almacén, al dividirse ocupará tres, sumándole también el espacio adicional ocupado por los materiales de protección individual y empaques como unicel, cajas de cartón etc. con lo cual el volumen por artículo es mayor. Existen varios escritos sobre las ventajas de reducir los tiempos de entrega, como ejemplo cito algunos de los mencionados por Hallet (Hallet, 2010):

- Reducción de los costos operativos
- Reducción de la inversión en activos
- Incremento de la capacidad

- Incremento de Throughput
- Incremento en ventas
- Incremento en la satisfacción de los empleados
- Mejora de la calidad

Cada día es más fácil hacer estudios comparativos de los diferentes sistemas de producción y planeación, así como de las estrategias de manufactura y negocios, se cuentan con medios electrónicos para hacer estas comparaciones que van desde simples hojas de cálculo hasta programas de simulación o ambientes de pruebas de ERPs completos como es el caso de los ERP de SAP. Los métodos más usados para planear y producir son generalmente producto de herencias de conocimiento en las compañías, y en gran parte de conocimiento empírico más que producto de un análisis, pero es válido cuestionar y poner a prueba dichos sistemas. Así es como muchas teorías y suposiciones han caído para dar lugar a otras más efectivas y en muchos casos más simples. Se observa también cada vez más una personalización de los sistemas de producción, es decir, que se implantan soluciones a medida en lugar de soluciones estándar. Es recomendable seguir esta línea y desarrollar sistemas de prueba para las estrategias e ir más allá del conocimiento heredado.

REFERENCIAS

- Allgair, P. Greg [et al]. *APICS Certified Supply Chain Professional*. E.U.A.: APICS, 2010
- Atkinson, J. *Manpower strategies for flexible organizations*. *Personnel management*, 1984, agosto, 16(8), 28-31.
- Campos, Jesús [et al]. *Programa de formación de planeadores compradores*. México: APICS, 2008.
- Chase, Richard; Jacobs, F. Robert; Aquilano, Nicholas. *Administración de operaciones producción y cadena de suministros*. 12ª edición. México: McGraw Hill, 2009.
- Dove, Rick. *Agile enterprise cornerstones: knowledge, values & response ability*. (Business Agility and Information Technology Diffusion), Atlanta: Springer Boston, 2006.
- Guasch, Antoni [et al]. *Modelado y simulación Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. México: Alfaomega, 2005.
- Hallet, David. Pull Scheduling Overview [En línea]. E.U.A. David Hallet, 2010. Disponible en: <http://www.pullscheduling.com/Pages/FreeLeanPullSchedulingBook.aspx>
- Hansen, Don; Mowen, Maryanne. *Administración de costos contabilidad y control*. 5a edición. México: Cengage Learning, 2009.
- Hayes R. H.; Pisano, G.P. "Manufacturing Strategy at intersection of two paradigm shifts". *Production and Operations Management* 5, no. 1 (Spring, 1996): 25-41.
- Hayes, R.H.; Wheelwright, S.C. *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing*. New York: John Wiley, 1984.
- Hill T. J. *Manufacturing Strategy*. Londres: Macmillan Educational, 1985
- Kaplan, Robert S.; Norton, David P. *The balanced scorecard*. Boston: HBS Press, 1996.
- Kotler, Philip; Armstrong, Gary. *Mercadotecnia*. 6a edición. México: Prentice-Hall, 1996.
- Lefeber, E.; Rooda J.E. SE-Report: Nr. 2006-01, *Modeling and Analysis of Manufacturing Systems*, Eindhoven, Eindhoven University of Technology, 2006.
- Lowson, R. H. *Strategic Operations Management: The new competitive advantage*. London: Routledge, 2002.

Mintzberg, H. *Generic strategies: Toward a comprehensive framework*. Advances in strategic management. 1988, vol 5, 1-67.

Pine II, B.J. *Mass customizing products and services*, Planning review. 1993, julio, vol 21, 6-55.

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage creating and sustaining superior performance*. The free press.

Porter, M.E. (1985). *Competitive Strategy*. The free press.

Porter M. E. (1980). *Generic Strategies*. Diplomica Verlag

Porter, M. E. (1996). *What is strategy*. Harvard Business Review.

Porter, M.E. (2008). *The Five Competitive Forces That Shape Strategy*, Harvard business Review.

Vollmann Thomas E.; William L. Berry; D. Clay Whiybark. *Sistemas de planificación y control de la fabricación*. México: McGraw Hill, 1999.

Rythm-Wheel.Com [en línea]. Alemania: Camelot Management Consultants AG. [Consulta: Julio 2012]. Disponible en: <http://www.rhythm-wheel.com/en/rw-design/>

Sakakibara, S.; Flynn, B.B.; Schroeder, R.G. *A framework and measurement instrument for just-in-time manufacturing*. USA: Production and Operations Management 2 (3), 177-194, 1993.

Slack, Nigel; Lewis, Michael. *Operations Strategy*. Essex: Prentice-Hall, 2002

Suri, Rajan. *Quick Response Manufacturing: A Competitive Strategy for the 21st Century*. Portland: Productivity press, 2002.

Swamidass, P. M. *Innovations in competitive manufacturing*. New York: AMACOM, 2002.

Swamidass, P.M. et al. *Encyclopedia of production and manufacturing management*. U.S.A.: Kluwer Academic Publishers, 2000.

Tolbert, Fred. *The Seven Deadly Sins of Sales Forecasting [En línea]*. U.S.A.: APICS, 2012 [Consulta: Julio 2012]. Disponible en: <http://www.apics.org/news-landing-page/2012/04/04/the-seven-deadly-sins-of-sales-forecasting>.

Tubino, Francisco; Suri, Rajan. *"What Kind of 'Numbers' can a Company Expect After Implementing Quick Response Manufacturing? Empirical data from several projects on Lead Time Reduction"*. Dearborn, MI, 2000 Society of Manufacturing Engineers Press, 2000.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Upton, M. David. *What really makes factories flexible*. U.S.A.: Harvard Business Review, 1995.

Wheelwright, H. *Restoring our competitive edge: Competing through manufacturing*. U.S.A: Harvard Business Review, 1984.

Womack, J.P.; Jones, D.T. *Lean Thinking*. España: Gestión 2000, 2005.

Wortmann, J.C. *Production management systems for One-of-a-kind products*. Computers in Industry - Special issue: ATPMS '92, 1992, abril vol 19 (1), 79-88.

APÉNDICE A - TABLAS DE DATOS Y CÁLCULOS

Tabla A1 - LISTA DE CODIGOS DE PRODUCTOS SEMITERMINADOS FABRICADOS EN PLANTA Y SUS RUTAS

NUM	CÓDIGO ST	Familia	TAM LOTE (Pz)	LÍNEA1	TIEMPO FAB (hr/pz)	LÍNEA2	TIEMPO FAB2 (hr/pz)	LÍNEA3	CÓDIGO	Tam Lote	TIEMPO FAB3
1	STF0101	1	840	MANO	0.00111111	MAN1	0.00606428	-	-	-	-
2	STF0102	1	840	MANO	0.00111111	MAN1	0.00612745	ACABADO1	STF0102A	150	168
3	STF0203	2	840	MANO	0.00111111	MAN1	0.01109878	-	-	-	-
4	STF0204	2	840	MANO	0.00111111	MAN1	0.00773994	-	-	-	-
5	STF0205	2	840	MANO	0.00111111	MAN1	0.00735294	ACABADO1	STF0205A	150	150
6	STF0306	3	840	MANO	0.00111111	MAN2	0.00547645	ACABADO1	STF0306A	150	140
7	STF0307	3	840	MANO	0.00111111	MAN2	0.00622665	ACABADO1	STF0307A	150	130
8	STF0408	4	840	MANO	0.00111111	MAN2	0.00528541	-	-	-	-
9	STF0409	4	840	MANO	0.00111111	MAN2	0.00649351	ACABADO1	STF0409A	150	120
10	STF0410	4	840	MANO	0.00111111	MAN2	0.00463822	-	-	-	-
11	STF0511	5	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.0041336	-	-	-	-
12	STF0512	5	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.00431332	-	-	-	-
13	STF0613	6	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.00386518	-	-	-	-
14	STF0614	6	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.004879	-	-	-	-
15	STF0615	6	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.00431332	-	-	-	-
16	STF0716	7	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.00595238	-	-	-	-
17	STF0717	7	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.00504439	-	-	-	-
18	STF0718	7	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.0032002	-	-	-	-
19	STF0819	8	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.00444208	-	-	-	-
20	STF0820	8	840	MANO	0.00111111	MAN3	0.0036295	-	-	-	-

Tabla A2 - CÓDIGOS DE PRODUCTO TERMINADO CON RUTA, TAMAÑO DE LOTE ECONÓMICO, COSTO Y VELOCIDAD DE MANUFACTURA.

NUM	CÓDIGO	LÍNEA ACOND	Semi-terminado	RUTA	Presentación	Can-tidad ST req	EOQ	VELOCIDAD DE LÍNEA
1	PT010101	ACON1	STF0101	1: Man0-Man1-Acon1	1	1	100	67.9
2	PT010102	ACON1	STF0101		1	2	100	70
3	PT010103	ACON1	STF0101		1	3	100	53.2
4	PT010201	ACON1	STF0102		1	1	100	60.2
5	PT010202	ACON1	STF0102		1	2	100	66.5
6	PT010203	ACON1	STF0102		1	3	100	51.1
7	PT010201A	ACON1	STF0102A	2: Man0-Man1-Acabado-Acon1	1	1	100	53.2
8	PT010202A	ACON1	STF0102A		2	2	100	45.5
9	PT010203A	ACON1	STF0102A		2	3	100	65.8
10	PT020301	ACON1	STF0203		1	1	100	52.5
11	PT020302	ACON1	STF0203		1	2	100	55.3
12	PT020303	ACON1	STF0203		1	3	100	53

13	PT020401	ACON1	STF0204	1	1	1	100	56
14	PT020402	ACON1	STF0204	1	2	2	100	58
15	PT020403	ACON1	STF0204	1	3	3	100	60.9
16	PT020501	ACON1	STF0205	1	1	1	100	60.2
17	PT020502	ACON1	STF0205	1	2	2	100	68.6
18	PT020503	ACON1	STF0205	1	3	3	100	60.9
19	PT020501A	ACON2	STF0205A	3: Man0-Man1-Acab-Acon2	1	1	100	78.4
20	PT020502A	ACON2	STF0205A	3	2	2	100	76.8
21	PT020503A	ACON2	STF0205A	3	3	3	100	64.8
22	PT030601	ACON2	STF0306	4: Man0- Man2-Acon2	1	1	100	68
23	PT030602	ACON2	STF0306	4	2	2	100	59.2
24	PT030603	ACON2	STF0306	4	3	3	100	65.4
25	PT0306A01	ACON3	STF0306A	7: Man0-Man2-Acab -Acon3	1	1	100	45
26	PT0306A02	ACON3	STF0306A	7	2	2	100	41
27	PT0306A03	ACON3	STF0306A	7	3	3	100	35
28	PT030701	ACON2	STF0307	4	1	1	100	53.6
29	PT030702	ACON2	STF0307	4	2	2	100	69.6
30	PT030703	ACON2	STF0307	4	3	3	100	53.6
31	PT0307A01	ACON1	STF0307A	5: Man0- Man2-Acab-Acon1	1	1	100	52.5
32	PT0307A02	ACON1	STF0307A	5	2	2	100	56.5
33	PT0307A03	ACON1	STF0307A	5	3	3	100	60.4
34	PT040801	ACON2	STF0408	4	1	1	100	69.6
35	PT040802	ACON2	STF0408	4	2	2	100	56.8
36	PT040803	ACON2	STF0408	4	3	3	100	65.2
37	PT040901	ACON2	STF0409	4	1	1	100	63.6
38	PT040902	ACON2	STF0409	4	2	2	100	69.6
39	PT040903	ACON2	STF0409	4	3	3	100	73.6
40	PT0409A01	ACON2	STF0409A	6: Man0- Man2-Acab-Acon2	1	1	100	59.2
41	PT0409A02	ACON2	STF0409A	6	2	2	100	74.4
42	PT0409A03	ACON2	STF0409A	6	3	3	100	76
43	PT041001	ACON2	STF0410	4	1	1	100	59.2
44	PT041002	ACON2	STF0410	4	2	2	100	60.8
45	PT041003	ACON2	STF0410	4	3	3	100	60
46	PT051101	ACON3	STF0511	10: Man0-Man3 -Acon3	1	1	100	52.2
47	PT051102	ACON3	STF0511	10	2	2	100	48.6
48	PT051103	ACON3	STF0511	10	3	3	100	51
49	PT051201	ACON3	STF0512	10	1	1	100	40.8
50	PT051202	ACON3	STF0512	10	2	2	100	49.8
51	PT051203	ACON3	STF0512	10	3	3	100	57
52	PT061301	ACON3	STF0613	10	1	1	100	40.8
53	PT061302	ACON3	STF0613	10	2	2	100	55.8
54	PT061303	ACON3	STF0613	10	3	3	100	40.8

55	PT061401	ACON3	STF0614	10	1	1	100	51
56	PT061402	ACON3	STF0614	10	2	2	100	47.4
57	PT061403	ACON3	STF0614	10	3	3	100	52.8
58	PT061501	ACON3	STF0615	10	1	1	100	55.2
59	PT061502	ACON3	STF0615	10	2	2	100	39.6
60	PT061503	ACON3	STF0615	10	3	3	100	52.8
61	PT071601	ACON1	STF0716	8: Man0- Man3- Acon1	1	1	100	52.5
62	PT071602	ACON1	STF0716	8	2	2	100	62.3
63	PT071603	ACON1	STF0716	8	3	3	100	69.3
64	PT071701	ACON1	STF0717	8	1	1	100	51.8
65	PT071702	ACON1	STF0717	8	2	2	100	67.2
66	PT071703	ACON1	STF0717	8	3	3	100	50.4
67	PT071801	ACON2	STF0718	9: Man0-Man3 - Acon2	1	1	100	77.6
68	PT071802	ACON2	STF0718	9	2	2	100	72.8
69	PT071803	ACON2	STF0718	9	3	3	100	73.6
70	PT081901	ACON2	STF0819	9	1	1	100	58.4
71	PT081902	ACON2	STF0819	9	2	2	100	71.2
72	PT081903	ACON2	STF0819	9	3	3	100	78.4
73	PT082001	ACON3	STF0820	10	1	1	100	51.6
74	PT082002	ACON3	STF0820	10	2	2	100	56.4
75	PT082003	ACON3	STF0820	10	3	3	100	56.4

Tabla A3 - TIEMPOS DE PREPARACIÓN O CAMBIO POR MAQUINARIA (Hr)

MÁQ.	CAMBIO MAYOR	CAMBIO MENOR
MAN0	6	2
MAN1	6	2
MAN2	6	2
MAN3	6	2
MAN4	6	2
MAN5	6	2
ACOND1	3	1
ACOND2	3	1
ACOND3	3	1
ACOND4	3	1
ACOND5	3	1

Tabla A4 - DEMANDA PRONOSTICADA POR NÚMERO DE LOTES PRONOSTICADOS:

Datos aleatorios generados alrededor de una media con desviación estándar y distribución normal, con o sin tendencia.

Columna1. Cantidad económica de pedido (arbitrario)

Columna2. Numeración ascendente de productos

Columna3. Código asignado para identificación.

Columna4. Estación de trabajo de acondicionamiento de acuerdo con la repartición asignada de manera arbitraria.

Columna5. Inventario inicial en semanas de inventario calculado aleatoriamente.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Columna6. Inventario inicial en semanas.

Columnas 7 a 12. Demanda pronosticada en lotes de EOQ calculada por generación aleatoria. Cada periodo se considera de un mes.

EOQ	NUM	CÓDIGO	LÍNEA ACOND	INVENTARIO INICIAL (semanas)		PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6
				Inv inicial (pz)							
100	1	PT010101	ACON1	2.75	221	3.2	3.5	2.6	2.9	3.0	3.0
100	2	PT010102	ACON1	1.96	91	1.9	3.2	2.7	2.5	2.5	2.4
100	3	PT010103	ACON1	1.91	139	2.9	3.5	2.7	2.8	3.3	3.5
100	4	PT010201	ACON1	1.91	143	3.0	3.0	2.6	2.9	2.7	3.5
100	5	PT010202	ACON1	2.08	186	3.6	3.4	2.9	3.2	3.6	3.7
100	6	PT010203	ACON1	2.22	199	3.6	2.6	3.2	3.7	3.6	3.5
100	7	PT010201A	ACON1	2.67	193	2.9	3.2	3.0	3.6	2.7	2.8
100	8	PT010202A	ACON1	2.25	190	3.4	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9
100	9	PT010203A	ACON1	2.49	172	2.8	2.2	2.9	2.8	2.5	3.8
100	10	PT020301	ACON1	2.21	175	3.2	2.1	4.0	3.2	2.7	2.9
100	11	PT020302	ACON1	2.24	129	2.3	2.8	2.2	2.6	2.9	3.4
100	12	PT020303	ACON1	2.49	193	3.1	2.8	2.3	3.0	2.8	3.2
100	13	PT020401	ACON1	1.96	199	4.1	3.2	3.0	3.6	3.4	3.1
100	14	PT020402	ACON1	2.72	171	2.5	3.1	2.3	3.3	2.7	2.9
100	15	PT020403	ACON1	3.17	253	3.2	3.0	1.8	3.9	3.6	3.5
100	16	PT020501	ACON1	2.90	133	1.8	1.9	2.5	2.2	1.5	2.3
100	17	PT020502	ACON1	2.60	188	2.9	2.1	2.3	1.8	1.4	2.5
100	18	PT020503	ACON1	2.72	172	2.5	1.7	0.8	2.3	2.4	2.4
100	19	PT0205A01	ACON2	2.87	123	1.7	2.3	1.7	1.8	1.2	2.8
100	20	PT0205A02	ACON2	2.51	136	2.2	2.1	1.8	1.2	1.7	1.8
100	21	PT0205A03	ACON2	1.83	145	3.2	3.1	3.7	2.6	4.3	2.9
100	22	PT030601	ACON2	1.94	199	4.1	2.9	3.9	3.6	3.5	2.9
100	23	PT030602	ACON2	2.11	191	3.6	2.2	2.9	3.5	2.7	2.7
100	24	PT030603	ACON2	1.72	131	3.0	4.0	3.7	3.4	2.3	3.5
100	25	PT0306A01	ACON3	2.82	238	3.4	4.0	3.6	3.6	3.0	3.7
100	26	PT0306A02	ACON3	2.73	256	3.7	3.6	3.4	3.6	3.7	4.0
100	27	PT0306A03	ACON3	1.56	154	3.9	3.2	3.5	3.5	3.2	3.4
100	28	PT030701	ACON2	1.34	108	3.2	3.2	4.4	3.8	3.7	4.0
100	29	PT030702	ACON2	2.37	208	3.5	3.9	3.8	4.2	3.8	3.1
100	30	PT030703	ACON2	1.34	126	3.8	3.5	3.2	3.6	3.1	3.8
100	31	PT0307A01	ACON1	2.78	332	4.8	4.1	3.2	4.0	4.7	4.1
100	32	PT0307A02	ACON1	2.59	239	3.7	4.5	3.1	3.4	3.1	3.9
100	33	PT0307A03	ACON1	3.06	273	3.6	2.9	5.2	4.2	3.7	4.1
100	34	PT040801	ACON2	3.09	295	3.8	3.7	3.8	4.5	3.8	3.6
100	35	PT040802	ACON2	2.60	277	4.3	4.3	4.0	4.3	3.4	3.7
100	36	PT040803	ACON2	1.72	190	4.4	3.1	3.9	3.8	3.3	4.7
100	37	PT040901	ACON2	2.49	271	4.4	3.3	4.4	3.8	3.3	3.6
100	38	PT040902	ACON2	1.96	221	4.5	3.9	3.6	4.5	5.0	3.3
100	39	PT040903	ACON2	2.96	339	4.6	3.3	4.8	4.5	4.0	3.9
100	40	PT0409A01	ACON2	1.98	206	4.2	4.2	4.5	4.4	4.8	3.6

100	41	PT0409A02	ACON2	2.56	238	3.7	4.8	4.5	4.1	4.1	3.7
100	42	PT0409A03	ACON2	2.32	262	4.5	4.1	3.9	4.3	3.6	3.7
100	43	PT041001	ACON2	2.81	259	3.7	4.8	4.1	3.8	3.7	4.2
100	44	PT041002	ACON2	2.24	248	4.4	4.2	3.4	3.4	4.4	3.8
100	45	PT041003	ACON2	2.55	297	4.7	4.2	4.6	3.1	3.2	3.4
100	46	PT051101	ACON3	2.49	139	2.2	1.7	2.6	3.6	3.1	2.5
100	47	PT051102	ACON3	2.69	163	2.4	2.6	2.7	2.4	2.3	2.0
100	48	PT051103	ACON3	2.72	141	2.1	2.3	1.3	2.9	2.2	2.1
100	49	PT051201	ACON3	1.98	152	3.1	2.4	3.3	2.3	3.4	2.6
100	50	PT051202	ACON3	2.32	182	3.1	2.0	2.3	4.0	1.7	3.2
100	51	PT051203	ACON3	2.50	150	2.4	2.1	3.0	3.0	1.8	3.2
100	52	PT061301	ACON3	2.24	125	2.2	3.2	1.9	3.5	2.7	2.6
100	53	PT061302	ACON3	2.24	89	1.6	2.8	3.1	3.0	3.0	2.7
100	54	PT061303	ACON3	2.41	120	2.0	2.4	2.4	1.8	2.2	3.1
100	55	PT061401	ACON3	3.20	250	3.1	2.3	3.0	2.8	2.3	2.5
100	56	PT061402	ACON3	1.86	125	2.7	3.0	1.9	2.3	1.8	2.8
100	57	PT061403	ACON3	2.10	110	2.1	2.3	2.6	2.1	2.9	2.0
100	58	PT061501	ACON3	1.68	102	2.4	2.8	2.8	2.9	2.3	2.7
100	59	PT061502	ACON3	2.98	153	2.1	3.3	1.9	2.1	3.2	2.0
100	60	PT061503	ACON3	1.80	94	2.1	3.3	3.3	2.5	2.7	2.4
100	61	PT071601	ACON1	2.64	198	3.0	2.8	2.9	3.3	2.4	2.5
100	62	PT071602	ACON1	2.56	195	3.0	2.8	2.7	3.2	3.3	3.1
100	63	PT071603	ACON1	2.81	183	2.6	3.7	2.3	3.5	3.0	3.5
100	64	PT071701	ACON1	2.15	134	2.5	2.7	2.8	2.9	2.5	3.2
100	65	PT071702	ACON1	2.85	236	3.3	3.2	3.3	2.8	3.1	3.1
100	66	PT071703	ACON1	2.67	207	3.1	2.7	3.2	2.8	2.3	3.0
100	67	PT071801	ACON2	2.78	225	3.2	3.2	2.9	3.4	3.0	3.1
100	68	PT071802	ACON2	3.20	212	2.7	3.3	2.8	3.2	3.1	3.3
100	69	PT071803	ACON2	2.78	189	2.7	2.8	3.1	3.5	3.6	2.5
100	70	PT081901	ACON2	3.32	279	3.4	2.6	2.9	3.3	2.9	2.8
100	71	PT081902	ACON2	2.84	225	3.2	2.8	2.8	3.6	2.9	3.0
100	72	PT081903	ACON2	2.33	163	2.8	2.7	2.8	3.3	3.0	2.8
100	73	PT082001	ACON2	3.14	240	3.1	2.5	3.0	2.6	3.1	3.0
100	74	PT082002	ACON2	2.04	154	3.0	2.9	3.4	2.8	3.5	3.1
100	75	PT082003	ACON2	2.98	211	2.8	2.9	3.0	2.9	2.4	3.2

Tabla A5 - MPS POR NÚMERO DE LOTES DE FABRICACIÓN

(para el programa se hace un ajuste para obtener lotes completos)

Columna1. Numeración ascendente de productos.

Columna2. EOQ e identificación de los renglones del MPS.

Columna3. Código

Columna4. Línea de acondicionamiento asignada.

Columna5. Inventario inicial de acuerdo con la tabla de forecast.

Columna6. Inventario inicial en piezas.

Columnas 7 a 12. Datos de MPS:

Renglón1: forecast del periodo.

Renglón2: Inventario inicial en lotes.

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

Renglón3: Cobertura al final del periodo en periodos, es decir, cuántos periodos se cubren con el inventario final.

Renglón4: Inventario final en número de lotes de EOQ.

Renglón5: Número de lotes de EOQ por fabricar durante el periodo.

NUM	EOQ	CÓDIGO	LÍNEA ACOND	INVENTARIO INICIAL (semanas)	Inv inicial (pz)	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6
1	100	PT010101	ACON1	2.75	221	3.2	3.5	2.6	2.9	3.0	3.0
1						2.21	3.99	4.51	2.88	5.00	3.98
1						1.65	1.82	1.49	1.83	1.65	1.59
1						3.99	4.51	2.88	5.00	3.98	3.96
1						5	4	1	5	2	3
2	100	PT010102	ACON1	1.96	91	1.9	3.2	2.7	2.5	2.5	2.4
2						0.91	5.05	2.86	3.17	2.71	3.17
2						1.86	1.55	1.63	1.55	1.56	1.63
2						5.05	2.86	3.17	2.71	3.17	3.77
2						6	1	3	2	3	3
3	100	PT010103	ACON1	1.91	139	2.9	3.5	2.7	2.8	3.3	3.5
3						1.39	4.48	2.95	3.29	3.49	4.14
3						1.72	1.54	1.53	1.51	1.62	1.56
3						4.48	2.95	3.29	3.49	4.14	3.69
3						6	2	3	3	4	3
4	100	PT010201	ACON1	1.91	143	3.0	3.0	2.6	2.9	2.7	3.5
4						1.43	3.44	3.46	3.87	3.92	4.26
4						1.62	1.63	1.69	1.63	1.60	1.53
4						3.44	3.46	3.87	3.92	4.26	3.73
4						5	3	3	3	3	3
5	100	PT010202	ACON1	2.08	186	3.6	3.4	2.9	3.2	3.6	3.7
5						1.86	4.29	2.89	4.01	3.82	4.26
5						1.68	1.48	1.59	1.53	1.60	1.50
5						4.29	2.89	4.01	3.82	4.26	3.57
5						6	2	4	3	4	3
6	100	PT010203	ACON1	2.22	199	3.6	2.6	3.2	3.7	3.6	3.5
6						1.99	3.41	3.79	4.55	3.85	4.29
6						1.58	1.55	1.63	1.55	1.64	1.61
6						3.41	3.79	4.55	3.85	4.29	3.78
6						5	3	4	3	4	3
7	100	PT010201A	ACON1	2.67	193	2.9	3.2	3.0	3.6	2.7	2.8
7						1.93	4.03	3.81	3.85	3.26	3.55
7						1.65	1.58	1.61	1.59	1.60	1.57
7						4.03	3.81	3.85	3.26	3.55	3.72
7						5	3	3	3	3	3
8	100	PT010202A	ACON1	2.25	190	3.4	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9
8						1.90	2.52	3.32	2.97	3.38	3.58
8						1.55	1.67	1.55	1.59	1.76	1.57

8	Inventario final					2.52	3.32	2.97	3.38	3.58	2.63
8	Órdenes					4	3	2	3	3	2
9	100	PT010203A	ACON1	2.49	172	2.8	2.2	2.9	2.8	2.5	3.8
9	Inventario inicial					1.72	2.96	3.74	2.87	3.02	4.47
9	Cobertura al final					1.58	1.65	1.53	1.47	1.69	1.62
9	Inventario final					2.96	3.74	2.87	3.02	4.47	3.64
9	Órdenes					4	3	2	3	4	3
10	100	PT020301	ACON1	2.21	175	3.2	2.1	4.0	3.2	2.7	2.9
10	Inventario inicial					1.75	2.58	4.45	3.44	3.24	3.51
10	Cobertura al final					1.42	1.62	1.58	1.57	1.66	1.68
10	Inventario final					2.58	4.45	3.44	3.24	3.51	3.59
10	Órdenes					4	4	3	3	3	3
11	100	PT020302	ACON1	2.24	129	2.3	2.8	2.2	2.6	2.9	3.4
11	Inventario inicial					1.29	2.99	3.17	2.96	3.37	3.52
11	Cobertura al final					1.59	1.66	1.54	1.54	1.56	1.54
11	Inventario final					2.99	3.17	2.96	3.37	3.52	3.07
11	Órdenes					4	3	2	3	3	3
12	100	PT020303	ACON1	2.49	193	3.1	2.8	2.3	3.0	2.8	3.2
12	Inventario inicial					1.93	3.83	2.99	3.65	3.63	3.84
12	Cobertura al final					1.74	1.56	1.63	1.61	1.60	1.52
12	Inventario final					3.83	2.99	3.65	3.63	3.84	3.68
12	Órdenes					5	2	3	3	3	3
13	100	PT020401	ACON1	1.96	199	4.1	3.2	3.0	3.6	3.4	3.1
13	Inventario inicial					1.99	3.93	4.72	3.69	5.07	3.70
13	Cobertura al final					1.63	1.71	1.53	1.79	1.75	1.87
13	Inventario final					3.93	4.72	3.69	5.07	3.70	3.63
13	Órdenes					6	4	2	5	2	3
14	100	PT020402	ACON1	2.72	171	2.5	3.1	2.3	3.3	2.7	2.9
14	Inventario inicial					1.71	3.19	3.08	3.77	3.44	3.73
14	Cobertura al final					1.59	1.55	1.62	1.61	1.67	1.44
14	Inventario final					3.19	3.08	3.77	3.44	3.73	2.80
14	Órdenes					4	3	3	3	3	2
15	100	PT020403	ACON1	3.17	253	3.2	3.0	1.8	3.9	3.6	3.5
15	Inventario inicial					2.53	3.34	2.38	4.59	3.70	4.09
15	Cobertura al final					1.70	1.42	1.61	1.52	1.61	1.58
15	Inventario final					3.34	2.38	4.59	3.70	4.09	3.58
15	Órdenes					4	2	4	3	4	3
16	100	PT020501	ACON1	2.90	133	1.8	1.9	2.5	2.2	1.5	2.3
16	Inventario inicial					1.33	2.50	3.59	4.07	2.87	3.41
16	Cobertura al final					1.56	1.76	2.69	1.77	2.77	1.99
16	Inventario final					2.50	3.59	4.07	2.87	3.41	2.15
16	Órdenes					3	3	3	1	2	1
17	100	PT020502	ACON1	2.60	188	2.9	2.1	2.3	1.8	1.4	2.5
17	Inventario inicial					1.88	2.99	2.93	2.64	1.87	3.43
17	Cobertura al final					1.69	1.72	1.82	1.47	1.70	1.67

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

17	Inventario final					2.99	2.93	2.64	1.87	3.43	2.89
17	Órdenes					4	2	2	1	3	2
18	100	PT020503	ACON1	2.72	172	2.5	1.7	0.8	2.3	2.4	2.4
18	Inventario inicial					1.72	2.19	1.53	2.69	3.35	2.90
18	Cobertura al final					1.88	1.48	1.56	1.69	1.75	1.53
18	Inventario final					2.19	1.53	2.69	3.35	2.90	1.46
18	Órdenes					3	1	2	3	2	1
19	100	PT0205A01	ACON2	2.87	123	1.7	2.3	1.7	1.8	1.2	2.8
19	Inventario inicial					1.23	2.52	2.17	2.51	2.75	4.59
19	Cobertura al final					1.63	1.63	1.86	1.70	1.87	1.78
19	Inventario final					2.52	2.17	2.51	2.75	4.59	2.83
19	Órdenes					3	2	2	2	3	1
20	100	PT0205A02	ACON2	2.51	136	2.2	2.1	1.8	1.2	1.7	1.8
20	Inventario inicial					1.36	2.19	2.14	1.32	2.16	2.43
20	Cobertura al final					1.57	1.72	1.46	1.61	1.68	1.73
20	Inventario final					2.19	2.14	1.32	2.16	2.43	2.64
20	Órdenes					3	2	1	2	2	2
21	100	PT0205A03	ACON2	1.83	145	3.2	3.1	3.7	2.6	4.3	2.9
21	Inventario inicial					1.45	3.28	4.13	3.42	4.85	3.54
21	Cobertura al final					1.48	1.66	1.50	1.67	1.60	1.52
21	Inventario final					3.28	4.13	3.42	4.85	3.54	3.62
21	Órdenes					5	4	3	4	3	3
22	100	PT030601	ACON2	1.94	199	4.1	2.9	3.9	3.6	3.5	2.9
22	Inventario inicial					1.99	2.88	4.00	4.14	3.57	4.06
22	Cobertura al final					1.43	1.54	1.59	1.56	1.63	1.58
22	Inventario final					2.88	4.00	4.14	3.57	4.06	4.17
22	Órdenes					5	4	4	3	4	3
23	100	PT030602	ACON2	2.11	191	3.6	2.2	2.9	3.5	2.7	2.7
23	Inventario inicial					1.91	2.30	3.06	4.19	3.65	2.98
23	Cobertura al final					1.45	1.48	1.67	1.67	1.52	1.41
23	Inventario final					2.30	3.06	4.19	3.65	2.98	3.24
23	Órdenes					4	3	4	3	2	3
24	100	PT030603	ACON2	1.72	131	3.0	4.0	3.7	3.4	2.3	3.5
24	Inventario inicial					1.31	4.27	4.29	3.58	3.19	3.88
24	Cobertura al final					1.56	1.60	1.63	1.55	1.57	1.60
24	Inventario final					4.27	4.29	3.58	3.19	3.88	4.38
24	Órdenes					6	4	3	3	3	4
25	100	PT0306A01	ACON3	2.82	238	3.4	4.0	3.6	3.6	3.0	3.7
25	Inventario inicial					2.38	4.01	4.02	4.40	3.84	3.85
25	Cobertura al final					1.53	1.56	1.67	1.58	1.52	1.66
25	Inventario final					4.01	4.02	4.40	3.84	3.85	4.16
25	Órdenes					5	4	4	3	3	4
26	100	PT0306A02	ACON3	2.73	256	3.7	3.6	3.4	3.6	3.7	4.0
26	Inventario inicial					2.56	3.82	4.23	3.79	4.21	4.52
26	Cobertura al final					1.54	1.60	1.52	1.55	1.61	1.56

26	Inventario final					3.82	4.23	3.79	4.21	4.52	3.54	
26	Órdenes					5	4	3	4	4	3	
27		100	PT0306A03	ACON3	1.56	154	3.9	3.2	3.5	3.5	3.2	3.4
27	Inventario inicial						1.54	3.59	4.42	3.90	3.43	4.20
27	Cobertura al final						1.54	1.63	1.58	1.52	1.66	1.58
27	Inventario final						3.59	4.42	3.90	3.43	4.20	3.78
27	Órdenes						6	4	3	3	4	3
28		100	PT030701	ACON2	1.34	108	3.2	3.2	4.4	3.8	3.7	4.0
28	Inventario inicial						1.08	3.85	4.61	4.25	4.44	5.72
28	Cobertura al final						1.51	1.56	1.56	1.57	1.85	1.59
28	Inventario final						3.85	4.61	4.25	4.44	5.72	3.68
28	Órdenes						6	4	4	4	5	2
29		100	PT030702	ACON2	2.37	208	3.5	3.9	3.8	4.2	3.8	3.1
29	Inventario inicial						2.08	4.57	4.71	4.91	4.75	3.93
29	Cobertura al final						1.60	1.59	1.62	1.69	1.60	1.58
29	Inventario final						4.57	4.71	4.91	4.75	3.93	3.82
29	Órdenes						6	4	4	4	3	3
30		100	PT030703	ACON2	1.34	126	3.8	3.5	3.2	3.6	3.1	3.8
30	Inventario inicial						1.26	3.49	4.03	3.87	3.29	4.20
30	Cobertura al final						1.53	1.60	1.58	1.48	1.53	1.65
30	Inventario final						3.49	4.03	3.87	3.29	4.20	4.42
30	Órdenes						6	4	3	3	4	4
31		100	PT0307A01	ACON1	2.78	332	4.8	4.1	3.2	4.0	4.7	4.1
31	Inventario inicial						3.32	4.54	3.44	4.23	5.25	4.57
31	Cobertura al final						1.62	1.48	1.49	1.60	1.58	1.58
31	Inventario final						4.54	3.44	4.23	5.25	4.57	4.49
31	Órdenes						6	3	4	5	4	4
32		100	PT0307A02	ACON1	2.59	239	3.7	4.5	3.1	3.4	3.1	3.9
32	Inventario inicial						2.39	4.70	3.15	4.04	3.67	4.54
32	Cobertura al final						1.61	1.49	1.62	1.52	1.61	1.55
32	Inventario final						4.70	3.15	4.04	3.67	4.54	3.59
32	Órdenes						6	3	4	3	4	3
33		100	PT0307A03	ACON1	3.06	273	3.6	2.9	5.2	4.2	3.7	4.1
33	Inventario inicial						2.73	3.17	5.30	5.10	4.95	4.20
33	Cobertura al final						1.39	1.57	1.65	1.63	1.54	1.52
33	Inventario final						3.17	5.30	5.10	4.95	4.20	4.07
33	Órdenes						4	5	5	4	3	4
34		100	PT040801	ACON2	3.09	295	3.8	3.7	3.8	4.5	3.8	3.6
34	Inventario inicial						2.95	4.13	4.44	4.66	5.17	4.42
34	Cobertura al final						1.55	1.54	1.57	1.70	1.57	1.54
34	Inventario final						4.13	4.44	4.66	5.17	4.42	4.83
34	Órdenes						5	4	4	5	3	4
35		100	PT040802	ACON2	2.60	277	4.3	4.3	4.0	4.3	3.4	3.7
35	Inventario inicial						2.77	4.51	4.18	5.16	3.85	4.43
35	Cobertura al final						1.54	1.50	1.67	1.54	1.56	1.56

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

35	Inventario final					4.51	4.18	5.16	3.85	4.43	4.70
35	Órdenes					6	4	5	3	4	4
36	100	PT040803	ACON2	1.72	190	4.4	3.1	3.9	3.8	3.3	4.7
	Inventario inicial					1.90	3.49	4.36	4.50	3.69	5.44
36	Cobertura al final					1.50	1.57	1.64	1.47	1.62	1.61
36	Inventario final					3.49	4.36	4.50	3.69	5.44	4.77
36	Órdenes					6	4	4	3	5	4
37	100	PT040901	ACON2	2.49	271	4.4	3.3	4.4	3.8	3.3	3.6
	Inventario inicial					2.71	3.35	5.09	4.71	3.89	4.58
37	Cobertura al final					1.44	1.62	1.66	1.57	1.58	1.69
37	Inventario final					3.35	5.09	4.71	3.89	4.58	6.02
37	Órdenes					5	5	4	3	4	5
38	100	PT040902	ACON2	1.96	221	4.5	3.9	3.6	4.5	5.0	3.3
	Inventario inicial					2.21	4.70	3.82	5.22	5.70	3.73
38	Cobertura al final					1.63	1.47	1.55	1.69	1.51	1.54
38	Inventario final					4.70	3.82	5.22	5.70	3.73	4.44
38	Órdenes					7	3	5	5	3	4
39	100	PT040903	ACON2	2.96	339	4.6	3.3	4.8	4.5	4.0	3.9
	Inventario inicial					3.39	3.81	5.52	4.74	4.21	4.24
39	Cobertura al final					1.47	1.59	1.56	1.53	1.50	1.58
39	Inventario final					3.81	5.52	4.74	4.21	4.24	5.34
39	Órdenes					5	5	4	4	4	5
40	100	PT0409A01	ACON2	1.98	206	4.2	4.2	4.5	4.4	4.8	3.6
	Inventario inicial					2.06	4.91	4.73	5.25	4.86	4.07
40	Cobertura al final					1.57	1.53	1.57	1.58	1.54	1.59
40	Inventario final					4.91	4.73	5.25	4.86	4.07	4.45
40	Órdenes					7	4	5	4	4	4
41	100	PT0409A02	ACON2	2.56	238	3.7	4.8	4.5	4.1	4.1	3.7
	Inventario inicial					2.38	5.66	4.87	4.38	4.26	4.17
41	Cobertura al final					1.61	1.57	1.53	1.55	1.58	1.57
41	Inventario final					5.66	4.87	4.38	4.26	4.17	4.46
41	Órdenes					7	4	4	4	4	4
42	100	PT0409A03	ACON2	2.32	262	4.5	4.1	3.9	4.3	3.6	3.7
	Inventario inicial					2.62	4.11	4.01	5.13	3.86	4.23
42	Cobertura al final					1.51	1.49	1.65	1.53	1.58	1.54
42	Inventario final					4.11	4.01	5.13	3.86	4.23	4.54
42	Órdenes					6	4	5	3	4	4
43	100	PT041001	ACON2	2.81	259	3.7	4.8	4.1	3.8	3.7	4.2
	Inventario inicial					2.59	4.90	5.08	3.98	5.17	5.52
43	Cobertura al final					1.55	1.64	1.53	1.66	1.70	1.59
43	Inventario final					4.90	5.08	3.98	5.17	5.52	4.29
43	Órdenes					6	5	3	5	4	3
44	100	PT041002	ACON2	2.24	248	4.4	4.2	3.4	3.4	4.4	3.8
	Inventario inicial					2.48	5.05	3.84	3.48	5.04	4.60
44	Cobertura al final					1.67	1.56	1.44	1.61	1.59	1.59

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

53	Inventario final					3.30	3.47	3.36	3.36	3.37	2.66
53	Órdenes					4	3	3	3	3	2
54	100	PT061303	ACON3	2.41	120	2.0	2.4	2.4	1.8	2.2	3.1
	Inventario inicial					1.20	3.21	2.83	2.48	2.63	3.46
54	Cobertura al final					1.68	1.67	1.62	1.50	1.61	1.70
54	Inventario final					3.21	2.83	2.48	2.63	3.46	3.40
54	Órdenes					4	2	2	2	3	3
55	100	PT061401	ACON3	3.20	250	3.1	2.3	3.0	2.8	2.3	2.5
	Inventario inicial					2.50	2.38	4.05	3.08	3.28	2.95
55	Cobertura al final					1.45	1.70	1.60	1.68	1.52	1.57
55	Inventario final					2.38	4.05	3.08	3.28	2.95	3.49
55	Órdenes					3	4	2	3	2	3
56	100	PT061402	ACON3	1.86	125	2.7	3.0	1.9	2.3	1.8	2.8
	Inventario inicial					1.25	3.56	2.56	2.63	2.29	3.47
56	Cobertura al final					1.72	1.60	1.63	1.50	1.65	1.56
56	Inventario final					3.56	2.56	2.63	2.29	3.47	2.68
56	Órdenes					5	2	2	2	3	2
57	100	PT061403	ACON3	2.10	110	2.1	2.3	2.6	2.1	2.9	2.0
	Inventario inicial					1.10	3.00	2.73	2.10	3.03	2.10
57	Cobertura al final					1.61	1.58	1.42	1.61	1.47	1.54
57	Inventario final					3.00	2.73	2.10	3.03	2.10	3.08
57	Órdenes					4	2	2	3	2	3
58	100	PT061501	ACON3	1.68	102	2.4	2.8	2.8	2.9	2.3	2.7
	Inventario inicial					1.02	3.58	3.82	4.01	3.10	3.76
58	Cobertura al final					1.64	1.67	1.76	1.62	1.69	1.58
58	Inventario final					3.58	3.82	4.01	3.10	3.76	3.10
58	Órdenes					5	3	3	2	3	2
59	100	PT061502	ACON3	2.98	153	2.1	3.3	1.9	2.1	3.2	2.0
	Inventario inicial					1.53	3.47	2.13	2.22	4.09	2.89
59	Cobertura al final					1.66	1.53	1.42	1.79	1.69	1.69
59	Inventario final					3.47	2.13	2.22	4.09	2.89	2.91
59	Órdenes					4	2	2	4	2	2
60	100	PT061503	ACON3	1.80	94	2.1	3.3	3.3	2.5	2.7	2.4
	Inventario inicial					0.94	3.84	3.57	3.29	2.82	3.14
60	Cobertura al final					1.59	1.62	1.64	1.55	1.67	1.64
60	Inventario final					3.84	3.57	3.29	2.82	3.14	2.71
60	Órdenes					5	3	3	2	3	2
61	100	PT071601	ACON1	2.64	198	3.0	2.8	2.9	3.3	2.4	2.5
	Inventario inicial					1.98	2.98	4.17	5.24	2.93	3.49
61	Cobertura al final					1.52	1.67	1.91	1.59	1.64	1.47
61	Inventario final					2.98	4.17	5.24	2.93	3.49	3.00
61	Órdenes					4	4	4	1	3	2
62	100	PT071602	ACON1	2.56	195	3.0	2.8	2.7	3.2	3.3	3.1
	Inventario inicial					1.95	2.91	3.13	3.40	4.23	3.97
62	Cobertura al final					1.53	1.53	1.53	1.67	1.69	1.51

62	Inventario final					2.91	3.13	3.40	4.23	3.97	2.90
62	Órdenes					4	3	3	4	3	2
63		100	PT071603	ACON1	2.81	183					
	Inventario inicial						2.6	3.7	2.3	3.5	3.0
63	Cobertura al final						1.83	4.22	2.53	4.21	3.69
63	Inventario final						1.70	1.43	1.64	1.57	1.71
63	Órdenes						4.22	2.53	4.21	3.69	3.68
64		100	PT071701	ACON1	2.15	134					
	Inventario inicial						5	2	4	3	3
64	Cobertura al final						2.5	2.7	2.8	2.9	2.5
64	Inventario final						1.34	2.84	3.16	3.33	4.43
64	Órdenes						1.52	1.55	1.61	1.77	1.73
65		100	PT071702	ACON1	2.85	236					
	Inventario inicial						2.84	3.16	3.33	4.43	4.88
65	Cobertura al final						4	3	3	4	3
65	Inventario final						3.3	3.2	3.3	2.8	3.1
65	Órdenes						2.36	4.05	3.85	3.59	3.79
66		100	PT071703	ACON1	2.67	207					
	Inventario inicial						1.63	1.64	1.61	1.61	1.64
66	Cobertura al final						4.05	3.85	3.59	3.79	3.68
66	Inventario final						5	3	3	3	3
66	Órdenes						3.1	2.7	3.2	2.8	2.3
67		100	PT071801	ACON2	2.78	225					
	Inventario inicial						2.07	2.97	3.31	3.13	2.34
67	Cobertura al final						1.51	1.55	1.61	1.44	1.56
67	Inventario final						2.97	3.31	3.13	2.34	3.02
67	Órdenes						4	3	3	2	3
68		100	PT071802	ACON2	3.20	212					
	Inventario inicial						3.2	3.2	2.9	3.4	3.0
68	Cobertura al final						2.25	4.01	3.78	4.86	4.47
68	Inventario final						1.65	1.60	1.75	1.73	1.75
68	Órdenes						4.01	3.78	4.86	4.47	4.42
69		100	PT071803	ACON2	2.78	189					
	Inventario inicial						5	3	4	3	3
69	Cobertura al final						2.7	3.3	2.8	3.2	3.1
69	Inventario final						2.12	3.47	3.22	3.46	3.25
69	Órdenes						1.58	1.54	1.55	1.51	1.73
70		100	PT081901	ACON2	3.32	279					
	Inventario inicial						3.47	3.22	3.46	3.25	4.18
70	Cobertura al final						4	3	3	3	4
70	Inventario final						2.7	2.8	3.1	3.5	3.6
70	Órdenes						2.7	2.8	3.1	3.5	3.6
71		100	PT081902	ACON2	2.84	225					
	Inventario inicial						1.89	3.17	3.32	4.23	3.74
71	Cobertura al final						1.53	1.50	1.60	1.61	1.58
71	Inventario final						3.17	3.32	4.23	3.74	3.14
71	Órdenes						4	3	4	3	3
72		100	PT081901	ACON2	3.32	279					
	Inventario inicial						3.4	2.6	2.9	3.3	2.9
72	Cobertura al final						2.79	3.43	3.84	3.96	3.64
72	Inventario final						1.63	1.62	1.64	1.64	1.63
72	Órdenes						3.43	3.84	3.96	3.64	3.75
73		100	PT081902	ACON2	2.84	225					
	Inventario inicial						4	3	3	3	3
73	Cobertura al final						3.2	2.8	2.8	3.6	2.9
73	Inventario final						2.25	3.08	3.25	4.49	2.92
73	Órdenes						1.55	1.51	1.70	1.50	1.52

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

71	Inventario final					3.08	3.25	4.49	2.92	3.06	3.04
71	Órdenes					4	3	4	2	3	3
72		100	PT081903	ACON2	2.33	163					
	Inventario inicial						1.63	2.84	3.12	3.31	3.00
72	Cobertura al final						1.51	1.51	1.53	1.52	1.52
72	Inventario final						2.84	3.12	3.31	3.04	3.20
72	Órdenes						4	3	3	3	3
73		100	PT082001	ACON2	3.14	240					
	Inventario inicial						2.40	3.34	3.87	3.86	4.15
73	Cobertura al final						1.61	1.69	1.68	1.53	1.65
73	Inventario final						3.34	3.87	3.86	3.26	4.16
73	Órdenes						4	3	3	2	3
74		100	PT082002	ACON2	2.04	154					
	Inventario inicial						1.54	3.53	3.60	3.17	4.41
74	Cobertura al final						1.55	1.58	1.51	1.67	1.61
74	Inventario final						3.53	3.60	3.17	4.41	3.79
74	Órdenes						5	3	3	4	3
75		100	PT082003	ACON2	2.98	211					
	Inventario inicial						2.11	3.27	3.42	3.37	4.11
75	Cobertura al final						1.55	1.57	1.64	1.44	1.60
75	Inventario final						3.27	3.42	3.37	2.47	3.88
75	Órdenes						4	3	3	2	3

(incluir notas sobre cómo está construido el mps)

Tabla A6 - PLAN DE PRODUCCIÓN

Se trata del plan de producción de producto por periodo de acuerdo con los resultados del MPS.

Columna 1. Numeración ascendente.

Columna 2. Línea de acondicionamiento asignada.

Columna 3. Semiterminado correspondiente a cada producto terminado (varios productos terminados provienen de un solo semiterminado)

Columnas 4 a 11. Cantidad a producir por periodo de acuerdo con el MPS.

Abajo se presentan dos tablas de resumen:

Lotes sumados por línea de acondicionamiento

Horas sumadas por línea de acondicionamiento de acuerdo con la tabla de velocidades de producción.

PRODUCTO	Línea	ST	1	2	3	4	5	6	7	8
1	ACON1	STF0101	5	4	1	5	2	3	3	5
2	ACON1	STF0101	6	1	3	2	3	3	3	2
3	ACON1	STF0101	6	2	3	3	4	3	3	3
4	ACON1	STF0102	5	3	3	3	3	3	5	2
5	ACON1	STF0102	6	2	4	3	4	3	4	3
6	ACON1	STF0102	5	3	4	3	4	3	3	3
7	ACON1	STF0102	5	3	3	3	3	3	3	4
8	ACON1	STF0102	4	3	2	3	3	2	2	3
9	ACON1	STF0102	4	3	2	3	4	3	3	3
10	ACON1	STF0203	4	4	3	3	3	3	2	4

11	ACON1	STF0203	4	3	2	3	3	3	3	3
12	ACON1	STF0203	5	2	3	3	3	3	4	2
13	ACON1	STF0204	6	4	2	5	2	3	1	3
14	ACON1	STF0204	4	3	3	3	3	2	4	3
15	ACON1	STF0204	4	2	4	3	4	3	3	3
16	ACON1	STF0205	3	3	3	1	2	1	2	0
17	ACON1	STF0205	4	2	2	1	3	2	2	2
18	ACON1	STF0205	3	1	2	3	2	1	2	1
19	ACON2	STF0205	3	2	2	2	3	1	2	1
20	ACON2	STF0205	3	2	1	2	2	2	1	2
21	ACON2	STF0205	5	4	3	4	3	3	4	4
22	ACON2	STF0306	5	4	4	3	4	3	3	5
23	ACON2	STF0306	4	3	4	3	2	3	5	4
24	ACON2	STF0306	6	4	3	3	3	4	3	4
25	ACON3	STF0306	5	4	4	3	3	4	3	3
26	ACON3	STF0306	5	4	3	4	4	3	3	3
27	ACON3	STF0306	6	4	3	3	4	3	3	4
28	ACON2	STF0307	6	4	4	4	5	2	3	4
29	ACON2	STF0307	6	4	4	4	3	3	3	4
30	ACON2	STF0307	6	4	3	3	4	4	3	4
31	ACON1	STF0307	6	3	4	5	4	4	4	3
32	ACON1	STF0307	6	3	4	3	4	3	3	5
33	ACON1	STF0307	4	5	5	4	3	4	4	5
34	ACON2	STF0408	5	4	4	5	3	4	5	4
35	ACON2	STF0408	6	4	5	3	4	4	4	4
36	ACON2	STF0408	6	4	4	3	5	4	3	4
37	ACON2	STF0409	5	5	4	3	4	5	4	5
38	ACON2	STF0409	7	3	5	5	3	4	4	4
39	ACON2	STF0409	5	5	4	4	4	5	4	4
40	ACON2	STF0409	7	4	5	4	4	4	4	4
41	ACON2	STF0409	7	4	4	4	4	4	4	4
42	ACON2	STF0409	6	4	5	3	4	4	4	3
43	ACON2	STF0410	6	5	3	5	4	3	4	4
44	ACON2	STF0410	7	3	3	5	4	4	4	4
45	ACON2	STF0410	6	5	3	3	4	5	4	4
46	ACON3	STF0511	3	4	3	2	4	3	2	4
47	ACON3	STF0511	4	3	2	2	2	3	2	2
48	ACON3	STF0511	3	2	3	2	2	3	2	2
49	ACON3	STF0512	4	5	1	4	3	3	3	4
50	ACON3	STF0512	4	2	4	2	3	3	2	3
51	ACON3	STF0512	3	3	3	2	3	3	3	2
52	ACON3	STF0613	5	2	4	2	3	3	4	2

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

53	ACON3	STF0613	4	3	3	3	3	2	3	3
54	ACON3	STF0613	4	2	2	2	3	3	2	2
55	ACON3	STF0614	3	4	2	3	2	3	3	2
56	ACON3	STF0614	5	2	2	2	3	2	3	2
57	ACON3	STF0614	4	2	2	3	2	3	3	4
58	ACON3	STF0615	5	3	3	2	3	2	4	2
59	ACON3	STF0615	4	2	2	4	2	2	2	2
60	ACON3	STF0615	5	3	3	2	3	2	2	2
61	ACON1	STF0716	4	4	4	1	3	2	4	3
62	ACON1	STF0716	4	3	3	4	3	2	3	3
63	ACON1	STF0716	5	2	4	3	3	4	2	3
64	ACON1	STF0717	4	3	3	4	3	3	3	3
65	ACON1	STF0717	5	3	3	3	3	3	2	3
66	ACON1	STF0717	4	3	3	2	3	3	3	3
67	ACON2	STF0718	5	3	4	3	3	3	3	3
68	ACON2	STF0718	4	3	3	3	4	2	3	3
69	ACON2	STF0718	4	3	4	3	3	3	3	3
70	ACON2	STF0819	4	3	3	3	3	3	3	3
71	ACON2	STF0819	4	3	4	2	3	3	3	4
72	ACON2	STF0819	4	3	3	3	3	3	3	3
73	ACON3	STF0820	4	3	3	2	4	3	3	3
74	ACON3	STF0820	5	3	3	4	3	3	3	3
75	ACON3	STF0820	4	3	3	2	4	3	3	3

TOTALES	ACON1	125	77	82	82	84	75	80	80
LOTES	ACON2	142	99	98	92	95	92	93	99
	ACON3	89	63	58	55	63	59	58	57
		1	2	3	4	5	6	7	8
TIEMPOS	ACON1	285.52	173.63	184.90	184.90	189.41	169.12	180.39	180.39
TOTALES	ACON2	294.67	198.92	196.91	184.85	190.88	184.85	186.86	198.92
POR PROM	ACON3	232.97	166.53	153.31	145.38	166.53	155.96	153.31	150.67

Tabla A7 - GRÁFICOS DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD:

De las 7 estaciones de trabajo se grafican las horas disponibles (en rojo) contra las horas requeridas (azul), mencionando que esto es una planeación bruta de la capacidad ya que durante el plan detallado se pueden hacer ajustes o se pueden obtener variaciones a lo aquí presentado.

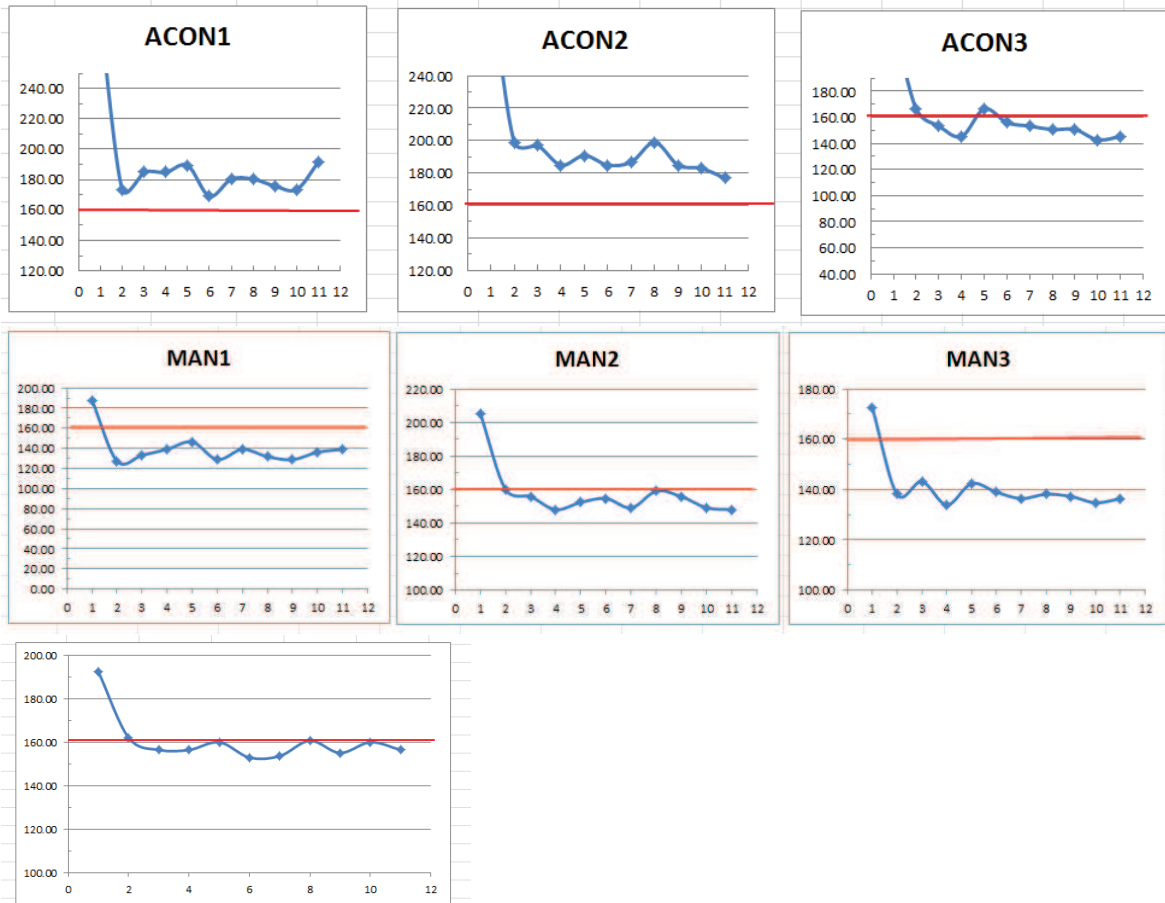


Tabla A8 - VELOCIDADES DE PRODUCCIÓN.

Columna1. Numeración ascendente.

Columna2. Código asignado.

Columna3. Línea de acondicionamiento asignada.

Columna4. Código de semiterminado.

Columna5. Número de ruta.

Columna6. Presentación.

Columna7. Número de partes de semiterminado usadas en la presentación.

Columna8. EOQ.

Columna9. Velocidad de línea de acondicionamiento para la presentación indicada en piezas por minuto (se asignó de manera arbitraria en concordancia con la demanda media y capacidad de planta).

NUM	CÓDIGO	LÍNEA ACOND	S.T.	ruta	Presentación	Cantidad ST req	EOQ	VELOCIDAD DE LÍNEA
1	PT010101	ACON1	STF0101	1	1	1	100	67.9
2	PT010102	ACON1	STF0101	1	2	2	100	70
3	PT010103	ACON1	STF0101	1	3	3	100	53.2
4	PT010201	ACON1	STF0102	1	1	1	100	60.2
5	PT010202	ACON1	STF0102	1	2	2	100	66.5
6	PT010203	ACON1	STF0102	1	3	3	100	51.1
7	PT010201A	ACON1	STF0102A	2	1	1	100	53.2
8	PT010202A	ACON1	STF0102A	2	2	2	100	45.5
9	PT010203A	ACON1	STF0102A	2	3	3	100	65.8
10	PT020301	ACON1	STF0203	1	1	1	100	52.5
11	PT020302	ACON1	STF0203	1	2	2	100	55.3

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

12	PT020303	ACON1	STF0203	1	3	3	100	53
13	PT020401	ACON1	STF0204	1	1	1	100	56
14	PT020402	ACON1	STF0204	1	2	2	100	58
15	PT020403	ACON1	STF0204	1	3	3	100	60.9
16	PT020501	ACON1	STF0205	1	1	1	100	60.2
17	PT020502	ACON1	STF0205	1	2	2	100	68.6
18	PT020503	ACON1	STF0205	1	3	3	100	60.9
19	PT020501A	ACON2	STF0205A	3	1	1	100	78.4
20	PT020502A	ACON2	STF0205A	3	2	2	100	76.8
21	PT020503A	ACON2	STF0205A	3	3	3	100	64.8
22	PT030601	ACON2	STF0306	4	1	1	100	68
23	PT030602	ACON2	STF0306	4	2	2	100	59.2
24	PT030603	ACON2	STF0306	4	3	3	100	65.4
25	PT0306A01	ACON3	STF0306A	7	1	1	100	45
26	PT0306A02	ACON3	STF0306A	7	2	2	100	41
27	PT0306A03	ACON3	STF0306A	7	3	3	100	35
28	PT030701	ACON2	STF0307	4	1	1	100	53.6
29	PT030702	ACON2	STF0307	4	2	2	100	69.6
30	PT030703	ACON2	STF0307	4	3	3	100	53.6
31	PT0307A01	ACON1	STF0307A	5	1	1	100	52.5
32	PT0307A02	ACON1	STF0307A	5	2	2	100	56.5
33	PT0307A03	ACON1	STF0307A	5	3	3	100	60.4
34	PT040801	ACON2	STF0408	4	1	1	100	69.6
35	PT040802	ACON2	STF0408	4	2	2	100	56.8
36	PT040803	ACON2	STF0408	4	3	3	100	65.2
37	PT040901	ACON2	STF0409	4	1	1	100	63.6
38	PT040902	ACON2	STF0409	4	2	2	100	69.6
39	PT040903	ACON2	STF0409	4	3	3	100	73.6
40	PT0409A01	ACON2	STF0409A	6	1	1	100	59.2
41	PT0409A02	ACON2	STF0409A	6	2	2	100	74.4
42	PT0409A03	ACON2	STF0409A	6	3	3	100	76
43	PT041001	ACON2	STF0410	4	1	1	100	59.2
44	PT041002	ACON2	STF0410	4	2	2	100	60.8
45	PT041003	ACON2	STF0410	4	3	3	100	60
46	PT051101	ACON3	STF0511	10	1	1	100	52.2
47	PT051102	ACON3	STF0511	10	2	2	100	48.6
48	PT051103	ACON3	STF0511	10	3	3	100	51
49	PT051201	ACON3	STF0512	10	1	1	100	40.8
50	PT051202	ACON3	STF0512	10	2	2	100	49.8
51	PT051203	ACON3	STF0512	10	3	3	100	57
52	PT061301	ACON3	STF0613	10	1	1	100	40.8
53	PT061302	ACON3	STF0613	10	2	2	100	55.8
54	PT061303	ACON3	STF0613	10	3	3	100	40.8
55	PT061401	ACON3	STF0614	10	1	1	100	51
56	PT061402	ACON3	STF0614	10	2	2	100	47.4
57	PT061403	ACON3	STF0614	10	3	3	100	52.8

58	PT061501	ACON3	STF0615	10	1	1	100	55.2
59	PT061502	ACON3	STF0615	10	2	2	100	39.6
60	PT061503	ACON3	STF0615	10	3	3	100	52.8
61	PT071601	ACON1	STF0716	8	1	1	100	52.5
62	PT071602	ACON1	STF0716	8	2	2	100	62.3
63	PT071603	ACON1	STF0716	8	3	3	100	69.3
64	PT071701	ACON1	STF0717	8	1	1	100	51.8
65	PT071702	ACON1	STF0717	8	2	2	100	67.2
66	PT071703	ACON1	STF0717	8	3	3	100	50.4
67	PT071801	ACON2	STF0718	9	1	1	100	77.6
68	PT071802	ACON2	STF0718	9	2	2	100	72.8
69	PT071803	ACON2	STF0718	9	3	3	100	73.6
70	PT081901	ACON2	STF0819	9	1	1	100	58.4
71	PT081902	ACON2	STF0819	9	2	2	100	71.2
72	PT081903	ACON2	STF0819	9	3	3	100	78.4
73	PT082001	ACON3	STF0820	10	1	1	100	51.6
74	PT082002	ACON3	STF0820	10	2	2	100	56.4
75	PT082003	ACON3	STF0820	10	3	3	100	56.4

Columna 1. Numeración ascendente.

Columna 2. Código de identificación de semiterminado.

Columna 3. Familia asignada arbitrariamente (dos productos de la misma familia requieren un cambio menor cuando se producen en secuencia en una estación de manufactura).

Columna 4. EOQ (tamaño de lote)

Columna 5. Línea de manufactura asignada.

Columna 6. Velocidad de fabricación en horas por pieza asignada arbitrariamente en concordancia con la demanda y la capacidad.

Columna 7. Segunda línea de manufactura asignada.

Columna 8. Velocidad de fabricación en horas por pieza.

Columna 9. Tercera línea de manufactura asignada.

Columna 10. Cambio de código al pasar por la tercera línea de manufactura.

Columna 11. Tamaño de lote para la tercera línea de manufactura.

Columna 12 Velocidad de fabricación en horas por pieza de la tercera línea de manufactura.

NUM	CÓDIGO ST	Familia	TAM LOTE (Pz)	LÍNEA1	TIEMPO FAB (hr/pz)	LÍNEA2	TIEMPO FAB2 (hr/pz)	LÍNEA3	CÓDIGO	Tam Lote	TIEMPO FAB3
1	STF0101	1	840	MAN0	0.00111111	MAN1	0.00606428	-	-	-	-
2	STF0102	1	840	MAN0	0.00111111	MAN1	0.00612745	ACABADO1	STF0102A	150	168
3	STF0203	2	840	MAN0	0.00111111	MAN1	0.01109878	-	-	-	-
4	STF0204	2	840	MAN0	0.00111111	MAN1	0.00773994	-	-	-	-
5	STF0205	2	840	MAN0	0.00111111	MAN1	0.00735294	ACABADO1	STF0205A	150	150
6	STF0306	3	840	MAN0	0.00111111	MAN2	0.00547645	ACABADO1	STF0306A	150	140
7	STF0307	3	840	MAN0	0.00111111	MAN2	0.00622665	ACABADO1	STF0307A	150	130
8	STF0408	4	840	MAN0	0.00111111	MAN2	0.00528541	-	-	-	-
9	STF0409	4	840	MAN0	0.00111111	MAN2	0.00649351	ACABADO1	STF0409A	150	120
10	STF0410	4	840	MAN0	0.00111111	MAN2	0.00463822	-	-	-	-
11	STF0511	5	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.0041336	-	-	-	-
12	STF0512	5	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.00431332	-	-	-	-
13	STF0613	6	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.00386518	-	-	-	-

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

14	STF0614	6	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.004879	-	-	-	-
15	STF0615	6	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.00431332	-	-	-	-
16	STF0716	7	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.00595238	-	-	-	-
17	STF0717	7	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.00504439	-	-	-	-
18	STF0718	7	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.0032002	-	-	-	-
19	STF0819	8	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.00444208	-	-	-	-
20	STF0820	8	840	MAN0	0.00111111	MAN3	0.0036295	-	-	-	-

Tabla A9 - ERROR DE PRONÓSTICO.

Se aplicó aleatoriamente un error de pronóstico de acuerdo con una media y una desviación estándar y distribución normal, que representa el error cometido durante el pronóstico con respecto a la demanda real (con esto estamos obteniendo una demanda real que se usará en el simulador)

Las columnas que dicen periodox presentan el forecast en número de lotes.

Las columnas que dicen errorx presentan el error obtenido aleatoriamente para el periodo en porcentaje.

Las columnas que dicen dem realx presentan la demanda real que se utilizará en el simulador.

N U M	CÓ- DIGO	LÍNEA ACOND	INVEN- VEN- TARIO INICIAL (se- manas)	Inv ini- cial (pz)	PERIO				PERIO				PERIO				PERIO			
					RIO- DO 1	RIO- DO 2	ERR OR 2	DEM REAL 2	RIO- DO 3	ERR OR 3	DEM REAL 3	RIO- DO 4	ERR OR 4	DEM REAL 4	RIO- DO 5	ERR OR 5	DEM REAL 5	RIO- DO 6	ERR OR 6	DEM REAL 6
1	PT010 101	ACON1	2.75	22 1	3.2	3.5	7.2	3.735	2.6	-0.7	2.606	2.9	1.1	2.915	3.0	5.8	3.195	3.0	6.4	3.218
2	PT010 102	ACON1	1.96	91	1.9	3.2	-2.8	3.107	2.7	3.1	2.772	2.5	6.1	2.609	2.5	4.4	2.650	2.4	-0.8	2.378
3	PT010 103	ACON1	1.91	13 9	2.9	3.5	4.5	3.686	2.7	-0.3	2.658	2.8	-1.6	2.756	3.3	5.9	3.542	3.5	1.3	3.499
4	PT010 201	ACON1	1.91	14 3	3.0	3.0	2.3	3.042	2.6	5.1	2.726	2.9	5.9	3.118	2.7	10.3	2.935	3.5	6.7	3.767
5	PT010 202	ACON1	2.08	18 6	3.6	3.4	-0.5	3.374	2.9	5.9	3.056	3.2	9.5	3.484	3.6	3.3	3.681	3.7	-4.1	3.539
6	PT010 203	ACON1	2.22	19 9	3.6	2.6	0.5	2.631	3.2	-1.0	3.207	3.7	7.1	3.964	3.6	-1.1	3.522	3.5	-7.5	3.245
7	PT010 201A	ACON1	2.67	19 3	2.9	3.2	-2.3	3.153	3.0	8.4	3.206	3.6	2.0	3.660	2.7	12.9	3.059	2.8	-0.7	2.809
8	PT010 202A	ACON1	2.25	19 0	3.4	2.2	6.1	2.335	2.4	5.6	2.486	2.6	2.0	2.636	2.8	6.2	2.973	2.9	2.0	3.008
9	PT010 203A	ACON1	2.49	17 2	2.8	2.2	8.5	2.405	2.9	5.7	3.036	2.8	-2.4	2.777	2.5	4.9	2.673	3.8	0.2	3.840
10	PT020 301	ACON1	2.21	17 5	3.2	2.1	8.1	2.307	4.0	2.1	4.090	3.2	9.0	3.492	2.7	0.9	2.759	2.9	5.5	3.075
11	PT020 302	ACON1	2.24	12 9	2.3	2.8	8.0	3.042	2.2	-1.2	2.184	2.6	3.2	2.666	2.9	5.3	3.007	3.4	12.8	3.886
12	PT020 303	ACON1	2.49	19 3	3.1	2.8	1.1	2.869	2.3	5.3	2.460	3.0	5.5	3.190	2.8	15.6	3.228	3.2	0.8	3.186
13	PT020 401	ACON1	1.96	19 9	4.1	3.2	-1.2	3.174	3.0	-5.7	2.852	3.6	2.9	3.729	3.4	19.1	4.010	3.1	4.3	3.205
14	PT020 402	ACON1	2.72	17 1	2.5	3.1	16.4	3.627	2.3	8.9	2.518	3.3	8.3	3.596	2.7	15.7	3.133	2.9	7.8	3.159
15	PT020 403	ACON1	3.17	25 3	3.2	3.0	9.6	3.240	1.8	8.4	1.947	3.9	2.6	3.993	3.6	-2.2	3.526	3.5	7.0	3.761
16	PT020 501	ACON1	2.90	13 3	1.8	1.9	-0.2	1.905	2.5	-1.1	2.495	2.2	1.8	2.235	1.5	-2.2	1.431	2.3	7.4	2.429
17	PT020 502	ACON1	2.60	18 8	2.9	2.1	2.3	2.106	2.3	6.7	2.445	1.8	7.4	1.895	1.4	13.0	1.634	2.5	5.0	2.665
18	PT020 503	ACON1	2.72	17 2	2.5	1.7	3.2	1.710	0.8	4.2	0.880	2.3	9.2	2.552	2.4	16.7	2.857	2.4	8.9	2.654
19	PT020 5A01	ACON2	2.87	12 3	1.7	2.3	2.2	2.401	1.7	4.8	1.735	1.8	-1.7	1.732	1.2	9.4	1.260	2.8	3.6	2.861
20	PT020 5A02	ACON2	2.51	13 6	2.2	2.1	5.6	2.172	1.8	8.0	1.958	1.2	10.2	1.282	1.7	2.5	1.771	1.8	6.9	1.911
21	PT020 5A03	ACON2	1.83	14 5	3.2	3.1	6.2	3.341	3.7	5.7	3.920	2.6	13.3	2.915	4.3	11.7	4.817	2.9	-7.5	2.701
22	PT030 601	ACON2	1.94	19 9	4.1	2.9	3.2	2.973	3.9	1.9	3.936	3.6	3.9	3.707	3.5	2.9	3.609	2.9	7.7	3.111
23	PT030 602	ACON2	2.11	19 1	3.6	2.2	6.6	2.387	2.9	5.5	3.026	3.5	8.9	3.855	2.7	3.0	2.752	2.7	2.4	2.806

24	PT030 603	ACON2	1.72	13 1	3.0	4.0	-3.7	3.839	3.7	3.5	3.829	3.4	-6.1	3.185	2.3	6.9	2.474	3.5	-2.1	3.426
25	PT030 6A01	ACON3	2.82	23 8	3.4	4.0	-2.7	3.881	3.6	13.8	4.111	3.6	5.1	3.743	3.0	14.2	3.416	3.7	7.2	3.952
26	PT030 6A02	ACON3	2.73	25 6	3.7	3.6	5.3	3.781	3.4	1.1	3.473	3.6	0.3	3.589	3.7	12.8	4.168	4.0	10.8	4.407
27	PT030 6A03	ACON3	1.56	15 4	3.9	3.2	8.5	3.440	3.5	1.5	3.572	3.5	10.0	3.821	3.2	10.9	3.580	3.4	1.4	3.470
28	PT030 701	ACON2	1.34	10 8	3.2	3.2	-4.4	3.099	4.4	5.8	4.611	3.8	3.3	3.937	3.7	4.2	3.881	4.0	9.5	4.416
29	PT030 702	ACON2	2.37	20 8	3.5	3.9	14.0	4.409	3.8	6.2	4.034	4.2	2.2	4.250	3.8	1.0	3.851	3.1	-1.8	3.055
30	PT030 703	ACON2	1.34	12 6	3.8	3.5	-0.2	3.452	3.2	5.1	3.317	3.6	0.1	3.589	3.1	-0.6	3.067	3.8	-1.5	3.723
31	PT030 7A01	ACON1	2.78	33 2	4.8	4.1	2.6	4.206	3.2	-0.2	3.201	4.0	5.3	4.193	4.7	13.2	5.293	4.1	-5.2	3.872
32	PT030 7A02	ACON1	2.59	23 9	3.7	4.5	8.2	4.923	3.1	2.1	3.179	3.4	9.3	3.676	3.1	0.7	3.151	3.9	2.0	4.028
33	PT030 7A03	ACON1	3.06	27 3	3.6	2.9	10.0	3.157	5.2	3.3	5.366	4.2	3.7	4.308	3.7	12.0	4.196	4.1	14.6	4.732
34	PT040 801	ACON2	3.09	29 5	3.8	3.7	6.9	3.945	3.8	3.8	3.927	4.5	7.7	4.834	3.8	1.1	3.793	3.6	6.5	3.815
35	PT040 802	ACON2	2.60	27 7	4.3	4.3	4.6	4.530	4.0	5.5	4.247	4.3	4.6	4.503	3.4	3.4	3.531	3.7	1.2	3.776
36	PT040 803	ACON2	1.72	19 0	4.4	3.1	-0.8	3.110	3.9	7.4	4.147	3.8	-1.8	3.742	3.3	10.9	3.606	4.7	10.3	5.142
37	PT040 901	ACON2	2.49	27 1	4.4	3.3	0.3	3.273	4.4	-0.6	4.351	3.8	6.2	4.062	3.3	3.8	3.433	3.6	6.3	3.790
38	PT040 902	ACON2	1.96	22 1	4.5	3.9	2.5	3.982	3.6	-3.5	3.465	4.5	5.5	4.774	5.0	-3.1	4.816	3.3	3.1	3.390
39	PT040 903	ACON2	2.96	33 9	4.6	3.3	-3.8	3.163	4.8	5.5	5.039	4.5	4.1	4.717	4.0	3.0	4.093	3.9	-1.8	3.831
40	PT040 9A01	ACON2	1.98	20 6	4.2	4.2	9.9	4.584	4.5	7.7	4.827	4.4	7.1	4.704	4.8	8.9	5.212	3.6	5.1	3.808
41	PT040 9A02	ACON2	2.56	23 8	3.7	4.8	3.4	4.958	4.5	3.8	4.661	4.1	12.6	4.630	4.1	-0.2	4.088	3.7	2.4	3.804
42	PT040 9A03	ACON2	2.32	26 2	4.5	4.1	5.3	4.316	3.9	4.8	4.067	4.3	8.7	4.641	3.6	1.2	3.674	3.7	3.0	3.801
43	PT041 001	ACON2	2.81	25 9	3.7	4.8	1.2	4.875	4.1	3.3	4.231	3.8	10.7	4.218	3.7	8.4	3.967	4.2	8.5	4.585
44	PT041 002	ACON2	2.24	24 8	4.4	4.2	7.0	4.498	3.4	10.7	3.717	3.4	0.5	3.457	4.4	6.1	4.717	3.8	-1.3	3.773
45	PT041 003	ACON2	2.55	29 7	4.7	4.2	-1.5	4.126	4.6	-1.7	4.547	3.1	8.8	3.381	3.2	2.6	3.332	3.4	1.3	3.442
46	PT051 101	ACON3	2.49	13 9	2.2	1.7	9.5	1.814	2.6	3.9	2.744	3.6	3.8	3.708	3.1	3.0	3.150	2.5	12.1	2.795
47	PT051 102	ACON3	2.69	16 3	2.4	2.6	-6.6	2.407	2.7	11.8	3.024	2.4	4.8	2.485	2.3	10.7	2.548	2.0	2.9	2.051
48	PT051 103	ACON3	2.72	14 1	2.1	2.3	7.1	2.443	1.3	6.9	1.422	2.9	6.8	3.099	2.2	2.3	2.270	2.1	2.7	2.106
49	PT051 201	ACON3	1.98	15 2	3.1	2.4	-0.3	2.434	3.3	14.6	3.726	2.3	0.5	2.327	3.4	9.1	3.698	2.6	6.1	2.758
50	PT051 202	ACON3	2.32	18 2	3.1	2.0	3.5	2.069	2.3	2.9	2.353	4.0	1.9	4.075	1.7	6.5	1.812	3.2	7.3	3.425
51	PT051 203	ACON3	2.50	15 0	2.4	2.1	-4.9	1.987	3.0	7.4	3.191	3.0	6.5	3.233	1.8	3.2	1.827	3.2	2.6	3.288
52	PT061 301	ACON3	2.24	12 5	2.2	3.2	11.1	3.526	1.9	-2.1	1.859	3.5	11.0	3.901	2.7	2.2	2.778	2.6	14.0	3.018
53	PT061 302	ACON3	2.24	89	1.6	2.8	12.8	3.195	3.1	4.8	3.252	3.0	11.7	3.355	3.0	2.6	3.066	2.7	7.3	2.907
54	PT061 303	ACON3	2.41	12 0	2.0	2.4	10.1	2.620	2.4	10.4	2.597	1.8	2.3	1.891	2.2	11.3	2.413	3.1	6.7	3.262
55	PT061 401	ACON3	3.20	25 0	3.1	2.3	5.6	2.462	3.0	3.9	3.078	2.8	1.8	2.851	2.3	3.9	2.421	2.5	5.5	2.599
56	PT061 402	ACON3	1.86	12 5	2.7	3.0	-0.2	2.993	1.9	6.3	2.058	2.3	6.8	2.500	1.8	6.0	1.922	2.8	2.9	2.873
57	PT061 403	ACON3	2.10	11 0	2.1	2.3	5.6	2.401	2.6	5.1	2.758	2.1	11.4	2.311	2.9	4.2	3.051	2.0	2.9	2.081
58	PT061 501	ACON3	1.68	10 2	2.4	2.8	0.3	2.774	2.8	3.4	2.900	2.9	1.8	2.962	2.3	8.3	2.538	2.7	25.4	3.338
59	PT061 502	ACON3	2.98	15 3	2.1	3.3	0.1	3.349	1.9	1.9	1.945	2.1	2.4	2.179	3.2	8.2	3.465	2.0	11.6	2.209
60	PT061 503	ACON3	1.80	94	2.1	3.3	4.1	3.410	3.3	2.8	3.365	2.5	-3.7	2.385	2.7	2.2	2.742	2.4	4.4	2.534
61	PT071 601	ACON1	2.64	19 8	3.0	2.8	1.5	2.854	2.9	11.0	3.249	3.3	9.9	3.638	2.4	11.6	2.719	2.5	-0.1	2.490
62	PT071 602	ACON1	2.56	19 5	3.0	2.8	10.8	3.073	2.7	9.4	2.989	3.2	2.9	3.263	3.3	7.2	3.497	3.1	12.8	3.458
63	PT071 603	ACON1	2.81	18 3	2.6	3.7	9.5	4.039	2.3	13.8	2.642	3.5	-0.3	3.512	3.0	5.8	3.180	3.5	3.7	3.597

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

64	PT071 701	ACON1	2.15	4	2.5	2.7	5.4	2.818	2.8	-5.4	2.684	2.9	2.6	2.972	2.5	-0.2	2.544	3.2	7.1	3.453
65	PT071 702	ACON1	2.85	6	3.3	3.2	5.5	3.373	3.3	6.0	3.463	2.8	5.1	2.940	3.1	4.5	3.249	3.1	3.9	3.209
66	PT071 703	ACON1	2.67	7	3.1	2.7	11.8	2.970	3.2	1.4	3.224	2.8	12.9	3.154	2.3	8.9	2.518	3.0	-1.9	2.961
67	PT071 801	ACON2	2.78	5	3.2	3.2	8.7	3.508	2.9	4.1	3.042	3.4	15.5	3.914	3.0	7.1	3.263	3.1	5.9	3.283
68	PT071 802	ACON2	3.20	2	2.7	3.3	11.0	3.611	2.8	11.3	3.067	3.2	10.0	3.532	3.1	6.8	3.276	3.3	3.3	3.398
69	PT071 803	ACON2	2.78	9	2.7	2.8	-2.4	2.776	3.1	4.0	3.220	3.5	4.0	3.626	3.6	7.3	3.860	2.5	5.9	2.677
70	PT081 901	ACON2	3.32	9	3.4	2.6	2.2	2.653	2.9	-3.7	2.770	3.3	8.3	3.596	2.9	8.0	3.116	2.8	6.0	2.964
71	PT081 902	ACON2	2.84	5	3.2	2.8	7.6	3.048	2.8	0.6	2.778	3.6	6.1	3.777	2.9	2.9	2.946	3.0	8.4	3.274
72	PT081 903	ACON2	2.33	3	2.8	2.7	5.8	2.878	2.8	4.9	2.941	3.3	4.3	3.413	3.0	4.6	3.174	2.8	9.7	3.079
73	PT082 001	ACON2	3.14	0	3.1	2.5	2.6	2.536	3.0	5.5	3.179	2.6	0.6	2.614	3.1	3.0	3.203	3.0	3.3	3.090
74	PT082 002	ACON2	2.04	4	3.0	2.9	17.4	3.438	3.4	-0.1	3.423	2.8	6.7	2.942	3.5	3.8	3.646	3.1	3.1	3.213
75	PT082 003	ACON2	2.98	1	2.8	2.9	3.1	2.940	3.0	2.3	3.118	2.9	1.0	2.932	2.4	6.9	2.520	3.2	4.9	3.387

Tabla A10 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE PT PERIODO 2.

- Columna 1. Número de producto terminado.
- Columna 2. Código de producto terminado.
- Columna 3. Línea de acondicionamiento.
- Columna 4. Presentación (número de piezas de ST requeridas).
- Columna 5. Meses de cobertura al inicio del periodo.
- Columna 6. Lotes requeridos en el periodo.
- Columna 7. Piezas requeridas en el periodo.
- Columna 8. Velocidad de producción en piezas por hora.
- Columna 9. Tiempo requerido de proceso para el número de piezas.
- Columna 10. Tiempo de cambio requerido al inicio de la producción.
- Columna 11. Tiempo total de producción más cambio.
- Columna 12. Hora en la que se requiere el producto.
- Columna 13. Número de secuencia en el periodo.
- Columna 14. Hora de inicio de la producción.
- Columna 15. Hora de terminación de la producción.
- Columna 16. Número de semiterminado requerido.
- Columna 17. Cantidad de semiterminado requerida.
- Columna 18. Hora en la cual se requiere el semiterminado.

NUM	CÓDIGO	LÍNEA ACOND	Presentación	COBERTURA al inicio (meses)	MPS LOTES PERIODO 2	MPS PIEZAS	VELOCIDAD DE LINEA (pz/hr)	TIEMPO DE PROCESO (hr)	TIEMPO DE CAMBIO	TIEMPO DE PRODUCCIÓN hr	hora requerida	# secuencia	inicio	fin	BO M (S.T)	CANTIDAD ST REQ	Fecha requerida (hr)
31	PT0307A 01	1	1	1.62	3.00	300	53	5.71	1.00	6.71	Libre	1.0	0.0	6.7	7	300	-0.2
61	PT07160 1	1	1	1.52	4.00	400	53	7.62	0.50	8.12	Libre	2.0	6.7	14.8	16	400	6.5
16	PT02050 1	1	1	1.56	3.00	300	60	4.98	0.50	5.48	Libre	3.0	14.8	20.3	5	300	14.6
64	PT07170 1	1	1	1.52	3.00	300	52	5.79	0.50	6.29	Libre	4.0	20.3	26.6	17	300	20.1

13	PT02040 1	1	1	1.63	4.00	400	56	7.14	0.50	7.64	libre	5.0	26.6	34.3	4	400	26.4		
7	PT01020 1A	1	1	1.65	3.00	300	53	5.64	0.50	6.14	libre	6.0	34.3	40.4	2	300	34.1		
10	PT02030 1	1	1	1.42	4.00	400	53	7.62	0.50	8.12	libre	7.0	40.4	48.5	3	400	40.2		
4	PT01020 1	1	1	1.62	3.00	300	60	4.98	0.50	5.48	libre	8.0	48.5	54.0	2	300	48.3		
1	PT01010 1	1	1	1.65	4.00	400	68	5.89	0.50	6.39	libre	9.0	54.0	60.4	1	400	53.8		
5	PT01020 2	1	2	1.68	2.00	200	67	3.01	1.00	4.01	libre	10.0	60.4	64.4	2	400	60.2		
32	PT0307A 02	1	2	1.61	3.00	300	57	5.31	0.50	5.81	libre	11.0	64.4	70.2	7	600	64.2		
62	PT07160 2	1	2	1.53	3.00	300	62	4.82	0.50	5.32	libre	12.0	70.2	75.5	16	600	70.0		
14	PT02040 2	1	2	1.59	3.00	300	58	5.17	0.50	5.67	libre	13.0	75.5	81.2	4	600	75.3		
2	PT01010 2	1	2	1.86	1.00	100	70	1.43	0.50	1.93	libre	14.0	81.2	83.1	1	200	81.0		
65	PT07170 2	1	2	1.63	3.00	300	67	4.46	0.50	4.96	libre	15.0	83.1	88.1	17	600	82.9		
11	PT02030 2	1	2	1.59	3.00	300	55	5.42	0.50	5.92	libre	16.0	88.1	94.0	3	600	87.9		
8	PT01020 2A	1	2	1.55	3.00	300	46	6.59	0.50	7.09	libre	17.0	94.0	101.	1	2	600	93.8	
17	PT02050 2	1	2	1.69	2.00	200	69	2.92	0.50	3.42	libre	18.0	101.	104.	1	5	5	400	100.9
15	PT02040 3	1	3	1.70	2.00	200	61	3.28	1.00	4.28	libre	19.0	104.	108.	5	8	4	600	104.3

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

63	PT07160 3	1	3	1.70	2.00	200	69	2.89	0.50	3.39	libre	20.0	108. 8	112. 2	16	600	108.6
18	PT02050 3	1	3	1.88	1.00	100	61	1.64	0.50	2.14	libre	21.0	112. 2	114. 3	5	300	112.0
3	PT01010 3	1	3	1.72	2.00	200	53	3.76	0.50	4.26	libre	22.0	114. 3	118. 6	1	600	114.1
6	PT01020 3	1	3	1.58	3.00	300	51	5.87	0.50	6.37	libre	23.0	118. 6	125. 0	2	900	118.4
66	PT07170 3	1	3	1.51	3.00	300	50	5.95	0.50	6.45	libre	24.0	125. 0	131. 4	17	900	124.8
12	PT02030 3	1	3	1.74	2.00	200	53	3.77	0.50	4.27	libre	25.0	131. 4	135. 7	3	600	131.2
33	PT0307A 03	1	3	1.39	5.00	500	60	8.28	0.50	8.78	libre	26.0	135. 7	144. 5	7	1500	135.5
9	PT01020 3A	1	3	1.58	3.00	300	66	4.56	0.50	5.06	libre	27.0	144. 5	149. 5	2	900	144.3
19	PT0205A 01	2	1	1.63	2.00	200	78	2.55	1.00	3.55	libre	1.0	0.0	3.6	5	200	-0.2
40	PT0409A 01	2	1	1.57	4.00	400	59	6.76	0.50	7.26	libre	2.0	3.6	10.8	9	400	3.4
34	PT04080 1	2	1	1.55	4.00	400	70	5.75	0.50	6.25	libre	3.0	10.8	17.1	8	400	10.6
22	PT03060 1	2	1	1.43	4.00	400	68	5.88	0.50	6.38	libre	4.0	17.1	23.4	6	400	16.9
28	PT03070 1	2	1	1.51	4.00	400	54	7.46	0.50	7.96	libre	5.0	23.4	31.4	7	400	23.2
67	PT07180 1	2	1	1.65	3.00	300	78	3.87	0.50	4.37	libre	6.0	31.4	35.8	18	300	31.2
70	PT08190 1	2	1	1.63	3.00	300	58	5.14	0.50	5.64	libre	7.0	35.8	41.4	19	300	35.6

37	PT04090 1	2	1	1.44	5.00	500	64	7.86	0.50	8.36	libre	8.0	41.4	49.8	9	500	41.2
43	PT04100 1	2	1	1.55	5.00	500	59	8.45	0.50	8.95	libre	9.0	49.8	58.7	10	500	49.6
38	PT04090 2	2	2	1.63	3.00	300	70	4.31	1.00	5.31	libre	10.0	58.7	64.0	9	600	58.5
23	PT03060 2	2	2	1.45	3.00	300	59	5.07	0.50	5.57	libre	11.0	64.0	69.6	6	600	63.8
35	PT04080 2	2	2	1.54	4.00	400	57	7.04	0.50	7.54	libre	12.0	69.6	77.1	8	800	69.4
71	PT08190 2	2	2	1.55	3.00	300	71	4.21	0.50	4.71	libre	13.0	77.1	81.8	19	600	76.9
68	PT07180 2	2	2	1.58	3.00	300	73	4.12	0.50	4.62	libre	14.0	81.8	86.5	18	600	81.6
44	PT04100 2	2	2	1.67	3.00	300	61	4.93	0.50	5.43	libre	15.0	86.5	91.9	10	600	86.3
41	PT0409A 02	2	2	1.61	4.00	400	74	5.38	0.50	5.88	libre	16.0	91.9	97.8	9	800	91.7
29	PT03070 2	2	2	1.60	4.00	400	70	5.75	0.50	6.25	libre	17.0	97.8	104.0	7	800	97.6
20	PT0205A 02	2	2	1.57	2.00	200	77	2.60	0.50	3.10	libre	18.0	104.0	107.1	5	400	103.8
42	PT0409A 03	2	3	1.51	4.00	400	76	5.26	1.00	6.26	libre	19.0	107.1	113.4	9	1200	106.9
69	PT07180 3	2	3	1.53	3.00	300	74	4.08	0.50	4.58	libre	20.0	113.4	118.0	18	900	113.2
72	PT08190 3	2	3	1.51	3.00	300	78	3.83	0.50	4.33	libre	21.0	118.0	122.3	19	900	117.8
36	PT04080 3	2	3	1.50	4.00	400	65	6.13	0.50	6.63	libre	22.0	122.3	128.9	8	1200	122.1

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

39	PT04090 3	2	3	1.47	5.00	500	74	6.79	0.50	7.29	libre	23.0	128. 9	136. 2	9	1500	128.7
30	PT03070 3	2	3	1.53	4.00	400	54	7.46	0.50	7.96	libre	24.0	136. 2	144. 2	7	1200	136.0
24	PT03060 3	2	3	1.56	4.00	400	65	6.12	0.50	6.62	libre	25.0	144. 2	150. 8	6	1200	144.0
21	PT0205A 03	2	3	1.48	4.00	400	65	6.17	0.50	6.67	libre	26.0	150. 8	157. 5	5	1200	150.6
45	PT04100 3	2	3	1.49	5.00	500	60	8.33	0.50	8.83	libre	27.0	157. 5	166. 3	10	1500	157.3
58	PT06150 1	3	1	1.64	3.00	300	55	5.43	1.00	6.43	libre	1.0	0.0	6.4	15	300	-0.2
52	PT06130 1	3	1	1.79	2.00	200	41	4.90	0.50	5.40	libre	2.0	6.4	11.8	13	200	6.2
55	PT06140 1	3	1	1.45	4.00	400	51	7.84	0.50	8.34	libre	3.0	11.8	20.2	14	400	11.6
25	PT0306A 01	3	1	1.53	4.00	400	45	8.89	0.50	9.39	libre	4.0	20.2	29.6	6	400	20.0
46	PT05110 1	3	1	1.50	4.00	400	52	7.66	0.50	8.16	libre	5.0	29.6	37.7	11	400	29.4
73	PT08200 1	3	1	1.61	3.00	300	52	5.81	0.50	6.31	libre	6.0	37.7	44.0	20	300	37.5
49	PT05120 1	3	1	1.43	5.00	500	41	12.25	0.50	12.75	libre	7.0	44.0	56.8	12	500	43.8
50	PT05120 2	3	2	1.63	2.00	200	50	4.02	1.00	5.02	libre	8.0	56.8	61.8	12	400	56.6
59	PT06150 2	3	2	1.66	2.00	200	40	5.05	0.50	5.55	libre	9.0	61.8	67.4	15	400	61.6
53	PT06130 2	3	2	1.56	3.00	300	56	5.38	0.50	5.88	libre	10.0	67.4	73.2	13	600	67.2

74	PT08200 2	3	2	1.55	3.00	300	56	5.32	0.50	5.82	libre	11.0	73.2	79.1	20	600	73.0
56	PT06140 2	3	2	1.72	2.00	200	47	4.22	0.50	4.72	libre	12.0	79.1	83.8	14	400	78.9
26	PT0306A 02	3	2	1.54	4.00	400	41	9.76	0.50	10.26	libre	13.0	83.8	94.0	6	800	83.6
47	PT05110 2	3	2	1.61	3.00	300	49	6.17	0.50	6.67	libre	14.0	94.0	100. 7	11	600	93.8
48	PT05110 3	3	3	1.65	2.00	200	51	3.92	1.00	4.92	libre	15.0	100. 7	105. 6	11	600	100.5
51	PT05120 3	3	3	1.42	3.00	300	57	5.26	0.50	5.76	libre	16.0	105. 6	111. 4	12	900	105.4
75	PT08200 3	3	3	1.55	3.00	300	56	5.32	0.50	5.82	libre	17.0	111. 4	117. 2	20	900	111.2
57	PT06140 3	3	3	1.61	2.00	200	53	3.79	0.50	4.29	libre	18.0	117. 2	121. 5	14	600	117.0
60	PT06150 3	3	3	1.59	3.00	300	53	5.68	0.50	6.18	libre	19.0	121. 5	127. 7	15	900	121.3
27	PT0306A 03	3	3	1.54	4.00	400	35	11.43	0.50	11.93	libre	20.0	127. 7	139. 6	6	1200	127.5
54	PT06130 3	3	3	1.68	2.00	200	41	4.90	0.50	5.40	libre	21.0	139. 6	145. 0	13	600	139.4

Tabla A11 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ESTACIÓN DE ACABADO MES 2

- Columna 1. Número de producto.
- Columna 2. Código de producto semiterminado.
- Columna 3. Familia a la que pertenece el producto.
- Columna 4. Tamaño de lote de producción.
- Columna 5. Línea.
- Columna 6. Piezas requeridas en el periodo.
- Columna 7. Lotes requeridos en el periodo.
- Columna 8. Hora en la que se requiere el producto
- Columna 9. Número de secuencia en el periodo .
- Columna 10. Velocidad de producción en piezas por hora
- Columna 11. Tiempo de cambio requerido al inicio de la producción.
- Columna 12. Tiempo requerido de proceso para el número de piezas.
- Columna 13. Tiempo total de producción más cambio.
- Columna 14. Hora de inicio de la producción.

Columna 15. Hora de terminación de la producción.

NUM	CÓDIGO ST	Familia	TAM LOTE (Pz)	LÍNEA	REQ (pz)	LOTES	FECHA	SECUENCIA	VELOCIDAD PZ/HR	TIEMPO CAMBIO	TIEMPO PROD	TIEMPO TOTAL	INICIO	FIN
0.2	STF0205A	2	100	ACABADO1	200	2	-0.20	1	150	6	1.33	7.33	-22.20	-14.87
0.4	STF0307A	3	100	ACABADO1	300	3	-0.20	2	130	6	2.31	8.31	-14.87	-6.56
0.5	STF0409A	4	100	ACABADO1	400	4	3.35	3	120	6	3.33	9.33	-6.56	2.77
0.3	STF0306A	3	100	ACABADO1	400	4	19.98	4	140	6	2.86	8.86	2.77	11.63
0.4	STF0307A	3	100	ACABADO1	600	6	64.19	6	130	2	4.62	6.62	11.63	18.25
0.3	STF0306A	3	100	ACABADO1	800	8	83.58	7	140	2	5.71	7.71	18.25	25.96
0.1	STF0102A	1	100	ACABADO1	300	3	34.05	7.5	168	6	1.79	7.79	25.96	33.75
0.5	STF0409A	4	100	ACABADO1	800	8	91.70	8	120	6	6.67	12.67	33.75	46.41
0.5	STF0409A	4	100	ACABADO1	1200	12	106.93	9	120	2	10.00	12.00	46.41	58.41
0.1	STF0102A	1	100	ACABADO1	600	6	93.81	10	168	6	3.57	9.57	58.41	67.98
0.2	STF0205A	2	100	ACABADO1	400	4	103.82	11	150	6	2.67	8.67	67.98	76.65
0.2	STF0205A	2	100	ACABADO1	1200	12	150.60	12	150	2	8.00	10.00	76.65	86.65
0.3	STF0306A	3	100	ACABADO1	1200	12	127.48	13	140	6	8.57	14.57	86.65	101.22
0.4	STF0307A	3	100	ACABADO1	1500	15	135.48	14	130	2	11.54	13.54	101.22	114.76
0.1	STF0102A	1	100	ACABADO1	900	9	144.26	15	168	6	5.36	11.36	114.76	126.12

Tabla A12 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PARA LAS ESTACIONES DE FORMADO PERIODO 2

- Columna 1. Número de producto
- Columna 2. Código de producto
- Columna 3. Familia a la que pertenece el producto (los tiempos de cambio varían dependiendo de si los productos en secuencia son de la misma familia o no)
- Columna 4. Tamaño de lote
- Columna 5. Línea de manufactura (estación de trabajo)
- Columna 6. Requerimientos del periodo en piezas
- Columna 7. Lotes requeridos en el periodo
- Columna 8. Velocidad de producción en piezas por hora
- Columna 9. Secuencia de producción en el periodo
- Columna 10. Tiempo de cambio
- Columna 11. Tiempo de proceso
- Columna 12. Tiempo total (cambio + proceso)
- Columna 13. Hora en la que es requerida el producto (se toma como cero el inicio del periodo, números negativos significa que se requiere en el periodo anterior)
- Columna 14. Hora de inicio
- Columna 15. Hora de fin de la producción
- Columna 16. Holgura con respecto a la fecha de entrega

NUM	CÓDIGO ST	Familia	TAM LOTE (Pz)	LÍNEA	REQ (PZ)	LOTES	VELOCIDAD (pz/hr)	SECUENCIA	TIEMPO CAMBIO (hr)	TIEMPO PROCESO	TIEMPO TOTAL	FECHA REQUERIDA (HR)	INICIO	FIN	HOLGURA
5	STF0205	2	200	1	200	1.00	136	1	6	1.47	7.47	-22.4	-29.87	-22.40	0.00
5	STF0205	2	200	1	300	1.50	136	2	0	2.21	2.21	14.6	-22.40	-20.19	34.83
5	STF0205	2	200	1	300	1.50	136	3	0	2.21	2.21	112.0	-20.19	-17.99	129.97
2	STF0102	1	200	1	300	1.50	163.2	4	6	1.84	7.84	25.8	-17.99	-10.15	35.91
2	STF0102	1	200	1	300	1.50	163.2	5	0	1.84	1.84	48.3	-10.15	-8.31	56.62

4	STF0204	2	200	1	400	2.00	129.2	6	6	3.10	9.10	26.4	-8.31	0.78	25.62
3	STF0203	2	200	1	400	2.00	90.1	7	2	4.44	6.44	40.2	0.78	7.22	32.97
1	STF0101	1	200	1	400	2.00	164.9	8	6	2.43	8.43	53.8	7.22	15.65	38.14
2	STF0102	1	200	1	600	3.00	163.2	9	2	3.68	5.68	58.2	15.65	21.33	36.89
2	STF0102	1	200	1	400	2.00	163.2	10	0	2.45	2.45	60.2	21.33	23.78	36.41
5	STF0205	2	200	1	400	2.00	136	11	6	2.94	8.94	67.8	23.78	32.72	35.07
4	STF0204	2	200	1	600	3.00	129.2	12	2	4.64	6.64	75.3	32.72	39.36	35.95
5	STF0205	2	200	1	1200	6.00	136	13	2	8.82	10.82	76.5	39.36	50.19	26.27
1	STF0101	1	200	1	200	1.00	164.9	14	6	1.21	7.21	81.0	50.19	57.40	23.59
3	STF0203	2	200	1	600	3.00	90.1	15	6	6.66	12.66	87.9	57.40	70.06	17.82
5	STF0205	2	200	1	400	2.00	136	16	2	2.94	4.94	100.9	70.06	75.00	25.90
4	STF0204	2	200	1	600	3.00	129.2	17	2	4.64	6.64	104.3	75.00	81.64	22.67
1	STF0101	1	200	1	600	3.00	164.9	18	6	3.64	9.64	114.1	81.64	91.28	22.85
2	STF0102	1	200	1	900	4.50	163.2	19	2	5.51	7.51	114.6	91.28	98.80	15.77
2	STF0102	1	200	1	900	4.50	163.2	20	0	5.51	5.51	118.4	98.80	104.31	14.08
3	STF0203	2	200	1	600	3.00	90.1	21	6	6.66	12.66	131.2	104.31	116.97	14.24
7	STF0307	3	200	2	300	1.50	160.6	1	6	1.87	7.87	-15.1	-52.93	-45.07	30.00
7	STF0307	3	200	2	1500	7.50	160.6	2	0	9.34	9.34	101.0	-45.07	-35.73	136.75
7	STF0307	3	200	2	600	3.00	160.6	3	0	3.74	3.74	11.4	-35.73	-31.99	43.42
7	STF0307	3	200	2	400	2.00	160.6	4	0	2.49	2.49	23.2	-31.99	-29.50	52.74
6	STF0306	3	200	2	400	2.00	182.6	5	2	2.19	4.19	2.6	-29.50	-25.31	27.88
6	STF0306	3	200	2	400	2.00	182.6	6	0	2.19	2.19	16.9	-25.31	-23.12	39.97
6	STF0306	3	200	2	800	4.00	182.6	7	0	4.38	4.38	18.0	-23.12	-18.74	36.78
9	STF0409	4	200	2	400	2.00	154	8	6	2.60	8.60	-6.8	-18.74	-10.14	3.38
8	STF0408	4	200	2	400	2.00	189.2	9	2	2.11	4.11	10.6	-10.14	-6.03	16.63
9	STF0409	4	200	2	800	4.00	154	10	2	5.19	7.19	33.5	-6.03	1.17	32.38
9	STF0409	4	200	2	500	2.50	154	11	0	3.25	3.25	41.2	1.17	4.42	36.79
9	STF0409	4	200	2	1200	6.00	154	12	0	7.79	7.79	46.2	4.42	12.21	34.01
9	STF0409	4	200	2	1500	7.50	154	13	0	9.74	9.74	128.7	12.21	21.95	106.78
10	STF0410	4	200	2	500	2.50	215.6	14	2	2.32	4.32	49.6	21.95	26.27	23.30
10	STF0410	4	200	2	1500	7.50	215.6	15	0	6.96	6.96	157.3	26.27	33.22	124.05
10	STF0410	4	200	2	600	3.00	215.6	16	0	2.78	2.78	86.3	33.22	36.01	50.26
9	STF0409	4	200	2	600	3.00	154	17	2	3.90	5.90	58.5	36.01	41.90	16.61
8	STF0408	4	200	2	800	4.00	189.2	18	2	4.23	6.23	69.4	41.90	48.13	21.26
8	STF0408	4	200	2	1200	6.00	189.2	19	0	6.34	6.34	122.1	48.13	54.47	67.62
6	STF0306	3	200	2	600	3.00	182.6	20	6	3.29	9.29	63.8	54.47	63.76	0.06
6	STF0306	3	200	2	1200	6.00	182.6	21	0	6.57	6.57	86.5	63.76	70.33	16.12
6	STF0306	3	200	2	1200	6.00	182.6	22	0	6.57	6.57	144.0	70.33	76.90	67.08
7	STF0307	3	200	2	800	4.00	160.6	23	2	4.98	6.98	97.6	76.90	83.88	13.69
7	STF0307	3	200	2	1200	6.00	160.6	24	0	7.47	7.47	136.0	83.88	91.36	44.66
15	STF0615	6	200	3	300	1.50	231.84	1	6	1.29	7.29	-0.2	-28.79	-21.50	21.30
13	STF0613	6	200	3	200	1.00	258.72	2	2	0.77	2.77	6.2	-21.50	-18.73	24.96
14	STF0614	6	200	3	400	2.00	204.96	2.5	2	1.95	3.95	11.6	-18.73	-14.78	26.41
16	STF0716	7	200	3	400	2.00	168	3	6	2.38	8.38	6.5	-14.78	-6.39	12.91
17	STF0717	7	200	3	300	1.50	198.24	5	2	1.51	3.51	20.1	-6.39	-2.88	23.00
18	STF0718	7	200	3	300	1.50	312.48	5.5	2	0.96	2.96	31.2	-2.88	0.08	31.12

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

11	STF0511	5	200	3	400	2.00	241.92	6	6	1.65	7.65	29.4	0.08	7.73	21.64
12	STF0512	5	200	3	500	2.50	231.84	6.2	2	2.16	4.16	43.8	7.73	11.89	31.96
12	STF0512	5	200	3	400	2.00	231.84	6.3	0	1.73	1.73	56.6	11.89	13.61	42.99
19	STF0819	8	200	3	300	1.50	225.12	8	6	1.33	7.33	35.6	13.61	20.95	14.62
19	STF0819	8	200	3	600	3.00	225.12	8.2	0	2.67	2.67	76.9	20.95	23.61	53.32
20	STF0820	8	200	3	300	1.50	275.52	9	2	1.09	3.09	37.5	23.61	26.70	10.83
20	STF0820	8	200	3	600	3.00	275.52	9.2	0	2.18	2.18	73.0	26.70	28.88	44.16
15	STF0615	6	200	3	400	2.00	231.84	12	6	1.73	7.73	61.6	28.88	36.60	25.01
13	STF0613	6	200	3	600	3.00	258.72	13	2	2.32	4.32	67.2	36.60	40.92	26.24
14	STF0614	6	200	3	400	2.00	204.96	13.5	2	1.95	3.95	78.9	40.92	44.87	33.99
16	STF0716	7	200	3	600	3.00	168	14	6	3.57	9.57	70.0	44.87	54.45	15.55
16	STF0716	7	200	3	600	3.00	168	14.2	0	3.57	3.57	108.6	54.45	58.02	50.58
18	STF0718	7	200	3	600	3.00	312.48	18	2	1.92	3.92	81.6	58.02	61.94	19.71
18	STF0718	7	200	3	900	4.50	312.48	18.2	0	2.88	2.88	113.2	61.94	64.82	48.37
17	STF0717	7	200	3	600	3.00	198.24	19	2	3.03	5.03	82.9	64.82	69.84	13.07
17	STF0717	7	200	3	900	4.50	198.24	19.2	0	4.54	4.54	124.8	69.84	74.38	50.37
11	STF0511	5	200	3	600	3.00	241.92	20	6	2.48	8.48	93.8	74.38	82.86	10.97
11	STF0511	5	200	3	600	3.00	241.92	21	0	2.48	2.48	100.5	82.86	85.34	15.17
12	STF0512	5	200	3	900	4.50	231.84	22	2	3.88	5.88	105.4	85.34	91.23	14.21
20	STF0820	8	200	3	900	4.50	275.52	24	6	3.27	9.27	111.2	91.23	100.49	10.70
19	STF0819	8	200	3	900	4.50	225.12	24.5	2	4.00	6.00	117.8	100.49	106.49	11.27
14	STF0614	6	200	3	600	3.00	204.96	26	6	2.93	8.93	117.0	106.49	115.42	1.60
15	STF0615	6	200	3	900	4.50	231.84	28	2	3.88	5.88	121.3	115.42	121.30	0.00
13	STF0613	6	200	3	600	3.00	258.72	30	2	2.32	4.32	139.4	121.30	125.62	13.79

Tabla A13 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ESTACIÓN 0 PERIODO 2

Columna 1. Número de producto

Columna 2. Código de producto

Columna 3. Familia a la que pertenece el producto

Columna 4. Requerimientos del periodo en piezas

Columna 5. Hora en la que es requerida el producto (se toma como cero el inicio del periodo, números negativos significa que se requiere en el periodo anterior)

Columna 6. Tamaño de lote

Columna 7. Velocidad de producción en piezas por hora

Lotes requeridos en el periodo

Columna 8. Secuencia de producción en el periodo

Columna 9. Lotes por fabricar

Columna 10. Tiempo de cambio

Columna 11. Tiempo de proceso

Columna 12. Tiempo total (cambio + proceso)

Columna 13. Hora de inicio

Columna 14. Hora de fin de la producción

Columna 15. Holgura con respecto a la fecha de entrega

NÚMERO	CÓDIGO	FAMILIA	CANTIDAD	FECHA	TAM LOTE	VELOCIDAD HR/PZ	SECUENCIA	LOTES	TIEMPO CAMBIO	TIEMPO PROCESO	TIEMPO TOTAL	INICIO	FIN	HOLGURA
7	STF0307	3	300	-53.13	200	0.00111111	1	1.5	6	0.33	6.33	-104.47	-98.13	45.00
7	STF0307	3	1500	-45.27	200	0.00111111	2	7.5	0	1.67	1.67	-98.13	-96.47	51.20
7	STF0307	3	600	-35.93	200	0.00111111	3	3	0	0.67	0.67	-96.47	-95.80	59.87
7	STF0307	3	400	-32.19	200	0.00111111	4	2	0	0.44	0.44	-95.80	-95.36	63.17

7	STF0307	3	800	76.70	200	0.001111111	5	4	0	0.89	0.89	-95.36	-94.47	171.17
7	STF0307	3	1200	83.68	200	0.001111111	6	6	0	1.33	1.33	-94.47	-93.13	176.82
6	STF0306	3	400	-29.70	200	0.001111111	7	2	2	0.44	2.44	-93.13	-90.69	60.99
6	STF0306	3	400	-25.51	200	0.001111111	8	2	0	0.44	0.44	-90.69	-90.25	64.74
6	STF0306	3	800	-23.32	200	0.001111111	9	4	0	0.89	0.89	-90.25	-89.36	66.04
5	STF0205	2	200	-30.07	200	0.001111111	10	1	6	0.22	6.22	-89.36	-83.13	53.06
5	STF0205	2	300	-22.60	200	0.001111111	11	1.5	0	0.33	0.33	-83.13	-82.80	60.20
5	STF0205	2	300	-20.39	200	0.001111111	12	1.5	0	0.33	0.33	-82.80	-82.47	62.07
5	STF0205	2	400	23.58	200	0.001111111	13	2	0	0.44	0.44	-82.47	-82.02	105.60
5	STF0205	2	1200	39.16	200	0.001111111	14	6	0	1.33	1.33	-82.02	-80.69	119.85
5	STF0205	2	400	69.86	200	0.001111111	15	2	0	0.44	0.44	-80.69	-80.25	150.10
4	STF0204	2	400	-8.51	200	0.001111111	43	2	2	0.44	2.44	-80.25	-77.80	69.29
4	STF0204	2	600	32.52	200	0.001111111	44	3	0	0.67	0.67	-77.80	-77.13	109.65
4	STF0204	2	600	74.80	200	0.001111111	45	3	0	0.67	0.67	-77.13	-76.47	151.27
3	STF0203	2	400	0.58	200	0.001111111	55	2	2	0.44	2.44	-76.47	-74.02	74.61
3	STF0203	2	600	57.20	200	0.001111111	56	3	0	0.67	0.67	-74.02	-73.36	130.56
3	STF0203	2	600	104.11	200	0.001111111	57	3	0	0.67	0.67	-73.36	-72.69	176.80
15	STF0615	6	300	-28.99	200	0.001111111	16	1.5	6	0.33	6.33	-72.69	-66.36	37.36
15	STF0615	6	400	28.68	200	0.001111111	17	2	0	0.44	0.44	-66.36	-65.91	94.59
15	STF0615	6	900	115.22	200	0.001111111	18	4.5	0	1.00	1.00	-65.91	-64.91	180.13
13	STF0613	6	200	-21.70	200	0.001111111	19	1	2	0.22	2.22	-64.91	-62.69	40.99
13	STF0613	6	600	36.40	200	0.001111111	20	3	0	0.67	0.67	-62.69	-62.02	98.43
13	STF0613	6	600	121.10	200	0.001111111	21	3	0	0.67	0.67	-62.02	-61.36	182.46
14	STF0614	6	400	-18.93	200	0.001111111	28	2	2	0.44	2.44	-61.36	-58.91	39.99
14	STF0614	6	400	40.72	200	0.001111111	29	2	0	0.44	0.44	-58.91	-58.47	99.19
14	STF0614	6	600	106.29	200	0.001111111	30	3	0	0.67	0.67	-58.47	-57.80	164.09
9	STF0409	4	400	-18.94	200	0.001111111	22	2	6	0.44	6.44	-57.80	-51.36	32.42
9	STF0409	4	800	-6.23	200	0.001111111	23	4	0	0.89	0.89	-51.36	-50.47	44.24
9	STF0409	4	500	0.97	200	0.001111111	24	2.5	0	0.56	0.56	-50.47	-49.91	50.88
9	STF0409	4	1200	4.22	200	0.001111111	25	6	0	1.33	1.33	-49.91	-48.58	52.79
9	STF0409	4	1500	12.01	200	0.001111111	26	7.5	0	1.67	1.67	-48.58	-46.91	58.92
9	STF0409	4	600	35.81	200	0.001111111	27	3	0	0.67	0.67	-46.91	-46.25	82.05
8	STF0408	4	400	-10.34	200	0.001111111	40	2	2	0.44	2.44	-46.25	-43.80	33.46
8	STF0408	4	800	41.70	200	0.001111111	41	4	0	0.89	0.89	-43.80	-42.91	84.62
8	STF0408	4	1200	47.93	200	0.001111111	42	6	0	1.33	1.33	-42.91	-41.58	89.51
10	STF0410	4	1500	26.07	200	0.001111111	70	7.5	2	1.67	3.67	-41.58	-37.91	63.98
10	STF0410	4	600	33.02	200	0.001111111	71	3	0	0.67	0.67	-37.91	-37.25	70.27
10	STF0410	4	500	21.75	200	0.001111111	72	2.5	0	0.56	0.56	-37.25	-36.69	58.44
2	STF0102	1	300	-18.19	200	0.001111111	31	1.5	6	0.33	6.33	-36.69	-30.36	12.17
2	STF0102	1	300	-10.35	200	0.001111111	32	1.5	0	0.33	0.33	-30.36	-30.02	19.67
2	STF0102	1	600	15.45	200	0.001111111	33	3	0	0.67	0.67	-30.02	-29.36	44.81
2	STF0102	1	400	21.13	200	0.001111111	34	2	0	0.44	0.44	-29.36	-28.91	50.04
2	STF0102	1	900	91.08	200	0.001111111	35	4.5	0	1.00	1.00	-28.91	-27.91	118.99
2	STF0102	1	900	98.60	200	0.001111111	36	4.5	0	1.00	1.00	-27.91	-26.91	125.51
1	STF0101	1	400	7.02	200	0.001111111	58	2	2	0.44	2.44	-26.91	-24.47	31.49
1	STF0101	1	200	49.99	200	0.001111111	59	1	0	0.22	0.22	-24.47	-24.25	74.23
1	STF0101	1	600	81.44	200	0.001111111	60	3	0	0.67	0.67	-24.25	-23.58	105.02

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

16	STF0716	7	400	-14.98	200	0.001111111	37	2	6	0.44	6.44	-23.58	-17.13	2.16
16	STF0716	7	600	44.67	200	0.001111111	38	3	0	0.67	0.67	-17.13	-16.47	61.14
16	STF0716	7	600	54.25	200	0.001111111	39	3	0	0.67	0.67	-16.47	-15.80	70.05
17	STF0717	7	300	-6.59	200	0.001111111	46	1.5	2	0.33	2.33	-15.80	-13.47	6.87
17	STF0717	7	600	64.62	200	0.001111111	47	3	0	0.67	0.67	-13.47	-12.80	77.42
17	STF0717	7	900	69.64	200	0.001111111	48	4.5	0	1.00	1.00	-12.80	-11.80	81.45
18	STF0718	7	300	-3.08	200	0.001111111	49	1.5	2	0.33	2.33	-11.80	-9.47	6.39
18	STF0718	7	600	57.82	200	0.001111111	50	3	0	0.67	0.67	-9.47	-8.80	66.62
18	STF0718	7	900	61.74	200	0.001111111	51	4.5	0	1.00	1.00	-8.80	-7.80	69.54
11	STF0511	5	400	-0.12	200	0.001111111	52	2	6	0.44	6.44	-7.80	-1.36	1.24
11	STF0511	5	600	74.18	200	0.001111111	53	3	0	0.67	0.67	-1.36	-0.69	74.87
11	STF0511	5	600	82.66	200	0.001111111	54	3	0	0.67	0.67	-0.69	-0.02	82.69
12	STF0512	5	500	7.53	200	0.001111111	61	2.5	2	0.56	2.56	-0.02	2.53	5.00
12	STF0512	5	400	11.69	200	0.001111111	62	2	0	0.44	0.44	2.53	2.98	8.71
12	STF0512	5	900	85.14	200	0.001111111	63	4.5	0	1.00	1.00	2.98	3.98	81.17
19	STF0819	8	300	13.41	200	0.001111111	64	1.5	6	0.33	6.33	3.98	10.31	3.10
19	STF0819	8	600	20.75	200	0.001111111	65	3	0	0.67	0.67	10.31	10.98	9.77
19	STF0819	8	900	100.29	200	0.001111111	66	4.5	0	1.00	1.00	10.98	11.98	88.32
20	STF0820	8	300	23.41	200	0.001111111	67	1.5	2	0.33	2.33	11.98	14.31	9.10
20	STF0820	8	600	26.50	200	0.001111111	68	3	0	0.67	0.67	14.31	14.98	11.52
20	STF0820	8	900	91.03	200	0.001111111	69	4.5	0	1.00	1.00	14.98	15.98	75.05
6	STF0306	3	600	54.27	200	0.001111111	73	3	6	0.67	6.67	15.98	22.64	31.63
6	STF0306	3	1200	63.56	200	0.001111111	74	6	0	1.33	1.33	22.64	23.98	39.58
6	STF0306	3	1200	70.13	200	0.001111111	75	6	0	1.33	1.33	23.98	25.31	44.82

Tabla A14 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE PT PERIODO 3.

NUM	CÓDIGO	LÍNEA ACOND	Presentación	MPS LOTES PERIODO 3	MPS PIEZAS	VELOCIDAD DE LÍNEA (pz/hr)	TIEMPO DE PRO- CESO (hr)	TIEMPO DE CAMBIO	TIEMPO TOTAL (hr)	# se- cuencia	inicio	fin
1	PT010101	1	1	1.00	100	68	1.47	1.00	2.47	1.0	0.0	2.5
4	PT010201	1	1	3.00	300	60	4.98	0.50	5.48	2.0	2.5	8.0
7	PT010201A	1	1	3.00	300	53	5.64	0.50	6.14	3.0	8.0	14.1
10	PT020301	1	1	3.00	300	53	5.71	0.50	6.21	4.0	14.1	20.3
13	PT020401	1	1	2.00	200	56	3.57	0.50	4.07	5.0	20.3	24.4
16	PT020501	1	1	3.00	300	60	4.98	0.50	5.48	6.0	24.4	29.9
31	PT0307A01	1	1	4.00	400	53	7.62	0.50	8.12	7.0	29.9	38.0
61	PT071601	1	1	4.00	400	53	7.62	0.50	8.12	8.0	38.0	46.1
64	PT071701	1	1	3.00	300	52	5.79	0.50	6.29	9.0	46.1	52.4
2	PT010102	1	2	3.00	300	70	4.29	1.00	5.29	10.0	52.4	57.7
5	PT010202	1	2	4.00	400	67	6.02	0.50	6.52	11.0	57.7	64.2
8	PT010202A	1	2	2.00	200	46	4.40	0.50	4.90	12.0	64.2	69.1
11	PT020302	1	2	2.00	200	55	3.62	0.50	4.12	13.0	69.1	73.2
14	PT020402	1	2	3.00	300	58	5.17	0.50	5.67	14.0	73.2	78.9
17	PT020502	1	2	2.00	200	69	2.92	0.50	3.42	15.0	78.9	82.3

32	PT0307A02	1	2	4.00	400	57	7.08	0.50	7.58	16.0	82.3	89.9
62	PT071602	1	2	3.00	300	62	4.82	0.50	5.32	17.0	89.9	95.2
65	PT071702	1	2	3.00	300	67	4.46	0.50	4.96	18.0	95.2	100.2
3	PT010103	1	3	3.00	300	53	5.64	1.00	6.64	19.0	100.2	106.8
6	PT010203	1	3	4.00	400	51	7.83	0.50	8.33	20.0	106.8	115.1
9	PT010203A	1	3	2.00	200	66	3.04	0.50	3.54	21.0	115.1	118.7
12	PT020303	1	3	3.00	300	53	5.66	0.50	6.16	22.0	118.7	124.8
15	PT020403	1	3	4.00	400	61	6.57	0.50	7.07	23.0	124.8	131.9
18	PT020503	1	3	2.00	200	61	3.28	0.50	3.78	24.0	131.9	135.7
33	PT0307A03	1	3	5.00	500	60	8.28	0.50	8.78	25.0	135.7	144.5
63	PT071603	1	3	4.00	400	69	5.77	0.50	6.27	26.0	144.5	150.7
66	PT071703	1	3	3.00	300	50	5.95	0.50	6.45	27.0	150.7	157.2
19	PT020501A	2	1	2.00	200	78	2.55	1.00	3.55	1.0	6.3	9.9
22	PT030601	2	1	4.00	400	68	5.88	0.50	6.38	2.0	9.9	16.2
28	PT030701	2	1	4.00	400	54	7.46	0.50	7.96	3.0	16.2	24.2
34	PT040801	2	1	4.00	400	70	5.75	0.50	6.25	4.0	24.2	30.4
37	PT040901	2	1	4.00	400	64	6.29	0.50	6.79	5.0	30.4	37.2
40	PT0409A01	2	1	5.00	500	59	8.45	0.50	8.95	6.0	37.2	46.2
43	PT041001	2	1	3.00	300	59	5.07	0.50	5.57	7.0	46.2	51.7
67	PT071801	2	1	4.00	400	78	5.15	0.50	5.65	8.0	51.7	57.4
70	PT081901	2	1	3.00	300	58	5.14	0.50	5.64	9.0	57.4	63.0
20	PT020502A	2	2	1.00	100	77	1.30	1.00	2.30	10.0	63.0	65.3
23	PT030602	2	2	4.00	400	59	6.76	0.50	7.26	11.0	65.3	72.6
29	PT030702	2	2	4.00	400	70	5.75	0.50	6.25	12.0	72.6	78.8
35	PT040802	2	2	5.00	500	57	8.80	0.50	9.30	13.0	78.8	88.1
38	PT040902	2	2	5.00	500	70	7.18	0.50	7.68	14.0	88.1	95.8
41	PT0409A02	2	2	4.00	400	74	5.38	0.50	5.88	15.0	95.8	101.7
44	PT041002	2	2	3.00	300	61	4.93	0.50	5.43	16.0	101.7	107.1
68	PT071802	2	2	3.00	300	73	4.12	0.50	4.62	17.0	107.1	111.8
71	PT081902	2	2	4.00	400	71	5.62	0.50	6.12	18.0	111.8	117.9
21	PT020503A	2	3	3.00	300	65	4.63	1.00	5.63	19.0	117.9	123.5
24	PT030603	2	3	3.00	300	65	4.59	0.50	5.09	20.0	123.5	128.6
30	PT030703	2	3	3.00	300	54	5.60	0.50	6.10	21.0	128.6	134.7
36	PT040803	2	3	4.00	400	65	6.13	0.50	6.63	22.0	134.7	141.3
39	PT040903	2	3	4.00	400	74	5.43	0.50	5.93	23.0	141.3	147.3
42	PT0409A03	2	3	5.00	500	76	6.58	0.50	7.08	24.0	147.3	154.3
45	PT041003	2	3	3.00	300	60	5.00	0.50	5.50	25.0	154.3	159.8
69	PT071803	2	3	4.00	400	74	5.43	0.50	5.93	26.0	159.8	165.8
72	PT081903	2	3	3.00	300	78	3.83	0.50	4.33	27.0	165.8	170.1
25	PT0306A01	3	1	4.00	400	45	8.89	1.00	9.89	1.0	0.0	9.9

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

46	PT051101	3	1	3.00	300	52	5.75	0.50	6.25	2.0	9.9	16.1
49	PT051201	3	1	1.00	100	41	2.45	0.50	2.95	3.0	16.1	19.1
52	PT061301	3	1	4.00	400	41	9.80	0.50	10.30	4.0	19.1	29.4
55	PT061401	3	1	2.00	200	51	3.92	0.50	4.42	5.0	29.4	33.8
58	PT061501	3	1	3.00	300	55	5.43	0.50	5.93	6.0	33.8	39.7
73	PT082001	3	1	3.00	300	52	5.81	0.50	6.31	7.0	39.7	46.1
26	PT0306A02	3	2	3.00	300	41	7.32	1.00	8.32	8.0	46.1	54.4
47	PT051102	3	2	2.00	200	49	4.12	0.50	4.62	9.0	54.4	59.0
50	PT051202	3	2	4.00	400	50	8.03	0.50	8.53	10.0	59.0	67.5
53	PT061302	3	2	3.00	300	56	5.38	0.50	5.88	11.0	67.5	73.4
56	PT061402	3	2	2.00	200	47	4.22	0.50	4.72	12.0	73.4	78.1
59	PT061502	3	2	2.00	200	40	5.05	0.50	5.55	13.0	78.1	83.7
74	PT082002	3	2	3.00	300	56	5.32	0.50	5.82	14.0	83.7	89.5
27	PT0306A03	3	3	3.00	300	35	8.57	1.00	9.57	15.0	89.5	99.1
48	PT051103	3	3	3.00	300	51	5.88	0.50	6.38	16.0	99.1	105.4
51	PT051203	3	3	3.00	300	57	5.26	0.50	5.76	17.0	105.4	111.2
54	PT061303	3	3	2.00	200	41	4.90	0.50	5.40	18.0	111.2	116.6
57	PT061403	3	3	2.00	200	53	3.79	0.50	4.29	19.0	116.6	120.9
60	PT061503	3	3	3.00	300	53	5.68	0.50	6.18	20.0	120.9	127.1
75	PT082003	3	3	3.00	300	56	5.32	0.50	5.82	21.0	127.1	132.9

Tabla A15 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE LA ESTACIÓN DE ACABADO PERIODO 3.

NUM	CÓDIGO ST	Familia	TAM LO-TE (Pz)	LÍNEA	REQ (pz)	LO-TES	FE-CHA	SECUENCIA	VELOCIDAD PZ/HR	TIEMPO CAMBIO	TIEMPO PROD	TIEMPO TOTAL	INICIO	FIN	HOLGUERA
0.3	STF0306 A	3	100	ACABADO1	400	4	-0.20	1	140	6	2.86	8.86	-16.56	-7.70	7.50
0.2	STF0205 A	2	100	ACABADO1	200	2	6.10	2	150	6	1.33	7.33	-7.70	-0.37	6.47
0.1	STF0102 A	1	100	ACABADO1	300	3	7.76	3	168	6	1.79	7.79	-0.37	7.42	0.34
0.4	STF0307 A	3	100	ACABADO1	400	4	29.66	4	130	6	3.08	9.08	7.42	16.50	13.17
0.5	STF0409 A	4	100	ACABADO1	500	5	37.03	5	120	6	4.17	10.17	16.50	26.66	10.37
0.3	STF0306 A	3	100	ACABADO1	600	6	45.86	6	140	6	4.29	10.29	26.66	36.95	8.91
0.2	STF0205 A	2	100	ACABADO1	200	2	62.84	7	150	6	1.33	7.33	36.95	44.28	18.56
0.1	STF0102 A	1	100	ACABADO1	400	4	63.99	8	168	6	2.38	8.38	44.28	52.66	11.33
0.4	STF0307 A	3	100	ACABADO1	800	8	82.09	9	130	6	6.15	12.15	52.66	64.82	17.28
0.3	STF0306 A	3	100	ACABADO1	900	9	89.29	10	140	2	6.43	8.43	64.82	73.25	16.05
0.5	STF0409 A	4	100	ACABADO1	800	8	95.63	11	120	6	6.67	12.67	73.25	85.91	9.72
0.1	STF0102 A	1	100	ACABADO1	600	6	114.92	12	168	6	3.57	9.57	85.91	95.48	19.44
0.2	STF0205 A	2	100	ACABADO1	900	9	117.68	13	150	6	6.00	12.00	95.48	107.4	10.20
0.4	STF0307 A	3	100	ACABADO1	150	15	135.47	14	130	6	11.54	17.54	107.4	125.0	10.45
0.5	STF0409 A	4	100	ACABADO1	150	15	147.06	15	120	6	12.50	18.50	125.0	143.5	3.54

Tabla A16 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN DE LAS ESTACIONES DE FORMADO PERIODO 3.

NUM	CÓDIGO ST	Familia	TAM LOTE (Pz)	LÍNEA	REQ (PZ)	LOTES	VELOCIDAD (pz/hr)	SECUENCIA	TIEMPO CAMBIO (hr)	TIEMPO PROCESO	TIEMPO TOTAL	FECHA REQUERIDA (HR)	INICIO	FIN	HOLGURA
5	STF0205	2	200	1	200	1.00	136	1	6	1.47	7.47	-7.9	-28.37	-20.90	13.00
2	STF0102	1	200	1	300	1.50	163.2	2	6	1.84	7.84	-0.6	-20.90	-13.06	12.50
2	STF0102	1	200	1	300	1.50	163.2	3	0	1.84	1.84	2.3	-13.06	-11.22	13.50
1	STF0101	1	200	1	100	0.50	164.9	4	2	0.61	2.61	-0.2	-11.22	-8.62	8.42
1	STF0101	1	200	1	900	4.50	164.9	5	0	5.46	5.46	100.0	-8.62	-3.16	103.11
3	STF0203	2	200	1	300	1.50	90.1	6	6	3.33	9.33	13.9	-3.16	6.17	7.72
3	STF0203	2	200	1	900	4.50	90.1	7	0	9.99	9.99	118.5	6.17	16.16	102.30
4	STF0204	2	200	1	200	1.00	129.2	8	2	1.55	3.55	20.1	16.16	19.71	0.40
5	STF0205	2	200	1	300	1.50	136	9	2	2.21	4.21	24.2	19.71	23.91	0.27
5	STF0205	2	200	1	200	1.00	136	10	0	1.47	1.47	36.7	23.91	25.38	11.36
5	STF0205	2	200	1	900	4.50	136	11	0	6.62	6.62	95.3	25.38	32.00	63.28
2	STF0102	1	200	1	400	2.00	163.2	12	6	2.45	8.45	44.1	32.00	40.45	3.63
1	STF0101	1	200	1	600	3.00	164.9	13	2	3.64	5.64	52.2	40.45	46.09	6.10
2	STF0102	1	200	1	800	4.00	163.2	14	2	4.90	6.90	57.5	46.09	52.99	4.49
3	STF0203	2	200	1	400	2.00	90.1	15	6	4.44	10.44	68.9	52.99	63.43	5.46
4	STF0204	2	200	1	600	3.00	129.2	16	2	4.64	6.64	73.0	63.43	70.08	2.93
5	STF0205	2	200	1	400	2.00	136	17	2	2.94	4.94	78.7	70.08	75.02	3.66
2	STF0102	1	200	1	600	3.00	163.2	18	6	3.68	9.68	85.7	75.02	84.69	1.02
2	STF0102	1	200	1	1200	6.00	163.2	19	0	7.35	7.35	106.6	84.69	92.05	14.55
4	STF0204	2	200	1	1200	6.00	129.2	20	6	9.29	15.29	124.6	92.05	107.33	17.29
5	STF0205	2	200	1	600	3.00	136	21	2	4.41	6.41	131.7	107.33	113.75	17.94
6	STF0306	3	200	2	400	2.00	182.6	1	6	2.19	8.19	-16.8	-44.00	-35.81	19.05
7	STF0307	3	200	2	400	2.00	160.6	2	2	2.49	4.49	7.2	-35.81	-31.32	38.54
7	STF0307	3	200	2	400	2.00	160.6	2.5	0	2.49	2.49	16.0	-31.32	-28.83	44.86
6	STF0306	3	200	2	400	2.00	182.6	3	2	2.19	4.19	9.7	-28.83	-24.64	34.29
9	STF0409	4	200	2	500	2.50	154	5	6	3.25	9.25	16.3	-24.64	-15.39	31.69
9	STF0409	4	200	2	1500	7.50	154	6	0	9.74	9.74	124.8	-15.39	-5.65	130.47
8	STF0408	4	200	2	400	2.00	189.2	7	2	2.11	4.11	24.0	-5.65	-1.54	25.53
6	STF0306	3	200	2	600	3.00	182.6	8	6	3.29	9.29	26.5	-1.54	7.75	18.71
9	STF0409	4	200	2	400	2.00	154	9	6	2.60	8.60	30.2	7.75	16.35	13.90
10	STF0410	4	200	2	300	1.50	215.6	10	2	1.39	3.39	46.0	16.35	19.74	26.24
10	STF0410	4	200	2	900	4.50	215.6	11	0	4.17	4.17	154.1	19.74	23.91	130.23
7	STF0307	3	200	2	800	4.00	160.6	12	6	4.98	10.98	52.5	23.91	34.89	17.57
7	STF0307	3	200	2	800	4.00	160.6	12.5	0	4.98	4.98	72.4	34.89	39.88	32.52
6	STF0306	3	200	2	900	4.50	182.6	13	2	4.93	6.93	64.6	39.88	46.80	17.81
6	STF0306	3	200	2	900	4.50	182.6	14	0	4.93	4.93	123.3	46.80	51.73	71.58
6	STF0306	3	200	2	800	4.00	182.6	15	0	4.38	4.38	65.1	51.73	56.11	9.03
9	STF0409	4	200	2	800	4.00	154	17	6	5.19	11.19	73.0	56.11	67.31	5.74

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

8	STF0408	4	200	2	1000	5.00	189.2	18	2	5.29	7.29	78.6	67.31	74.59	4.05
9	STF0409	4	200	2	1000	5.00	154	19	2	6.49	8.49	87.9	74.59	83.09	4.86
10	STF0410	4	200	2	600	3.00	215.6	20	2	2.78	4.78	101.5	83.09	87.87	13.64
7	STF0307	3	200	2	1500	7.50	160.6	21	6	9.34	15.34	107.3	87.87	103.21	4.07
7	STF0307	3	200	2	900	4.50	160.6	22	0	5.60	5.60	128.4	103.21	108.81	19.58
8	STF0408	4	200	2	1200	6.00	189.2	23	6	6.34	12.34	134.5	108.81	121.16	13.34
9	STF0409	4	200	2	1200	6.00	154	24	2	7.79	9.79	141.1	121.16	130.95	10.18
11	STF0511	5	200	3	300	1.50	241.92	1	6	1.24	7.24	9.7	-30.00	-22.76	32.45
11	STF0511	5	200	3	400	2.00	241.92	2	0	1.65	1.65	54.2	-22.76	-21.11	75.28
12	STF0512	5	200	3	800	4.00	231.84	3	2	3.45	5.45	58.8	-21.11	-15.66	74.45
12	STF0512	5	200	3	100	0.50	231.84	4	0	0.43	0.43	15.9	-15.66	-15.22	31.16
12	STF0512	5	200	3	900	4.50	231.84	5	0	3.88	3.88	105.2	-15.22	-11.34	116.59
13	STF0613	6	200	3	400	2.00	258.72	6	6	1.55	7.55	18.9	-11.34	-3.80	22.68
13	STF0613	6	200	3	600	3.00	258.72	7	0	2.32	2.32	67.3	-3.80	-1.48	68.80
14	STF0614	6	200	3	200	1.00	204.96	8	2	0.98	2.98	29.2	-1.48	1.50	27.69
14	STF0614	6	200	3	400	2.00	204.96	9	0	1.95	1.95	73.2	1.50	3.45	69.75
15	STF0615	6	200	3	300	1.50	231.84	10	2	1.29	3.29	33.6	3.45	6.74	26.87
15	STF0615	6	200	3	400	2.00	231.84	11	0	1.73	1.73	77.9	6.74	8.47	69.45
16	STF0716	7	200	3	400	2.00	168	12	6	2.38	8.38	37.8	8.47	16.85	20.93
16	STF0716	7	200	3	600	3.00	168	13	0	3.57	3.57	89.7	16.85	20.42	69.25
17	STF0717	7	200	3	300	1.50	198.24	14	2	1.51	3.51	45.9	20.42	23.94	21.97
17	STF0717	7	200	3	600	3.00	198.24	15	0	3.03	3.03	95.0	23.94	26.96	68.03
18	STF0718	7	200	3	400	2.00	312.48	16	2	1.28	3.28	51.5	26.96	30.24	21.30
18	STF0718	7	200	3	600	3.00	312.48	17	0	1.92	1.92	106.9	30.24	32.16	74.78
20	STF0820	8	200	3	300	1.50	275.52	18	6	1.09	7.09	39.5	32.16	39.25	0.30
20	STF0820	8	200	3	900	4.50	275.52	19	0	3.27	3.27	126.9	39.25	42.52	84.36
20	STF0820	8	200	3	600	3.00	275.52	20	0	2.18	2.18	83.5	42.52	44.70	38.78
19	STF0819	8	200	3	300	1.50	225.12	21	2	1.33	3.33	57.2	44.70	48.03	9.17
19	STF0819	8	200	3	900	4.50	225.12	22	0	4.00	4.00	165.6	48.03	52.03	113.55
19	STF0819	8	200	3	800	4.00	225.12	23	0	3.55	3.55	111.6	52.03	55.58	55.98
13	STF0613	6	200	3	600	3.00	258.72	24	6	2.32	8.32	111.0	55.58	63.90	47.11
15	STF0615	6	200	3	900	4.50	231.84	25	2	3.88	5.88	120.7	63.90	69.78	50.92
14	STF0614	6	200	3	600	3.00	204.96	26	2	2.93	4.93	116.4	69.78	74.71	41.70
11	STF0511	5	200	3	900	4.50	241.92	27	6	3.72	9.72	98.9	74.71	84.43	14.43
18	STF0718	7	200	3	1200	6.00	312.48	28	6	3.84	9.84	159.6	84.43	94.27	65.37
16	STF0716	7	200	3	1200	6.00	168	29	2	7.14	9.14	144.3	94.27	103.41	40.84
17	STF0717	7	200	3	900	4.50	198.24	30	2	4.54	6.54	150.5	103.41	109.95	40.57

Tabla A17 - PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ESTACIÓN 0 PERIODO 3

NÚMERO	CÓDIGO	FAMILIA	CANTIDAD	FECHA	TAMLOTE	VELOCIDAD HR/PZ	SECUENCIA	LOTES	TIEMPO CAMBIO	TIEMPO PROCESO	TIEMPO TOTAL	INICIO	FIN	HOLGUERA	
6	STF030	3	400	-44.20	200	0.00111111	1	1	2	6	0.44	6.44	-94.00	87.56	43.36
6	STF030	3	400	-31.52	200	0.00111111	1	1.5	2	0	0.44	0.44	-87.56	87.11	55.59
6	STF030	3	600	0.26	200	0.00111111	1	1.6	3	0	0.67	0.67	-87.11	86.44	86.71

6	STF030	3	900	36.69	200	0.001111111	1	1.7	4.5	0	1.00	1.00	-86.44	85.44	122.14
6	STF030	3	900	43.62	200	0.001111111	1	1.8	4.5	0	1.00	1.00	-85.44	84.44	128.07
6	STF030	3	800	48.55	200	0.001111111	1	1.9	4	0	0.89	0.89	-84.44	83.56	132.11
7	STF030	3	400	-36.01	200	0.001111111	1	2	2	2	0.44	2.44	-83.56	81.11	45.10
7	STF030	3	400	-27.33	200	0.001111111	1	4	2	0	0.44	0.44	-81.11	80.67	53.34
7	STF030	3	800	25.71	200	0.001111111	1	6	4	0	0.89	0.89	-80.67	79.78	105.49
5	STF020	2	200	-28.57	200	0.001111111	1	13	1	6	0.22	6.22	-79.78	73.56	44.98
5	STF020	2	300	19.51	200	0.001111111	1	13.1	1.5	0	0.33	0.33	-73.56	73.22	92.73
5	STF020	2	200	23.71	200	0.001111111	1	13.2	1	0	0.22	0.22	-73.22	73.00	96.71
5	STF020	2	900	25.18	200	0.001111111	1	13.3	4.5	0	1.00	1.00	-73.00	72.00	97.18
3	STF020	2	300	-3.36	200	0.001111111	1	14	1.5	2	0.33	2.33	-72.00	69.67	66.31
3	STF020	2	900	5.97	200	0.001111111	1	15	4.5	0	1.00	1.00	-69.67	68.67	74.64
3	STF020	2	400	52.79	200	0.001111111	1	15.5	2	0	0.44	0.44	-68.67	68.22	121.02
4	STF020	2	200	15.96	200	0.001111111	1	16	1	2	0.22	2.22	-68.22	66.00	81.96
4	STF020	2	600	63.23	200	0.001111111	1	21	3	0	0.67	0.67	-66.00	65.33	128.57
2	STF010	1	300	-21.10	200	0.001111111	1	25	1.5	6	0.33	6.33	-65.33	59.00	37.90
2	STF010	1	300	-13.26	200	0.001111111	1	26	1.5	0	0.33	0.33	-59.00	58.67	45.40
2	STF010	1	400	31.80	200	0.001111111	1	26.5	2	0	0.44	0.44	-58.67	58.22	90.02
2	STF010	1	800	45.89	200	0.001111111	1	26.6	4	0	0.89	0.89	-58.22	57.33	103.22
2	STF010	1	600	74.82	200	0.001111111	1	26.7	3	0	0.67	0.67	-57.33	56.67	131.48
2	STF010	1	1200	84.49	200	0.001111111	1	26.8	6	0	1.33	1.33	-56.67	55.33	139.83
1	STF010	1	100	-11.42	200	0.001111111	1	27	0.5	2	0.11	2.11	-55.33	53.22	41.80
1	STF010	1	900	-8.82	200	0.001111111	1	28	4.5	0	1.00	1.00	-53.22	52.22	43.41
1	STF010	1	600	40.25	200	0.001111111	1	30	3	0	0.67	0.67	-52.22	51.56	91.81
11	STF051	5	300	-30.20	200	0.001111111	1	34	1.5	6	0.33	6.33	-51.56	45.22	15.02
11	STF051	5	400	-22.96	200	0.001111111	1	35	2	0	0.44	0.44	-45.22	44.78	21.82
11	STF051	5	900	74.51	200	0.001111111	1	35.5	4.5	0	1.00	1.00	-44.78	43.78	118.29
12	STF051	5	800	-21.31	200	0.001111111	1	36	4	2	0.89	2.89	-43.78	40.89	19.58
12	STF051	5	100	-15.86	200	0.001111111	1	37	0.5	0	0.11	0.11	-40.89	40.78	24.92
12	STF051	5	900	-15.42	200	0.001111111	1	38	4.5	0	1.00	1.00	-40.78	39.78	24.35
9	STF040	4	500	-22.84	200	0.001111111	1	40	2.5	6	0.56	6.56	-39.78	33.22	10.38
9	STF040	4	1500	-13.59	200	0.001111111	1	41	7.5	0	1.67	1.67	-33.22	31.56	17.96
9	STF040	4	400	9.55	200	0.001111111	1	41.5	2	0	0.44	0.44	-31.56	31.11	40.66
9	STF040	4	800	59.91	200	0.001111111	1	41.6	4	0	0.89	0.89	-31.11	30.22	90.14
9	STF040	4	1000	78.39	200	0.001111111	1	41.7	5	0	1.11	1.11	-30.22	29.11	107.51
9	STF040	4	1200	124.96	200	0.001111111	1	41.8	6	0	1.33	1.33	-29.11	27.78	152.74
8	STF040	4	400	-3.85	200	0.001111111	1	42	2	2	0.44	2.44	-27.78	25.33	21.48
8	STF040	4	1000	71.11	200	0.001111111	1	42.5	5	0	1.11	1.11	-25.33	24.22	95.33
8	STF040	4	1200	112.61	200	0.001111111	1	42.6	6	0	1.33	1.33	-24.22	-	135.50

8					1									22.89
STF041					0.001111111									-
10 0	4	300	18.15	200	1	44	1.5	2	0.33	2.33	-22.89	20.56	38.70	
STF041					0.001111111									
10 0	4	900	21.54	200	1	45	4.5	0	1.00	1.00	-20.56	19.56	41.09	
STF041					0.001111111									
10 0	4	600	86.89	200	1	49	3	0	0.67	0.67	-19.56	18.89	105.78	
STF061					0.001111111									
13 3	6	400	-11.54	200	1	52	2	6	0.44	6.44	-18.89	12.44	0.90	
STF061					0.001111111									
13 3	6	600	-4.00	200	1	53	3	0	0.67	0.67	-12.44	11.78	7.78	
STF061					0.001111111									
13 3	6	600	55.38	200	1	53.1	3	0	0.67	0.67	-11.78	11.11	66.49	
STF061					0.001111111									
14 4	6	200	-1.68	200	1	54	1	2	0.22	2.22	-11.11	-8.89	7.21	
STF061					0.001111111									
14 4	6	400	1.30	200	1	55	2	0	0.44	0.44	-8.89	-8.44	9.74	
STF061					0.001111111									
14 4	6	600	69.58	200	1	55.1	3	0	0.67	0.67	-8.44	-7.78	77.36	
STF061					0.001111111									
15 5	6	300	3.25	200	1	56	1.5	2	0.33	2.33	-7.78	-5.44	8.69	
STF061					0.001111111									
15 5	6	400	6.54	200	1	57	2	0	0.44	0.44	-5.44	-5.00	11.54	
STF061					0.001111111									
15 5	6	900	63.70	200	1	59	4.5	0	1.00	1.00	-5.00	-4.00	67.70	
STF071					0.001111111									
16 6	7	400	8.27	200	1	61	2	6	0.44	6.44	-4.00	2.44	5.82	
STF071					0.001111111									
16 6	7	600	16.65	200	1	62	3	0	0.67	0.67	2.44	3.11	13.54	
STF071					0.001111111									
16 6	7	1200	94.07	200	1	62.5	6	0	1.33	1.33	3.11	4.44	89.62	
STF071					0.001111111									
17 7	7	300	20.22	200	1	63	1.5	2	0.33	2.33	4.44	6.78	13.44	
STF071					0.001111111									
17 7	7	600	23.74	200	1	64	3	0	0.67	0.67	6.78	7.44	16.29	
STF071					0.001111111									
17 7	7	900	103.21	200	1	64.5	4.5	0	1.00	1.00	7.44	8.44	94.77	
STF071					0.001111111									
18 8	7	400	26.76	200	1	65	2	2	0.44	2.44	8.44	10.89	15.87	
STF071					0.001111111									
18 8	7	600	30.04	200	1	66	3	0	0.67	0.67	10.89	11.56	18.49	
STF071					0.001111111									
18 8	7	1200	84.23	200	1	67	6	0	1.33	1.33	11.56	12.89	71.34	
STF082					0.001111111									
20 0	8	300	31.96	200	1	70	1.5	6	0.33	6.33	12.89	19.22	12.74	
STF082					0.001111111									
20 0	8	900	39.05	200	1	71	4.5	0	1.00	1.00	19.22	20.22	18.83	
STF082					0.001111111									
20 0	8	600	42.32	200	1	72	3	0	0.67	0.67	20.22	20.89	21.43	
STF081					0.001111111									
19 9	8	300	44.50	200	1	73	1.5	2	0.33	2.33	20.89	23.22	21.27	
STF081					0.001111111									
19 9	8	900	47.83	200	1	74	4.5	0	1.00	1.00	23.22	24.22	23.61	
STF081					0.001111111									
19 9	8	800	51.83	200	1	75	4	0	0.89	0.89	24.22	25.11	26.71	
STF030					0.001111111									
7 7	3	800	52.93	200	1	80	4	6	0.89	6.89	25.11	32.00	20.93	
STF030					0.001111111									
7 7	3	1500	91.67	200	1	81	7.5	0	1.67	1.67	32.00	33.67	58.00	
STF030					0.001111111									
7 7	3	900	107.01	200	1	82	4.5	0	1.00	1.00	33.67	34.67	72.34	
STF020					0.001111111									
5 5	2	400	69.88	200	1	83	2	6	0.44	6.44	34.67	41.11	28.77	
STF020					0.001111111									
5 5	2	600	107.13	200	1	84	3	0	0.67	0.67	41.11	41.78	65.36	
STF020					0.001111111									
4 4	2	1200	91.85	200	1	85	6	2	1.33	3.33	41.78	45.11	46.74	

Tabla A18 - Cálculo de la demanda para el sistema Push.

Los datos de pronóstico de demanda son los mismos que los usados para el proceso inicial. En este caso, mediante una distribución normal se calculó el número de lotes mensuales a producir que cubriría el 95% de las demandas para los próximos cuatro periodos.

Las columnas con números se refieren a los periodos, y el contenido de las celdas es el número de lotes de demanda.

El código se refiere al producto semi-terminado.

LÍNEA	CÓDIGO	2	3	4	5	6	7	promedio	Desviación población	$\mu+1.65\sigma$
MAN1	STF0101	6	8	9	10	9	9	8.7	1.10	10.52
MAN1	STF0102	17	18	18	22	17	19	18.2	2.09	21.65
MAN1	STF0203	8	8	9	9	9	10	8.7	0.64	9.76
MAN1	STF0204	8	10	10	10	8	9	9	1.18	10.95
MAN1	STF0205	14	13	15	15	11	14	13.6	1.20	15.58
MAN2	STF0306	23	20	19	20	20	20	20.7	1.42	23.04
MAN2	STF0307	24	24	22	22	21	20	22.1	2.43	26.10
MAN2	STF0408	12	13	10	13	12	11	11.9	0.83	13.27
MAN2	STF0409	25	27	23	23	26	24	24.2	1.60	26.84
MAN2	STF0410	13	9	12	12	13	12	11.8	1.25	13.86
MAN3	STF0511	8	8	6	7	9	6	7.3	1.00	8.96
MAN3	STF0512	9	9	7	9	9	8	8.2	0.87	9.64
MAN3	STF0613	7	8	7	9	8	8	7.6	0.80	8.92
MAN3	STF0614	7	6	8	7	8	9	7.6	0.92	9.11
MAN3	STF0615	8	8	8	8	6	7	7.3	1.00	8.96
MAN3	STF0716	8	11	9	9	9	8	9	0.77	10.28
MAN3	STF0717	9	9	8	9	9	8	8.9	0.83	10.27
MAN3	STF0718	9	11	9	10	8	9	8.9	1.04	10.62
MAN3	STF0819	9	10	8	9	9	9	8.9	0.83	10.27
MAN3	STF0820	9	9	8	11	9	9	9.1	0.70	10.26

Cálculo del inventario de seguridad:

	INVENTARIO DE SEGURIDAD	debe venir del promedio de los errores con signo (no errores en valor absoluto)
MEDIA DE ERROR CON RESPECTO A PRONÓSTICO:	5 %	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR:	5	
NIVEL DE SERVICIO REQUERIDO:	95 %	
FACTOR DE SERVICIO:	1.64	
PORCENTAJE DE INVENTARIO DE SEGURIDAD:	13.2 %	

Tabla A19 - CÁLCULO PARA LA ESTACIÓN DE MANUFACTURA 1.

Los códigos son de productos semi-terminados que entran en la estación de manufactura 1, así como la familia a la que pertenecen.

DATOS MENSUALES							
CÓDIGO	FAMILIA	VELOCIDAD EN LÍNEA (pz/hr)	tamaño de lote	LOTES x MES MEDIA	TIEMPO PRODUCCIÓN N	VELOCIDAD EN LÍNEA (pz/hr)	DEMANDA DIARIA (20 DÍAS/MES)
STF0101	1	164.9	200	10.52	12.75	164.9	105.15
STF0102	1	163.2	200	21.65	26.53	163.2	216.45
STF0203	2	90.1	200	9.76	21.66	90.1	97.57
STF0204	2	129.2	200	10.95	16.95	129.2	109.52
STF0205	2	136	200	15.58	22.91	136	155.80

A continuación se presenta el cálculo del ciclo de producción, de acuerdo con la tabla anterior, un ciclo de 64 horas ajusta para un 99.47 por ciento de tiempo activo de maquinaria junto con los tiempos de cambio (el resto es tiempo ocioso).

¿Cuántos productos?	5										
¿Tamaño del periodo?	64 hr			64 hr							
TIEMPO TOTAL DEL CICLO	63.66 hr			99.47%							
TIEMPO TOTAL DE CAMBIOS	18.00										
TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN	45.66										
RESULTADO	FACTIBLE										
				64 hr							
NUM	PRODUCTO	TIEMPO DE CAMBIO RESPECTO AL ANTERIOR (hr)	TASA DE PRODUCCIÓN (pz/hr)	DEMANDA DEL PERIODO	TASA DE DEMANDA (pz/hr)	TASA DEM / TASA PROD	STOCK DE SEGURIDAD (%)	PRODUCCIÓN TOTAL	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	TIEMPO TOTAL	
1	STF0101	6	164.9	841.20	13.14	0.08	13.25	953	5.78	11.78	
2	STF0102	2	163.2	1731.62	27.06	0.17	13.25	1,961	12.02	14.02	
3	STF0203	6	90.1	780.52	12.20	0.14	13.25	884	9.81	15.81	
4	STF0204	2	129.2	876.18	13.69	0.11	13.25	992	7.68	9.68	
5	STF0205	2	136	1246.40	19.48	0.14	13.25	1,412	10.38	12.38	

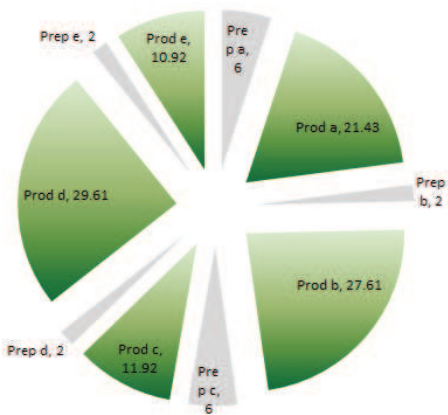


Gráfico de pay de tiempos de producción. Se lee Prep a, 6 = preparación de producto a, 6 horas. Prod a 21.43= tiempo de producción de a= 21.43 horas. Etc.

Después de ajustar las cantidades a producir con los inventarios sobrantes en cada ciclo, la programación queda de la siguiente manera:

En la columna action2 se define que los requerimientos son para el ST en cuestión, la ruta para acondicionamiento, el tiempo de preparación y la cantidad requerida. Las demás columnas definen la fecha en la que se lanza la orden y la cantidad de 1 orden. La hora acumulada se refiere a la hora en la simulación en la que ocurre el lanzamiento de la orden equivalente a la semana, día y hora indicados.

action2	semana2	dia2	hora con formato	cantidad	HORA ACUM
requerimientos_1=si transf_ruta1=1 transf_setup1=360 cantidad_requerida1=953	1	mon	8:0 a.m.	1	8
requerimientos_2=si transf_ruta2=1 transf_setup2=120 cantidad_requerida2=1962	1	tue	11:46 a.m.	1	35.7666667
requerimientos_3=si transf_ruta3=1 transf_setup3=360 cantidad_requerida3=884	1	thu	9:48 a.m.	1	81.8
requerimientos_4=si transf_ruta4=1 transf_setup4=120 cantidad_requerida4=993	2	mon	9:36 a.m.	1	177.6

requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 canti- dad_requerida5=1412	2	tue	11:17 a.m.	1	203.283333
requerimientos_1=si transf_ruta1=1 transf_setup1=360 canti- dad_requerida1=662	2	wed	15:40 p.m.	1	231.666667
requerimientos_2=si transf_ruta2=1 transf_setup2=120 canti- dad_requerida2=1496	2	fri	11:27 a.m.	1	275.45
requerimientos_3=si transf_ruta3=1 transf_setup3=360 canti- dad_requerida3=663	3	tue	9:28 a.m.	1	369.466667
requerimientos_4=si transf_ruta4=1 transf_setup4=120 canti- dad_requerida4=574	3	thu	9:17 a.m.	1	417.283333
requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 canti- dad_requerida5=1119	3	fri	10:57 a.m.	1	442.95
requerimientos_1=si transf_ruta1=1 transf_setup1=360 canti- dad_requerida1=644	4	mon	15:20 p.m.	1	519.333333
requerimientos_2=si transf_ruta2=1 transf_setup2=120 canti- dad_requerida2=1531	4	wed	11:7 a.m.	1	563.116667
requerimientos_3=si transf_ruta3=1 transf_setup3=360 canti- dad_requerida3=712	4	fri	9:8 a.m.	1	609.133333
requerimientos_4=si transf_ruta4=1 transf_setup4=120 canti- dad_requerida4=796	5	tue	8:56 a.m.	1	704.933333
requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 canti- dad_requerida5=1164	5	wed	10:37 a.m.	1	730.616667
requerimientos_1=si transf_ruta1=1 transf_setup1=360 canti- dad_requerida1=729	5	thu	15:0 p.m.	1	759
requerimientos_2=si transf_ruta2=1 transf_setup2=120 canti- dad_requerida2=1570	6	mon	10:47 a.m.	1	850.783333
requerimientos_3=si transf_ruta3=1 transf_setup3=360 canti- dad_requerida3=807	6	wed	8:48 a.m.	1	896.8
requerimientos_4=si transf_ruta4=1 transf_setup4=120 canti- dad_requerida4=862	6	fri	8:36 a.m.	1	944.6
requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 canti- dad_requerida5=1341	7	mon	10:17 a.m.	1	1018.28333
requerimientos_1=si transf_ruta1=1 transf_setup1=360 canti- dad_requerida1=767	7	tue	14:40 p.m.	1	1046.66667

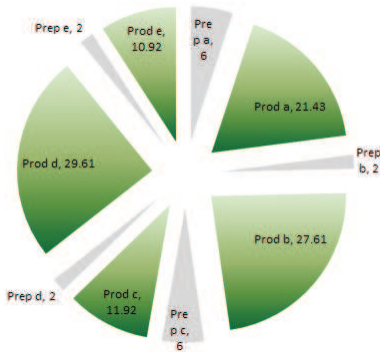
requerimientos_2=si transf_ruta2=1 transf_setup2=120 canti- dad_requerida2=1696	7	thu	10:26 a.m.	1	1090.43333
requerimientos_3=si transf_ruta3=1 transf_setup3=360 canti- dad_requerida3=809	8	mon	8:27 a.m.	1	1184.45
requerimientos_4=si transf_ruta4=1 transf_setup4=120 canti- dad_requerida4=875	8	wed	8:16 a.m.	1	1232.26667
requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 canti- dad_requerida5=1280	8	thu	9:57 a.m.	1	1257.95
requerimientos_1=si transf_ruta1=1 transf_setup1=360 canti- dad_requerida1=746	8	fri	14:20 p.m.	1	1286.33333
requerimientos_2=si transf_ruta2=1 transf_setup2=120 canti- dad_requerida2=1705	9	tue	10:6 a.m.	1	1378.1
requerimientos_3=si transf_ruta3=1 transf_setup3=360 canti- dad_requerida3=842	9	thu	8:7 a.m.	1	1424.11667
requerimientos_4=si transf_ruta4=1 transf_setup4=120 canti- dad_requerida4=860	9	fri	15:56 p.m.	1	1455.93333
requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 canti- dad_requerida5=1244	10	tue	9:37 a.m.	1	1545.61667

Tabla A20 - CÁLCULO PARA LA ESTACIÓN DE MANUFACTURA 2:

- Columna 1. Código de identificación del semiterminado.
- Columna 2. Familia a la que pertenece el semiterminado (ésta afecta los tiempos de cambio).
- Columna 3. Velocidad de producción.
- Columna 4. Tamaño de lote económico.
- Columna 5. Promedio de lotes por mes para un periodo de un año.
- Columna 6. Velocidad de línea.
- Columna 7. Demanda diaria promediada.

DATOS MENSUALES						
CÓDIGO	FAMILIA	VELOCIDAD EN LÍNEA (pz/hr)	tamaño de lote	LOTES x MES MEDIA	VELOCIDAD EN LÍNEA (pz/hr)	DEMANDA DIARIA (20 DÍAS/MES)
STF0306	3	182.6	200	23.04	182.6	230.39
STF0307	3	160.6	200	26.10	160.6	261.04
STF0408	4	189.2	200	13.27	189.2	132.71
STF0409	4	154	200	26.84	154	268.40
STF0410	4	215.6	200	13.86	215.6	138.61

¿Cuántos productos?	5											
¿Tamaño del periodo?	120	hr										
TIEMPO TOTAL DEL CICLO	119.49	hr										
TIEMPO TOTAL DE CAMBIOS	18.00										1015	
TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN	101.49											
RESULTADO	FACTIBLE											
				120								
NUM	PRODUCTO	TIEMPO DE CAMBIO RESPECTO AL ANTERIOR (hr)	TASA DE PRODUCCIÓN (pz/hr)	DEMANDA DEL PERIODO	TASA DE DEMANDA (pz/hr)	TASA DEM / TASA PROD	STOCK DE SEGURIDAD (%)	PRODUCCIÓN TOTAL	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	TIEMPO TOTAL		Demanda diaria con SS
1	STF0306	6	182.6	3455.89	28.80	0.16	13.25	3,914	21.43	27.43		264
2	STF0307	2	160.6	3915.67	32.63	0.20	13.25	4,434	27.61	29.61		296
3	STF0408	6	189.2	1990.59	16.59	0.09	13.25	2,254	11.92	17.92		152
4	STF0409	2	154	4026.00	33.55	0.22	13.25	4,559	29.61	31.61		304
5	STF0410	2	215.6	2079.13	17.33	0.08	13.25	2,355	10.92	12.92		160
DEMANDA ACUMULADA												
HORAS->	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	
PROD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	230.39	460.79	691.18	921.57	1151.96	1382.36	1612.75	1843.14	2073.54	2303.93	2534.32	
2	261.04	522.09	783.13	1044.18	1305.22	1566.27	1827.31	2088.36	2349.40	2610.44	2871.49	
3	132.71	265.41	398.12	530.82	663.53	796.24	928.94	1061.65	1194.35	1327.06	1459.77	
4	268.40	536.80	805.20	1073.60	1342.00	1610.40	1878.80	2147.20	2415.60	2684.00	2952.40	
5	138.61	277.22	415.83	554.43	693.04	831.65	970.26	1108.87	1247.48	1386.08	1524.69	



Después de ajustar las cantidades a producir con los inventarios sobrantes en cada ciclo, la programación queda de la siguiente manera:

En la columna action2 se define que los requerimientos son para el ST en cuestión, la ruta para acondicionamiento, el tiempo de preparación y la cantidad requerida. Las demás columnas definen la fecha en la que se lanza la orden y la cantidad de 1 orden.

action2	semana2	dia2	hora con formato	cantidad	hora acumulada
requerimientos_6=si transf_ruta6=2 transf_setup6=360 cantidad_requerida6=3914	1	mon	8:0 a.m.	1	8
requerimientos_7=si transf_ruta7=2 transf_setup7=120 cantidad_requerida7=4435	1	thu	11:26 a.m.	1	83.4333333
requerimientos_8=si transf_ruta8=2 transf_setup8=360 cantidad_requerida8=2255	2	wed	9:3 a.m.	1	225.05
requerimientos_9=si transf_ruta9=2 transf_setup9=120 cantidad_requerida9=4560	2	fri	10:58 a.m.	1	274.966667
requerimientos_10=si transf_ruta10=2 transf_setup10=120 cantidad_requerida10=2355	3	thu	10:34 a.m.	1	418.566667
requerimientos_6=si transf_ruta6=2 transf_setup6=360 cantidad_requerida6=3262	3	fri	15:30 p.m.	1	447.5
requerimientos_7=si transf_ruta7=2	4	thu	10:56 a.m.	1	586.933333

transf_setup7=120 cantidad_requerida7=3731 requerimientos_8=si transf_ruta8=2	5	wed	8:32 a.m.	1	728.533333
transf_setup8=360 cantidad_requerida8=2348 requerimientos_9=si transf_ruta9=2	5	fri	10:27 a.m.	1	778.45
transf_setup9=120 cantidad_requerida9=3847 requerimientos_10=si transf_ruta10=2	6	thu	10:4 a.m.	1	922.066667
requerimientos_6=si transf_ruta6=2 transf_setup6=360 cantidad_requerida6=3160 requerimientos_7=si transf_ruta7=2	6	fri	14:59 p.m.	1	950.983333
transf_setup7=120 cantidad_requerida7=3577 requerimientos_8=si transf_ruta8=2	7	thu	10:25 a.m.	1	1090.41667
transf_setup8=360 cantidad_requerida8=1509 requerimientos_9=si transf_ruta9=2	8	wed	8:2 a.m.	1	1232.03333
transf_setup9=120 cantidad_requerida9=3438 requerimientos_10=si transf_ruta10=2	8	fri	9:57 a.m.	1	1281.95
transf_setup10=120 cantidad_requerida10=1744 requerimientos_6=si transf_ruta6=2	9	thu	9:33 a.m.	1	1425.55
transf_setup6=360 cantidad_requerida6=3253 requerimientos_7=si transf_ruta7=2	9	fri	14:28 p.m.	1	1454.46667
transf_setup7=120 cantidad_requerida7=3559 requerimientos_8=si transf_ruta8=2	10	thu	9:54 a.m.	1	1593.9
transf_setup8=360 cantidad_requerida8=2078 requerimientos_9=si transf_ruta9=2	11	tue	15:31 p.m.	1	1719.51667
transf_setup9=120 cantidad_requerida9=3470 requerimientos_10=si transf_ruta10=2	11	fri	9:26 a.m.	1	1785.43333
transf_setup10=120 cantidad_requerida10=1749	12	thu	9:2 a.m.	1	1929.03333

Tabla A21 - CÁLCULO DEL CICLO DE PRODUCCIÓN PARA LA ESTACIÓN DE MANUFACTURA 3:

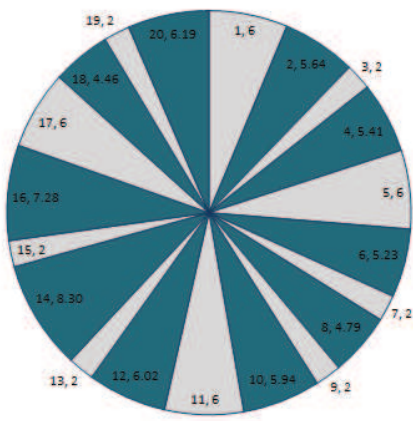
- Columna 1. Código de identificación del semiterminado.
- Columna 2. Familia a la que pertenece el semiterminado (ésta afecta los tiempos de cambio).
- Columna 3. Velocidad de producción.
- Columna 4. Tamaño de lote económico.
- Columna 5. Promedio de lotes por mes para un periodo de un año.
- Columna 6. Desviación estándar respecto al promedio.
- Columna 7. Demanda mensual usada para calcular un nivel de servicio del 95%.
- Columna 8. Demanda diaria.

DATOS MENSUALES

CÓDIGO	FAMILIA	VELOCIDAD EN LÍNEA (pz/hr)	tamaño de lote	PROMEDIO LOTES POR MES	DESV ESTANDAR	DEMANDA MENSUAL (95%)	DEMANDA DIARIA (20 DÍAS/MES)
STF0511	5	215.6	200	7.30	1.00	8.95	89.48
STF0512	5	241.92	200	8.20	0.87	9.63	96.30
STF0613	6	231.84	200	7.60	0.80	8.91	89.12
STF0614	6	258.72	200	7.60	0.92	9.10	91.03
STF0615	6	204.96	200	7.30	1.00	8.95	89.48
STF0716	7	231.84	200	9.00	0.77	10.27	102.70
STF0717	7	168	200	8.90	0.83	10.26	102.62
STF0718	7	198.24	200	8.90	1.04	10.61	106.12
STF0819	8	312.48	200	8.90	0.83	10.26	102.62
STF0820	8	225.12	200	9.10	0.70	10.25	102.48

150

¿Cuántos productos?	10													
¿Tamaño del periodo?	96 hr	Tiempo activo												
TIEMPO TOTAL DEL CICLO	95.26 hr	99.23%												
TIEMPO TOTAL DE CAMBIOS	36.00	0.60343452												
TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN	59.26	Relación demanda/producción												
RESULTADO FACTIBLE														
96 hr														
NUM	PRODUCTO	TIEMPO DE CAMBIO RESPECTO AL ANTERIOR (hr)	TASA DE PRODUCCIÓN (pz/hr)	DEMANDA DEL PERIODO	DEMANDA + S.S.	TASA DE DEMANDA (pz/hr)	TASA DEM / TASA PROD	STOCK DE SEGURIDAD (%)	PRODUCCIÓN TOTAL	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	TIEMPO TOTAL	Demanda diaria con SS		
1	STF0511	6	215.6	1073.78	1216.06	12.67	0.06	13.25	1,217	5.64	11.64	104		
2	STF0512	2	241.92	1155.57	1308.68	13.63	0.06	13.25	1,309	5.41	7.41	112		
3	STF0613	6	231.84	1069.44	1211.14	12.62	0.05	13.25	1,212	5.23	11.23	104		
4	STF0614	2	258.72	1092.37	1237.11	12.89	0.05	13.25	1,238	4.79	6.79	104		
5	STF0615	2	204.96	1073.78	1216.06	12.67	0.06	13.25	1,217	5.94	7.94	104		
6	STF0716	6	231.84	1232.44	1395.74	14.54	0.06	13.25	1,396	6.02	12.02	120		
7	STF0717	2	168	1231.47	1394.64	14.53	0.09	13.25	1,395	8.30	10.30	120		
8	STF0718	2	198.24	1273.47	1442.20	15.02	0.08	13.25	1,443	7.28	9.28	128		
9	STF0819	6	312.48	1231.47	1394.64	14.53	0.05	13.25	1,395	4.46	10.46	120		
10	STF0820	2	225.12	1229.76	1392.70	14.51	0.06	13.25	1,393	6.19	8.19	120		
				228.783119	11663.55	13208.98	137.59							
DEMANDA ACUMULADA														
PROD	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112
1	89.48	178.96	268.45	357.93	447.41	536.89	626.37	715.85	805.34	894.82	984.30	1073.78	1163.26	1252.75
2	96.30	192.59	288.89	385.19	481.49	577.78	674.08	770.38	866.67	962.97	1059.27	1155.57	1251.86	1348.16
3	89.12	178.24	267.36	356.48	445.60	534.72	623.84	712.96	802.08	891.20	980.32	1069.44	1158.56	1247.68
4	91.03	182.06	273.09	364.12	455.15	546.19	637.22	728.25	819.28	910.31	1001.34	1092.37	1183.40	1274.43
5	89.48	178.96	268.45	357.93	447.41	536.89	626.37	715.85	805.34	894.82	984.30	1073.78	1163.26	1252.75
6	102.70	205.41	308.11	410.81	513.52	616.22	718.92	821.63	924.33	1027.03	1129.74	1232.44	1335.14	1437.85
7	102.62	205.25	307.87	410.49	513.11	615.74	718.36	820.98	923.61	1026.23	1128.85	1231.47	1334.10	1436.72
8	106.12	212.24	318.37	424.49	530.61	636.73	742.85	848.98	955.10	1061.22	1167.34	1273.47	1379.59	1485.71
9	102.62	205.25	307.87	410.49	513.11	615.74	718.36	820.98	923.61	1026.23	1128.85	1231.47	1334.10	1436.72
10	102.48	204.96	307.44	409.92	512.40	614.88	717.36	819.84	922.32	1024.80	1127.28	1229.76	1332.24	1434.72



Después del ir ajustando las producciones con los sobrantes de inventarios, el programa queda de la siguiente manera:
 Los datos en la columna action2 son los datos que se transfieren al sistema, lo relevante es que se define la ruta 3, el tiempo de setup y la cantidad requerida para cada uno de los 10 items.

action2	semana2	dia2	hora con formato	cantidad	HORA ACUM
requerimientos_11=si transf_ruta11=3 transf_setup11=360 canti- dad_requerida11=1217	1	mon	8:0 a.m.	1	8
requerimientos_12=si transf_ruta12=3 transf_setup12=120 canti- dad_requerida12=1309	1	tue	11:38 a.m.	1	35.6333333
requerimientos_13=si transf_ruta13=3 transf_setup13=360 canti- dad_requerida13=1212	1	wed	11:3 a.m.	1	59.05
requerimientos_14=si transf_ruta14=3 transf_setup14=120 canti- dad_requerida14=1238	1	thu	14:17 p.m.	1	86.2833333
requerimientos_15=si transf_ruta15=3 transf_setup15=120 canti- dad_requerida15=1217	1	fri	13:4 p.m.	1	109.066667
requerimientos_16=si transf_ruta16=3 transf_setup16=360 canti- dad_requerida16=1396	2	mon	13:0 p.m.	1	181
requerimientos_17=si transf_ruta17=3 transf_setup17=120 canti- dad_requerida17=1395	2	wed	9:1 a.m.	1	225.016667
requerimientos_18=si transf_ruta18=3 transf_setup18=120 canti- dad_requerida18=1443	2	thu	11:19 a.m.	1	251.316667
requerimientos_19=si transf_ruta19=3 transf_setup19=360 canti- dad_requerida19=1395	2	fri	12:36 p.m.	1	276.6
requerimientos_20=si transf_ruta20=3 transf_setup20=120 canti- dad_requerida20=1393	3	mon	15:4 p.m.	1	351.066667
requerimientos_11=si transf_ruta11=3 transf_setup11=360 canti- dad_requerida11=818	3	tue	15:15 p.m.	1	375.25
requerimientos_12=si transf_ruta12=3 transf_setup12=120 canti- dad_requerida12=1147	3	thu	10:54 a.m.	1	418.9
requerimientos_13=si transf_ruta13=3 transf_setup13=360 canti- dad_requerida13=991	3	fri	10:18 a.m.	1	442.3
requerimientos_14=si transf_ruta14=3 transf_setup14=120 canti- dad_requerida14=942	4	mon	13:32 p.m.	1	517.533333
requerimientos_15=si transf_ruta15=3 transf_setup15=120 canti-	4	tue	12:19 p.m.	1	540.316667

dad_requerida15=1038 requerimientos_16=si transf_ruta16=3 transf_setup16=360 canti- dad_requerida16=1021	4	wed	12:15 p.m.	1	564.25
requerimientos_17=si transf_ruta17=3 transf_setup17=120 canti- dad_requerida17=1168	4	fri	8:16 a.m.	1	608.266667
requerimientos_18=si transf_ruta18=3 transf_setup18=120 canti- dad_requerida18=1205	5	mon	10:34 a.m.	1	682.566667
requerimientos_19=si transf_ruta19=3 transf_setup19=360 canti- dad_requerida19=1183	5	tue	11:50 a.m.	1	707.833333
requerimientos_20=si transf_ruta20=3 transf_setup20=120 canti- dad_requerida20=1139	5	wed	14:18 p.m.	1	734.3
requerimientos_11=si transf_ruta11=3 transf_setup11=360 canti- dad_requerida11=945	5	thu	14:29 p.m.	1	758.483333
requerimientos_12=si transf_ruta12=3 transf_setup12=120 canti- dad_requerida12=1070	6	mon	10:8 a.m.	1	850.133333
requerimientos_13=si transf_ruta13=3 transf_setup13=360 canti- dad_requerida13=976	6	tue	9:32 a.m.	1	873.533333
requerimientos_14=si transf_ruta14=3 transf_setup14=120 canti- dad_requerida14=937	6	wed	12:46 p.m.	1	900.766667
requerimientos_15=si transf_ruta15=3 transf_setup15=120 canti- dad_requerida15=1014	6	thu	11:33 a.m.	1	923.55
requerimientos_16=si transf_ruta16=3 transf_setup16=360 canti- dad_requerida16=1198	6	fri	11:29 a.m.	1	947.483333
requerimientos_17=si transf_ruta17=3 transf_setup17=120 canti- dad_requerida17=1011	7	mon	15:30 p.m.	1	1023.5
requerimientos_18=si transf_ruta18=3 transf_setup18=120 canti- dad_requerida18=1224	7	wed	9:48 a.m.	1	1065.8
requerimientos_19=si transf_ruta19=3 transf_setup19=360 canti- dad_requerida19=1176	7	thu	11:4 a.m.	1	1091.06667
requerimientos_20=si transf_ruta20=3 transf_setup20=120 canti- dad_requerida20=1176	7	fri	13:32 p.m.	1	1117.53333
requerimientos_11=si transf_ruta11=3 transf_setup11=360 canti- dad_requerida11=856	8	mon	13:43 p.m.	1	1189.71667
requerimientos_12=si transf_ruta12=3 transf_setup12=120 canti- dad_requerida12=1094	8	wed	9:22 a.m.	1	1233.36667

requerimientos_13=si transf_ruta13=3 transf_setup13=360 canti- dad_requerida13=1126	8 thu 8:46 a.m.	1	1256.76667
requerimientos_14=si transf_ruta14=3 transf_setup14=120 canti- dad_requerida14=906	8 fri 12:0 p.m.	1	1284
requerimientos_15=si transf_ruta15=3 transf_setup15=120 canti- dad_requerida15=863	9 mon 10:47 a.m.	1	1354.78333
requerimientos_16=si transf_ruta16=3 transf_setup16=360 canti- dad_requerida16=1189	9 tue 10:43 a.m.	1	1378.71667
requerimientos_17=si transf_ruta17=3 transf_setup17=120 canti- dad_requerida17=1174	9 wed 14:44 p.m.	1	1406.73333
requerimientos_18=si transf_ruta18=3 transf_setup18=120 canti- dad_requerida18=1105	9 fri 9:2 a.m.	1	1449.03333
requerimientos_19=si transf_ruta19=3 transf_setup19=360 canti- dad_requerida19=1148	10 mon 10:19 a.m.	1	1522.31667
requerimientos_20=si transf_ruta20=3 transf_setup20=120 canti- dad_requerida20=1129	10 tue 12:46 p.m.	1	1548.76667

Tabla A22 - CÁLCULO PARA LA ESTACIÓN DE TRABAJO 0:

La columna prod es el número de producto semi-terminado. Las demás columnas muestran el número de horas acumuladas en el periodo (sería 8 por periodo, en este caso son días laborados), el número de periodos (días), las cantidades demandadas para cada producto.

DEMANDA ACUMULADA														
	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	
PROD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	120.00	240.00	360.00	480.00	600.00	720.00	840.00	960.00	1080.00	1200.00	1320.00	1440.00	1560.00	1680.00
2	248.00	496.00	744.00	992.00	1240.00	1488.00	1736.00	1984.00	2232.00	2480.00	2728.00	2976.00	3224.00	3472.00
3	112.00	224.00	336.00	448.00	560.00	672.00	784.00	896.00	1008.00	1120.00	1232.00	1344.00	1456.00	1568.00
4	128.00	256.00	384.00	512.00	640.00	768.00	896.00	1024.00	1152.00	1280.00	1408.00	1536.00	1664.00	1792.00
5	184.00	368.00	552.00	736.00	920.00	1104.00	1288.00	1472.00	1656.00	1840.00	2024.00	2208.00	2392.00	2576.00
6	264.00	528.00	792.00	1056.00	1320.00	1584.00	1848.00	2112.00	2376.00	2640.00	2904.00	3168.00	3432.00	3696.00
7	296.00	592.00	888.00	1184.00	1480.00	1776.00	2072.00	2368.00	2664.00	2960.00	3256.00	3552.00	3848.00	4144.00
8	152.00	304.00	456.00	608.00	760.00	912.00	1064.00	1216.00	1368.00	1520.00	1672.00	1824.00	1976.00	2128.00
9	304.00	608.00	912.00	1216.00	1520.00	1824.00	2128.00	2432.00	2736.00	3040.00	3344.00	3648.00	3952.00	4256.00
10	160.00	320.00	480.00	640.00	800.00	960.00	1120.00	1280.00	1440.00	1600.00	1760.00	1920.00	2080.00	2240.00
11	104.00	208.00	312.00	416.00	520.00	624.00	728.00	832.00	936.00	1040.00	1144.00	1248.00	1352.00	1456.00
12	112.00	224.00	336.00	448.00	560.00	672.00	784.00	896.00	1008.00	1120.00	1232.00	1344.00	1456.00	1568.00
13	104.00	208.00	312.00	416.00	520.00	624.00	728.00	832.00	936.00	1040.00	1144.00	1248.00	1352.00	1456.00
14	104.00	208.00	312.00	416.00	520.00	624.00	728.00	832.00	936.00	1040.00	1144.00	1248.00	1352.00	1456.00
15	104.00	208.00	312.00	416.00	520.00	624.00	728.00	832.00	936.00	1040.00	1144.00	1248.00	1352.00	1456.00
16	120.00	240.00	360.00	480.00	600.00	720.00	840.00	960.00	1080.00	1200.00	1320.00	1440.00	1560.00	1680.00
17	120.00	240.00	360.00	480.00	600.00	720.00	840.00	960.00	1080.00	1200.00	1320.00	1440.00	1560.00	1680.00
18	128.00	256.00	384.00	512.00	640.00	768.00	896.00	1024.00	1152.00	1280.00	1408.00	1536.00	1664.00	1792.00
19	120.00	240.00	360.00	480.00	600.00	720.00	840.00	960.00	1080.00	1200.00	1320.00	1440.00	1560.00	1680.00
20	120.00	240.00	360.00	480.00	600.00	720.00	840.00	960.00	1080.00	1200.00	1320.00	1440.00	1560.00	1680.00

En este caso como se escogió el ciclo de 136 horas, se hacen los cálculos para los tiempos de producción y preparación para cada producto, nótese que el inventario de seguridad es cero, pues esta es una demanda dependiente. El resultado son 130.63 horas.

136 hr												
NUM	PRODUCTO	TIEMPO DE CAMBIO RESPECTO AL ANTERIOR (hr)	TASA DE PRODUCCIÓN (pz/hr)	DEMANDA DEL PERIODO	DEMANDA + S.S.	TASA DE DEMANDA (pz/hr)	TASA DEM / TASA PROD	STOCK DE SEGURIDAD (%)	PRODUCCIÓN TOTAL	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	TIEMPO TOTAL	inicio
1	STF0101	6	900	2040.00	2040.00	15.00	0.02	0	2,040	2.27	8.27	0
2	STF0102	2	900	4216.00	4216.00	31.00	0.03	0	4,216	4.68	6.68	8.27
3	STF0203	6	900	1904.00	1904.00	14.00	0.02	0	1,904	2.12	8.12	14.95
4	STF0204	2	900	2176.00	2176.00	16.00	0.02	0	2,176	2.42	4.42	23.07
5	STF0205	2	900	3128.00	3128.00	23.00	0.03	0	3,128	3.48	5.48	27.48
6	STF0306	6	900	4488.00	4488.00	33.00	0.04	0	4,488	4.99	10.99	32.96
7	STF0307	2	900	5032.00	5032.00	37.00	0.04	0	5,032	5.59	7.59	43.95
8	STF0408	6	900	2584.00	2584.00	19.00	0.02	0	2,584	2.87	8.87	51.54
9	STF0409	2	900	5168.00	5168.00	38.00	0.04	0	5,168	5.74	7.74	60.41
10	STF0410	2	900	2720.00	2720.00	20.00	0.02	0	2,720	3.02	5.02	68.15
11	STF0511	6	900	1768.00	1768.00	13.00	0.01	0	1,768	1.96	7.96	73.17
12	STF0512	2	900	1904.00	1904.00	14.00	0.02	0	1,904	2.12	4.12	81.14
13	STF0613	6	900	1768.00	1768.00	13.00	0.01	0	1,768	1.96	7.96	85.25
14	STF0614	2	900	1768.00	1768.00	13.00	0.01	0	1,768	1.96	3.96	93.22
15	STF0615	2	900	1768.00	1768.00	13.00	0.01	0	1,768	1.96	3.96	97.18
16	STF0716	6	900	2040.00	2040.00	15.00	0.02	0	2,040	2.27	8.27	101.15
17	STF0717	2	900	2040.00	2040.00	15.00	0.02	0	2,040	2.27	4.27	109.41
18	STF0718	2	900	2176.00	2176.00	16.00	0.02	0	2,176	2.42	4.42	113.68
19	STF0819	6	900	2040.00	2040.00	15.00	0.02	0	2,040	2.27	8.27	118.10
20	STF0820	2	900	2040.00	2040.00	15.00	0.02	0	2,040	2.27	4.27	126.36
			900	33456.00	33456.00	246.00					130.63	

PRODUCT WHEEL CALCULATOR

¿Cuántos productos?	10		
¿Tamaño del periodo?	136 hr		Tiempo activo
TIEMPO TOTAL DEL CICLO	130.63 hr		96.05%
TIEMPO TOTAL DE CAMBIOS	72.00		0.27333333
TIEMPO TOTAL DE PRODUCCIÓN	58.63		Relación demanda/producción
RESULTADO	FACTIBLE		

Como se mencionó anteriormente se requieren hacer ajustes a las cantidades debido a los desfases en los tiempos de ciclo en serie. Estos ajustes se hicieron manualmente de la siguiente forma:

C	D	E	F	G	H	I	J
Almacén 0, semiterminado 11							
REQUERIMIENTOS			RECEPCIONES				
HORA	CANTIDAD	REAL	HORA	CANTIDAD	INV INICIAL	AJUSTADA	
			0	1220	0	1220	
8.00	1217	1217					
			345.00	2440	0	2440	
375.00	1217	818					
			758.00	1217	945		
758.00	1217	945					
			875.00	1220	677	543	
1189.00	1217	856					
			1406.00	1220	364	856	
1572.00	1217	848					
			1953.00	2440	372	2068	
1956.00	1217	814					
2387.00	1217	1217					

Conforme se han ido calculando las cantidades reales requeridas por las estaciones 1, 2, y 3 (lado izquierdo), se han ido ajustando las cantidades a recibir en el almacén (o sea a producir en la estación 0) de acuerdo con los inventarios sobrantes o inventarios iniciales que no se requirieron en el ciclo anterior.

Una vez ajustados los inventarios la producción tomó esta forma:

action2	semana2	dia2	hora con formato	cantidad
cantidad_lote=1920 ST=1 tiempo_setup=360		1 mon	8:0 a.m.	1,920
cantidad_lote=3930 ST=2 tiempo_setup=120		1 tue	8:15 a.m.	3,930
cantidad_lote=1770 ST=3 tiempo_setup=360		1 tue	14:57 p.m.	1,770
cantidad_lote=2000 ST=4 tiempo_setup=120		1 wed	15:3 p.m.	2,000
cantidad_lote=2850 ST=5 tiempo_setup=120		1 thu	11:29 a.m.	2,850
cantidad_lote=3920 ST=6 tiempo_setup=360		1 fri	8:57 a.m.	3920
cantidad_lote=4450 ST=7 tiempo_setup=120		2 mon	11:56 a.m.	4450
cantidad_lote=2350 ST=8 tiempo_setup=360		2 tue	11:32 a.m.	2,350
cantidad_lote=4570 ST=9 tiempo_setup=120		2 wed	12:24 p.m.	4,570
cantidad_lote=2360 ST=10 tiempo_setup=120		2 thu	12:9 p.m.	2,360
cantidad_lote=2440 ST=11 tiempo_setup=360		2 fri	9:10 a.m.	2,440
cantidad_lote=2000 ST=12 tiempo_setup=120		3 mon	9:8 a.m.	2,000
cantidad_lote=2500 ST=13 tiempo_setup=360		3 mon	13:15 p.m.	2,500
cantidad_lote=2500 ST=14 tiempo_setup=120		3 tue	13:13 p.m.	2,500
cantidad_lote=2440 ST=15 tiempo_setup=120		3 wed	9:10 a.m.	2,440
cantidad_lote=2800 ST=16 tiempo_setup=360		3 wed	13:8 p.m.	2,800
cantidad_lote=1400 ST=17 tiempo_setup=120		3 thu	13:24 p.m.	1,400
cantidad_lote=1450 ST=18 tiempo_setup=120		3 fri	9:40 a.m.	1,450
cantidad_lote=1400 ST=19 tiempo_setup=360		3 fri	14:5 p.m.	1,400
cantidad_lote=1400 ST=20 tiempo_setup=120		4 mon	14:21 p.m.	1,400
cantidad_lote=1310 ST=1 tiempo_setup=360		4 tue	10:37 a.m.	1310
cantidad_lote=3027 ST=2 tiempo_setup=120		4 wed	10:53 a.m.	3027
cantidad_lote=1359 ST=3 tiempo_setup=360		4 thu	9:34 a.m.	1359
cantidad_lote=1567 ST=4 tiempo_setup=120		4 fri	9:41 a.m.	1567
cantidad_lote=2531 ST=5 tiempo_setup=120		4 fri	14:6 p.m.	2,531
cantidad_lote=3262 ST=6 tiempo_setup=360		5 mon	11:35 a.m.	3262
cantidad_lote=3731 ST=7 tiempo_setup=120		5 tue	14:34 p.m.	3731
cantidad_lote=2350 ST=8 tiempo_setup=360		5 wed	14:10 p.m.	2350
cantidad_lote=3807 ST=9 tiempo_setup=120		5 thu	15:2 p.m.	3,807
cantidad_lote=2360 ST=10 tiempo_setup=120		5 fri	14:46 p.m.	2,360
cantidad_lote=543 ST=11 tiempo_setup=360		6 mon	11:48 a.m.	543
cantidad_lote=826 ST=12 tiempo_setup=120		6 tue	11:46 a.m.	826
cantidad_lote=717 ST=13 tiempo_setup=360		6 tue	15:53 p.m.	717
cantidad_lote=619 ST=14 tiempo_setup=120		6 wed	15:50 p.m.	619
cantidad_lote=832 ST=15 tiempo_setup=120		6 thu	11:48 a.m.	832
cantidad_lote=819 ST=16 tiempo_setup=360		6 thu	15:46 p.m.	819
cantidad_lote=2568 ST=17 tiempo_setup=120		7 mon	8:2 a.m.	2568
cantidad_lote=2655 ST=18 tiempo_setup=120		7 mon	12:18 p.m.	2655

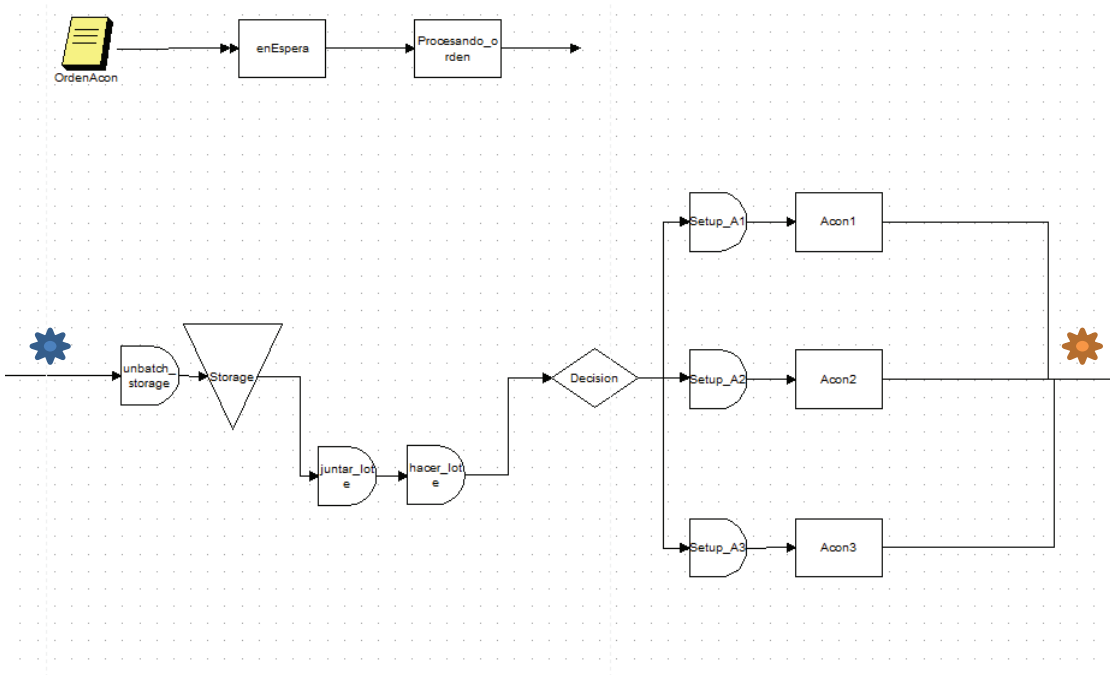
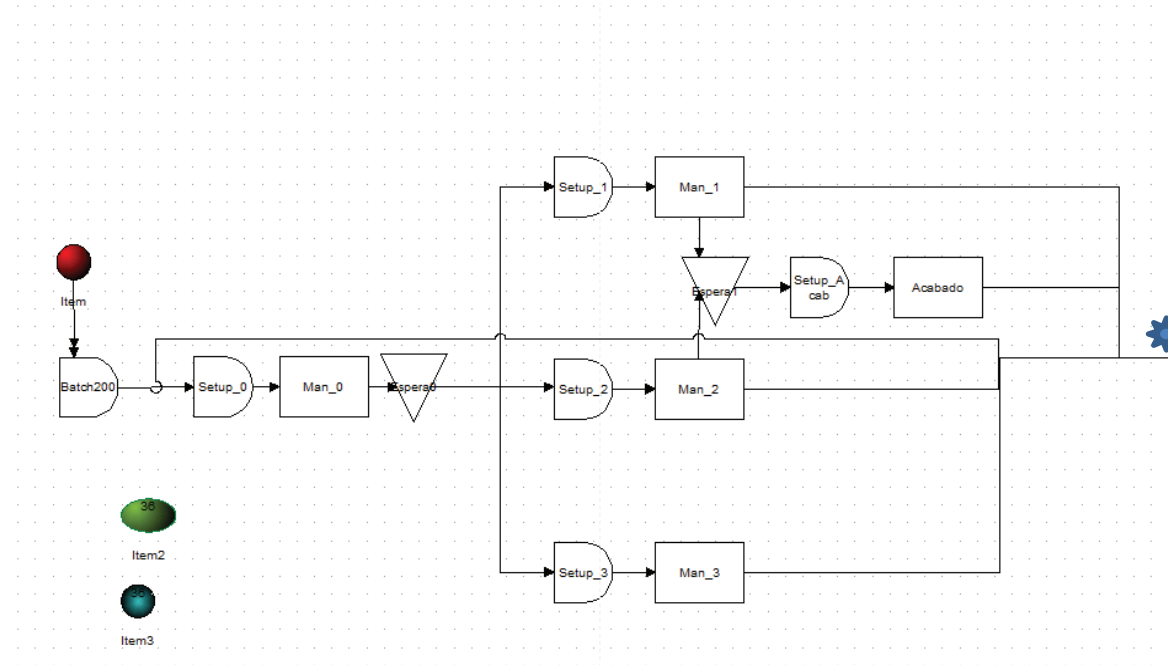
cantidad_lote=2538 ST=19 tiempo_setup=360	7 tue	8:43 a.m.	2538
cantidad_lote=2539 ST=20 tiempo_setup=120	7 wed	8:59 a.m.	2539
cantidad_lote=1496 ST=1 tiempo_setup=360	7 wed	13:15 p.m.	1496
cantidad_lote=3266 ST=2 tiempo_setup=120	7 thu	13:31 p.m.	3266
cantidad_lote=1616 ST=3 tiempo_setup=360	7 fri	12:12 p.m.	1616
cantidad_lote=1658 ST=4 tiempo_setup=120	8 mon	12:19 p.m.	1658
cantidad_lote=2505 ST=5 tiempo_setup=120	8 tue	8:44 a.m.	2,505
cantidad_lote=3160 ST=6 tiempo_setup=360	8 tue	14:13 p.m.	3160
cantidad_lote=3577 ST=7 tiempo_setup=120	8 thu	9:12 a.m.	3577
cantidad_lote=1509 ST=8 tiempo_setup=360	8 fri	8:47 a.m.	1509
cantidad_lote=3438 ST=9 tiempo_setup=120	9 mon	9:40 a.m.	3,438
cantidad_lote=4420 ST=10 tiempo_setup=120	9 tue	9:24 a.m.	4,420
cantidad_lote=856 ST=11 tiempo_setup=360	9 tue	14:26 p.m.	856
cantidad_lote=1094 ST=12 tiempo_setup=120	9 wed	14:23 p.m.	1094
cantidad_lote=1126 ST=13 tiempo_setup=360	9 thu	10:30 a.m.	1126
cantidad_lote=906 ST=14 tiempo_setup=120	9 fri	10:28 a.m.	906
cantidad_lote=863 ST=15 tiempo_setup=120	9 fri	14:26 p.m.	863
cantidad_lote=1189 ST=16 tiempo_setup=360	10 mon	10:24 a.m.	1189
cantidad_lote=785 ST=17 tiempo_setup=120	10 tue	10:40 a.m.	785
cantidad_lote=879 ST=18 tiempo_setup=120	10 tue	14:56 p.m.	879
cantidad_lote=924 ST=19 tiempo_setup=360	10 wed	11:21 a.m.	924
cantidad_lote=905 ST=20 tiempo_setup=120	10 thu	11:37 a.m.	905
cantidad_lote=1476 ST=1 tiempo_setup=360	10 thu	15:53 p.m.	1476
cantidad_lote=3402 ST=2 tiempo_setup=120	11 mon	8:9 a.m.	3402
cantidad_lote=1691 ST=3 tiempo_setup=360	11 mon	14:50 p.m.	1691
cantidad_lote=1735 ST=4 tiempo_setup=120	11 tue	14:57 p.m.	1735
cantidad_lote=2524 ST=5 tiempo_setup=120	11 wed	11:22 a.m.	2,524
cantidad_lote=3253 ST=6 tiempo_setup=360	11 thu	8:51 a.m.	3253
cantidad_lote=3559 ST=7 tiempo_setup=120	11 fri	11:50 a.m.	3559
cantidad_lote=2078 ST=8 tiempo_setup=360	12 mon	11:25 a.m.	2078
cantidad_lote=3470 ST=9 tiempo_setup=120	12 tue	12:18 p.m.	3,470
cantidad_lote=1133 ST=10 tiempo_setup=120	12 wed	12:2 p.m.	1,133
cantidad_lote=2068 ST=11 tiempo_setup=360	12 thu	9:3 a.m.	2068
cantidad_lote=1119 ST=12 tiempo_setup=120	12 fri	9:1 a.m.	1119
cantidad_lote=1034 ST=13 tiempo_setup=360	12 fri	13:8 p.m.	1034
cantidad_lote=827 ST=14 tiempo_setup=120	13 mon	13:6 p.m.	827
cantidad_lote=961 ST=15 tiempo_setup=120	13 tue	9:4 a.m.	961

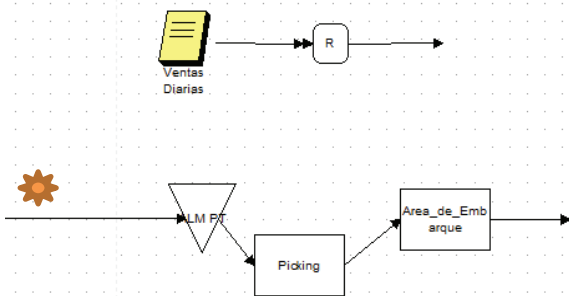
Estos son los datos con que se programan las órdenes de producción.

APÉNDICE B - CODIFICACIONES DE PROCESSMODEL

CODIFICACIÓN PROCESO 1

Diagrama de distribución de elementos. Presenta los elementos del modelo: Entidades fijas y rutas por las cuales circulan las entidades temporales. No es un diagrama de flujo ya que no presenta la lógica de la programación.





A continuación se presentan los parámetros y lógica de programación para cada uno de los elementos del diagrama (generalmente de izquierda a derecha) se presenta el nombre del elemento, abajo la característica del tipo de elemento, abajo los parámetros y abajo la lógica de programación que se ejecuta cuando los elementos temporales llegan al elemento en cuestión.

ARRIVAL	BATCH200	ROUTE	SETUP_0	ROUTE	MAN_0
SCHEDULED	ACTIVITY	CONDITIONAL	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY
PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS
	CAP: 1 TIME: 0 IN Q: 999999 OUT Q: 999999 BATCH OUT: cantidadbatch ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 0.5 VA: NVA	MOVE TIME: 0 CONDITION: cargadeinventarios=ok COST: 0	CAP: 1 TIME: SETUP0 IN Q: 0 OUT Q: 0 BATCH: ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAP: 1 TIME: 0.06*CANTIDADBATCH IN Q: 0 OUT Q: 0 BATCH: ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 1 VA: NVA
ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC
FAMILIA=1 ST=1 TIEMPOMAN=0 RUTAMAN=1 RUTAACAB=0	if FAMILIA=2 then newname(Item2) if FAMILIA=3 then newname(Item3) if FAMILIA=4 then newname(Item4) if FAMILIA=5 then newname(Item5) if FAMILIA=6 then newname(Item6)	WAIT UNTIL STATUSMAN0=3 PROXIMOFAMILIA0=FAMILIA PROXIMOST0=ST IF PROXIMOFAMILIA0<> ANTERIORFAMILIA0 THEN SETUP0=360	STATUSMAN0=1 ANTERIORFAMILIA0=FAMILIA ANTERIORST0=ST		STATUSMAN0=2

Sistema combinado de manufactura PUSH-PULL para producción intermitente.

TIEMPOACAB=0	if FAMILIA=7 then newname(Item7)	IF PROXIMOFAMILIA0= ANTERIORFAMILIA0 THEN SETUP0=120			
CANTI- DADBATCH=2755	if FAMILIA=8 then newname(Item8)	IF PROXI- MOST0=ANTERIORST0 THEN SETUP0=0			

ROUTE	ESPERA_0	ROUTE	SETUP_1	ROUTE	MAN_1
PERCENTAGE	STORAGE	CONDITIONAL	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY
PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS
MOVE TIME: 12	CAP: 999	MOVE TIME: 0.1	CAP: 1	MOVE TIME: 0	CAP: 1
PERCENT: 100 COST: 0.5	Q ORDER: NONE	CONDITION: rutaman=1 COST: 0.5	TIME: SETUP1 IN Q: 0 OUT Q: 0 BATCH: ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 1 VA: NVA	PERCENT: 100 COST: 0	TIME: tiempoman*cantidadbatch IN Q: 999 OUT Q: 0 BATCH: ACTIVITY COST:1 HOURLY COST: 1 VA: VA
ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC
STATUSMAN0=3		WAIT UNTIL STATUSMAN1=3 PROXIMOFAMILIA1=FAMILIA PROXIMOST1=ST IF PROXI- MOST1=ANTERIORST1 THEN SETUP1=0 ELSE BEGIN IF PROXIMOFAMILIA1= ANTERIORFAMILIA1 THEN SETUP1=120 ELSE SET- UP1=360 END	STATUSMAN1=1 ANTERIORFAMILIA1=FAMILIA ANTERIORST1=ST	STATUSMAN0=3	STATUSMAN1=2

ROUTE1	ROUTE2	ESPERA_1	ROUTE	SETUP_ACAB	ROUTE
CONDITIONAL	CONDITIONAL	STORAGE	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE
PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS
MOVE TIME: 12	MOVE TIME: 0.1	CAP: 999	MOVE TIME: 0.1	CAP: 1	MOVE TIME: 0
CONDITION: ru- taacab=0 COST: 0.5	CONDITION: ru- taacab=1 COST: 0.5	Q ORDER: NONE	PERCENT: 100 COST: 0.5	TIME: SETUPACAB IN Q: 999 OUT Q: 0	PERCENT: 100 COST: 0

				BATCH: ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 1 VA: NVA	
ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC
STATUSMAN1=3	STATUSMAN1=3		WAIT UNTIL STATUSACAB=3 PROXFAMILIAACAB=FAMILIA PROXSTACAB=ST IF PROX- STACAB=ANTSTACAB THEN SETUPACAB=0 ELSE BEGIN IF PROXFAMILIAACAB= ANTFAMILIAACAB THEN SETUPACAB=120 ELSE SETUPACAB=360 END	STATUSACAB=1 ANTFAMILIAACAB=FAMILIA ANTSTACAB=ST	

ACABADO	ROUTE	UNBATCH_STORAGE	ROUTE	STORAGE	ROUTE
ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	STORAGE	PERCENTAGE
PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS
CAP: 1 TIME: tiempoa- cab*cantidadbatch IN Q: 999 OUT Q: 0 BATCH: ACTIVITY COST:1 HOURLY COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME: 12 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAP: 1 TIME: 0 IN Q: 999 OUT Q: 1 BATCH: UNBATCH AFTER ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAP: 999999 Q ORDER: NONE	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0
ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC
STATUSACAB=2	STATUSA- CAB=3		STATUSA- CAB=3	if ST=1 then begin inc inventario1 wait until prodreq1=1	IF ST=1 THEN BEGIN PT=PTrequerido1 rutacond=rutarequerida1

					inc contador1	tiempocond=tiempoproceso1
					if conta- dor1=cantidadrequerida1 then prodreq1=0	presentacion=presentacion1
					end	cantidadlote=cantidadrequerida1
						dec inventario1
					if ST=2 then	END
					begin	
					inc inventario2	IF ST=2 THEN
					wait until prodreq2=2	BEGIN
					inc contador2	PT=PTrequerido2
					if conta- dor2=cantidadrequerida2 then prodreq2=0	rutacond=rutarequerida2
					end	tiempocond=tiempoproceso2
						presentacion=presentacion2
					if ST=3 then	cantidadlote=cantidadrequerida2
					begin	dec inventario2
					inc inventario3	END
					wait until prodreq3=3	
					inc contador3	IF ST=3 THEN
					if conta- dor3=cantidadrequerida3 then prodreq3=0	BEGIN
					end	PT=PTrequerido3
					if ST=4 then	rutacond=rutarequerida3
					begin	tiempocond=tiempoproceso3
					inc inventario4	presentacion=presentacion3
						cantidadlote=cantidadrequerida3
					wait until prodreq4=4	dec inventario3

inc contador4	END
if contador4=cantidadrequerida4 then prodreq4=0	
end	IF ST=4 THEN
	BEGIN
if ST=5 then	PT=PTrequerido4
begin	rutaacond=rutarequerida4
inc inventario5	tiempocond=tiempoproceso4
wait until prodreq5=5	presentacion=presentacion4
inc contador5	cantidadlote=cantidadrequerida4
if contador5=cantidadrequerida5 then prodreq5=0	dec inventario4
end	END
	IF ST=5 THEN
	BEGIN
if ST=6 then	PT=PTrequerido5
begin	rutaacond=rutarequerida5
inc inventario6	tiempocond=tiempoproceso5
wait until prodreq6=6	
inc contador6	presentacion=presentacion5
if contador6=cantidadrequerida6 then prodreq6=0	cantidadlote=cantidadrequerida5
end	dec inventario5
	END
if ST=7 then	IF ST=6 THEN
begin	BEGIN
inc inventario7	PT=PTrequerido6
wait until prodreq7=7	rutaacond=rutarequerida6
inc contador7	tiempocond=tiempoproceso6

```

if contador7=cantidadrequerida7 then
  prodreq7=0
end

```

```

presentacion=presentacion6
cantidadlote=cantidadrequerida6

```

```
dec inventario6
```

```
END
```

```
if ST=8 then
```

```
begin
```

```
inc inventario8
```

```
IF ST=7 THEN
```

```
BEGIN
```

```
wait until prodreq8=8
```

```
PT=PTrequerido7
```

```
inc contador8
```

```
rutacond=rutarequerida7
```

```

if contador8=cantidadrequerida8 then
  prodreq8=0
end

```

```
tiempocond=tiempoproceso7
```

```
presentacion=presentacion7
```

```
cantidadlote=cantidadrequerida7
```

```
dec inventario7
```

```
END
```

```
if ST=9 then
```

```
begin
```

```
inc inventario9
```

```
wait until prodreq9=9
```

```
inc contador9
```

```
IF ST=8 THEN
```

```
BEGIN
```

```
PT=PTrequerido8
```

```

if contador9=cantidadrequerida9 then
  prodreq9=0
end

```

```
rutacond=rutarequerida8
```

```
end
```

```
tiempocond=tiempoproceso8
```

```
presentacion=presentacion8
```

```
cantidadlote=cantidadrequerida8
```

```
dec inventario8
```

```
END
```

```
if ST=10 then
```

```
begin
```

```
inc inventario10
```

```
wait until prodreq10=10
```

```
IF ST=9 THEN
```

```
inc contador10
```

```
BEGIN
```

```

if contador10=cantidadrequerida10 then
  prodreq10=0
end

```

```
PT=PTrequerido9
```

end	rutaacond=rutarequerida9
	tiempoacond=tiempoproceso9
if ST=11 then	presentacion=presentacion9
begin	cantidadlote=cantidadrequerida9
inc inventario11	dec inventario9
wait until prodreq11=11	END
inc contador11	
if contador11=cantidadrequerida11 then prodreq11=0	IF ST=10 THEN
end	BEGIN
	PT=PTrequerido10
if ST=12 then	rutaacond=rutarequerida10
begin	tiempoacond=tiempoproceso10
inc inventario12	presentacion=presentacion10
wait until prodreq12=12	cantidad- lote=cantidadrequerida10
inc contador12	dec inventario10
if contador12=cantidadrequerida12 then prodreq12=0	END
end	IF ST=11 THEN
if ST=13 then	BEGIN
begin	PT=PTrequerido11
inc inventario13	rutaacond=rutarequerida11
wait until prodreq13=13	tiempoacond=tiempoproceso11
inc contador13	presentacion=presentacion11
if contador13=cantidadrequerida13 then prodreq13=0	cantidad- lote=cantidadrequerida11

end	dec inventario11
	END
if ST=14 then	IF ST=12 THEN
begin	BEGIN
inc inventario14	PT=PTrequerido12
wait until prodreq14=14	rutaacond=rutarequerida12
inc contador14	tiempoacond=tiempoproceso12
if conta- dor14=cantidadrequerida14 then prodreq14=0	presentacion=presentacion12 cantidad- lote=cantidadrequerida12
end	
if ST=15 then	dec inventario12
	END
begin	IF ST=13 THEN
inc inventario15	BEGIN
wait until prodreq15=15	PT=PTrequerido13
inc contador15	rutaacond=rutarequerida13
if conta- dor15=cantidadrequerida15 then prodreq15=0	tiempoacond=tiempoproceso13
end	presentacion=presentacion13 cantidad- lote=cantidadrequerida13
	dec inventario13
if ST=16 then	
begin	END
inc inventario16	
wait until prodreq16=16	
inc contador16	
if conta- dor16=cantidadrequerida16 then prodreq16=0	IF ST=14 THEN
end	BEGIN
	PT=PTrequerido14

if ST=17 then	rutaacond=rutarequerida14 tiempocond=tiempoproceso14
begin	presentacion=presentacion14 cantidad-
inc inventario17	lote=cantidadrequerida14
wait until prodreq17=17	dec inventario14
inc contador17	END
if contador17=cantidadrequerida17 then prodreq17=0	
end	IF ST=15 THEN
if ST=18 then	BEGIN
begin	PT=PTrequerido15
inc inventario18	rutaacond=rutarequerida15
wait until prodreq18=18	tiempocond=tiempoproceso15
inc contador18	presentacion=presentacion15
if contador18=cantidadrequerida18 then prodreq18=0	cantidad-
end	lote=cantidadrequerida15
if ST=19 then	dec inventario15
begin	END
inc inventario19	IF ST=16 THEN
wait until prodreq19=19	BEGIN
inc contador19	PT=PTrequerido16
if contador19=cantidadrequerida19 then prodreq19=0	rutaacond=rutarequerida16
end	tiempocond=tiempoproceso16
if ST=20 then	presentacion=presentacion16
begin	cantidad-
inc inventario20	lote=cantidadrequerida16
wait until prodreq20=20	dec inventario16
inc contador20	END
if contador20=cantidadrequerida20 then prodreq20=0	IF ST=17 THEN
end	BEGIN
if ST=17 then	PT=PTrequerido17
begin	rutaacond=rutarequerida17
inc inventario17	tiempocond=tiempoproceso17
wait until prodreq17=17	presentacion=presentacion17
inc contador17	cantidad-
if contador17=cantidadrequerida17 then prodreq17=0	lote=cantidadrequerida17
end	dec inventario17

	<p>END</p> <p>IF ST=18 THEN</p> <p>BEGIN</p> <p>PT=PTrequerido18</p> <p>rutaacond=rutarequerida18</p> <p>tiempoacond=tiempoproceso18</p> <p>presentacion=presentacion18</p> <p>cantidad-</p> <p>lote=cantidadrequerida18</p> <p>dec inventario18</p> <p>END</p> <p>IF ST=19 THEN</p> <p>BEGIN</p> <p>PT=PTrequerido19</p> <p>rutaacond=rutarequerida19</p> <p>tiempoacond=tiempoproceso19</p> <p>presentacion=presentacion19</p> <p>cantidad-</p> <p>lote=cantidadrequerida19</p> <p>dec inventario19</p> <p>END</p> <p>IF ST=20 THEN</p> <p>BEGIN</p> <p>PT=PTrequerido20</p> <p>rutaacond=rutarequerida20</p> <p>tiempoacond=tiempoproceso20</p> <p>presentacion=presentacion20</p> <p>cantidad-</p> <p>lote=cantidadrequerida20</p> <p>dec inventario20</p> <p>END</p>
--	---

JUNTAR_LOTE	ROUTE	HACER_LOTE	ROUTE	DECISION	ROUTE
ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	CONDITIONAL
PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS
CAP: 999999	MOVE TIME: 0	CAP: 1	MOVE TIME: 0	CAP: 999999	MOVE TIME: 0
TIME: 0	PERCENT: 100	TIME: 0	PERCENT: 100	TIME: 0	CONDITION: rutaacond=1
IN Q: 99999	COST: 0	IN Q: 99999	COST: 0	IN Q: 99999	COST: 0.5
OUT Q: 0		OUT Q: 99999		OUT Q: 99999	
BATCH: NONE		BATCH AFTER: cantidad-		BATCH AFTER: NONE	
ACTIVITY COST:1		lote		ACTIVITY COST:0	
HOURLY COST: 1		ACTIVITY COST:0		HOURLY COST: 0	
VA: NVA		HOURLY COST: 0		VA: NVA	
ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC
IF ST=1 THEN	if st=1 then cont_lote1=0			if ST=1 then stator-	WAIT UNTIL STATUSA1=3
BEGIN	if st=2 then cont_lote2=0			den1=terminada	
				if ST=2 then stator-	PROXIMOPTA1=Presentacion
				den2=terminada	

```

INC CONT_LOTE1

  WAIT UNTIL
  CONT_LOTE1=cantidadrequerida
  1

  END

IF ST=2 THEN

  BEGIN

  INC CONT_LOTE2

  WAIT UNTIL
  CONT_LOTE2=cantidadrequerida
  2

  END

  IF ST=3 THEN

  BEGIN

  INC CONT_LOTE3

  WAIT UNTIL
  CONT_LOTE3=cantidadrequerida
  3

  END

  IF ST=4 THEN

  BEGIN

  INC CONT_LOTE4

  WAIT UNTIL
  CONT_LOTE4=cantidadrequerida
  4

  END

```

```

if st=3 then cont_lote3=0

if st=4 then cont_lote4=0

if st=5 then cont_lote5=0

if st=6 then cont_lote6=0

if st=7 then cont_lote7=0

if st=8 then cont_lote8=0

if st=9 then cont_lote9=0

if st=10 then
cont_lote10=0
if st=11 then
cont_lote11=0
if st=12 then
cont_lote12=0
if st=13 then
cont_lote13=0

if st=14 then
cont_lote14=0

if st=15 then
cont_lote15=0

if st=16 then
cont_lote16=0
if st=17 then
cont_lote17=0
if st=18 then
cont_lote18=0

if st=19 then
cont_lote19=0

if st=20 then
cont_lote20=0

```

```

if ST=3 then stator-
den3=terminada

if ST=4 then stator-
den4=terminada

if ST=5 then stator-
den5=terminada

if ST=6 then

begin

statorden6=terminada

end

if ST=7 then

begin

statorden7=terminada

end

if ST=8 then

begin

statorden8=terminada

end

if ST=9 then

begin

```

```

IF PROXIMOP-
TA1=ANTERIORPTA1 THEN
SETUPA1=30 ELSE SETU-
PA1=60

```


IF ST=5 THEN BEGIN INC CONT_LOTE5 WAIT UNTIL CONT_LOTE5=cantidadrequerida 5 END				statorden9=terminada end if ST=10 then begin stator- den10=terminada end (lo mismo para los números del 11 al 20)
IF ST=6 THEN BEGIN INC CONT_LOTE6 WAIT UNTIL CONT_LOTE6=cantidadrequerida 6 END (lo mismo para los números del 7 al 20)				

SETUP_A1	ROUTE	ACON1	ROUTE	ALM_PT	ROUTE
ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE
PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS	PARÁMETROS
CAP: 1 TIME: SETUPA1 IN Q: 0 OUT Q: 0 BATCH AFTER: NONE ACTIVITY COST:0 HOURLY COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0	CAP: 1 TIME: tiempoa- cond*cantidadlote/presentacion IN Q: 0 OUT Q: 0 BATCH AFTER: NONE ACTIVITY COST:1 HOURLY COST: 1 VA: VA	MOVE TIME: 5 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAP: 1 TIME: 0 IN Q: 999999 OUT Q: 0 BATCH AFTER: NONE ACTIVITY COST:1 HOURLY COST: 0.2 VA: VA	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0
ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC	ACTION LOGIC
STATUSA1=1 ANTERIORPTA1=presentacion		STATUSA1=2	STATUSA1=3		

ALM_PT
ACTIVITY
PARÁMETROS
CAP: 999999

ROUTE
PERCENTAGE
PARÁMETROS
MOVE TIME: 0.1

AREA_DE_EMBARQUE
ACTIVITY
PARÁMETROS
CAP: 1

ROUTE
PERCENTAGE
PARÁMETROS
MOVE TIME: 1

TIME: 5
IN Q: 0
OUT Q: 1
BATCH AFTER: NONE
ACTIVITY COST:1
HOURLY COST: 0.2
VA: VA

ACTION LOGIC

if PT=1 then

begin

inc inventarioPT1

WAIT UNTIL cantidadventas1>0

inc contadorPT1

DEC contVENTAS1

dec inventarioPT1

IF INVENTARIOPT1<=0 AND CONTADORPT1<CANTIDADVENTAS1+CONTVENTAS1 THEN
INC CONTADOR_SO_PT1

if contadorPT1=cantidadventas1+contVENTAS1 then
cantidadventas1=0

if cantidadventas1=0 then contadorPT1=0

end

if PT=2 then

begin

inc inventarioPT2

WAIT UNTIL cantidadventas2>0

inc contadorPT2

DEC contVENTAS2

dec inventarioPT2

PERCENT: 100
COST: 0.5

ACTION LOGIC

TIME: 0.005
IN Q: 999999
OUT Q: 0
BATCH AFTER: NONE
ACTIVITY COST:1
HOURLY COST: 1
VA: VA

ACTION LOGIC

PERCENT: 100
COST: 0.5

ACTION LOGIC

```
IF INVENTARIOPT2<=0 AND CONTADORPT2<CANTIDADVENTAS2+CONTVENTAS2 THEN  
  INC CONTADOR_SO_PT2
```

```
if contadorPT2=cantidadventas2+contVENTAS2 then  
  cantidadventas2=0
```

```
if cantidadventas2=0 then contadorPT2=0
```

```
  end
```

```
  if PT=3 then
```

```
    begin
```

```
    inc inventarioPT3
```

```
    WAIT UNTIL cantidadventas3>0
```

```
    inc contadorPT3
```

```
    DEC contVENTAS3
```

```
    dec inventarioPT3
```

```
IF INVENTARIOPT3<=0 AND CONTADORPT3<CANTIDADVENTAS3+CONTVENTAS3 THEN  
  INC CONTADOR_SO_PT3
```

```
if contadorPT3=cantidadventas3+contVENTAS3 then  
  cantidadventas3=0
```

```
if cantidadventas3=0 then contadorPT3=0
```

```
  end
```

```
  if PT=4 then
```

```
    begin
```

```
    inc inventarioPT4
```

```
    WAIT UNTIL cantidadventas4>0
```

```
    inc contadorPT4
```

```
    DEC contVENTAS4
```

```
    dec inventarioPT4
```

```
IF INVENTARIOPT4<=0 AND CONTADORPT4<CANTIDADVENTAS4+CONTVENTAS4 THEN  
  INC CONTADOR_SO_PT4
```

```
if contadorPT4=cantidadventas4+contVENTAS4 then  
  cantidadventas4=0
```

```

if cantidadventas4=0 then contadorPT4=0
end
if PT=5 then

begin

inc inventarioPT5

WAIT UNTIL cantidadventas5>0
inc contadorPT5
DEC contVENTAS5
dec inventarioPT5

IF INVENTARIOPT5<=0 AND CONTADORPT5<CANTIDADVENTAS5+CONTVENTAS5 THEN
INC CONTADOR_SO_PT5

if contadorPT5=cantidadventas5+contVENTAS5 then
cantidadventas5=0

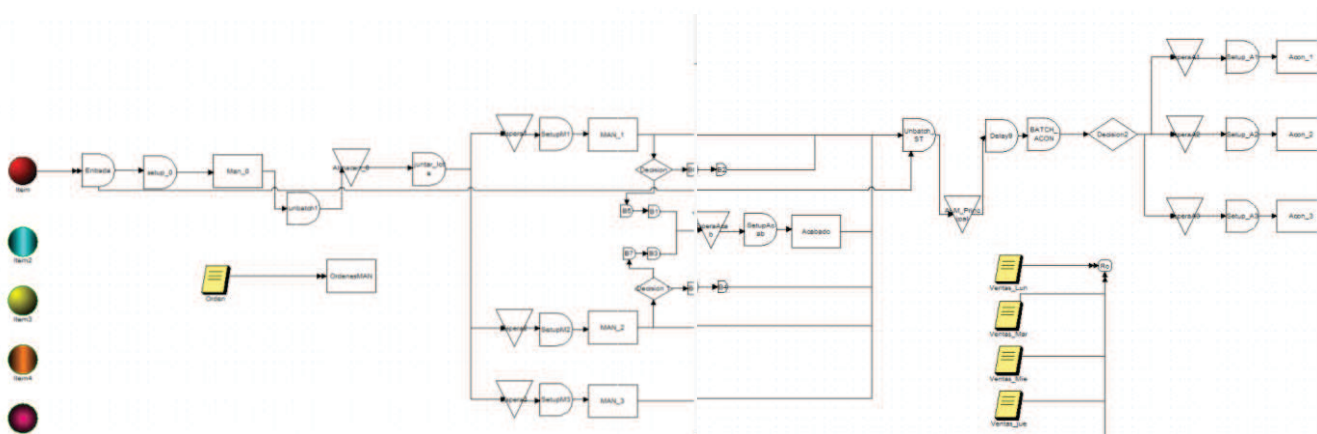
if cantidadventas5=0 then contadorPT5=0
End

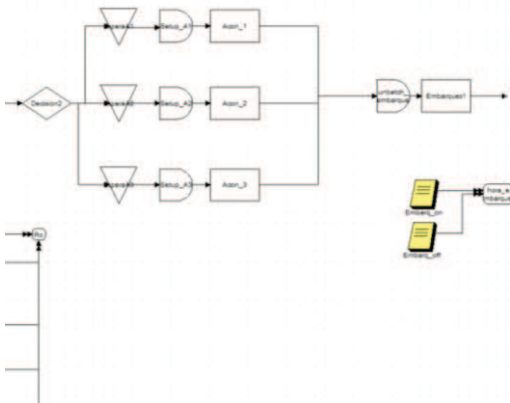
(Se repite para los números del 6 al 75)

```

CODIFICACIÓN PROCESO PROPUESTO

Diagrama de distribución de elementos. Presenta los elementos del modelo: Entidades fijas y rutas por las cuales circulan las entidades temporales. No es un diagrama de flujo ya que no presenta la lógica de la programación.





A continuación se presentan los parámetros y lógica de programación para cada uno de los elementos del diagrama (generalmente de izquierda a derecha) se presenta el nombre del elemento, abajo la característica del tipo de elemento, abajo los parámetros y abajo la lógica de programación que se ejecuta cuando los elementos temporales llegan al elemento en cuestión.

RUTA	ENTRADA	RUTA	SETUP_0	RUTA	MAN_0
ARRIVAL	ACTIVITY	CONDITIONAL	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
TYPE: SCHEDULED	CAPACITY: 1 TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.:999999 BATCH AFTER: cantidad_lote COST: 0 H COST: 0 VA: VA TIME	MOVE TIME: 1 CONDITION: construccion_de_inventarios<>si COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: TIEMPO_SETUP I.Q.: 999999 O.Q.:999999 BATCH AFTER: cantidad_lote COST: 1 H COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME:1 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAPACITY: 1 TIME: 0.06*cantidad_lote I.Q.: 999999 O.Q.:0 BATCH AFTER: COST: 1 H COST: 1 VA: VA
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
cantidad_lote=4831 ST=6 tiempo_setup=360	IF ST=3 OR ST=4 OR ST=5 THEN NEWNAME(ITEM2) IF ST=6 OR ST=7 THEN NEWNAME(ITEM3) IF ST=8 OR ST=9 OR ST=10 THEN NEWNAME(ITEM4) IF ST=11 OR ST=12 THEN NEWNAME(ITEM5) IF ST=13 OR ST=14 OR ST=15 THEN NEWNAME(ITEM6) IF ST=16 OR ST=17 OR ST=18 THEN NEWNAME(ITEM7) IF ST=19 OR ST=20 THEN NEWNAME(ITEM8)				

RUTA	UNBATCH1	RUTA	ALMACEN_0	RUTA	JUNTA LOTE
PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	STORAGE	PERCENTAGE	ACTIVITY

PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
MOVE TIME:1 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAPACITY: 1 TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.:0 BATCH BEFORE: UNBATCH COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME:0 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAPACITY: 999999 Q ORDER: NONE	MOVE TIME:0 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAPACITY: 999999 TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.:999999 BATCH AFTER: cantidad_lote COST: 0 H COST: 0 VA: NVA
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
			if ST=N then begin inc inventarioN wait until requerimientos_N=si inc contadorN if conta- dorN=cantidad_requeridaN then requerimientos_N=no End Para N: 1-20	IF ST=N THEN BEGIN ruta_MAN=transf_rutaN tiempo_MAN=transf_tiempoN tiempo_setup=transf_setupN cantidad_lote=cantidad_requeridaN dec inventarioN END Para N: 1-20	IF ST=N THEN BEGIN INC CONT_LOTEN WAIT UNTIL CONT_LOTEN=cantidad_lote END Para N: 1-20

RUTA	ESPERA1	RUTA	SETUPM1	RUTA	MAN_1
CONDITIONAL	STORAGE	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
MOVE TIME: 1 CONDITION: ruta_man=1 COST: 0.5	CAPACITY: 999999 Q ORDER: NONE	MOVE TIME:0 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: TIEMPO_SETUP I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH AFTER: COST: 1 H COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME:1 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: tiem- po_man*cantidad_lote I.Q.: 0 O.Q.:0 BATCH AFTER: COST: 1 H COST: 1 VA: VA
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
if st=N then cont_loteN=0 contadorN=0 N=1-20	wait until li- nea_man1=desocupada		linea_man1=ocupada IF ST=1 THEN TIEM- PO_MAN=0.36 IF ST=2 THEN TIEM- PO_MAN=0.37 IF ST=3 THEN TIEM- PO_MAN=0.67 IF ST=4 THEN TIEM- PO_MAN=0.46 IF ST=5 THEN TIEM- PO_MAN=0.44		

			IF ST=6 THEN TIEM- PO_MAN=0.33		
			IF ST=7 THEN TIEM- PO_MAN=0.37		
			IF ST=8 THEN TIEM- PO_MAN=0.32		
			IF ST=9 THEN TIEM- PO_MAN=0.39		
			IF ST=10 THEN TIEM- PO_MAN=0.28		
			IF ST=11 THEN TIEM- PO_MAN=0.25		
			IF ST=12 THEN TIEM- PO_MAN=0.26		
			IF ST=13 THEN TIEM- PO_MAN=0.23		
			IF ST=14 THEN TIEM- PO_MAN=0.29		
			IF ST=15 THEN TIEM- PO_MAN=0.26		
			IF ST=16 THEN TIEM- PO_MAN=0.36		
			IF ST=17 THEN TIEM- PO_MAN=0.3		
			IF ST=18 THEN TIEM- PO_MAN=0.19		
			IF ST=19 THEN TIEM- PO_MAN=0.27		
			IF ST=20 THEN TIEM- PO_MAN=0.22		

RUTA	RUTA	DECISION	RUTA	B6
CONDITIONAL	CONDITIONAL	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
MOVE TIME: 1 CONDITION: st=1 or st=3 or st=4 COST: 0.5	MOVE TIME: 1 CONDITION: st=2 or st=5 COST: 0.5	CAPACITY: 1 TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.:0 BATCH BEFORE: UNBATCH COST: 0 H COST: 0 VA: VA	MOVE TIME: 0 PERCENT: 50 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: 0.001 I.Q.: 999999 O.Q.:999999 BATCH BEFORE: COST: 0 H COST: 0 VA: NVA
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
linea_man1=desocupada	linea_man1=desocupada		inc contador_a2	

PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.: 999999 BATCH AFTER: contador_a2 COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME: 10 PERCENT: 100 COST: 0.5	MOVE TIME: 0 PERCENT: 50 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: 0.001 I.Q.: 999999 O.Q.: 999999 BATCH AFTER: COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
		contador_a2=0	inc contador_a1		

B1	RUTA	ESPERAACAB	RUTA	SETUPACAB	RUTA
ACTIVITY	PERCENTAGE	STORAGE	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
CAPACITY: 1 TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.: 999999 BATCH AFTER: contador_a1 COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME: 1 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 Q ORDER: NONE	MOVE TIME: 1 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: tiempo_setup I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH AFTER: COST: 1 H COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME: 1 PERCENT: 100 COST: 0
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
	contador_a1=0 tiempo_setup=360	WAIT UNTIL ESTADO_ACABADO=DESOCUPADO		IF ST=2 THEN TIEMPO_MAN=0.36 IF ST=5 THEN TIEMPO_MAN=0.4 IF ST=6 THEN TIEMPO_MAN=0.43 IF ST=7 THEN TIEMPO_MAN=0.46 IF ST=9 THEN TIEMPO_MAN=0.5 ESTADO_ACABADO=OCUPADO	

ACABADO	RUTA	UNBATCH_ST	RUTA	ALM_PRINCIPAL	RUTA
ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	STORAGE	PERCENTAGE
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
CAPACITY: 1	MOVE TIME: 10	CAPACITY: 1	MOVE TIME: 0	CAPACITY: 999999	MOVE TIME: 0

TIME: tiempo_man*cantidad_lote/2 I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH AFTER: COST: 1 H COST: 1 VA: VA	PERCENT: 100 COST: 0.5	TIME: 0 I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH BEFORE: UNBATCH COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	PERCENT: 100 COST: 0	Q ORDER: NONE	PERCENT: 100 COST: 0
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
	ESTADO_ACABADO=DESOCUPADO		if st=1 then inc inventario_ST1 if st=2 then inc inventario_ST2 if st=3 then inc inventario_ST3 if st=4 then inc inventario_ST4 if st=5 then inc inventario_ST5 if st=6 then inc inventario_ST6 if st=7 then inc inventario_ST7 if st=8 then inc inventario_ST8 if st=9 then inc inventario_ST9 if st=10 then inc inventario_ST10 if st=11 then inc inventario_ST11 if st=12 then inc inventario_ST12 if st=13 then inc inventario_ST13 if st=14 then inc inventario_ST14 if st=15 then inc inventario_ST15 if st=16 then inc inventario_ST16 if st=17 then inc inventario_ST17 if st=18 then inc inventario_ST18 if st=19 then inc inventario_ST19 if st=20 then inc inventario_ST20	if ST=1 then begin wait until contador_total_PT=1 or contador_total_PT=2 or contador_total_PT=3 if contador_total_PT=1 then begin if contador_PT1<cantidad_PT1 then begin if inventario_ST1<=0 then {faltantes_1=cantidad_PT1-contador_PT1 contador_total_PT=2 inc cuentaSO_ST1} else {P_T=1 inc contador_PT1 dec inventario_ST1} end else contador_total_PT=2 end if contador_total_PT=2 then begin if contador_PT2<cantidad_PT2 then begin if inventario_ST1<=0 then {faltantes_2=cantidad_PT2-contador_PT2 contador_total_PT=3 inc cuentaSO_ST1}	

```

else {P_T=2 inc contador_PT2 dec inventario_ST1}

end

else contador_total_PT=3

end

if contador_total_PT=3 then

begin

if contador_PT3<cantidad_PT3 then

begin

if inventario_ST1<=0 then {faltantes_3=cantidad_PT3-contador_PT3 contador_total_PT=4 inc cuentaSO_ST1}

else {P_T=3 inc contador_PT3 dec inventario_ST1 if contador_PT3=cantidad_PT3 then contador_total_PT=4}

end

else contador_total_PT=4

end

end

end

(Se repite para todos los ST y los PT que se generan a partir de ese ST)
    
```

DELAY9	RUTA	BATCH_ACON	RUTA	ESPERA	RUTA
ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	CONDITIONAL	STORAGE	PERCENTAGE
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
CAPACITY: 1 TIME: 0.1 I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH BEFORE: UNBATCH COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME: 0.1 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: 0.05 I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH BEFORE: cantidad_lote COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME: 1 CONDITION: ruta_ACON=1 COST: 0	CAPACITY: 1 Q ORDER: NONE	MOVE TIME: 0 PERCENT: 100 COST: 0
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
	if P_T=1 then cantidad_lote=cantidad_PT1-faltantes_1 if P_T=2 then cantidad_lote=cantidad_PT2-faltantes_2 if P_T=3 then cantidad_lote=cantidad_PT3-faltantes_3			WAIT UNTIL ESTADO_ACON1=DESOCUPADO	

	if P_T=4 then cantidad_lote=cantidad_PT4-faltantes_4 if P_T=5 then cantidad_lote=cantidad_PT5-faltantes_5 if P_T=6 then cantidad_lote=cantidad_PT6-faltantes_6 if P_T=7 then cantidad_lote=cantidad_PT7-faltantes_7 if P_T=8 then cantidad_lote=cantidad_PT8-faltantes_8 if P_T=9 then cantidad_lote=cantidad_PT9-faltantes_9 if P_T=10 then cantidad_lote=cantidad_PT10-faltantes_10 if P_T=11 then cantidad_lote=cantidad_PT11-faltantes_11 if P_T=12 then cantidad_lote=cantidad_PT12-faltantes_12 if P_T=13 then cantidad_lote=cantidad_PT13-faltantes_13 if P_T=14 then cantidad_lote=cantidad_PT14-faltantes_14 if P_T=15 then cantidad_lote=cantidad_PT15-faltantes_15 if P_T=16 then cantidad_lote=cantidad_PT16-faltantes_16 if P_T=17 then cantidad_lote=cantidad_PT17-faltantes_17 if P_T=18 then cantidad_lote=cantidad_PT18-faltantes_18 if P_T=19 then cantidad_lote=cantidad_PT19-faltantes_19 if P_T=20 then cantidad_lote=cantidad_PT20-faltantes_20 if P_T=21 then cantidad_lote=cantidad_PT21-faltantes_21 if P_T=22 then cantidad_lote=cantidad_PT22-faltantes_22 (hasta 75)				
--	---	--	--	--	--

SETUP_A1	RUTA	ACON_1	RUTA	UNBATCH_EMBARQUE	RUTA
ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE	ACTIVITY	PERCENTAGE
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
CAPACITY: 1 TIME: 10 I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH BEFORE: COST: 1 H COST: 1 VA: NVA	MOVE TIME: 1 PERCENT: 100 COST: 0	CAPACITY: 1 TIME: tiempo_ACON I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH BEFORE: COST: 1 H COST: 1 VA: VA	MOVE TIME: 1 PERCENT: 100 COST: 0.5	CAPACITY: 1 TIME: 1 I.Q.: 999999 O.Q.: 999999 BATCH AFTER: UNBATCH COST: 0 H COST: 0 VA: NVA	MOVE TIME: 1 PERCENT: 100 COST: 0

CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
IF P_T=1 THEN TIEM- PO_ACON=1.23152709359606			ESTADO_ACON1=DESOCUPADO		
IF P_T=2 THEN TIEM- PO_ACON=2.29885057471264					
IF P_T=3 THEN TIEM- PO_ACON=1.72413793103448					
IF P_T=4 THEN TIEM- PO_ACON=1.47783251231527					
IF P_T=5 THEN TIEM- PO_ACON=1.84729064039409					
IF P_T=6 THEN TIEM- PO_ACON=1.16234017822549					
IF P_T=7 THEN TIEM- PO_ACON=1.64203612479475					
IF P_T=8 THEN TIEM- PO_ACON=1.52129817444219					
IF P_T=9 THEN TIEM- PO_ACON=2.40577385725742					
IF P_T=10 THEN TIEM- PO_ACON=2.24887556221889					
IF P_T=11 THEN TIEM- PO_ACON=1.4367816091954					
IF P_T=12 THEN TIEM- PO_ACON=1.88087774294671					
IF P_T=13 THEN TIEM- PO_ACON=1.26156433978133					
IF P_T=14 THEN TIEM- PO_ACON=1.10051357300073					
IF P_T=15 THEN TIEM- PO_ACON=1.23152709359606					
IF P_T=16 THEN TIEM- PO_ACON=1.59151193633952					
IF P_T=17 THEN TIEM- PO_ACON=1.26156433978133					
IF P_T=18 THEN TIEM- PO_ACON=1.69587337478802					
IF P_T=19 THEN TIEM- PO_ACON=1.39794967381174					
IF P_T=20 THEN TIEM- PO_ACON=1.03448275862069					
IF P_T=21 THEN TIEM- PO_ACON=1.3094718463553					
IF P_T=22 THEN TIEM- PO_ACON=1.12443778110945					
IF P_T=23 THEN TIEM- PO_ACON=1.27713920817369					
IF P_T=24 THEN TIEM- PO_ACON=1.21703853955375					
IF P_T=25 THEN TIEM- PO_ACON=1.6629711751663					

IF P_T=26 THEN TIEM- PO_ACON=2.52525252525253						
IF P_T=27 THEN TIEM- PO_ACON=1.45067698259188						
IF P_T=28 THEN TIEM- PO_ACON=1.72413793103448						
IF P_T=29 THEN TIEM- PO_ACON=2.58620689655172						
IF P_T=30 THEN TIEM- PO_ACON=1.49925037481259						
IF P_T=31 THEN TIEM- PO_ACON=2.29885057471264						
IF P_T=32 THEN TIEM- PO_ACON=1.84729064039409						
IF P_T=33 THEN TIEM- PO_ACON=1.05559465165377						
IF P_T=34 THEN TIEM- PO_ACON=1.49925037481259						
IF P_T=35 THEN TIEM- PO_ACON=2.29885057471264						
IF P_T=36 THEN TIEM- PO_ACON=1.05559465165377						
IF P_T=37 THEN TIEM- PO_ACON=2.35109717868339						
IF P_T=38 THEN TIEM- PO_ACON=1.52129817444219						
IF P_T=39 THEN TIEM- PO_ACON=1.05559465165377						
IF P_T=40 THEN TIEM- PO_ACON=1.13679424024252						
IF P_T=41 THEN TIEM- PO_ACON=2.02839756592292						
IF P_T=42 THEN TIEM- PO_ACON=2.02839756592292						
IF P_T=43 THEN TIEM- PO_ACON=1.69587337478802						
IF P_T=44 THEN TIEM- PO_ACON=1.21703853955375						
IF P_T=45 THEN TIEM- PO_ACON=1.84729064039409						
IF P_T=46 THEN TIEM- PO_ACON=3.24675324675325						
IF P_T=47 THEN TIEM- PO_ACON=1.6629711751663						
IF P_T=48 THEN TIEM- PO_ACON=1.68350168350168						

EMBARQUES
ACTIVITY
PARAMETROS

RUTA
PERCENTAGE
PARAMETROS

CAPACITY: 999999
TIME: 1
I.Q.: 999999
O.Q.: 0
BATCH AFTER: NONE
COST: 1
H COST: 1
VA: NVA

MOVE TIME: 1
PERCENT: 100
COST: 0

CODIFICACIÓN

CODIFICACIÓN

IF P_T=1 THEN INC INVENTARIO_PT1

IF P_T=1 THEN DEC INVENTARIO_PT1

IF P_T=2 THEN INC INVENTARIO_PT2

IF P_T=2 THEN DEC INVENTARIO_PT2

IF P_T=3 THEN INC INVENTARIO_PT3

IF P_T=3 THEN DEC INVENTARIO_PT3

IF P_T=4 THEN INC INVENTARIO_PT4

IF P_T=4 THEN DEC INVENTARIO_PT4

IF P_T=5 THEN INC INVENTARIO_PT5

IF P_T=5 THEN DEC INVENTARIO_PT5

IF P_T=6 THEN INC INVENTARIO_PT6

IF P_T=6 THEN DEC INVENTARIO_PT6

IF P_T=7 THEN INC INVENTARIO_PT7

IF P_T=7 THEN DEC INVENTARIO_PT7

IF P_T=8 THEN INC INVENTARIO_PT8

IF P_T=8 THEN DEC INVENTARIO_PT8

IF P_T=9 THEN INC INVENTARIO_PT9

IF P_T=9 THEN DEC INVENTARIO_PT9

IF P_T=10 THEN INC INVENTARIO_PT10

IF P_T=10 THEN DEC INVENTARIO_PT10

IF P_T=11 THEN INC INVENTARIO_PT11

IF P_T=11 THEN DEC INVENTARIO_PT11

IF P_T=12 THEN INC INVENTARIO_PT12

IF P_T=12 THEN DEC INVENTARIO_PT12

IF P_T=13 THEN INC INVENTARIO_PT13

IF P_T=13 THEN DEC INVENTARIO_PT13

IF P_T=14 THEN INC INVENTARIO_PT14

IF P_T=14 THEN DEC INVENTARIO_PT14

IF P_T=15 THEN INC INVENTARIO_PT15

IF P_T=15 THEN DEC INVENTARIO_PT15

IF P_T=16 THEN INC INVENTARIO_PT16

IF P_T=16 THEN DEC INVENTARIO_PT16

IF P_T=17 THEN INC INVENTARIO_PT17

IF P_T=17 THEN DEC INVENTARIO_PT17

IF P_T=18 THEN INC INVENTARIO_PT18

IF P_T=18 THEN DEC INVENTARIO_PT18

IF P_T=19 THEN INC INVENTARIO_PT19

IF P_T=19 THEN DEC INVENTARIO_PT19

IF P_T=20 THEN INC INVENTARIO_PT20

IF P_T=20 THEN DEC INVENTARIO_PT20

IF P_T=21 THEN INC INVENTARIO_PT21

IF P_T=21 THEN DEC INVENTARIO_PT21

IF P_T=22 THEN INC INVENTARIO_PT22

IF P_T=23 THEN INC INVENTARIO_PT23

IF P_T=24 THEN INC INVENTARIO_PT24

IF P_T=25 THEN INC INVENTARIO_PT25

IF P_T=26 THEN INC INVENTARIO_PT26

IF P_T=27 THEN INC INVENTARIO_PT27

IF P_T=28 THEN INC INVENTARIO_PT28

IF P_T=29 THEN INC INVENTARIO_PT29

IF P_T=30 THEN INC INVENTARIO_PT30

IF P_T=31 THEN INC INVENTARIO_PT31

IF P_T=32 THEN INC INVENTARIO_PT32

IF P_T=33 THEN INC INVENTARIO_PT33

IF P_T=34 THEN INC INVENTARIO_PT34

IF P_T=35 THEN INC INVENTARIO_PT35

IF P_T=36 THEN INC INVENTARIO_PT36

IF P_T=37 THEN INC INVENTARIO_PT37

IF P_T=38 THEN INC INVENTARIO_PT38

IF P_T=39 THEN INC INVENTARIO_PT39

IF P_T=40 THEN INC INVENTARIO_PT40

IF P_T=41 THEN INC INVENTARIO_PT41

IF P_T=42 THEN INC INVENTARIO_PT42

IF P_T=43 THEN INC INVENTARIO_PT43

IF P_T=44 THEN INC INVENTARIO_PT44

IF P_T=45 THEN INC INVENTARIO_PT45

IF P_T=46 THEN INC INVENTARIO_PT46

IF P_T=22 THEN DEC INVENTARIO_PT22

IF P_T=23 THEN DEC INVENTARIO_PT23

IF P_T=24 THEN DEC INVENTARIO_PT24

IF P_T=25 THEN DEC INVENTARIO_PT25

IF P_T=26 THEN DEC INVENTARIO_PT26

IF P_T=27 THEN DEC INVENTARIO_PT27

IF P_T=28 THEN DEC INVENTARIO_PT28

IF P_T=29 THEN DEC INVENTARIO_PT29

IF P_T=30 THEN DEC INVENTARIO_PT30

IF P_T=31 THEN DEC INVENTARIO_PT31

IF P_T=32 THEN DEC INVENTARIO_PT32

IF P_T=33 THEN DEC INVENTARIO_PT33

IF P_T=34 THEN DEC INVENTARIO_PT34

IF P_T=35 THEN DEC INVENTARIO_PT35

IF P_T=36 THEN DEC INVENTARIO_PT36

IF P_T=37 THEN DEC INVENTARIO_PT37

IF P_T=38 THEN DEC INVENTARIO_PT38

IF P_T=39 THEN DEC INVENTARIO_PT39

IF P_T=40 THEN DEC INVENTARIO_PT40

IF P_T=41 THEN DEC INVENTARIO_PT41

IF P_T=42 THEN DEC INVENTARIO_PT42

IF P_T=43 THEN DEC INVENTARIO_PT43

IF P_T=44 THEN DEC INVENTARIO_PT44

IF P_T=45 THEN DEC INVENTARIO_PT45

IF P_T=46 THEN DEC INVENTARIO_PT46

IF P_T=47 THEN INC INVENTARIO_PT47

IF P_T=48 THEN INC INVENTARIO_PT48

IF P_T=49 THEN INC INVENTARIO_PT49

IF P_T=50 THEN INC INVENTARIO_PT50

IF P_T=51 THEN INC INVENTARIO_PT51

IF P_T=52 THEN INC INVENTARIO_PT52

IF P_T=53 THEN INC INVENTARIO_PT53

IF P_T=54 THEN INC INVENTARIO_PT54

IF P_T=55 THEN INC INVENTARIO_PT55

IF P_T=56 THEN INC INVENTARIO_PT56

IF P_T=57 THEN INC INVENTARIO_PT57

IF P_T=58 THEN INC INVENTARIO_PT58

IF P_T=59 THEN INC INVENTARIO_PT59

IF P_T=60 THEN INC INVENTARIO_PT60

IF P_T=61 THEN INC INVENTARIO_PT61

IF P_T=62 THEN INC INVENTARIO_PT62

IF P_T=63 THEN INC INVENTARIO_PT63

IF P_T=64 THEN INC INVENTARIO_PT64

IF P_T=65 THEN INC INVENTARIO_PT65

IF P_T=66 THEN INC INVENTARIO_PT66

IF P_T=67 THEN INC INVENTARIO_PT67

IF P_T=68 THEN INC INVENTARIO_PT68

IF P_T=69 THEN INC INVENTARIO_PT69

IF P_T=70 THEN INC INVENTARIO_PT70

IF P_T=71 THEN INC INVENTARIO_PT71

IF P_T=72 THEN INC INVENTARIO_PT72

IF P_T=47 THEN DEC INVENTARIO_PT47

IF P_T=48 THEN DEC INVENTARIO_PT48

IF P_T=49 THEN DEC INVENTARIO_PT49

IF P_T=50 THEN DEC INVENTARIO_PT50

IF P_T=51 THEN DEC INVENTARIO_PT51

IF P_T=52 THEN DEC INVENTARIO_PT52

IF P_T=53 THEN DEC INVENTARIO_PT53

IF P_T=54 THEN DEC INVENTARIO_PT54

IF P_T=55 THEN DEC INVENTARIO_PT55

IF P_T=56 THEN DEC INVENTARIO_PT56

IF P_T=57 THEN DEC INVENTARIO_PT57

IF P_T=58 THEN DEC INVENTARIO_PT58

IF P_T=59 THEN DEC INVENTARIO_PT59

IF P_T=60 THEN DEC INVENTARIO_PT60

IF P_T=61 THEN DEC INVENTARIO_PT61

IF P_T=62 THEN DEC INVENTARIO_PT62

IF P_T=63 THEN DEC INVENTARIO_PT63

IF P_T=64 THEN DEC INVENTARIO_PT64

IF P_T=65 THEN DEC INVENTARIO_PT65

IF P_T=66 THEN DEC INVENTARIO_PT66

IF P_T=67 THEN DEC INVENTARIO_PT67

IF P_T=68 THEN DEC INVENTARIO_PT68

IF P_T=69 THEN DEC INVENTARIO_PT69

IF P_T=70 THEN DEC INVENTARIO_PT70

IF P_T=71 THEN DEC INVENTARIO_PT71

IF P_T=72 THEN DEC INVENTARIO_PT72

IF P_T=73 THEN INC INVENTARIO_PT73	IF P_T=73 THEN DEC INVENTARIO_PT73
IF P_T=74 THEN INC INVENTARIO_PT74	IF P_T=74 THEN DEC INVENTARIO_PT74
IF P_T=75 THEN INC INVENTARIO_PT75	IF P_T=75 THEN DEC INVENTARIO_PT75
WAIT UNTIL EMBARQUE=SI	

RUTA	ORDENESMAN
ARRIVAL	ACTIVITY
PARAMETROS	PARAMETROS
TYPE: SCHEDULED QTY: 1	CAPACITY: 1 TIME: 1 I.Q.: 999999 O.Q.: 0 BATCH AFTER: COST: 0 H COST: 0 VA: NVA
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
requerimientos_5=si transf_ruta5=1 transf_setup5=120 cantidad_requerida5=854	

VENTAS_LUNES	VENTAS_MARTES	VENTAS_MIERCOLES	VENTAS_JUEVES	VENTAS_VIERNES
PERIODIC ARRIVAL	PERIODIC ARRIVAL	PERIODIC ARRIVAL	PERIODIC ARRIVAL	PERIODIC ARRIVAL
PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS	PARAMETROS
REPEAT EVERY: 168 HR QTY PER ARRIVAL: 1 FIRST TIME: 12 HR	REPEAT EVERY: 168 HR QTY PER ARRIVAL: 1 FIRST TIME: 36 HR	REPEAT EVERY: 168 HR QTY PER ARRIVAL: 1 FIRST TIME: 60 HR	REPEAT EVERY: 168 HR QTY PER ARRIVAL: 1 FIRST TIME: 84 HR	REPEAT EVERY: 168 HR QTY PER ARRIVAL: 1 FIRST TIME: 108 HR
CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN	CODIFICACIÓN
tiempo=clock(hr) orden_nueva=1 contador_total_PT=1 if tiempo<564 then begin canti- dad_PT1=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_1 canti- dad_PT2=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_2 canti- dad_PT3=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_3 canti- dad_PT4=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_4	tiempo=clock(hr) orden_nueva=1 contador_total_PT=1 if tiempo<564 then begin canti- dad_PT1=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_1 canti- dad_PT2=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_2 canti- dad_PT3=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_3 canti- dad_PT4=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_4	tiempo=clock(hr) orden_nueva=1 contador_total_PT=1 if tiempo<564 then begin canti- dad_PT1=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_1 canti- dad_PT2=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_2 canti- dad_PT3=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_3 canti- dad_PT4=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_4	tiempo=clock(hr) orden_nueva=1 contador_total_PT=1 if tiempo<564 then begin canti- dad_PT1=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_1 canti- dad_PT2=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_2 canti- dad_PT3=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_3 canti- dad_PT4=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_4	tiempo=clock(hr) orden_nueva=1 contador_total_PT=1 if tiempo<564 then begin canti- dad_PT1=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_1 canti- dad_PT2=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_2 canti- dad_PT3=D3(50,13,25,11,25,15) +faltantes_3 canti- dad_PT4=D3(50,14,25,12,25,16) +faltantes_4


```

canti-          canti-          canti-          canti-          canti-
dad_PT70=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT70=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT70=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT70=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT70=D3(50,15,25,13,25,1
altantes_70      altantes_70      faltantes_70    faltantes_70    faltantes_70
canti-          canti-          canti-          canti-          canti-
dad_PT71=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT71=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT71=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT71=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT71=D3(50,16,25,13,25,1
altantes_71      altantes_71      faltantes_71    faltantes_71    faltantes_71
canti-          canti-          canti-          canti-          canti-
dad_PT72=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT72=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT72=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT72=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT72=D3(50,15,25,13,25,1
altantes_72      altantes_72      faltantes_72    faltantes_72    faltantes_72
canti-          canti-          canti-          canti-          canti-
dad_PT73=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT73=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT73=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT73=D3(50,15,25,13,25,17)+f  dad_PT73=D3(50,15,25,13,25,1
altantes_73      altantes_73      faltantes_73    faltantes_73    faltantes_73
canti-          canti-          canti-          canti-          canti-
dad_PT74=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT74=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT74=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT74=D3(50,16,25,13,25,19)+f  dad_PT74=D3(50,16,25,13,25,1
altantes_74      altantes_74      faltantes_74    faltantes_74    faltantes_74
canti-          canti-          canti-          canti-          canti-
dad_PT75=D3(50,17,25,14,25,20)+f  dad_PT75=D3(50,17,25,14,25,20)+f  dad_PT75=D3(50,17,25,14,25,20)+f  dad_PT75=D3(50,17,25,14,25,20)+f  dad_PT75=D3(50,17,25,14,25,2
altantes_75      altantes_75      faltantes_75    faltantes_75    faltantes_75
END              END              END              END              END
    
```

RUTA	
ARRIVAL	
PARAMETROS	
TYPE: PERIODIC	
REPEAT EVERY: 24 HR	
QTY: 1	
FIRST TIME: 32 HR	
CODIFICACIÓN	
embarque=si	

RUTA	
ARRIVAL	
PARAMETROS	
TYPE: PERIODIC	
REPEAT EVERY: 24 HR	
QTY: 1	
FIRST TIME: 35 HR	
CODIFICACIÓN	
embarque=NO	

APÉNDICE C – TABLAS DE RESULTADOS

RESULTADOS DE LA CORRIDA DEL PROCESO 1

Tabla C-1.1 Encabezado

Header
 General Report
 Output from C:\Users\MCGG\Dropbox\tesis\modelos\TESIS MODELO
 1.mod
 Date: Dec/01/2012 Time: 04:16:27 PM
 Scenario : Normal Run
 Replication : 1 of 1
 Warmup Time : 673 hr
 Simulation Time : 2017 hr

Tabla C-1.2 Actividades (centros de trabajo, almacenes, etc)

Activity_Name	Schedu- led_Hours	Capa- city	To- tal_Entri- es	Avera- ge_Minutes_P er_Entry	Average_Contents	Maxi- mum_Con- tents	Cu- rrent_Con- tents	P_Util
Man 0	319.6	1	120	37.7	0.23	1	0	23.59
Man 1 inQ	1344	999	33	0	0	1	0	0
Man 1	319.6	1	34	227.58	0.4	1	1	40.35
Man 2 inQ	1344	999	35	0	0	1	0	0
Man 2	319.6	1	36	259.53	0.48	1	1	48.72
Man 3 inQ	1344	999	54	0	0	1	0	0
Man 3	319.6	1	55	142.64	0.4	1	0	40.91

Acon1	319.6	1	54	302.23	0.85	1	1	85.11
Acon2	319.6	1	50	332.56	0.86	1	1	86.71
Acon3	319.6	1	42	361.45	0.79	1	0	79.17
	99999							
Storage	1344	9	102712	17521.44	22317.3	35408	9212	2.23
Setup A1	607.83	1	54	34.44	0.05	1	0	5.1
Setup A2	952.93	1	50	36.6	0.03	1	0	3.2
Setup A3	783.75	1	42	37.85	0.03	1	0	3.38
Setup 3	630.6	1	54	115.55	0.16	1	0	16.49
Setup 1	703.75	1	33	65.45	0.05	1	0	5.12
Setup 2	735.75	1	35	61.71	0.04	1	0	4.89
Setup Acab inQ	1344	999	16	0	0	1	0	0
Setup Acab	319.6	1	16	120	0.1	1	0	10.01
Acabado inQ	1344	999	16	0	0	1	0	0
Acabado	319.6	1	17	204.22	0.18	1	1	18.11
Setup 0	607.7	1	121	99.72	0.33	1	1	33.09
ALM PT inQ	1344	99999	144	0	0	1	0	0
ALM PT	319.6	1	87800	0	0	1	0	0
	99999							
Picking	1344	9	140161	33697.74	58570.3	74039	71843	5.86
Picking outQ	1344	1	68318	0	0	1	0	0
Area de Embar- que inQ	1344	9	68318	1019.59	863.79	3816	2196	0.09
Area de Embar- que	319.6	1	66122	0	0.01	1	0	1.72

Tabla C-1.3 Variables

Variable_Name	To- tal_Changes	Avera- ge_Minutes_Per_Change	Mini- mum_Value	Maxi- mum_Value	Cu- rrent_Value	Avera- ge_Value
INVENTARIO1	5600	11.38	0	1505	5	594.73
INVENTARIO2	12100	5.52	8	3408	8	1868.1
INVENTARIO3	5100	14.79	6	2206	306	1066.89
inventario4	6500	11.84	5	1605	905	665.5
inventario5	11000	6.74	410	3010	3010	1824.79
inventario6	17000	4.53	8	6408	1408	2735.16
inventario7	14400	5.06	0	4810	10	2264.37
inventario8	8800	8.27	4	2404	4	1087.57
inventario9	15800	4.77	8	5408	8	3037.35
inventario10	8800	8.73	5	2605	5	1201.22
INVENTARIO11	7600	9.76	0	1605	1205	826.96
INVENTARIO12	8600	8.78	3	1803	1403	863.98
INVENTARIO13	4600	14.27	5	1405	5	633.36
INVENTARIO14	3800	17.54	3	1403	3	514.44
INVENTARIO15	4800	14.79	0	1604	4	653.8
INVENTARIO16	6600	11.41	4	1804	4	660.68
INVENTARIO17	7200	10.51	0	1804	4	722.34
INVENTARIO18	8000	9.65	0	1805	5	619.75
INVENTARIO19	6700	10.63	0	1506	906	288.14
INVENTARIO20	7200	9.91	0	1504	4	188.06
INVENTARIOPT1	1399	57.64	0	642	0	327.27
INVENTARIOPT2	1480	54.48	776	1376	1130	1032.08
INVENTARIOPT3	2463	32.74	1033	2048	1878	1424.58
inventariopt4	1543	44.79	0	466	0	202.08
inventariopt5	2238	36.03	545	1345	1018	907.93
inventariopt6	3015	26.74	671	2317	2208	1260.52

inventariopt7	1390	58.01	213	593	213	409.07
inventariopt8	1847	43.65	251	910	657	621.49
inventariopt9	2562	31.47	407	1444	1323	920.41
inventarioPT10	1543	52.26	115	529	115	315.87
inventarioPT11	2071	38.93	289	889	525	605.8
inventarioPT12	2421	33.3	781	1824	1725	1137.87
inventarioPT13	1512	53.33	81	707	81	393.98
inventarioPT14	2133	37.8	395	1138	905	765.27
inventarioPT15	2856	28.23	629	1829	1743	967.44
inventarioPT16	1318	61.18	131	513	131	306.39
inventarioPT17	1529	52.74	372	840	669	604.77
inventarioPT18	1639	49.2	280	880	815	531.95
inventarioPT19	1051	61.65	0	435	0	153.58
inventarioPT20	1154	69.87	248	656	484	490.49
inventarioPT21	2898	27.82	575	2367	2283	1261.64
inventarioPT22	1712	47.1	176	640	176	394.76
inventarioPT23	2178	37.02	296	1314	1080	787.74
inventarioPT24	3063	26.32	839	2506	2418	1525.08
inventarioPT25	1925	41.89	75	717	75	401.86
inventarioPT26	2663	30.28	385	1320	899	890.91
inventarioPT27	3069	26.27	643	2400	2208	1444.26
inventarioPT28	1985	38.44	0	694	0	302.45
inventarioPT29	2449	32.92	648	1920	1665	1274.32
inventarioPT30	3180	25.35	563	2140	2064	1229.63
inventarioPT31	1771	45.53	78	737	82	367.08
inventarioPT32	2501	32.24	674	1474	1237	1040.99
inventarioPT33	4360	18.49	348	2680	2588	1209.63
inventarioPT34	1856	43.44	156	752	156	438.23
inventarioPT35	2913	27.68	599	1836	1589	1162.35
inventarioPT36	3882	20.77	453	2047	1965	1085.29
inventarioPT37	2019	39.94	116	655	116	343.58
inventarioPT38	2569	31.38	750	1795	1571	1166.79
inventarioPT39	2580	31.25	675	2175	1560	1459.92
inventarioPT40	1995	40.42	187	855	295	516.66
inventarioPT41	2680	30.08	821	1864	1652	1311.18
inventarioPT42	2268	35.55	878	2078	1362	1504.53
inventarioPT43	2089	37.91	0	767	0	356.67
inventarioPT44	2298	35.09	670	1315	1110	987.87
inventarioPT45	2448	32.94	804	2304	1845	1538.69
inventarioPT46	1498	53.83	117	547	117	317.84
inventarioPT47	1588	50.78	452	1246	1052	888.18
inventarioPT48	2127	37.91	496	1697	1572	960.42
inventarioPT49	1404	57.43	41	619	41	312.11
inventarioPT50	2166	37.22	273	1073	770	628.05
inventarioPT51	2721	29.63	329	1660	1509	921.81
inventarioPT52	1453	55.49	115	567	148	339.12
inventarioPT53	2045	39.43	441	1272	1015	863.1
inventarioPT54	2097	38.45	553	1356	1263	901.61
inventarioPT55	1359	59.33	78	598	78	326.04
inventarioPT56	1584	50.9	494	920	728	706.03
inventarioPT57	1772	45.5	656	1588	1528	1028.7
inventarioPT58	1558	50.83	0	641	0	267.88
inventarioPT59	1445	55.8	552	1005	849	782.91
inventarioPT60	2521	31.98	861	2290	2231	1398.69
inventarioPT61	1468	54.93	261	673	429	487.85
inventarioPT62	2154	37.43	376	1009	826	696.87

inventarioPT63	2811	28.68	906	2106	2055	1231.24
inventarioPT64	1483	36.89	0	506	0	161.07
inventarioPT65	2118	38.07	539	1268	1092	890.84
inventarioPT66	1759	45.84	545	1445	929	999.52
inventarioPT67	1800	38.4	0	614	0	258.9
inventarioPT68	2178	37.02	428	1086	916	743.29
inventarioPT69	1639	49.2	666	1566	1109	1136.96
inventarioPT70	1543	46.17	0	480	0	184.77
inventarioPT71	2306	34.96	377	1185	1108	675.54
inventarioPT72	1763	45.74	521	1421	886	972.04
inventarioPT73	1433	56.27	0	479	101	227.47
inventarioPT74	2112	38.18	467	1107	992	764.53
inventarioPT75	2766	29.15	607	1886	1815	1111.46
CONTADOR SO						
PT1	1	80640	0	1	1	0
CONTADOR SO						
PT2	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT3	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT4	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT5	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT6	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT7	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT8	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT9	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT10	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT11	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT12	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT13	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT14	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT15	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT16	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT17	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT18	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT19	1	64800	0	1	1	0.19
CONTADOR SO						
PT20	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT21	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT22	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT23	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO	0	0	0	0	0	0

PT24						
CONTADOR SO						
PT25	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT26	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT27	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT28	1	76320	0	1	1	0.05
CONTADOR SO						
PT29	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT30	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT31	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT32	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT33	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT34	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT35	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT36	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT37	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT38	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT39	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT40	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT41	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT42	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT43	1	79200	0	1	1	0.01
CONTADOR SO						
PT44	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT45	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT46	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT47	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT48	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT49	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT50	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT51	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT52	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT53	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT54	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						

PT55						
CONTADOR SO						
PT56	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT57	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT58	1	79200	0	1	1	0.01
CONTADOR SO						
PT59	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT60	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT61	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT62	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT63	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT64	25	2166.8	0	25	25	8.25
CONTADOR SO						
PT65	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT66	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT67	15	4275.93	0	15	15	3.09
CONTADOR SO						
PT68	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT69	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT70	55	1295.41	0	55	55	6.53
CONTADOR SO						
PT71	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT72	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT73	12	5227.15	0	12	12	2.67
CONTADOR SO						
PT74	0	0	0	0	0	0
CONTADOR SO						
PT75	0	0	0	0	0	0

Tabla C-1.4 Entidades (productos)

ENTITY SUMMARY (Times in Scoreboard time units)

Entity Name	Qty Processed	Average Cycle Time (Minutes)	Average VA Time (Minutes)	Average Cost
Item	7778	69199.9	151.77	5.03
OrdenAcon	149	489.95	0.0	0.0
Item2	9448	71054	167.33	5.03
Item3	12058	70262.4	268.41	5.03
Item4	12714	69999.4	187.54	5.02
Item5	4464	63711.5	235.34	5.03

Item6	6687	69119.1	125.22	5.03
Item7	7784	65422	137.10	5.03
Item8	5189	64876.6	124.93	5.03
Ventas Diarias	54	982.98	1.00	0.0

RESULTADOS DE LA CORRIDA DEL PROCESO PROPUESTO

Tabla C-2.1 Encabezado

Header

General Report

Output from C:\Users\MCGG\Dropbox\tesis\modelos\TESIS MODELO PROPUES-

TO.mod

Date: Mar/07/2013 Time: 05:22:52 PM

Scenario : Normal Run

Replication : 1 of 1

Warmup Time : 24 hr

Simulation Time : 1392 hr

Tabla C-2.2 Actividades (estaciones de trabajo, almacenes etc)

Activity_Name	Schedu- led_Hour s	Ca- paci- ty	To- tal_Ent ries	Avera- ge_Minutes_Per _Entry	Avera- ge_Con- tents	Maxi- mum_Con- tents	Cu- rrent_Con- tents	P_ Uti l
Almacen 0	1368	999 999	144421	18166.32	31963.9	37228	36674	3.2
Man 0 inQ	1368	999	49	0	0	1	0	0
Man 0	327.6	1	49	140.98	0.35	1	0	35. 14
setup 0 inQ	1368	999 999	50	0	0	1	0	0
setup 0	327.6	1	50	209.01	0.53	1	1	53. 17
setup 0 outQ	1368	999	49	0	0	1	0	0
juntar lote inQ	1368	999 999	107747	22.46	29.49	1395	0	0
juntar lote	343.63	999 999	107747	2.35	12.29	4560	0	0
juntar lote outQ	1368	999 999	107747	0	0	4560	0	0
OrdenesMAN inQ	1368	999	74	30.94	0.02	1	0	0
OrdenesMAN	327.6	1	74	1	0	1	0	0.3 8
unbatch1 inQ	1368	999 999	49	0	0	1	0	0
unbatch1	327.6	1	115135	0	0	1	0	0
SetupM1 inQ	1368	999	26	0	0	1	0	0
SetupM1	327.6	1	26	212.3	0.28	1	0	28. 08
SetupM2 inQ	1368	999	13	0	0	1	0	0

SetupM2	327.6	1	13	212.3	0.14	1	0	14.04
SetupM3 inQ	1368	999	35	0	0	1	0	0
SetupM3	327.6	1	35	214.8	0.38	1	1	38.25
MAN 1	327.6	1	27	446.37	0.61	1	1	61.31
MAN 2 inQ	1368	999	13	0	0	1	0	0
MAN 2	327.6	1	14	1093.68	0.77	1	1	77.9
MAN 3 inQ	1368	999	34	0	0	1	0	0
MAN 3	327.6	1	35	291.77	0.51	1	0	51.95
Unbatch ST inQ	1368	999 999	92	0	0	1	0	0
Unbatch ST	327.6	1	107499	0	0	1	0	0
SetupAcab inQ	1368	999	18	0	0	1	0	0
SetupAcab	327.6	1	18	320	0.29	1	0	29.3
Acabado inQ	1368	999	18	53.6	0.01	1	0	0
Acabado	327.6	1	18	542.99	0.49	1	0	49.73
Decision inQ	1368	999 999	10	0	0	1	0	0
Decision	327.6	1	14571	0	0	1	0	0
B1 inQ	1368	999 99	7395	0	0	1	0	0
B1	327.6	1	7395	0	0	1	0	0
B1 outQ	1368	999 99	7395	0.38	0.03	1036	0	0
B2 inQ	1368	999 999	7176	0	0	1	0	0
B2	327.6	1	7176	0	0	1	0	0
B2 outQ	1368	999 999	7176	0.36	0.03	926	0	0
Decision 1 inQ	1368	999 999	8	0	0	1	0	0
Decision 1	327.6	999	30486	0	0	999	0	0
B4 inQ	1368	999 999	15285	0.96	0.18	2273	0	0
B4	327.6	1	8	0	0	1	0	0
B4 outQ	1368	999 999	8	0	0	1	0	0
B3 inQ	1368	999 99	15201	0.96	0.17	2287	0	0
B3	327.6	1	8	0	0	1	0	0
B3 outQ	1368	999 99	8	0	0	1	0	0
Ro inQ	1368	999	41	0	0	1	0	0
Ro	327.6	1	41	1	0	1	0	0.21
BATCH ACON	1368	999	99431	16.71	20.24	93	16	0

inQ		999						
BATCH ACON	327.6	1	3047	0.05	0	1	0	0.78
Acon 1 inQ	1368	999 999	1088	4.86	0.06	1	0	0
Acon 1	327.6	1	1088	1.53	0.08	1	0	8.52
Acon 2 inQ	1368	999	1104	6.95	0.09	1	0	0.01
Acon 2	327.6	1	1104	1.57	0.08	1	1	8.83
Acon 3 inQ	1368	999	859	7.26	0.07	1	1	0.01
Acon 3	327.6	1	859	2.01	0.08	1	0	8.79
Setup A1 inQ	1368	999	1088	0	0	1	0	0
Setup A1	327.6	1	1088	9.99	0.55	1	1	55.34
Setup A2 inQ	1368	999	1103	0	0	1	0	0
Setup A2	327.6	1	1104	9.99	0.56	1	0	56.13
Setup A3 inQ	1368	999	859	0	0	1	0	0
Setup A3	327.6	1	859	10	0.43	1	0	43.7
Embarques1 inQ	1368	999	99573	5.36	6.5	69	0	0.65
Embarques1	983.43	999 999	100793	613.17	1047.42	1605	1427	0.1
unbatch embarque inQ	1368	999 999	3050	6.38	0.23	2	0	0
unbatch embarque	327.6	1	3050	1	0.15	1	0	15.52
unbatch embarque outQ	1368	999 999	0	0	0	0	0	0
hora embarque inQ	1368	999	114	582.05	0.8	4	0	0.08
hora embarque	327.6	1	114	1	0	1	0	0.58
Entrada inQ	1368	999 999	115991	51.26	72.44	4570	0	0.01
Entrada	327.6	1	115991	0	0	1	0	0
Entrada outQ	1368	999 999	115991	0	0	4570	0	0
Delay9 inQ	1368	999 999	99483	143.39	173.79	2557	51	0.02
Delay9	327.6	1	99432	0.1	0.5	1	1	50.59
EsperaA1	1368	1	1089	67.93	0.9	1	1	90.13
EsperaA2	1368	1	1104	57.09	0.76	1	1	76.8
EsperaA3	1368	1	860	73.53	0.77	1	1	77.

								05
Decision2 inQ	1368	999	3047	0	0	1	0	0
Decision2	327.6	1	3047	0	0	1	0	0
Decision2 outQ	1368	999 999	3073	490.12	18.34	28	23	0
Espera2	1368	999	13	7.61	0	1	0	0
Espera3	1368	999	35	45.02	0.01	1	0	0
Espera1	1368	999	26	1.22	0	1	0	0
ALM Principal	1368	999 999	123532	14719.79	22153.6	27636	24049	2.2 2
EsperaAcab	1368	1	18	981.4	0.21	1	0	21. 52
B5 inQ	1368	999 99	7395	0.38	0.03	1035	0	0
B5	327.6	1	7395	0	0	1	0	0.0 4
B5 outQ	1368	999 99	7395	0	0	1	0	0
B6 inQ	1368	999 999	7176	0.36	0.03	925	0	0
B6	327.6	1	7176	0	0	1	0	0.0 4
B6 outQ	1368	999 999	7176	0	0	1	0	0
B7 inQ	1368	999 99	15201	0.96	0.17	2286	0	0
B7	327.6	1	15201	0	0	1	0	0.0 8
B7 outQ	1368	999 99	15201	0	0	1	0	0
B8 inQ	1368	999 999	15285	0.96	0.18	2272	0	0
B8	327.6	1	15285	0	0	1	0	0.0 8
B8 outQ	1368	999 999	15285	0	0	1	0	0
paused inQ	1368	999	92	20.83	0.02	1	0	0
paused	327.6	1	92	0	0	1	0	0
Espera0	1368	999	50	37.85	0.02	1	0	0
Delay inQ	1368	999	50	0	0	1	0	0
Delay	327.6	1	50	0	0	1	0	0

Por porcentaje, actividades de capacidad múltiple:

Activity_Name	Scheduled_Hours	P_Empty	P_Partially_Occupied	P_Full
Almacen 0	1368	0	100	0
Man 0 inQ	1368	100	0	0
setup 0 inQ	1368	100	0	0
setup 0 outQ	1368	100	0	0
juntar lote inQ	1368	97.21	2.79	0
juntar lote	343.63	94.81	5.19	0
juntar lote outQ	1368	100	0	0

OrdenesMAN inQ	1368	97.21	2.79	0
unbatch1 inQ	1368	100	0	0
SetupM1 inQ	1368	100	0	0
SetupM2 inQ	1368	100	0	0
SetupM3 inQ	1368	100	0	0
MAN 2 inQ	1368	100	0	0
MAN 3 inQ	1368	100	0	0
Unbatch ST inQ	1368	100	0	0
SetupAcab inQ	1368	100	0	0
Acabado inQ	1368	98.82	1.18	0
Decision inQ	1368	100	0	0
B1 inQ	1368	100	0	0
B1 outQ	1368	99.99	0.01	0
B2 inQ	1368	100	0	0
B2 outQ	1368	99.99	0.01	0
Decision 1 inQ	1368	100	0	0
Decision 1	327.6	100	0	0
B4 inQ	1368	99.98	0.02	0
B4 outQ	1368	100	0	0
B3 inQ	1368	99.98	0.02	0
B3 outQ	1368	100	0	0
Ro inQ	1368	100	0	0
BATCH ACON inQ	1368	1.8	98.2	0
Acon 1 inQ	1368	93.55	6.45	0
Acon 2 inQ	1368	90.65	9.35	0
Acon 3 inQ	1368	92.4	7.6	0
Setup A1 inQ	1368	100	0	0
Setup A2 inQ	1368	100	0	0
Setup A3 inQ	1368	100	0	0
Embarques1 inQ	1368	77.77	22.23	0
Embarques1	983.43	15.6	84.4	0
unbatch embarque inQ	1368	77.45	22.55	0
unbatch embarque outQ	1368	100	0	0
hora embarque inQ	1368	71.85	28.15	0
Entrada inQ	1368	97.17	2.83	0
Entrada outQ	1368	100	0	0
Delay9 inQ	1368	41.66	58.34	0
Decision2 inQ	1368	100	0	0
Decision2 outQ	1368	5.81	94.19	0
Espera2	1368	99.88	0.12	0
Espera3	1368	98.08	1.92	0
Espera1	1368	99.96	0.04	0
ALM Principal	1368	0	100	0
B5 inQ	1368	99.99	0.01	0
B5 outQ	1368	100	0	0
B6 inQ	1368	99.99	0.01	0
B6 outQ	1368	100	0	0
B7 inQ	1368	99.98	0.02	0
B7 outQ	1368	100	0	0
B8 inQ	1368	99.98	0.02	0
B8 outQ	1368	100	0	0

paused inQ	1368	97.67	2.33	0
Espera0	1368	97.69	2.31	0
Delay inQ	1368	100	0	0

Por porcentaje, actividades de capacidad simple:

Activity_Name	Scheduled_Hours	P_Operation	P_Idle	P_Waiting	P_Blocked
Man 0	327.6	35.14	64.86	0	0
setup 0	327.6	53.17	46.83	0	0
SetupM1	327.6	28.08	71.92	0	0
SetupM2	327.6	14.04	85.96	0	0
SetupM3	327.6	38.25	61.75	0	0
MAN 1	327.6	61.31	38.69	0	0
MAN 2	327.6	77.9	22.1	0	0
MAN 3	327.6	51.95	48.05	0	0
SetupAcab	327.6	29.3	70.7	0	0
Acabado	327.6	49.73	50.27	0	0
Acon 1	327.6	8.52	91.48	0	0
Acon 2	327.6	8.83	91.17	0	0
Acon 3	327.6	8.79	91.21	0	0
Setup A1	327.6	55.34	44.66	0	0
Setup A2	327.6	56.13	43.87	0	0
Setup A3	327.6	43.7	56.3	0	0
unbatch embarque	327.6	15.52	84.48	0	0
hora embarque	327.6	0.58	99.42	0	0
Entrada	327.6	0	100	0	0
Delay9	327.6	50.59	49.41	0	0
EsperaA1	1368	0	9.87	90.13	0
EsperaA2	1368	0	23.2	76.8	0
EsperaA3	1368	0	22.95	77.05	0
Decision2	327.6	0	100	0	0
EsperaAcab	1368	0	78.48	21.52	0
B5	327.6	0.04	99.96	0	0
B6	327.6	0.04	99.96	0	0
B7	327.6	0.08	99.92	0	0
B8	327.6	0.08	99.92	0	0
paused	327.6	0	100	0	0
Delay	327.6	0	100	0	0

Tabla C-2.3 Variables

Variable_Name	Total_Changes	Average_Minutes_Per_Change	Minimum_Value	Maximum_Value	Current_Value	Average_Value
Avg BVA Time Entity	1	0	0	0	0	0
Avg BVA Time Item	11340	7.16	0	0	0	0
Avg BVA Time Orden	75	1083.78	0	0	0	0
Avg BVA Time Ventas Lun	9	8880.11	0	0	0	0
Avg BVA Time Item2	13348	6.09	0	0	0	0

Avg BVA Time Item3	18477	4.39	0	0	0	0
Avg BVA Time Item4	20180	4.02	0	0	0	0
Avg BVA Time Item5	6635	12.24	0	0	0	0
Avg BVA Time Item6	9957	8.14	0	0	0	0
Avg BVA Time Item7	11662	6.95	0	0	0	0
Avg BVA Time Item8	7775	10.44	0	0	0	0
Avg BVA Time Embarq on	58	1398.67	0	0	0	0
Avg BVA Time Embarq off	58	1401.74	0	0	0	0
Avg BVA Time Ventas Mar	10	8136.1	0	0	0	0
Avg BVA Time Ventas Mie	9	8080.11	0	0	0	0
Avg BVA Time Ventas jue	9	8240.11	0	0	0	0
Avg BVA Time Ventas vie	9	8400.11	0	0	0	0
inventario1	6354	11.92	475	1971	1225	1526.96
inventario2	20183	4.02	8	3938	2233	3237.02
inventario3	8620	8.09	154	2670	1770	1475.44
inventario4	9325	7.77	2	2002	1127	977.36
inventario5	14202	5.21	2	2852	1572	1266.23
inventario6	16764	4.35	36	3956	3956	2222.59
inventario7	23501	3.16	15	4465	4465	3229.83
inventario8	12321	6.46	329	2681	2681	2476.85
inventario9	23660	3.38	763	9170	4570	4470.95
inventario10	13555	6.01	2	4727	4727	539.64
inventario11	5602	12.48	3	2443	367	902.61
inventario12	7446	9.74	216	2701	216	1179.43
inventario13	7522	9.83	38	2538	162	1016.39
inventario14	7142	10.48	2	2502	336	1067.09
inventario15	7404	10.78	3	2443	360	1106.54
inventario16	8423	9.65	4	2804	215	1382.23
inventario17	7542	8.09	0	1794	1794	907.61
inventario18	7977	7.83	7	2907	1683	1052.36
inventario19	7692	8.32	5	2760	1584	899.25
inventario20	7647	8.58	7	2807	1631	1027.53
tipo PT	99431	0.82	1	75	53	30.8
tipo PT2	3047	26.78	1	75	15	37.44
cantidad PT1*	41	1984.39	11	19	16	15.17
cantidad PT2*	41	1984.39	20	32	20	27.02
cantidad PT3*	41	1984.39	33	63	60	46.31
cantidad PT4*	41	1984.39	12	22	22	16.21
cantidad PT5*	41	1984.39	26	42	30	32.82
cantidad PT6*	41	1984.39	39	69	48	49.09
cantidad PT7*	41	1984.39	12	19	12	15
cantidad PT8*	41	1984.39	20	34	30	27.07
cantidad PT9*	41	1984.39	36	66	57	48.58
cantidad PT10*	41	1984.39	13	23	15	17.02
cantidad PT11*	41	1984.39	18	44	38	29.6

cantidad PT12*	41	1984.39	30	57	48	42.07
cantidad PT13*	41	1984.39	12	22	16	16.34
cantidad PT14*	41	1984.39	22	42	32	29.75
cantidad PT15*	41	1984.39	24	69	57	47.7
cantidad PT16*	41	1984.39	6	14	14	11.02
cantidad PT17*	41	1984.39	14	30	30	23.17
cantidad PT18*	41	1984.39	9	48	45	28.68
cantidad PT19*	41	1984.39	5	16	16	10.7
cantidad PT20*	41	1984.39	10	24	24	19.02
cantidad PT21*	41	1984.39	36	72	36	52.82
cantidad PT22*	41	1984.39	13	23	13	18.09
cantidad PT23*	41	1984.39	24	38	24	29.95
cantidad PT24*	41	1984.39	30	66	51	50.92
cantidad PT25*	41	1984.39	14	24	20	20.48
cantidad PT26*	41	1984.39	28	50	44	39.46
cantidad PT27*	41	1984.39	42	66	60	51.95
cantidad PT28*	41	1984.39	16	27	22	21.46
cantidad PT29*	41	1984.39	26	48	30	37.56
cantidad PT30*	41	1984.39	39	66	57	52.9
cantidad PT31*	41	1984.39	13	26	19	18.82
cantidad PT32*	41	1984.39	26	46	40	35.56
cantidad PT33*	41	1984.39	54	93	60	73.31
cantidad PT34*	41	1984.39	16	28	16	20.04
cantidad PT35*	41	1984.39	30	48	44	40.78
cantidad PT36*	41	1984.39	48	90	78	66.21
cantidad PT37*	41	1984.39	14	25	16	20.41
cantidad PT38*	41	1984.39	28	56	28	36.63
cantidad PT39*	41	1984.39	48	87	66	65.92
cantidad PT40*	41	1984.39	16	28	19	22.29
cantidad PT41*	41	1984.39	32	54	38	42.43
cantidad PT42*	41	1984.39	45	81	48	58.39
cantidad PT43*	41	1984.39	17	27	27	21.48
cantidad PT44*	41	1984.39	28	56	38	39.6
cantidad PT45*	41	1984.39	42	81	51	57.14
cantidad PT46*	41	1984.39	12	22	16	15
cantidad PT47*	41	1984.39	16	34	24	25.41
cantidad PT48*	41	1984.39	18	51	33	29.56
cantidad PT49*	41	1984.39	10	22	14	16.34
cantidad PT50*	41	1984.39	18	46	34	28.82
cantidad PT51*	41	1984.39	24	57	48	47.04
cantidad PT52*	41	1984.39	8	23	17	13.09
cantidad PT53*	41	1984.39	26	38	30	31.56
cantidad PT54*	41	1984.39	24	57	48	40.97
cantidad PT55*	41	1984.39	10	17	13	13.82
cantidad PT56*	41	1984.39	16	32	28	24.48
cantidad PT57*	41	1984.39	24	51	30	36.8
cantidad PT58*	41	1984.39	12	20	14	15.51
cantidad PT59*	41	1984.39	16	40	26	22.09
cantidad PT60*	41	1984.39	30	60	39	44.7
cantidad PT61*	41	1984.39	10	21	12	15.19
cantidad PT62*	41	1984.39	26	40	28	32.04

cantidad PT63*	41	1984.39	33	63	63	47.92
cantidad PT64*	41	1984.39	11	20	17	14.73
cantidad PT65*	41	1984.39	26	40	32	32.04
cantidad PT66*	41	1984.39	33	57	39	46.31
cantidad PT67*	41	1984.39	13	23	19	16.29
cantidad PT68*	41	1984.39	26	40	34	32.73
cantidad PT69*	41	1984.39	33	66	39	46.97
cantidad PT70*	41	1984.39	12	21	15	14.87
cantidad PT71*	41	1984.39	24	44	32	30.68
cantidad PT72*	41	1984.39	39	60	45	46.6
cantidad PT73*	41	1984.39	13	19	15	15.17
cantidad PT74*	41	1984.39	26	42	32	32.82
cantidad PT75*	41	1984.39	39	60	60	49.53

Tabla C-2.4 Entidades (productos)

The screenshot shows the 'ProcessModel Output - [General Report]' window. It contains a table with 6 columns and 6 rows of data. Below the table is an 'ENTITY SUMMARY' section with columns for Entity Name, Qty Processed, Average Cycle Time (Minutes), Average VA Time (Minutes), and Average Cost. The bottom section is 'VARIABLES (* indicates observation based variables)' with columns for Variable Name, Total Changes, Average Minutes Per Change, Minimum Value, Maximum Value, Current Value, and Average Value.

Entity Name	Qty Processed	Average Cycle Time (Minutes)	Average VA Time (Minutes)	Average Cost
Item	11339	36684.6	690.25	2.03
Orden	74	31.94	1.00	0.0
Ventas Lun	8	1	1.00	0.0
Item2	13347	31756.1	566.20	1.93
Item3	18476	37044.6	1629.66	1.92
Item4	20179	35559.7	976.66	1.71
Item5	6634	33567.4	339.31	2.02
Item6	9956	30473.5	320.77	1.93
Item7	11661	30404.5	334.03	1.86
Item8	7774	31349.3	252.95	1.76
Embarq on	57	608.75	1.00	0.0
Embarq off	57	557.35	1.00	0.0
Ventas Mar	9	1	1.00	0.0
Ventas Mie	8	1	1.00	0.0
Ventas jue	8	1	1.00	0.0
Ventas vie	8	1	1.00	0.0

Tabla C-2.5 Inventarios del almacén 0 (basado en C-2.3)

INVENTARIOS DE SEMITERMINADOS EN ALMACÉN 0						
Variable_Na	Total_Chang	Average_Mir	Minimum_Va	Maximum_Ve	Current_Valu	Average_Value
inventario1	6354	11.92	475	1971	1225	1526.96
inventario2	20183	4.02	8	3938	2233	3237.02
inventario3	8620	8.09	154	2670	1770	1475.44
inventario4	9325	7.77	2	2002	1127	977.36
inventario5	14202	5.21	2	2852	1572	1266.23
inventario6	16764	4.35	36	3956	3956	2222.59
inventario7	23501	3.16	15	4465	4465	3229.83
inventario8	12321	6.46	329	2681	2681	2476.85
inventario9	23660	3.38	763	9170	4570	4470.95
inventario10	13555	6.01	2	4727	4727	539.64
inventario11	5602	12.48	3	2443	367	902.61
inventario12	7446	9.74	216	2701	216	1179.43
inventario13	7522	9.83	38	2538	162	1016.39
inventario14	7142	10.48	2	2502	336	1067.09
inventario15	7404	10.78	3	2443	360	1106.54
inventario16	8423	9.65	4	2804	215	1382.23
inventario17	7542	8.09	0	1794	1794	907.61
inventario18	7977	7.83	7	2907	1683	1052.36
inventario19	7692	8.32	5	2760	1584	899.25
inventario20	7647	8.58	7	2807	1631	1027.53
				PROMEDIO TOTAL:	31,963.91	UNIDADES
				MÁXIMO PROBABLE:	64,131.00	UNIDADES

Tabla C-2.6 – Inventarios del almacén principal (basado en C-2.3)

INVENTARIOS EN ALMACÉN PRINCIPAL						
Variable_Name	Total_Chang	Average_Mir	Minimum_Va	Maximum_Ve	Current_Valu	Average_Value
INVENTARIO ST1	8212	9.9	25	978	815	531.31
INVENTARIO ST2	16201	5.02	17	1885	688	1124.77
INVENTARIO ST3	7594	10.71	16	1015	504	574.64
INVENTARIO ST4	8028	10.13	47	1040	561	563.54
INVENTARIO ST5	12484	6.51	50	1377	1207	745.7
INVENTARIO ST6	19187	4.24	52	3532	1977	1956.96
INVENTARIO ST7	21773	3.73	40	4035	3236	2317.71
INVENTARIO ST8	11403	7.13	34	2774	1877	1462.8
INVENTARIO ST9	18702	4.35	162	3921	1456	2167.73
INVENTARIO ST10	9345	8.7	32	2721	1355	1578.38
INVENTARIO ST11	6787	11.98	17	1282	902	833.22
INVENTARIO ST12	8483	9.59	12	1359	863	765.49
INVENTARIO ST13	7898	10.3	10	1282	987	739.95
INVENTARIO ST14	7185	11.32	24	1339	1185	792.8
INVENTARIO ST15	7589	10.72	19	1322	1145	730.05
INVENTARIO ST16	7599	10.7	0	1412	254	758.64
INVENTARIO ST17	7473	10.88	35	1565	476	845.47
INVENTARIO ST18	7890	10.31	16	1464	630	794.87
INVENTARIO ST19	7615	10.68	85	1516	856	884.43
INVENTARIO ST20	7789	10.44	14	1407	765	787.1
				PROMEDIO TOTAL:	20,955.56	UNIDADES
				MÁXIMO PROBABLE:	37,226.00	UNIDADES

Tabla C-2.7 Cuenta de faltantes (basado en C-2.3)

Variable_Name	Total_Chang	Average_Mir	Minimum_Va	Maximum_Ve	Current_Valu	Average_Value
cuentaSO ST1	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST2	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST3	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST4	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST5	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST6	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST7	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST8	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST9	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST10	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST11	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST12	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST13	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST14	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST15	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST16	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST17	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST18	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST19	0	0	0	0	0	0
cuentaSO ST20	0	0	0	0	0	0
						0

Tabla C-2.8 - Inventarios de producto terminado (basado en C-2.3)

Variable_Name	Total_Changes	Av_Min_X_Change	Maximum_Value	Average_Value
INVENTARIO PT1	1243		65.63	19
INVENTARIO PT2	2220		36.75	32
				7.45
				13.08

INVENTARIO PT3	3769	21.64	63	22.8
INVENTARIO PT4	1300	62.43	22	7.82
INVENTARIO PT5	2662	30.49	42	14.51
INVENTARIO PT6	3978	20.41	69	18.71
INVENTARIO PT7	1225	66.28	19	4.23
INVENTARIO PT8	2184	37.18	33	6
INVENTARIO PT9	3929	20.76	65	9.05
INVENTARIO PT10	1383	58.74	23	8.9
INVENTARIO PT11	2374	34.22	44	14.05
INVENTARIO PT12	3390	23.96	53	15.59
INVENTARIO PT13	1320	61.57	22	7.27
INVENTARIO PT14	2398	33.9	38	12.13
INVENTARIO PT15	3825	21.27	69	16.08
INVENTARIO PT16	902	90.4	14	4.04
INVENTARIO PT17	1898	42.97	30	6.23
INVENTARIO PT18	2311	35.29	42	6.46
INVENTARIO PT19	854	95.06	13	1.71
INVENTARIO PT20	1528	53.14	23	3.29
INVENTARIO PT21	4328	18.84	69	9.35
INVENTARIO PT22	1488	54.82	23	9.81
INVENTARIO PT23	2458	33.19	38	16.04
INVENTARIO PT24	4182	19.51	66	25.74
INVENTARIO PT25	1684	48.43	24	9.77
INVENTARIO PT26	3226	25.28	50	15.38
INVENTARIO PT27	4237	19.25	66	21.11
INVENTARIO PT28	1757	46.33	27	14.72
INVENTARIO PT29	3084	26.39	48	24.47
INVENTARIO PT30	4320	18.84	66	32.25
INVENTARIO PT31	1532	52.95	26	12.92
INVENTARIO PT32	2900	27.97	46	21.57
INVENTARIO PT33	6078	13.34	93	39.5
INVENTARIO PT34	1645	49.5	28	13.99
INVENTARIO PT35	3342	24.36	48	26.69
INVENTARIO PT36	5415	15.03	90	38.86
INVENTARIO PT37	1696	48.05	25	10.7
INVENTARIO PT38	3044	26.77	56	18.48
INVENTARIO PT39	5466	14.91	87	31.37
INVENTARIO PT40	1865	43.72	28	9.47
INVENTARIO PT41	3518	23.18	54	15.45
INVENTARIO PT42	4878	16.71	80	22.18
INVENTARIO PT43	1756	46.39	27	14.63
INVENTARIO PT44	3248	25.08	56	27.7
INVENTARIO PT45	4773	17.07	81	36.86
INVENTARIO PT46	1228	66.3	22	11.2
INVENTARIO PT47	2086	39.04	34	18.49
INVENTARIO PT48	2412	33.76	47	22.15
INVENTARIO PT49	1328	61.08	22	10.55
INVENTARIO PT50	2324	34.9	45	15.52
INVENTARIO PT51	3810	21.33	57	24.65
INVENTARIO PT52	1065	76.49	23	7.7
INVENTARIO PT53	2583	31.54	38	15.14
INVENTARIO PT54	3330	24.36	57	19.13
INVENTARIO PT55	1147	71.04	17	8.02
INVENTARIO PT56	2028	40.18	32	12.79
INVENTARIO PT57	3072	26.53	48	17.49
INVENTARIO PT58	1290	63.2	20	7.72

INVENTARIO PT59	1818	44.85	31	8.7
INVENTARIO PT60	3729	21.86	60	18.5
INVENTARIO PT61	1272	64.05	21	8.28
INVENTARIO PT62	2652	30.72	40	16.55
INVENTARIO PT63	3957	20.59	63	23.98
INVENTARIO PT64	1221	66.75	20	10.19
INVENTARIO PT65	2664	30.6	38	20.62
INVENTARIO PT66	3855	21.15	57	24.36
INVENTARIO PT67	1328	61.1	23	7.68
INVENTARIO PT68	2676	30.33	40	13.72
INVENTARIO PT69	3896	20.92	63	16.24
INVENTARIO PT70	1214	66.9	21	6.69
INVENTARIO PT71	2508	32.39	44	11.77
INVENTARIO PT72	3822	21.25	60	16.62
INVENTARIO PT73	1259	64.8	19	8.33
INVENTARIO PT74	2696	30.11	42	17.67
INVENTARIO PT75	4056	20.02	60	25.62
			3201	1164.48