

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Propuesta de Implementación de Políticas de Control de Inventarios y Planificación de los Recursos para la Producción en Tadoo Cía. Ltda.

Adrián Meneses Parra

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, junio 2009

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACION DE TESIS

Propuesta de Implementación de Políticas de Control de Inventarios y Planificación de los Recursos para la Producción en Tatio Cía. Ltda.

Adrián Meneses Parra

Héctor Andrés Vergara, M.Sc.
Director de Tesis y
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Verónica León, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Fernando Romo, M.Sc.
Decano del Colegio Politécnico

.....

Quito, junio 2009

© Derechos de autor
Adrián Meneses Parra
2009

RESUMEN

Tatoo Cía. Ltda. es una empresa de textiles que tiene presencia en cuatro países latinoamericanos y que se encuentra en crecimiento. El principal objetivo a través de este trabajo es proveer a Tatoo Cía. Ltda. con los conocimientos fundamentales necesarios para llevar adelante una adecuada planificación de los procesos productivos de la Compañía. En primer lugar, se analizan la planificación y el control de inventarios de los insumos de producción ya que en un análisis previo se han detectado deficiencias en la coordinación del aprovisionamiento, las cuales se originan debido a la falta de políticas de inventario adecuadas y de información precisa del estado de la bodega de insumos. También, se propone la utilización de la metodología de la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) para la generación de planes adecuados de abastecimiento de los recursos para la producción. Por último, se propone una primera fase de aplicación de tecnologías de información en la Empresa para alcanzar una mayor eficiencia operativa y mejor control de su producción.

ABSTRACT

Tatoo Cía. Ltda. is a sportswear manufacturer and retailer that has presence in four Latin-American countries and is experiencing significant growth. The main objective of the present work is to provide Tatoo Cía. Ltda. with the fundamental knowledge for the appropriate planning of the productive processes of the Company. At first, given that a previous analysis discovered coordination deficiencies in the replenishment strategy caused by the lack of adequate inventory policies and precise information about the inventory status in storage, this thesis proposes a couple of models for the appropriate inventory planning and control of the most significant raw materials needed for production. Also, this document recommends the use of the Material Requirements Planning (MRP) methodology for the generation of appropriate plans for raw material replenishment and production control. Finally, the use of Information Technologies is considered as means for obtaining greater efficiency and control of the productive and administrative processes in the Company.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1. Descripción de la Empresa	1
1.2. Descripción del Problema	1
1.3. Objetivos del Proyecto	2
1.4. Organización del Documento.....	3
2. MARCO TEORICO	4
2.1. Control de Inventarios.....	4
2.1.1. Tipos de Existencias en la Organización	4
2.1.2. Niveles de Inventario	5
2.1.3. Razones para Mantener Inventario.....	5
2.1.4. Clasificación de los Modelos de Inventario	6
2.2. Planificación de los Recursos de Materiales (MRP)	7
2.2.1. Características del MRP	8
2.2.2. Entradas del MRP.....	8
2.2.2.1. Plan Maestro de Producción.....	9
2.2.2.2. Lista Maestra de Insumos.....	9
2.2.3. Salidas del MRP	11
2.2.3.1. Emisión de Órdenes Planificadas.....	11
2.2.3.2. Notificación de Cambio.....	12
2.2.3.3. Reportes de Excepción	12
2.2.4. Mecánica del MRP.....	12
2.2.4.1. Determinación de los Requerimientos Netos.....	12
2.2.4.2. Loteo	14
2.2.4.3. Fases de Tiempos	14
2.2.4.4. Explosión del BOM.....	14
2.2.5. Políticas de Loteo	15
2.2.6. Problemas y Supuestos del MRP	16
3. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE TATOO CIA. LTDA.....	18
3.1. Determinación de las Políticas Actuales de Manejo de Inventarios de Insumos y Materia Prima	18
3.2. Análisis de los Problemas Encontrados.....	18

TABLA DE CONTENIDO (CONTINUACIÓN)

	Pág.
3.2.1. Porcentaje de Interrupciones en Producción	19
3.2.2. Porcentaje de Clientes Perjudicados por Falta de Existencias	20
3.2.3. Retorno de la Inversión en Inventario	21
3.3. Determinación de los Insumos Más Importantes	23
3.3.1. Recolección de Información General de Insumos Seleccionados ..	26
3.3.1.1. Tela Suplex.....	27
3.3.1.2. Telas Polartec.....	27
3.3.1.3. Tela Campagnolo	28
4. CONTROL DE INVENTARIOS	29
4.1. Determinación de las Características de los Insumos	29
4.1.1. Características Tela Suplex	29
4.1.2. Características Telas Polartec	30
4.1.3. Características Telas Campagnolo	30
4.2. Modelos de Inventarios para los Insumos de Tadoo Cía. Ltda.	30
4.2.1. Modelo de Inventarios Silver – Meal	31
4.2.2. Método Heurístico para el Problema del Tamaño de Lote Dinámico con Productos Múltiples.....	32
4.3. Desarrollo de los Modelos de Inventario Seleccionados.....	34
4.3.1. Aplicación de la Política de Inventario para Tela Suplex y Tela Campagnolo.....	34
4.3.1.1. Entradas para el Modelo Silver-Meal.....	34
4.3.1.2. Aplicación del Modelo Silver-Meal.....	38
4.3.1.3. Análisis Aplicación del Modelo Silver – Meal en Tela Suplex....	42
4.3.2. Aplicación de una Política de Inventario para el Conjunto de Telas Polartec.....	45
4.3.2.1. Entradas para el Modelo Silver-Meal Generalizado	45
4.3.2.2. Aplicación del Modelo Silver-Meal Generalizado.....	48
4.3.2.3. Análisis de la Aplicación del Modelo Silver-Meal Generalizado para Telas Polartec	51
5. PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE MATERIALES.....	53

TABLA DE CONTENIDO (CONTINUACIÓN)

	Pág.
5.1. Descripción del Pantalón Pasochoa	53
5.2. Desarrollo de la Metodología Para la Aplicación de un MRP en Tatoo Cía. Ltda.....	54
5.2.1. Determinación de Entradas para el MRP.....	54
5.2.1.1. Plan Maestro de Producción (MPS)	54
5.2.1.2. Lista Maestra de Insumos.....	55
5.2.1.3. Ejecución del MRP	58
5.3. Aplicación de la Metodología MRP para la Planificación de la Producción del Pantalón Pasochoa	59
5.4. Análisis de la Metodología Presentada.....	68
6. TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN	70
6.1. La Importancia de las Tecnologías de Información	70
6.2. Ventajas de la Aplicación de Tecnologías de Información en Tatoo Cía. Ltda.....	70
6.3. Propuesta de Implementación de Tecnologías de Información	71
6.4. Mejora Continua a Través de las Tecnologías de Información	75
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
7.1. Conclusiones	76
7.2. Recomendaciones	78
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS	82
Anexo A. DETERMINACIÓN DE LOS INSUMOS MÁS REPRESENTATIVOS PARA TATOO CÍA. LTDA.	83
A.1. Productos Más Vendidos por Tatoo Cía. Ltda.	83
A.2. Hojas Técnicas de los Insumos Más Vendidos Tatoo Cía. Ltda.	84
A.3. Los Insumos Más Comunes de Tatoo Cía. Ltda.	90
A.4. Costos Totales de Producción por Insumo	91
Anexo B. ESTABLECIMIENTO DE UNA POLÍTICA DE LOTEOS PARA LA TELA SUPLEX	92
Anexo C. ELEMENTOS PARA LA APLICACIÓN DE UN MRP EN TATOO CÍA. LTDA.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Listas de Materiales de Productos A y B.....	10
Figura 2. Esquema de la Metodología de MRP.....	15
Figura 3. Diagrama de Pareto de los Insumos Más Representativos.....	26
Figura 4. Pantalón Pasochoa	54
Figura 5. Partes Principales que Conforman el Pantalón Pasochoa.....	56
Figura 6. Plantilla para el Control de Inventarios para la Bodega de Insumos	73
Figura 7. Ejemplo de Plantilla para Control de Inventarios para la Bodega de Insumos.....	74

LISTA DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 1. Insumos que Causaron Interrupciones en Producción en el Año 2008	19
Tabla 2. Clientes Perjudicados por Falta de Existencias	21
Tabla 3. Entradas para Cálculo del Retorno de la Inversión en Inventario	23
Tabla 4. Clasificación ABC para los Insumos Más Representativos	25
Tabla 5. Demanda de Suplex para los Primeros Cuatro Meses del Año 2009...	35
Tabla 6. Entradas para Desarrollar el Modelo de Silver – Meal	38
Tabla 7. Resultados Aplicación del Modelo Silver – Meal para Tela Suplex.....	42
Tabla 8. Planificación de las Órdenes de Tela Suplex en base a los Resultados del Modelo Silver – Meal	44
Tabla 9. Demanda de Telas Polartec para Cuatro Meses del Año 2009	45
Tabla 10. Entradas para Desarrollo del Modelo Silver-Meal Generalizado	48
Tabla 11. MPS para el MRP del Pantalón Pasochoa Habano del Año 2009	55
Tabla 12. Políticas de Loteo, Tiempos de Entrega y Consumo para Insumos Pantalón Pasochoa	57
Tabla 13. Tiempos Promedio de Producción de los Componentes del Pantalón Pasochoa	58
Tabla 14. Tiempos a Considerar para Establecer el Horizonte de Planeación	59
Tabla 15. Puntos de Reorden e Inventario Inicial para el Desarrollo del Ejemplo de MRP	60
Tabla 16. Parte de la Tabla MRP	61
Tabla 17. Demanda (Nivel 0) para el Ejemplo de MRP	63
Tabla 18. Requerimientos Netos (Nivel 0) para el Ejemplo de MRP	63
Tabla 19. Emisión y Recepción de Órdenes Planificadas (Nivel 0) para el Ejemplo de MRP	64
Tabla 20. Requerimientos Brutos y Netos para Pretina (Nivel 1)	65
Tabla 21. Tabla Completa para la Pretina (Nivel 1) del Ejemplo de MRP	65
Tabla 22. Demanda e Inventario Disponible para la Reata (Nivel 2) del Ejemplo de MRP	66
Tabla 23. Inventario Disponible Hasta el Periodo 12 para la Reata (Nivel 2) del Ejemplo de MRP	67

LISTA DE TABLAS (CONTINUACIÓN)

Tabla	Pág.
Tabla 24. Tabla Completa para la Reata (Nivel 2) del Ejemplo de MRP.....	67
Tabla 25. Lista de los Productos más Vendidos por Tadoo Cía. Ltda. durante el 2008	83
Tabla 26. Hoja Técnica del Buso Kapura	84
Tabla 27. Hoja Técnica del Pantalón Illampu	84
Tabla 28. Hoja Técnica del Pantalón Cocuy	85
Tabla 29. Hoja Técnica del Pantalón Pasochoa.....	86
Tabla 30. Hoja Técnica del Buso Sajama	86
Tabla 31. Hoja Técnica del Buso Ishinca	87
Tabla 32. Hoja Técnica del Pantalón Paine	87
Tabla 33. Hoja Técnica del Buso Vinson	88
Tabla 34. Hoja Técnica de la Chompa Maki.....	88
Tabla 35. Hoja Técnica de la Chompa Ritacuba.....	89
Tabla 36. Lista de los Insumos Comunes Encontrados a Partir de los Productos Más Vendidos por Tadoo Cía. Ltda.....	90
Tabla 37. Costos de Producción de los Insumos Comunes de Tadoo Cía. Ltda. .	91
Tabla 38. MRP Pantalón Pasochoa Color Habano	98

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS DE CONTROL DE INVENTARIOS Y PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS PARA LA PRODUCCIÓN EN TATOO CÍA. LTDA.

1. INTRODUCCION

1.1. Descripción de la Empresa

Tatoo Cía. Ltda. es una empresa ecuatoriana dedicada a la confección y comercialización de ropa y accesorios para deportes de montaña, camping y actividades outdoors. Su modalidad de negocio se basa en la manufactura de prendas de vestir con alta calidad en los acabados y la materia prima. Adicionalmente, Tatoo es uno de los más importantes distribuidores de ropa y accesorios de montaña para Latinoamérica, lo que hace de Tatoo una empresa que ofrece al público la oportunidad de comparar entre productos importados y locales a la hora de comprar. Esta característica obliga a Tatoo a mantener un alto nivel de competitividad, calidad y eficiencia en sus operaciones, dado que la competencia de sus productos se encuentra en sus propias tiendas (Tul Mary, entrevista, 2009).

En la actualidad Tatoo maneja operaciones internacionales en Chile, Perú, Colombia y Bolivia. La estructura operacional de la empresa mantiene su centro de manufactura en la ciudad de Quito, existen también oficinas y bodegas en Santiago y Lima, y tiendas en Quito, Cumbayá, Cuenca, Galápagos, Santiago, Providencia, Lima, Cuzco, Pisac, Huaraz, Bogotá y La Paz. La empresa mantiene tiendas propias y bajo la modalidad de franquicia (Tul Mary, entrevista, 2009).

La misión de la empresa se presenta a continuación (Tul Mary, entrevista, 2009):

Misión: “Ofrecer productos de calidad y precios competitivos, a los practicantes de outdoors, brindando comodidad, confort y funcionalidad en cada una de las prendas y accesorios.”

1.2. Descripción del Problema

Los pedidos de materia prima que se generan en Tatoo Cía. Ltda. son realizados por el departamento de producción tomando en cuenta la planeación de la producción y los datos históricos. En base a esas cantidades y realizando un

conteo del inventario existente se propone una cantidad de pedido, la cual es revisada por el Gerente General, el cual cuenta con la información de ventas y coordina con producción si es necesario realizar cambios en las cantidades del pedido que se plantearon, por último se aprueba la cantidad y se realiza la orden de pedido. Este mismo procedimiento se lo repite para todos los demás productos e insumos (Tul Mary, entrevista, 2009).

Dado este proceso de pedidos, Tatoon Cía. Ltda. no realiza una determinación formal de cantidades de lote óptimas para sus insumos que vayan de acuerdo a las características de la demanda, al mismo tiempo que no posee puntos de reorden o niveles de inventario de seguridad establecidos; es decir, no posee en la actualidad políticas de control de inventarios. Esto genera problemas en las actividades subsecuentes del proceso productivo, como retrasos en la producción debido a falta de material o material que no está de acuerdo a las especificaciones, desperdicio de insumos por órdenes de cantidades excesivas, entre otros. Es por eso que este proyecto se concentra en encontrar una solución al presente problema de manejo de inventarios de insumos para la producción de la Empresa.

1.3. Objetivos del Proyecto

De acuerdo al problema planteado, el objetivo general del presente proyecto es proponer un sistema de planificación de los recursos de materiales en base a la planificación de la producción de la Empresa que haga uso de políticas de loteo adecuadas.

Los objetivos específicos para alcanzar el objetivo general propuesto son:

- Determinar cuál es el sistema actual de manejo de inventarios de materias primas e insumos de la Empresa.
- Analizar las políticas de inventario adecuadas para el aprovisionamiento de los recursos más importantes para la Empresa.
- Generar planes eficientes para el aprovisionamiento de los recursos de la producción.

- Generar una propuesta de implementación de tecnologías de información en la bodega de insumos.

1.4. Organización del Documento

El documento está dividido en siete capítulos, incluyendo este capítulo introductorio, a lo largo de los cuales se explica la metodología que se aplica en el actual sistema de abastecimiento de insumos de Tadoo Cía. Ltda. y además la propuesta de un sistema de planificación de los recursos de materiales el cual utiliza información de la planificación de la producción de la Empresa.

En el capítulo 2, se desarrolla una revisión literaria de los temas principales que se aplican durante el proyecto, estos son control de inventarios y planificación de los recursos de los materiales. En el capítulo 3, se describe la situación actual de Tadoo Cía. Ltda. en cuanto a su manejo de inventarios de materia prima e insumos. A partir del capítulo 4 se aplican los conceptos desarrollados en el marco teórico, iniciando con una propuesta de cómo se debería llevar a cabo las políticas de inventario para los insumos más representativos de la Empresa en función de sus características. A continuación, en el capítulo 5, se propone cómo se debería realizar la planificación de los requerimientos de materiales para la producción y se presenta una aplicación de la metodología en uno de los productos más importantes de Tadoo Cía. Ltda. Luego, en el capítulo 6, se hace una reseña acerca de tecnologías de información y se propone su aplicación en la bodega de insumos para alcanzar mayor eficiencia operativa dentro de la misma. Por último, en el capítulo 7, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del proyecto.

2. MARCO TEORICO

2.1. Control de Inventarios

Un adecuado manejo del inventario y de todos sus componentes relacionados es fundamental para el éxito de una compañía. El inventario juega un rol fundamental en el comportamiento logístico de las empresas manufactureras. Dentro de las empresas se suele caer en la mala práctica de poseer una alta cantidad de existencias en las bodegas lo cual significa costos de oportunidad por el dinero ligado al inventario y un alto gasto de dinero proveniente de los costos de mantenimiento de inventarios y de utilización del espacio (Hopp y Spearman, 48).

El inventario, según Hopp y Spearman (48), principalmente se genera debido a la disparidad que existe entre oferta y demanda; por ejemplo, en un supermercado el cliente se acerca a comprar una lata de anchoas y si el supermercado no la tuviera en el estante en forma de inventario el cliente saldría insatisfecho y se incurriría en una venta perdida. Sin embargo, no es adecuado poseer grandes cantidades de inventario ya que se incurriría en altos costos de almacenamiento, mientras que al mismo tiempo si se poseen pequeñas cantidades de inventario se puede incurrir en ventas perdidas.

Por lo tanto, uno de los problemas básicos que se trata de resolver a través del control de inventarios es determinar cuanto se debe pedir para mantener en inventario y cuando se debe realizar el pedido (Hopp y Spearman, 48).

2.1.1. Tipos de Existencias en la Organización

Según Narasimhan, McLeavey y Billington (92), existen varios motivos por los cuales se pueden mantener inventarios dentro de una organización, tales como estar protegido contra la incertidumbre de la demanda o disminuir los costos de ordenar. Por lo general, el inventario que se mantiene por una razón específica posee un nombre distintivo, entre estos están:

Inventario de Seguridad: Está diseñado con el fin de amortiguar la incertidumbre en las cantidades demandadas y en la ocurrencia de los pedidos.

Inventario de Nivelación: Se los mantiene con el fin de no alterar la capacidad de producción a un corto plazo; por ejemplo los picos estacionales de alta demanda podrían ser cubiertos con inventario de nivelación, en lugar de aumentar la capacidad de producción únicamente para satisfacer estos picos de demanda.

Inventario de Ciclo: Se mantiene con el fin de compensar el costo de preparar el equipo o emitir un pedido, se lo utiliza para evitar la realización de numerosos setups en la maquinaria o llevar a cabo demasiados pedidos a los proveedores.

2.1.2. Niveles de Inventario

Dentro de una compañía es necesario poseer una clasificación del inventario. Esta clasificación dependerá del tipo de existencias que se estén manejando. La clasificación más común del inventario es (Narasimhan, McLeavey, Billington, 93):

Materia Prima: Es aquel artículo el cual no ha sido sometido a ningún proceso.

Producto en Proceso: Inventario que está sometido a un proceso o bien se encuentra en espera de ser procesado en la línea de producción.

Componentes de Nivel Alto: Son piezas o ensamblajes listos para acoplarse en los productos terminados.

Productos Terminados: Artículos los cuales han terminado su ciclo de producción y están listos para entregarse al consumidor.

2.1.3. Razones para Mantener Inventario

Si fuera posible recibir todo el material necesario para la producción justo en el momento que se lo necesita, no se necesitaría llevar inventario de los insumos para la producción; pero, dado que la realidad es distinta es imperativo llevar inventario en las empresas. Sin embargo, existen tres factores los cuales influyen en las políticas de control de inventarios, estos son (Hopp y Spearman, 583):

Loteo: El establecer distintos tamaños de lote en los pedidos. Responden a diferentes situaciones que se presentan en los ambientes laborales, tales como los proveedores que ofrecen descuentos por cantidad, el tamaño de la bodega limitado o simplemente que se alcancen economías de escala al ordenar varios productos en un mismo pedido. Al inventario que nació de una acción de loteo se le llama inventario de ciclo (Hopp y Spearman, 583).

Variabilidad: Existen muchas ocasiones en las que los tiempos tanto de producción como de entrega de los insumos se ven afectados y la línea de producción se queda desabastecida de insumos, lo que ocasiona paros en la producción. Para enfrentar esta variabilidad es necesaria la generación de inventarios de seguridad cuyo tamaño vaya acorde a los tiempos de entrega y costos de mantenimiento (Hopp y Spearman, 583).

Obsolescencia: Cuando se dan cambios abruptos en la demanda o en el diseño de los productos, ciertos insumos dejan de ser útiles y se vuelven obsoletos. Es por esto que con el fin de minimizar estos costos hay que poseer cantidades razonables de inventario. De la misma forma, el inventario obsoleto debe ser desechado lo antes posible (Hopp y Spearman, 583).

A través de las distintas situaciones que en un ambiente laboral se puedan encontrar, estos tres factores y sus interacciones ayudarán a determinar qué políticas de control se deben practicar con el fin de minimizar los costos y brindar un mejor servicio al cliente (Hopp y Spearman, 583).

2.1.4. Clasificación de los Modelos de Inventario

Debido a la gran complejidad y variedad que existe entre los sistemas de inventarios, se han desarrollado una basta gama de modelos de inventarios que se ajustan a las distintas situaciones de las empresas. Pero antes de poder establecer que tipo de modelos se desarrollarán para este proyecto y explicar su metodología, es necesario determinar las características que los insumos o grupo

de insumos deben poseer para poder establecer que modelos son aplicables y cuales no lo son.

A continuación, se detallan las opciones que se manejan con respecto a las decisiones de modelamiento para manejo de inventarios (Hopp y Spearman, 89):

- Tiempo: Si la representación del tiempo en el modelo es continua o discreta.
- Producto: Se refiere a si se trata de un producto único o se establecerá la política para múltiples productos. Por ejemplo, el cierre que sirve de insumo para una chaqueta (producto único) o los diferentes colores de tela que sirven de insumo para una camiseta (múltiples productos)
- Costos de ordenar: Si se incurre o no en un costo al momento de colocar un pedido al proveedor o emitir una orden de preparación.
- Incertidumbre en la Demanda: Si la demanda es determinística (conocida) o aleatoria (desconocida).
- Distribución de la Demanda: Si la demanda es dinámica (variable) o constante.
- Horizonte de Planeación: Si el horizonte de estudio del modelo es finito o infinito.

El determinar estas características para los insumos nos permitirá saber que modelos de inventarios pueden ser utilizados, obteniendo resultados aplicables a la situación que enfrenta Tatroo Cía. Ltda.

2.2. Planificación de los Recursos de Materiales (MRP)

Anteriormente se definió cómo se deben establecer las políticas de loteo para los insumos (éstas también se pueden establecer para productos terminados), es decir qué cantidad se debe ordenar y cuándo se debe realizar el pedido. La planificación de los recursos de materiales para la producción o más conocida como MRP (por sus siglas en inglés, Material Requirements Planning), define dos tipos de demandas; aquella para los productos finales la cual está sometida a incertidumbre (demanda independiente) y la demanda de los insumos necesarios para producir los productos finales (demanda dependiente), la cual es

conocida y depende de los cronogramas de producción establecidos (Hopp y Spearman, 109).

El MRP reconoce que ambos tipos de demanda son distintos y no deben ser tratados de la misma manera, de hecho el procedimiento de MRP considera la relación que existe entre estas demandas y genera cronogramas de pedidos y cantidades que permitirían satisfacer eficientemente la demanda (Hopp y Spearman, 109).

2.2.1. Características del MRP

Una de las funciones importantes del MRP es la de coordinar las órdenes tanto interna como externamente. A las órdenes internas se les llama trabajos y a las órdenes externas se les denomina órdenes de compra. Trabajando hacia atrás a partir de los planes de producción de los productos de demanda independiente para programar la producción o las órdenes de compra de los insumos y componentes de demanda dependiente, se puede cumplir adecuadamente con los productos finales requeridos por la demanda independiente. De esta manera se establece una adecuada relación entre la demanda dependiente y la independiente (Hopp y Spearman, 111).

Pero, antes de explicar en detalle la metodología del MRP es necesario determinar las entradas requeridas para su elaboración, los problemas que se pueden presentar durante su preparación y los supuestos que se realizan, esto se describe a continuación.

2.2.2. Entradas del MRP

En un inicio, es importante mencionar como se maneja el tiempo en la metodología que sigue el MRP. En la mayoría de los sistemas MRP se divide al tiempo en intervalos discretos del mismo tamaño, de esta manera no solo el tiempo es dividido, también se divide la demanda. Toda la demanda que se da en el intervalo de tiempo discreto es acumulada y esta se considera como si fuera una sola en el primer día del intervalo de tiempo. Estos intervalos pueden ser del tipo mensuales, semanales o incluso diarios, esto dependerá de cómo se elabora la planeación de la producción. Sin embargo, existen sistemas que manejan el tiempo de forma continua (Hopp y Spearman, 111).

Entre las principales entradas para el MRP se pueden encontrar el Plan Maestro de Producción (MPS), la lista de materiales para artículos de demanda independiente (BOM) y el estado del inventario. A continuación se describen las entradas para un sistema MRP.

2.2.2.1. Plan Maestro de Producción

El Plan Maestro de Producción o MPS por sus siglas en ingles (Master Production Schedule), es la fuente de demanda en el MRP, en este se encuentran las cantidades y fechas requeridas para todos los productos que poseen una demanda independiente, y por consiguiente provee de la información de la demanda dependiente para los insumos y partes (Hopp y Spearman, 113).

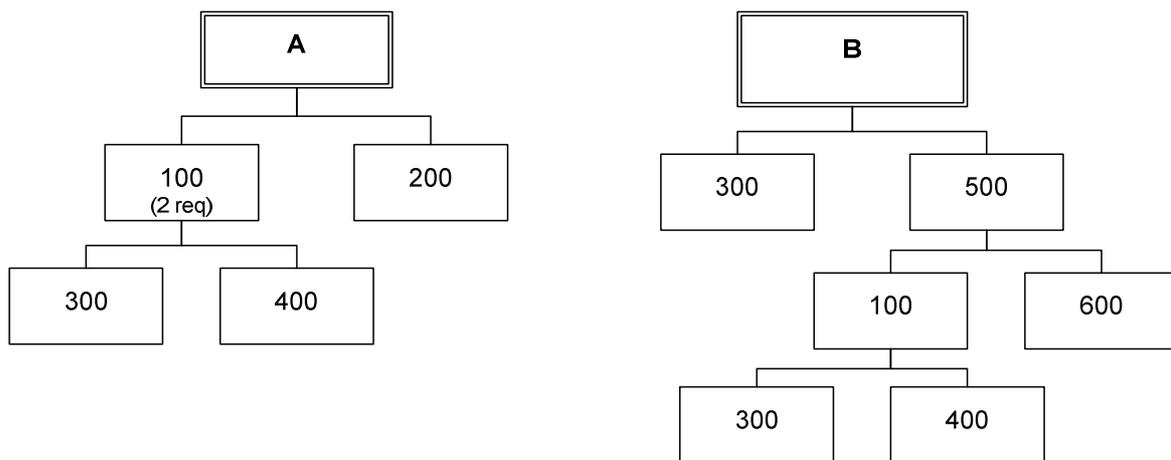
La información más importante en cualquier MPS, para que el MRP pueda iniciar su procedimiento, es la descripción del producto que es requerido, la cantidad que se requiere y la fecha en la que debe estar listo. En base a esta información se obtienen los requerimientos brutos que son la primera entrada del MRP (Hopp y Spearman, 113).

2.2.2.2. Lista Maestra de Insumos

La Lista Maestra de Insumos está compuesta por tres diferentes clases de información (Hopp y Spearman, 114).

Lista de Materiales: También conocida como BOM por sus siglas en ingles (Bill Of Materials). Existe una lista de materiales por cada producto terminado, en esta se listan los insumos, partes y cantidades necesarias para producir ese producto. Para facilitar el procedimiento del MRP, mejorar la planeación de la producción y explotar las economías de escala en las líneas de producción a través de la disminución de setups, se asignan códigos de bajo nivel a los insumos y partes en las BOM, los cuales indican el nivel más bajo en el que se encuentra esa parte en particular con respecto de todas las BOM en las que está incluida esa parte (Hopp y Spearman, 110).

En la Figura 1 se muestran dos listas de materiales para dos productos terminados distintos A y B, como se puede apreciar la parte 100 se encuentra en el nivel 1 en la BOM del producto A, mientras que en el BOM del producto B, la parte 100 se encuentra en un nivel 2. Por lo tanto la parte 100 posee un código de bajo nivel de 2. Esta codificación será de mucha ayuda al momento de desarrollar la MRP participa (Hopp y Spearman, 114).



Fuente: Tomado de Hopp y Spearman, 111.

Figura 1. Listas de Materiales de Productos A y B

Políticas de Loteo: Las políticas de loteo son utilizadas para manejar las cantidades para los pedidos de los insumos, estas cantidades deben ser adecuadamente establecidas para no poseer cantidades excesivas de inventario y al mismo tiempo aprovechar economías de escala, entre estas políticas se encuentran la del tamaño de lote económico (EOQ), Wagner-Whitin (WW), entre otras (Hopp y Spearman, 114).

Tiempos de Reposición Planificados: La planificación de los tiempos de reposición es la que permitirá determinar el comienzo de los trabajos y las fechas en las que las órdenes deben llegar. Esto se realiza tomando en cuenta la fecha de cuando debería estar listo el producto final y restando el tiempo que toma realizar el trabajo o el tiempo en que tardan en llegar las órdenes de compra, se obtiene la fecha en la que se debería iniciar la producción o realizar el pedido;

obteniendo así las partes o insumos justo en el momento que se necesitan (Hopp y Spearman, 114).

Inventario a Mano: Esta entrada detalla el estado del inventario tanto de insumos como de partes que están siendo procesadas y acumuladas en la planta, muestra información sobre la descripción del insumo, la cantidad que se posee y donde se encuentra almacenada (Hopp y Spearman, 115).

Recepciones Programadas: Aquí se listan todas las órdenes que ya han sido realizadas tanto de insumos como de trabajos, eso abarca a todas las órdenes que pronto se llegarán a su fecha de culminación y por lo tanto dejarán de ser recepciones programadas y pasarán a formar parte del inventario. La información mínima que las recepciones programadas deberían proveer son: un identificador ya sea de la orden de compra o número del trabajo que se está realizando, la fecha de entrega, la fecha en la que se lanzó la orden o se inicio el trabajo, la unidad de medida, la cantidad requerida y la cantidad actual que se posee. El conocer toda la información referente a las recepciones programadas permitirá realizar los cálculos de cuánto de la demanda es cubierto por el inventario, órdenes de compra y órdenes de producción, de tal manera que se pueden determinar los requerimientos netos (Hopp y Spearman, 115).

2.2.3. Salidas del MRP

Como resultado de la aplicación del procedimiento del MRP se obtienen tres resultados principales (Hopp y Spearman, 115).

2.2.3.1. Emisión de Órdenes Planificadas

Como su nombre lo indica, la principal salida del MRP son las emisiones de órdenes planificadas, ya sean de producción o de compra. Cada orden planificada corresponde a una sola parte y da información sobre la parte, el número de unidades requeridas y la fecha en que se requieren. Las órdenes planificadas pueden involucrar pedidos de varios clientes, lo cual se puede llegar a dar cuando

estos pedidos son fabricados con partes en común, agregación que se puede alcanzar gracias a la metodología que utiliza el MRP (Hopp y Spearman, 116).

2.2.3.2. Notificación de Cambio

Durante la creación del MRP se pueden encontrar situaciones en las cuales no se puede cumplir con los pedidos o es necesario realizar cambios en la programación de la producción. En estos casos se crean notificaciones de cambio las cuales toman en cuenta estas circunstancias al modificar el plan de producción (Hopp y Spearman, 116).

2.2.3.3. Reportes de Excepción

Los reportes de excepción su dan cuando existen diferencias entre las cifras que se esperan tener y lo que verdaderamente se posee. Por lo general, estos reportes pueden indicar diferencias entre las cantidades de los trabajos realizados, discrepancias en el inventario, entre otras (Hopp y Spearman, 116).

2.2.4. **Mecánica del MRP**

A continuación se explica el procedimiento de cuatro pasos básicos para la elaboración del MRP. Pero, primero se define la notación que utiliza la metodología del MRP según Hopp y Spearman (117):

- D_t : Requerimientos Brutos (demanda) para el periodo t .
- S_t : Recepciones Planificadas de insumos que ya fueron ordenados y arribarán en el periodo t .
- I_t : Inventario proyectado para el final del periodo t , en donde el inventario actual esta dado por I_0 .
- N_t : Requerimientos Netos para el periodo t .

2.2.4.1. Determinación de los Requerimientos Netos

El primer paso en el procedimiento del MRP es la determinación de los requerimientos netos (Hopp y Spearman, 116). Para esto es necesario poseer información sobre el inventario disponible a mano (I_t) y las recepciones

planificadas de órdenes de insumos (S_t). Se asume que la demanda se cubre inicialmente con el inventario disponible, luego con los insumos ordenados, y por último de las órdenes que se realicen a partir del MRP (Hopp y Spearman, 116).

Para las recepciones planificadas se debe determinar, tomando en cuenta los requerimientos brutos y el inventario a mano, si es necesario que sus fechas de llegada sean adelantadas o aplazadas. Para determinar cuándo la primera S_t debería arribar, se calcula (Hopp y Spearman, 117):

$$I_t = I_{t-1} - D_t \quad \forall t \quad (1)$$

Ecuación 1 empieza en $t=1$. Este cálculo se realiza hasta que I_t se vuelva negativo, si esta fecha no es la que corresponde a la del primer S_t , esta deberá ser cambiada (ya sea adelantada o aplazada) a través de una notificación de cambio. Si a pesar esto el I_t aún se encuentra por debajo de cero, la siguiente S_t deberá ser cambiada también. Este procedimiento se repite hasta que ya no existan recepciones planificadas o se termine el horizonte de planeación. Si se da el segundo caso, y aún existen recepciones planificadas, se deberá emitir una notificación de cambio en la cual se establezca que se deberían cancelar esas órdenes o aplazarlas (Hopp y Spearman, 117).

Sin embargo, en la mayoría de casos, el inventario y las recepciones planificadas son los que se agotan antes de satisfacer la demanda. La demanda que no es cubierta ni por el inventario, ni por las órdenes preestablecidas son los requerimientos netos (N_t) (Hopp y Spearman, 117). Al tener organizadas las recepciones planificadas es fácil determinar los requerimientos netos. Se debe establecer t^* como el primer periodo con inventario negativo luego de que ya se hayan ajustado las recepciones planificadas, por lo que los requerimientos netos para los distintos periodos serán (Hopp y Spearman, 117):

$$N_t = \begin{cases} 0 & \text{para } t < t^* \\ I_t & \text{para } t = t^* \\ D_t & \text{para } t > t^* \end{cases} \quad (2)$$

Los requerimientos netos serán la entrada principal de la siguiente etapa (Hopp y Spearman, 118).

2.2.4.2. Loteo

Para satisfacer los requerimientos netos es necesario programar órdenes de cantidades de insumos y órdenes de producción. El MRP asume que las demandas son determinísticas pero no necesariamente que éstas son constantes. Por lo que este problema se reduce a aplicar las políticas de loteo (esta política de loteo debe estar preestablecida de acuerdo a las características del insumo) y colocar la recepción de las órdenes planificadas (planned order receipts) en las fechas requeridas (Hopp y Spearman, 119).

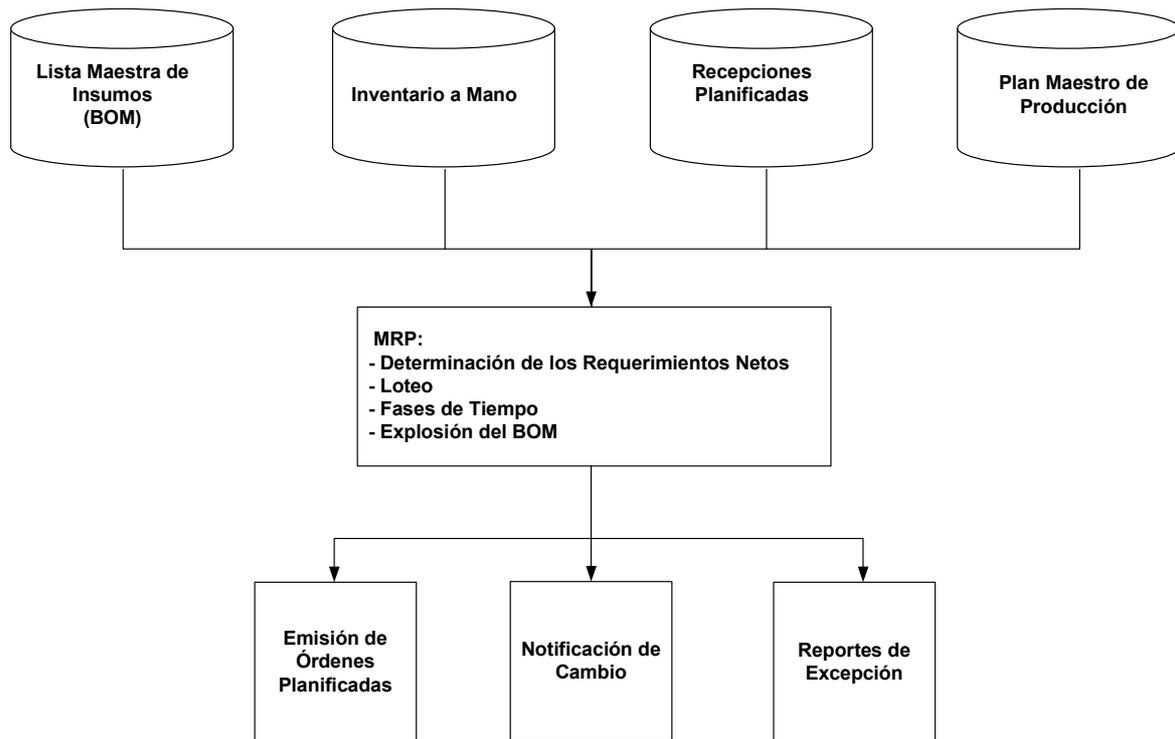
2.2.4.3. Fases de Tiempos

Una vez que se colocaron las fechas en las que las órdenes deben ser recibidas es necesario tomar en cuenta los tiempos de entrega o producción y de acuerdo a estos establecer las fechas en las que se deben emitir las órdenes para que lleguen a tiempo a producción (planned order releases). En la mayoría de aplicaciones de MRP se asume que estos tiempos son fijos (Hopp y Spearman, 119).

2.2.4.4. Explosión del BOM

Cuando se inicia el procedimiento del MRP, es necesario realizarlo para los productos de nivel cero. Debido a esto la planificación de la emisión de órdenes que se obtiene viene a ser el requerimiento bruto para todos los productos de nivel uno. De esta manera al ir ejecutando el MRP se va a ir planificando las órdenes de emisión para todos los insumos involucrados en ese producto (Hopp y Spearman, 119).

Por último, la Figura 2 presenta un esquema en el cual se resume el procedimiento que se detalló anteriormente.



Fuente: Tomado de Hopp y Spearman, 112

Figura 2. Esquema de la Metodología de MRP

2.2.5. Políticas de Loteo

En la sección 2.1 se habló sobre como el control de inventarios permite establecer políticas de loteo eficientes para los insumos de la producción, que dependen de las características que cada insumo posee. Durante la ejecución del MRP se aplican las políticas de loteo de los insumos establecidas para generar las órdenes, ya sean de producción o de compra. El trade-off básico de las políticas de loteo es el realizar varias órdenes pequeñas lo que hará que se incurra en altos costos de pedido ó pocas órdenes grandes lo que ocasionará un aumento en el tamaño de los inventarios (Hopp y Spearman, 119). A continuación se presentan 3 políticas sencillas de loteo:

Lote por Lote: Cuando se decide adoptar una política lote por lote, lo que se pide corresponde a la cantidad exacta que se necesita para ese periodo. Esto significa que en cada periodo que se requiera de ese insumo se colocará una orden, esto ocasiona que se maximicen los costos de setup. La política lote por lote también trae muchas ventajas, es muy sencilla y rápida de aplicar, y no permite que se

acumule inventario en toda la línea de producción. Esta política es aplicada por lo general cuando los costos de setup (ordenar) son mínimos (Hopp y Spearman, 125).

Cantidad Fija de Orden: En esta política se establece una cantidad fija de insumos que siempre se deberá ordenar, aunque el requerimiento sea más pequeño, siempre se ordenará la cantidad establecida. Para establecer la cantidad fija de pedido es necesario tomar en cuenta el trade-off que existe entre los costos de setup y los costos de mantener inventario (Hopp y Spearman, 125).

Orden Fija por Periodo: En esta política se debe establecer una cifra de periodos para los cuales se va a realizar el pedido, la cantidad del pedido dependerá del total de demanda que se acumule durante los periodos establecidos. Es decir, si se escoge producir para un solo periodo estaríamos utilizando la política lote por lote, si se escoge producir para tres periodos se debe sumar la demanda de esos tres periodos y colocar una orden con el total de la demanda acumulada. En el caso de que existan periodos en los que no hay demanda estos no se los toma en cuenta (Hopp y Spearman, 126).

2.2.6. Problemas y Supuestos del MRP

A pesar de brindar soluciones a la problemática de la planificación de los recursos para la producción, la ejecución del MRP necesita generar ciertos supuestos los cuales en muchas de las situaciones reales no se aplican y en estos casos se generan problemas. Los problemas más severos del MRP se describirán a continuación:

Capacidad Infinita: El MRP trabaja con una línea de producción la cual posee tiempos de entrega y producción fijos, estos tiempos son independientes de la cantidad de producción o de cuanto trabajo existe en la planta. De tal manera que se asume que se posee una capacidad infinita de producción. Para enfrentarse a este problema, se debe asegurar que se posee la suficiente capacidad para poder cumplir con el plan maestro de producción (Hopp y Spearman, 131).

Sobreestimación de los Tiempos de Entrega: Con el fin de mantener un alto nivel de servicio al cliente, se practica el utilizar tiempos de entrega prolongados. Esto se debe a que el MRP maneja tiempos fijos de entrega, mientras que la verdadera situación es que la mayoría de tiempos de entrega son aleatorios y varían. Por ejemplo, si una empresa posee tiempos promedios de entrega de dos semanas con una desviación estándar de una semana, con el fin de mantener un buen servicio se establecerán tiempos de entrega de 4 semanas. El problema es que los largos tiempos de entrega obligan a acumular grandes cantidades de inventario (Hopp y Spearman, 132).

Nerviosidad del Sistema: El MRP utiliza como una de sus entradas más importantes al plan maestro de producción y toda la planificación resultante se aplica sólo a las fechas y cantidades establecidas en dicho plan. La nerviosidad del sistema ocurre cuando se dan cambios en el plan maestro de producción y a pesar de que estos cambios sean muy pequeños, estos resultan en grandes modificaciones en la planificación de las órdenes (Hopp y Spearman, 132).

3. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE TATOO CIA. LTDA.

3.1. Determinación de las Políticas Actuales de Manejo de Inventarios de Insumos y Materia Prima

Actualmente en Tatoo Cía. Ltda. se utiliza el sistema de KARDEX para realizar el conteo del inventario y los procesos de adición o disminución del inventario cuando se reciben nuevos pedidos de materia prima o cuando es necesario transferir cierta cantidad de insumos a producción. En algunas ocasiones existen errores en las cifras que constan en el KARDEX con respecto a las existencias reales en la bodega, lo que genera problemas y descoordinación en producción (Tul Mary, entrevista, 2009).

De acuerdo al problema descrito en la sección 1.2., Tatoo Cía. Ltda. no posee ninguna política de control de inventarios y los procedimientos que se realizan no siguen una metodología la cual podría asemejarse a la aplicación de algún modelo existente. Sin embargo, se aprecia que poseen y siguen un procedimiento que les ayuda a obtener cantidades de pedidos que en la mayoría de casos satisfacen la demanda pero ocasionan una serie de errores y complicaciones en el proceso productivo como el no contar con los insumos necesarios para completar el pedido o incurrir en tiempo muerto en la línea de producción debido a retrasos en las entregas (Tul Mary, entrevista, 2009).

3.2. Análisis de los Problemas Encontrados

Debido a las políticas actuales que Tatoo Cía. Ltda. maneja en el control de inventarios, existen distintas situaciones a las que se deben enfrentar, la mayoría de estas podrán ser resueltas a través de la aplicación de modelos matemáticos y esquemas de planeación que se desarrollarán durante este proyecto. Sin embargo, Tatoo Cía. Ltda. tiene ciertos problemas los cuales no serán resueltos a través de esta temática, por esta razón también se presentarán recomendaciones de cómo se debería encarar estas situaciones y los beneficios que conllevará tomar estas decisiones.

Con el fin de tener una mejor apreciación del cuadro que Tatoo Cía. Ltda. enfrenta, se presentarán algunas medidas de desempeño referentes al manejo de inventarios de insumos y materia prima:

- Porcentaje de Interrupciones en Producción
- Porcentaje de Clientes Perjudicados por Falta de Existencias
- Retorno de la Inversión en el Inventario

3.2.1. Porcentaje de Interrupciones en Producción

El porcentaje de interrupciones en producción es una medida de desempeño que ayuda a determinar el nivel de servicio interno en producción ante situaciones en las cuales la falta de insumos provoca alteraciones en el normal desenvolvimiento de la misma (Sánchez, 68-69).

A continuación, en Tabla 1 se muestra la cantidad de veces que Tatroo Cía. Ltda. ha sufrido un paro en producción y el tipo de insumo responsable de aquel paro. Esta información fue provista por Mary Tul, Jefe de Producción de la compañía.

Tabla 1. Insumos que Causaron Interrupciones en Producción en el Año 2008

Producción Tatroo Cía. Ltda. 2008	
Interrupciones en Producción	
Insumos	Cantidad de Interrupciones
Algodón	2
Lona para Mochilas	1
Cierres	4
Transfer	6
Botones Rústicos	3
Elástico con ojal	3
Cordón Cuerda	1
Etiquetas de Cartón (empaquete)	1
Broches de Paso (Cucuy)	3
Total	24

Los insumos por los cuales se produjeron los paros de producción no corresponden a insumos de alto costo o de importación. De acuerdo a Mary Tul, Jefe de Producción, al realizar la planificación de la producción sólo se toma en cuenta la cantidad de telas (insumos importantes) y en base a estas cantidades se determina la cantidad a producir. De esta manera nunca existen faltantes de materia prima costosa, sin embargo durante la planificación no se toma en cuenta la cantidad de los demás insumos (cierres, botones, broches entre otros), por lo tanto se incurre en interrupciones en producción por faltantes.

En Tatio Cía. Ltda. se trabaja cinco días a la semana y 50 semanas al año, por lo que trabajan en total 250 días al año. La Tabla 1, presentada anteriormente, muestra que durante el 2008 existieron paros en la producción 24 días del año lo que nos da un nivel de servicio interno de:

$$\% \text{ nivel de servicio interno} = 100\% - \left(\frac{24}{250} \right) * 100\% = 90.4\% \quad (3)$$

Se determinó que el nivel de servicio interno es del 90.4% y se estableció que este se debe principalmente a interrupciones en producción. Tatio Cía. Ltda. posee un amplio campo en el cual puede mejorar sus operaciones, a través de la realización de una planificación eficiente; y, si se lleva a cabo una adecuada coordinación entre los tiempos de despacho y producción, esta medida de desempeño podría mejorar significativamente.

3.2.2. Porcentaje de Clientes Perjudicados por Falta de Existencias

Tatio Cía. Ltda. posee sedes en 4 países además de Ecuador, estos son Perú, Chile, Colombia y Bolivia. En cada uno de estos países existen tiendas las cuales venden los productos "Tatio". Estas tiendas son los clientes más importantes para la manufacturera de Tatio Cía. Ltda. (que se encuentra en el Ecuador). Como se explicó anteriormente, en la Tabla 1 se muestran las interrupciones que se dieron durante el año 2008 donde en total existieron 24 interrupciones en la producción. También, en la Tabla 1, se identificaron los insumos que no se poseían en la planta y que causaron la paralización de ésta. Adicionalmente, como complemento a esta información, se identificaron los productos que se dejaron de producir debido a la falta de estos insumos, y se realizó un seguimiento acerca de cuáles tiendas Tatio iban a ser abastecidas de estos productos, las cuales fueron perjudicadas al no ser abastecidas a tiempo. Esta información también se pudo obtener con la ayuda del Jefe de Producción. A continuación se presenta la Tabla 3, en la cual se muestran las tiendas Tatio que no fueron abastecidas con los productos requeridos y el insumo faltante que ocasionó la interrupción en producción (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008):

Tabla 2. Clientes Perjudicados por Falta de Existencias

Insumos Faltantes	Incumpliendo Tiendas				
	Chile	Ecuador	Perú	Colombia	Bolivia
Lona para mochilas	*	*	*	*	*
Cierres	*	*	*	*	*
Transfer Logo reflectivo	*	*	*	*	*
Botones rústicos		*			
Elástico con hojal		*			
Cordón Cuerda		*			
Etiquetas de cartón	*	*	*	*	*
Broches paso Cucuy	*	*	*	*	*

Los asteriscos muestran las tiendas que fueron incumplidas, y en el lado izquierdo de la tabla se encuentra el insumo faltante que ocasionó la interrupción en producción. Como se aprecia en la Tabla 3, Tadoo Cía. Ltda. ha incumplido a todos sus clientes al menos una vez al año debido a paros de producción por falta de insumos. Por lo que posee un 100% de clientes perjudicados por falta de existencias.

3.2.3. Retorno de la Inversión en Inventario

Para calcular el retorno del inventario se necesita poseer información sobre el costo de preparación de las órdenes, los costos del espacio ocupado por inventario, costos de la inversión promedio en inventarios y los costos por insuficiencia y penalizaciones en los pedidos (“Return on Investment Ratio Formula, Calculation and Definition” 8).

Actualmente en Tadoo Cía. Ltda. existen limitaciones en la cantidad de información disponible para describir estos costos de manera directa. Para calcular esta medida se aplica la siguiente fórmula (“Return on Investment Ratio Formula, Calculation and Definition” 8):

$$\text{Retorno de la Inversión en Inventario} = \frac{\text{Margen Bruto de Ganancia al Año}}{\text{Inversión Promedio en Inventario Durante el Año}} \quad (4)$$

Como se muestra en la ecuación (4), se necesita el margen de ganancia anual, información que sí se dispone (Mora Patricia, Base de Datos de Contabilidad, 2008). El volumen de ventas anual asciende a \$1'002,717.02, mientras que el valor monetario de las existencias en bodega al año es de

\$578,913.15. Esto resulta en un margen de ganancia anual para Tadoo Cía. Ltda. de \$423,803.87.

Por el contrario, no se lleva un registro adecuado de los costos que corresponden a la inversión promedio en inventario durante el año. Con la ayuda del departamento de producción se obtuvo ésta información, la inversión promedio en inventario durante el año está constituida por los siguientes costos:

Costos del Espacio Ocupado por Inventario al Año: Primero se determinó el espacio de bodega que posee Tadoo Cía. Ltda. para los insumos y se investigó a cuánto asciende en la actualidad la renta del metro cuadrado en bodegas particulares que se encuentran en el sector de la planta de Tadoo Cía. Ltda. Se determinó que el costo mensual del metro cuadrado es de \$3.25 y que el espacio de bodega total es de 22 m², lo que resulta en un costo total anual del espacio ocupado por inventario de \$858.

Costos de la Inversión Promedio en Inventarios al Año: Para determinar este costo, se encontró el valor monetario de las existencias en bodega a diciembre del 2007 (Mora Patricia, Base de Datos de Contabilidad, 2008), y a esta cantidad se le aplicó la tasa de retorno promedio ofrecida por los bancos, para determinar cuánto dinero Tadoo Cía. Ltda. estaría en capacidad de generar si esa cantidad de dinero estuviera invertida en lugar de estar atada al inventario existente. Durante el año 2007, el valor de las existencias fue de \$578,913.15 y la tasa de retorno que se utilizó es del 13.80% (Mora Patricia Base de Datos de Contabilidad, 2008), por lo que el costo de oportunidad en inventario al año es de \$79,890.01.

Costos de Preparación de las Órdenes al Año: Los costos anuales de preparación de las órdenes involucran todos los costos fijos anuales en los que se incurre al realizar y recibir los pedidos de los insumos necesarios para la producción. En promedio, Tadoo Cía. Ltda. realiza anualmente la cantidad de 453 órdenes a proveedores nacionales y 15 órdenes a proveedores internacionales. El costo en promedio de realizar una orden de compra a un proveedor nacional es de \$10 mientras que el costo promedio de realizar un pedido a un proveedor extranjero es de \$2530.

Tabla 3. Entradas para Cálculo del Retorno de la Inversión en Inventario

Referencia	Valor (\$)
Margen de Ganancia (2007)	423,803.87
Inversión Promedio en Inventario (2007)	183,228.01

El cálculo del Retorno de la Inversión en Inventario se presenta a continuación:

$$\text{Retorno de la Inversión en Inventario} = \frac{423,803.87}{183,228.01} = 2.31$$

La medida de desempeño mayor a uno demuestra que el margen de ganancia de Tatio Cía. Ltda. es mayor a la inversión promedio en inventario para el año 2007. La Empresa desea mejorar esta medida de desempeño considerando que en el presente análisis no se han tomado en cuenta los costos por falta de existencias (ventas perdidas).

3.3. Determinación de los Insumos Más Importantes

Como se explicó anteriormente en el alcance del proyecto (capítulo 1), es necesario determinar los insumos más representativos para Tatio Cía. Ltda. Para esto, es necesario inicialmente determinar cuáles son los productos más representativos para la Empresa (Narasimhan, McLeavey, Billington, 95). Distintas características de los productos se pueden tomar en cuenta al realizar la clasificación, por lo tanto para clasificar los productos se podrían utilizar aspectos como volumen de producción, volumen de ventas, costos de producción, entre otros (Narasimhan, McLeavey, Billington, 95).

Junto con el Jefe de Producción, Mary Tul, se concluyó que lo más importante para Tatio Cía. Ltda. es establecer cuáles son los insumos que producen los mayores costos para la Empresa. Para esto, inicialmente se recopiló información referente a los productos terminados que le representan mayores ganancias a la Empresa. Esta lista se encuentra en el Anexo A.1 y está conformada por diez productos terminados manufacturados por Tatio Cía. Ltda. Estos diez productos fueron escogidos por la Jefe de Producción debido a que, de

acuerdo con su base de datos del año 2008, son los que más ventas tuvieron y por consiguiente, los que más ganancias generaron. De estos diez productos, se obtuvieron las hojas técnicas en las cuales se listan todos los insumos que conforman cada producto, en estas hojas técnicas también se encuentra información sobre el costo que cada insumo representa para la generación de cada producto, de la misma manera esta información fue provista por la Jefa de Producción Mary Tul (Anexo A.2). Adicionalmente, en base a las hojas técnicas se pudieron identificar insumos que eran comunes entre los productos (es decir se utilizaba el mismo insumo para varios productos). Estos insumos fueron identificados y a partir de ellos se generó una lista de insumos comunes con los que se trabajará más adelante (Anexo A.3). A partir de esta lista se llevo a cabo la determinación de que insumos representan la mayor cantidad de costos para Tatio Cía. Ltda.

En colaboración con el Jefe de Producción, se obtuvieron las cantidades producidas de los artículos terminados listados en el Anexo A.1 (durante el año 2008); y, para cada uno de los insumos comunes pertenecientes a cada producto, se obtuvo el costo total en el que se incurrió en aquel insumo al multiplicar el costo unitario de material por la cantidad total de insumo utilizado en la confección de la cantidad total de artículo terminado. Este procedimiento se repitió para todos los insumos comunes en cada uno de los artículos representativos; y, finalmente se sumaron los costos totales a través de todos los productos. Por último, se creó una tabla con todos los insumos comunes y sus respectivos costos totales (Anexo A.4).

Un vez que se encontraron los costos de producción de los insumos comunes, se utilizó el sistema ABC de costos para realizar la clasificación (Narasimhan, McLeavey, Billington, 95). De acuerdo con Narasimhan y otros (96), este sistema divide a los insumos en tres categorías. La categoría A corresponde a los insumos de mayor importancia en función de costos. Los insumos en esta categoría representan entre el 15% y 20% de la cantidad total de insumos; y, corresponden al 80% del costo global de todos los insumos. La categoría B es de importancia media y representa entre 30% y 40% de los insumos los cuales equivalen al 15% de los costos globales. Por último, la categoría C engloba entre el 40% y 55% de los artículos que representan el 5% de los costos totales.

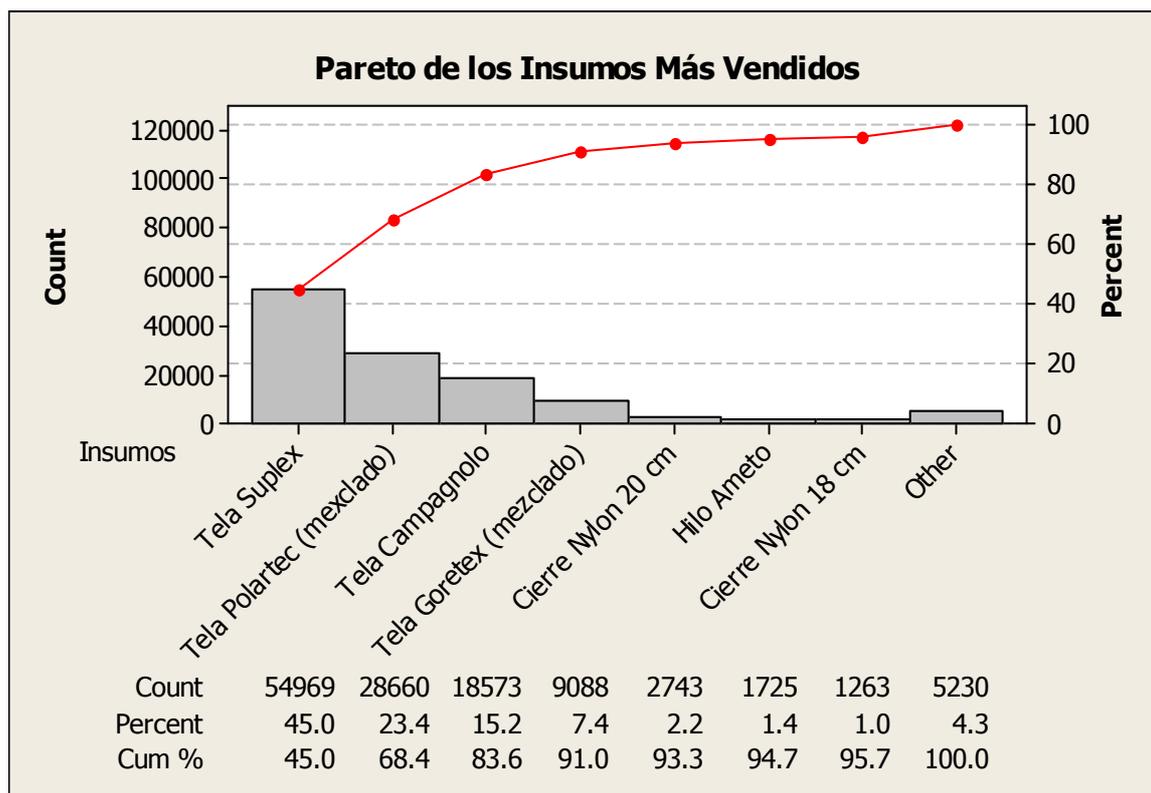
En la Tabla 4 se muestra la clasificación ABC para los insumos y cada categoría está dividida por colores. En Tabla 4 también se presenta el porcentaje acumulado del costo total y se puede apreciar como el aumento de este porcentaje marca las divisiones entre cada categoría.

Tabla 4. Clasificación ABC para los Insumos Más Representativos

Categoría	Insumos	Costo (US\$)	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
A	Tela Suplex	54,968.56	45%	45%
	Telas Polartec	28,659.50	23%	68.41%
	Tela Campagnolo	18,572.81	15%	83.60%
B	Tela Goretex (mezclado)	9,088.42	7%	91.03%
	Cierre Nylon 20 cm	2,743.03	2%	93.28%
	Hilo Ameto	1,725.44	1%	94.69%
	Cierre Nylon 18 cm	1,262.98	1%	95.72%
C	Logo Tatroo Reflectivo	1,109.26	1%	96.63%
	Tip Ends punteras	770.25	1%	97.26%
	Velcro nacional	587.96	0%	97.74%
	Tatroo 001	546.11	0%	98.19%
	Broche B642-0000-342C	429.57	0%	98.54%
	Tatroo 007	399.83	0%	98.87%
	Hilo Nylon	344.85	0%	99.15%
	Tatroo 005	320.85	0%	99.41%
	Tatroo 002	261.8	0%	99.62%
	Broche N40-0000-342C	165.45	0%	99.76%
	Broche N39-0000-342C	165.45	0%	99.90%
	Lycra	111.24	0%	99.99%
	Marquilla Talla	17.09	0%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia. Base de Datos Tatroo Cía. Ltda. 2008

A continuación, en la Figura 3 se presenta un diagrama de Pareto en el cual se pueden distinguir los insumos más representativos para la Empresa.



Fuente: Elaboración Propia. Base de Datos Tatroo Cía. Ltda. 2008

Figura 3. Diagrama de Pareto de los Insumos Más Representativos

Como se puede apreciar en la Tabla 4, los insumos pertenecientes a la categoría A son: Tela Suplex, Telas Polartec y Tela Campagnolo. Los insumos pertenecientes a la categoría B son: Tela Goretex, Cierre Nylon 20 cm, Hilo Ameto y el Cierre Nylon 18 cm. Todos los demás insumos que no se han mencionado pertenecen a la categoría C.

3.3.1. Recolección de Información General de Insumos Seleccionados

La información que se recolectó resume datos generales de los insumos seleccionados, con el fin de conocer con cuales productos se está tratando y a la vez poseer un panorama general de la situación a la que la Empresa se enfrenta. Parte de esta información nos ayudará en el desarrollo de las políticas de loteo.

3.3.1.1. Tela Suplex

La Tela Suplex es la más utilizada, se encuentra en 8 de los 10 productos más vendidos por Tatoon Cía. Ltda. Su proveedor es Fabridor y se localiza cerca a la fábrica de Tatoon Cía. Ltda. La Tela Suplex es 100% nylon con tejido plano y secado rápido, se la utiliza para la elaboración de prendas como pantalones, blusas y camisas que se utilizan durante la realización de deportes extremos. También se la utiliza como tela secundaria en los productos Polartec (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008).

Los tiempos de entrega para este insumo van de uno a dos días cuando Fabridor posee el producto en inventario y de 60 a 90 días cuando no está en inventario. El costo unitario de la Tela Suplex es de \$3.20 el metro. El pedido mínimo es de 10 metros (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008).

3.3.1.2. Telas Polartec

Polartec es la empresa que abastece a Tatoon Cía. Ltda. con telas especializadas. Posee varias sedes en diferentes países aunque no tiene presencia en el Ecuador, por lo que es necesario realizar una importación cuando se requiere comprar cualquier insumo proveniente de la misma. Entre la amplia gama de telas que ofrece Polartec se reconocieron tres tipos de telas, dichas telas son las que más son consumidas por Tatoon Cía. Ltda. Estas tres telas fueron agrupadas debido a que al realizar un pedido a Polartec es necesario consolidar los órdenes de todos los insumos que se requieren, con el fin de minimizar los costos de transporte. Para los tres tipos de tela, los tiempos de entrega son de 85 a 100 días en total, su transporte es en contenedor y su llegada a Ecuador se da por vía marítima (Carreño Mauricio, entrevista 2009). A continuación se describirán estas tres telas:

Thermal Pro: Es una tela de tejido duradero. Su tela es de tipo aislante, la que permite mantener el calor corporal y confort en todo tipo de actividades. La superficie es de forma polar con pelo corto. Su costo por metro es de \$14.40 y su mínimo de producción es de 300 metros (Carreño Mauricio, entrevista 2009).

Thermal Pro Rib Sweater: Su elaboración es de 100% poliéster, no es repelente ni a la llovizna ni a la nieve, su tejido es de punto y se seca rápidamente. El costo por metro de la tela Thermal Pro Rib Sweater es de \$13.79, y su mínimo de pedido es de 500 metros (Carreño Mauricio, entrevista 2009).

Power Stretch: Está diseñada para que se ajuste al cuerpo y mantenga la piel seca cuando se suda, mantiene la temperatura normal del cuerpo y su consistencia la hace resistente al viento y a la abrasión. El costo de la tela Power Stretch es de \$19.56 por metro, y su mínimo de pedido es de 500 metros (Carreño Mauricio, entrevista 2009).

3.3.1.3. Tela Campagnolo

La Tela Campagnolo es producida por la compañía TexLafayette, la cual se encuentra ubicada en la frontera de Ecuador con Colombia. Sin embargo, la entrega de la tela es responsabilidad de TexLafayette y se realiza a través de camiones (no se realizan importaciones de Tela Campagnolo). Esta tela se utiliza para ropa de la línea técnica, siendo insumo de dos productos (Sajama e Illampu). Está hecha de 100% poliéster, posee tejido en punto y tiene la propiedad de absorción rápida y expulsión de la humedad (Carreño Mauricio, entrevista 2009).

Sus tiempos de entrega, si TexLafayette la posee en inventario, son de 18 a 20 días; mientras que cuando no se encuentra en inventario, se tarda entre 30 y 40 días. El costo por metro de la tela Campagnolo es de \$3.81 y el mínimo de pedido es de 500 metros (Carreño Mauricio, entrevista 2009).

4. CONTROL DE INVENTARIOS

En esta sección se desarrollará una metodología que puede ser aplicada por Tatio Cía. Ltda. para la determinación de políticas de loteo adecuadas para sus insumos. En este caso específico, se obtendrán las políticas de loteo para los tres insumos económicamente más representativos para Tatio Cía. Ltda. (los cuales se obtuvieron a través de la clasificación ABC realizada en la sección 3.3).

4.1. Determinación de las Características de los Insumos

Una vez que se determinaron los insumos más importantes para Tatio Cía. Ltda., es necesario definir ciertas características de los mismos, las cuales nos permitirán establecer modelos de inventarios aplicables para cada uno de ellos. En la sección 2.1.4 se detallaron seis características importantes que deben ser tomadas en cuenta al momento de determinar un modelo de inventarios adecuado. A continuación, se presentan las seis características que ayudarán a determinar la política de inventario adecuada para cada uno de los tres insumos más importantes de Tatio Cía. Ltda.

4.1.1. Características Tela Suplex

- Tiempo: El tiempo que se considerará es del tipo discreto.
- Producto: La Tela Suplex posee presentaciones en distintos colores, pero para este estudio se trabajará con la tela de color habano debido a que es la más utilizada en producción. Por lo tanto, se tomará en cuenta este insumo como producto único.
- Costos de ordenar: Tatio Cía. Ltda. sí incurre en costos fijos de orden al realizar los pedidos de este insumo.
- Incertidumbre en la demanda: La demanda es conocida.
- Distribución de la demanda: La demanda es variable.
- Horizonte de planeación: Se utilizará un horizonte de planeación finito.

4.1.2. Características Telas Polartec

- Tiempo: El tiempo que se considerará es del tipo discreto.
- Producto: Debido a que en el caso de las Telas Polartec las compras deben involucrar varios tipos de telas, se considerarán múltiples productos.
- Costos de Ordenar: Tadoo Cía. Ltda. sí incurre en costos fijos de pedido al realizar las órdenes de compra.
- Incertidumbre en la demanda: La demanda es conocida.
- Distribución de la demanda: La demanda es variable.
- Horizonte de planeación: Se utilizará un horizonte de planeación finito.

4.1.3. Características Telas Campagnolo

- Tiempo: El tiempo que se considerará es del tipo discreto.
- Producto: La Tela Campagnolo posee presentaciones en distintos colores, pero para este estudio se trabajará sólo con la tela de color negro debido a que es la más utilizada en producción.
- Costos de Ordenar: Tadoo Cía. Ltda. sí incurre en costos al realizar las órdenes de compra.
- Incertidumbre en la demanda: La demanda es conocida.
- Distribución de la demanda: La demanda es variable.
- Horizonte de planeación: Se utilizará un horizonte de planeación finito.

4.2. Modelos de Inventarios para los Insumos de Tadoo Cía. Ltda.

Como se describió en la sección 4.1., las características de la Tela Suplex y de la Tela Campagnolo son idénticas, mientras que el conjunto de Telas Polartec posee características totalmente distintas a las otras dos.

A través de una revisión literaria acerca de modelos de inventarios que puedan aplicarse a la situación de Tadoo Cía. Ltda., tomando en consideración las características de los insumos principales, se encontraron dos modelos que pueden ser bastante útiles en cada caso. A continuación, se describirán ambos modelos y la forma en la que se lleva a cabo su aplicación.

4.2.1. Modelo de Inventarios Silver – Meal

Este modelo fue desarrollado por Edward Silver y Harlan Meal, y propone una modificación al modelo básico del Tamaño Económico de Pedido (EOQ por sus siglas en inglés) para llegar a determinar cómo se deberían realizar los pedidos si la demanda que se posee es conocida pero no es constante (Silver, Meal, 52). En cuanto a las demás características que posee este modelo se observa que es aplicable a situaciones con horizontes de planeación finitos, además establece políticas para productos únicos, utiliza costos de pedido, costos del artículo y costos de mantener el inventario (Silver, Meal, 52).

Las características tanto de la Tela Suplex como de la Tela Campagnolo (las cuales fueron detalladas en la sección 4.1.) se ajustan perfectamente a la descripción del modelo Silver – Meal, lo que hace de este modelo un candidato idóneo para establecer las políticas de reabastecimiento para estas dos telas. Para ilustrar la aplicación del modelo más adelante se realizará un ejemplo con demanda real para la Tela Suplex.

De manera general, el procedimiento para ejecutar el modelo Silver – Meal empieza determinando los parámetros que requiere, estos son (Silver, Meal, 53):

- T : el lapso de tiempo que el pedido actual durará
- $F(T)$: la demanda en el tiempo T
- S : el costo de colocar una orden
- C : el costo estándar por unidad
- I : el costo de mantener en inventario una unidad por un periodo

Tomando estos parámetros en cuenta, T se expresa de la siguiente manera:

$$T = \sqrt{\frac{2S}{CIF(T)}} \quad (5)$$

A partir de esto, para calcular el tiempo de suministro que se debería ordenar al hacer un pedido, se utiliza la siguiente expresión (la cual se deriva de 7):

$$T^2 F(T) = \frac{2S}{CI} \quad (6)$$

Este cálculo se realiza de manera iterativa, probando el lado izquierdo de la ecuación (8) para valores enteros incrementales de T_i hasta que se alcanza lo siguiente:

$$T_i^2 F(T_i) \geq \frac{2S}{CI} \quad (7)$$

Por último, T se calcula resolviendo la siguiente ecuación:

$$T = \sqrt{\frac{2S}{CIF(T_i)}} \quad (8)$$

El T que se obtiene es el tiempo que debe durar en existencias el pedido que se va a realizar, y por consiguiente (sumando las demandas de cada periodo durante el lapso de tiempo que envuelve T) se obtiene la cantidad que se debería ordenar (Silver, Meal, 54).

Una vez determinado el primer pedido, al punto en el tiempo en el que éste termina se lo establece como $T = 0$, y éste será el punto de partida para poder establecer el segundo pedido. Así se repite el procedimiento mencionado hasta que los periodos de demanda se terminan (Silver, Meal, 54).

4.2.2. Método Heurístico para el Problema del Tamaño de Lote Dinámico con Productos Múltiples

En este modelo se analiza la situación de productos múltiples que pueden ser consolidados durante el despacho. El modelo fue elaborado por Paul Iyogun y se basa en el modelo de Silver-Meal (el modelo explicado en la sección 4.2.1), por lo que se lo denomina modelo Silver-Meal Generalizado (Heurístico GSM2) (Iyogun, 889). Es aplicable en situaciones en las que se posee demanda conocida pero que no es constante, donde todos los costos involucrados no varían en el tiempo, además se incurre en costos al ordenar cualquiera de los productos y un costo extra si otro producto es añadido en la orden. Finalmente, se poseen costos de mantener inventario y costos unitarios del producto (Iyogun, 890).

Tomando en cuenta sus características, este modelo es el candidato ideal para generar políticas de inventario en el conjunto de Telas Polartec. A continuación se muestra el procedimiento del heurístico.

El modelo busca determinar un cronograma de pedidos para todos los insumos relacionados, el cual minimice el costo total durante todo el horizonte de planeación. Para esto, el heurístico considera dos costos de ordenar; A_0 que es el costo común de colocar una orden de cualquiera de los productos que se están estudiando, y A_i que es un costo específico en el que se incurre cada vez que se agrega un producto más a la orden que ya se estableció. Los costos de mantener inventario son expresados como fracción decimal del costo unitario del producto por periodo y se utiliza la letra h para representarlos (Iyogun, 891).

La demanda en cada periodo se la expresa como d_{ij} , en donde i representa el producto que se está analizando y j el periodo.

Para la aplicación del modelo, T será el último periodo en el cual se colocó una orden y $L_i \leq T$ será el último periodo en el cual el producto i fue ordenado. De aquí en adelante, en cualquier tiempo $t > T$, dos decisiones deberán ser tomadas: el colocar o no una orden de pedido, y si es el caso, permitir que un producto con $L_i < T$ se una a la orden realizada en el periodo T .

Sea:

$$SM_{it}(A_i) = \frac{A_i + h_i \sum_j^t L_i (j - L_i) d_{ij}}{t - L_i + 1} \quad (9)$$

$$g_i(t) = h_i (T - L_i) \sum_{j=T}^t d_{ij} - A_i \quad (10)$$

El procedimiento para la aplicación del heurístico se muestra a continuación:

Inicio: Establecer un conjunto C que contenga todos los productos y un conjunto R que sea un conjunto vacío. Dejar $T = t = 1$.

Paso 1: Calcular $SM_{it}(A_i)$ para cada i que pertenece a C .

Si $SM_{it}(A_i) > SM_{it-1}$ y $g_i(t-1) > 0$, mover i desde C a R y establecer L_i como T .

Paso 2: Calcular $SM_{it}(A_i)$ para todo i .

Si $SM_{it}(A_i) > SM_{it-1}(A_i)$, determinar Δ_{it} utilizando

$$SM_{it}(A_i + \Delta_{it}) = SM_{it-1}(A_i + \Delta_{it}) \quad (11)$$

Si $\sum_i \Delta_{it} \geq A_0$, proceder al paso 3, caso contrario hacer $t \leftarrow t+1$ y repetir los pasos 1 y 2.

Paso 3: Establecer $T \leftarrow t$ y reordenar en T . Hacer $R = \{i | \Delta_{it} > 0\}$ y $L_i = T$ si es que i pertenece a R . Volver al paso 1 hasta que $t = H$.

Más adelante se presentará un ejemplo de cómo se aplica el modelo con datos reales para el caso de reabastecimiento de la Tela Polartec.

4.3. Desarrollo de los Modelos de Inventario Seleccionados

Para ilustrar la forma en la que Tadoo Cía. Ltda. debería aplicar los dos modelos de inventario anteriormente descritos, en los insumos más representativos, se desarrollará un ejemplo en cada caso.

4.3.1. *Aplicación de la Política de Inventario para Tela Suplex y Tela Campagnolo*

4.3.1.1. Entradas para el Modelo Silver-Meal

Antes de desarrollar el modelo es necesario determinar la información que se requiere. Los datos para la aplicación del modelo Silver – Meal, en su mayoría, se los obtuvieron a través de la Base de Datos de Producción, sólo en el caso de los costos de ordenar fue necesario realizar un análisis del proceso de aprovisionamiento para determinar su valor.

La demanda que se utilizará para desarrollar el ejemplo son las cantidades que Tadoo Cía. Ltda. requiere para la producción de artículos cuyo insumo principal es la Tela Suplex color Habano durante los cuatro primeros meses del año 2009 (se escoge el color habano debido a que es el color que más se utiliza). En la Tabla 5 se presenta la demanda de la Tela Suplex color Habano.

Tabla 5. Demanda de Suplex para los Primeros Cuatro Meses del Año 2009

Periodo	Tela Suplex color Habano (metros)
Enero	207
Febrero	0
Marzo	570
Abril	189

Para determinar las entradas necesarias con el fin de desarrollar el modelo Silver – Meal, fue necesario establecer algunos de los costos que Tatio Cía. Ltda. maneja. A continuación se explicará como se determinó cada una de las entradas requeridas para el modelo.

En primer lugar, el costo estándar por unidad (C) para la Tela Suplex color Habano es de 3.20 \$/metro.

Luego, para determinar el costo de colocar una orden (S) de Tela Suplex color Habano, se deben considerar los siguientes costos (Chopra y Meindl, 294):

- Los costos referentes al tiempo que le toma al comprador establecer la orden. En nuestro caso, se deben considerar el sueldo del comprador y el costo de los servicios de teléfono y electricidad. A partir de la información proporcionada por Tatio Cía. Ltda., el comprador tarda en promedio 40 minutos para realizar todas las actividades involucradas en completar un pedido (revisar cuanto inventario se posee, determinar la cantidad a pedir, llamar al proveedor, etc.). Este es el tiempo que se toma para determinar el costo total del comprador para establecer una orden. Primero, para determinar el costo por minuto de tiempo utilizado por un comprador se determinó que el sueldo promedio de un asistente administrativo es de \$300 por mes sin beneficios. Con esta información se realizó el siguiente cálculo (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008):

$$300 \frac{\$}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{20 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{6 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 0.042 \frac{\$}{\text{min}}$$

Lo que resulta en un costo para el pago del comprador (por los 40 minutos) de 1.67 \$/orden.

Adicionalmente, el costo de la utilización de teléfono por orden es de 0.96 \$/orden, mientras que el costo del uso de la electricidad por orden es de 0.05 \$/orden.

Por lo tanto, el costo total del tiempo del comprador para establecer una orden de Tela Suplex color Habano es de 2.68 \$/orden.

- El costo de transporte por orden. Cada vez que se realiza un pedido de Tela Suplex color Habano, se incurre en un costo de transporte de 7 \$/orden. Este costo corresponde a lo que el encargado de realizar los despachos factura por cada entrega que realiza de Tela Suplex entre Fabridor (el proveedor) y Tadoo Cía. Ltda.
- El costo fijo de recibir que no depende de la cantidad de pedido en una orden. Este costo se refiere al tiempo que se emplea en realizar todas las actividades que se ejecutan siempre que se coloca un pedido sin importar el tamaño de la orden. En el caso de Tadoo Cía. Ltda., este costo corresponde a ingresar la orden en el KARDEX, recoger documentos del despacho tales como facturas, notas de pedido, etc. El tiempo promedio de estas actividades es de 20 minutos, estas actividades son realizadas por dos trabajadores de planta. El sueldo que Tadoo Cía. Ltda. maneja para un trabajador de planta es de \$240 por mes (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008), por lo tanto el costo por minuto de dos trabajadores es:

$$480 \frac{\$}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{20 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 0.05 \frac{\$}{\text{min}}$$

Con esto, el costo de recibir por orden es de 1 \$/orden.

Por lo tanto, el costo de ordenar (S) para la Tela Suplex es la suma de los tres costos anteriormente descritos, esto es igual a 10.68 \$/orden.

Por último, de acuerdo a Chopra y Meindl (294), el costo de mantener el inventario (I) involucra:

- El Costo de Capital. Generalmente es el componente dominante en el costo de mantener el inventario. De acuerdo a Blank y Tarquin (30), en general el obtener capital siempre cuesta dinero en la forma de interés,

el cual si se establece en la forma de una tasa porcentual recibe el nombre de costo del capital. El costo promedio ponderado de capital (CPCC) sirve como base para establecer la tasa mínima atractiva de rendimiento de una Empresa, la cual se utiliza como criterio para aceptar o rechazar una alternativa de inversión (Blank y Tarquin, 31). El Costo de Capital que Tadoo Cía. Ltda. maneja es del 7% anual. Siendo ésta una tasa de interés efectiva anual, se necesita determinar la tasa de interés efectiva mensual debido a que la información de demanda que se posee está dada en periodos mensuales. Por lo tanto (Blank y Tarquin, 141):

$$i_e = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1 \quad (12)$$

$$CPPC = \left(1 + \frac{0.07}{12}\right)^1 - 1 = 0.583\% \text{ mensual}$$

Dada esta tasa se obtiene la parte del costo de mantener inventario correspondiente al Costo de Capital para la Empresa:

$$3.20\$/\text{metro} * 0.00583 = 0.019 \$/\text{metro/ms}$$

- El costo de conteos físicos del inventario. Tadoo Cía. Ltda. realiza dos tipos de revisiones físicas de las existencias en bodega y del espacio utilizado por las mismas. La primera es una revisión que se la realiza tres veces al año (por lo general cada tres meses). Cada una es realizada durante 8 días laborables, con dos personas trabajando tiempo completo. El costo total de realizar el primer tipo de revisión física es de \$1582.84. El segundo tipo de revisión física se realiza al final del año, dura 2 días e involucra a 10 personas. Su costo total es de \$659.52. Consecuentemente, el costo total anual de las revisiones físicas de inventario es de \$2242.36. Lo que equivale a un costo por conteos físicos de \$186.86 por mes. Este costo en unidades de dólares por metro por mes se establece en función del inventario promedio que se lleva en bodega en un periodo. Para esto, se toman en cuenta los insumos más representativos para Tadoo Cía. Ltda. (Tela Suplex, Tela Campagnolo y el conjunto de Telas Polartec), y se calcula el inventario promedio que se lleva en bodega por mes, el cual asciende a 700

metros. Por lo tanto, se tiene que el costo de los conteos físicos en dólares por metro por mes es de:

$$186.86 \frac{\$}{\text{mes}} * \frac{1}{700 \text{ metros}} = 0.267 \$/\text{metro/mes}$$

- El costo del espacio físico promedio utilizado. El espacio promedio utilizado por un rollo de Tela Suplex es de 0.45 m², donde cada rollo posee 40 metros de tela. Tatroo Cía. Ltda. no tiene establecido un costo por metro de uso de bodega, por lo que se investigaron varios sitios de renta de bodegas ubicados en el mismo sector que la planta de la Empresa, y se determinó que el costo de alquilar un metro cuadrado de bodega al mes es de 3.25 \$/m². Tomando en cuenta que si en 0.45 m² se almacena un rollo de 40 metros de Tela Suplex, un metro de tela ocuparía 0.0113 m². Por lo tanto, el costo del espacio ocupado por metro de Tela Suplex al mes es de 0.037 \$/metro/mes.

Por lo tanto el costo de mantener inventario (I) es de 0.323 \$/metro/mes.

A continuación en la Tabla 6 se resumen las entradas para desarrollar el modelo de inventarios Silver-Meal.

Tabla 6. Entradas para Desarrollar el Modelo de Silver – Meal

Parámetros para el Modelo Silver - Meal	
T_i	$i = 1, 2, 3, 4$
$F(T)$	Referirse a la Tabla 5
S	10.68 \$/orden
C	3.20 \$/metro
I	0.323 \$/metro/mes

4.3.1.2. Aplicación del Modelo Silver-Meal

Tomando en cuenta la información de las Tablas 5 y 6, además de la consideración de que no se posee Tela Suplex en inventario, se procede a la aplicación del modelo Silver-Meal para determinar cuándo y en qué cantidad se deben realizar los pedidos para este insumo.

En nuestro ejemplo, tenemos que el lado derecho de la ecuación (8) se evalúa de la siguiente forma:

$$\frac{2S}{CI} = 20.67$$

Una vez determinado este valor, se inicia el algoritmo partiendo del tiempo cero y estableciendo $T = 0$. Para este punto del tiempo se debe determinar si se debe recibir una orden de reabastecimiento para satisfacer la demanda. Para ello, se debe realizar el siguiente cálculo para determinar si se debe colocar una orden de tal forma que ésta arribe al inicio de este periodo al que se lo denomina Periodo 1.

$$T_1 = 1 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 207 > 20.67$$

Dado que se excede la cantidad a la derecha de la ecuación (7), se establece que sí es necesario colocar una orden, el reabastecimiento debe arribar al inicio del Periodo 1. El tamaño de la orden corresponde a la cantidad demandada durante el periodo T que se establece a partir de la ecuación (8):

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{207}} = 0.316$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (207)(0.316) = 65.41$$

Por lo tanto, el primer pedido que se debería realizar es por 65.41 metros de Tela Suplex, el cual debería arribar al inicio del Periodo 1 (tiempo cero) y duraría hasta el tiempo 0.316 meses de este primer periodo (aproximadamente 10 días).

Luego, se debe determinar si se debe realizar otra orden, por lo que el tiempo 0.316 meses se establece como el nuevo $T = 0$, y se vuelve a analizar si es necesario colocar una orden, de tal forma que el reabastecimiento sea recibido en el tiempo $t = 0.316$ meses.

Debido a que ya se colocó una orden para el Periodo 1, parte de la demanda total correspondiente a este periodo ya fue satisfecha y se ha recorrido parcialmente el tiempo dentro del Periodo 1. Ahora, para determinar si es necesario colocar una segunda orden en el primer periodo, se debe establecer nuevamente un T_1 (esto se debe a que previamente ya se colocó una orden para el Periodo 1, si no se la hubiera colocado significaría que no son necesarias más órdenes para este periodo, y se continuaría al siguiente periodo con T_2). En este caso, T_1 resulta ser igual a:

$$T_1 = 1 - 0.316 = 0.684$$

Se utiliza este T_1 para calcular:

$$T_1 = 0.684 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 96.85 > 20.67$$

Dado que aquí también se excede la cantidad a la derecha de la ecuación (7), se establece que sí es necesario colocar una orden para que arribe en este punto. El tamaño de la orden corresponde a la cantidad demandada durante el siguiente periodo T :

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{207}} = 0.316$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (207)(0.316) = 65.41$$

Como se puede apreciar, el tamaño de la orden no varía con respecto al primer pedido, esto se debe a que ninguno de los componentes para calcular T se ven afectados por el establecimiento de un nuevo comienzo para T .

La segunda orden debería ser por 65.41 metros de Tela Suplex, y debería ser realizada de tal forma que el reabastecimiento se produzca en el momento 0.316 meses y dure hasta el momento 0.632 meses (0.316+0.316) del primer periodo.

Ahora, se establece 0.632 meses como $T = 0$. Tenemos:

$$T_1 = 1 - 0.632 = 0.368$$

$$T_1 = 0.368 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 28.03 > 20.67$$

Nuevamente es necesario colocar una orden.

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{207}} = 0.316$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (207)(0.316) = 65.41$$

Esta es la tercera orden que debería ser realizada durante el primer periodo, su tamaño de manera similar es de 65.41 metros de tela y, debe arribar en el momento 0.632 meses y durar hasta el momento 0.948 meses del primer periodo.

Se establece 0.948 meses como $T = 0$. Tenemos:

$$T_1 = 1 - 0.948 = 0.052$$

$$T_1 = 0.052 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 0.560 < 20.67$$

En este caso, se aprecia que el lado derecho de la ecuación (7) es menor, por lo que el resto de Tela Suplex que falta por ordenar de los 207 metros para el primer periodo será cubierto en la próxima orden.

Debido a que no se colocó ninguna orden en esta iteración, $T = 0$ sigue estando en el tiempo $t = 0.948$ meses y se continua al siguiente periodo (T_i) hasta llegar al punto en el que se deba colocar otra orden. En el presente caso, pasamos al Periodo 2 con:

$$T_2 = 0.052 + 1 = 1.052$$

$$T_2 = 1.052 \quad F(T_2) = 0 \quad T_2^2 F(T_2) = 0 < 20.67$$

De esta forma, se establece que la demanda del Periodo 2 aún es insuficiente para generar el siguiente pedido. Por este motivo, se procede al Periodo 3.

$$T_3 = 2.052 \quad F(T_3) = 570 \quad T_3^2 F(T_3) = 2400.10 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{570}} = 0.19$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (0.052)(207) + (0) + (570)(0.19) = 119.30$$

Para una parte de la demanda del Periodo 3 si es necesario colocar una nueva orden (cuarta orden contando desde el tiempo cero), ésta se la debe realizar para que arribe en el momento 0.948 meses (final del primer periodo) y se termine en el momento 2.19 meses (luego del inicio del Periodo 3). El tamaño de esta cuarta orden es de 119.30 metros de Tela Suplex, ya que esta cubre la demanda que faltaba por completar del Periodo 1 más parte de la demanda del Periodo 3 (en el Periodo 2, la demanda es de cero metros de Tela Suplex).

De aquí en adelante se sigue el mismo procedimiento presentado hasta que se llegue al final del horizonte de planeación. El procedimiento completo se lo muestra en el Anexo B.1. En la Tabla 7 se resumen los resultados de la aplicación del algoritmo:

Tabla 7. Resultados Aplicación del Modelo Silver – Meal para Tela Suplex

Tiempo de Recepción del Reabastecimiento (meses)	Cantidad a Recibir (metros)
0	65.41
0.316	65.41
0.632	65.41
0.948	119.40
2.190	108.3
2.380	108.3
2.570	108.3
2.760	108.3
2.950	90.87
3.330	62.37
3.660	62.37

La aplicación del algoritmo Silver – Meal da como resultado la realización de 11 órdenes de compra para abastecer los cuatro primeros meses de demanda para el año 2009 (el último reabastecimiento que arriba en el momento 3.555 meses en la mitad del cuarto periodo, termina en el momento 3.885 meses hacia el final del cuarto periodo, la demanda restante para el cuarto periodo entraría en una nueva orden).

4.3.1.3. Análisis de la Aplicación del Modelo Silver – Meal en Tela Suplex

A través del algoritmo de Silver – Meal se obtuvieron los tiempos en los que se deberían recibir las órdenes de compra y el tamaño que estas deberían tener; ahora, es necesario analizar estos resultados y aplicarlos a la realidad que enfrenta Tatóo Cía. Ltda.

Durante el segundo periodo no se posee demanda de Tela Suplex, sin embargo el modelo coloca una orden que será emitida a finales del primer periodo (cuarta orden de compra), ésta será almacenada durante todo el segundo periodo y, al inicio del tercer periodo será utilizada. Esto resulta de la aplicación del

modelo ya que a finales del primer periodo queda una porción pequeña de demanda por satisfacer y su tamaño es tan pequeño que no es conveniente realizar una orden para sólo abastecer esta porción de demanda adicional. Es por eso que el algoritmo utiliza parte de la demanda del siguiente periodo para agrandar el tamaño de la orden y no incurrir en costos de pedido elevados. Sin embargo, al analizar este resultado se pueden tomar decisiones más prácticas en base a lo que entrega el modelo, como por ejemplo el agregar esta porción de demanda por satisfacer a la demanda de los tres primeros pedidos que se realizaron en el primer periodo, evitando así los costos de almacenamiento a lo largo del segundo periodo para lo que se va a utilizar apenas al inicio del tercer periodo (es decir, dividir toda la demanda del primer periodo en tres órdenes).

Con respecto a las demás órdenes que el modelo Silver – Meal propone, estas sí son aplicables y no existe ningún problema en su utilización. Lo único que sería necesario modificar es que para colocar una orden de pedido, ésta puede realizarse para cualquier cantidad de metros enteros (sin decimales). En la Tabla 8 se muestra la planificación de las órdenes de compra para los primeros cuatro meses de demanda de Tela Suplex color Habano.

Al culminar la aplicación del algoritmo, éste deja pendiente por ordenar una parte de la demanda correspondiente al cuarto periodo (1.89 metros de tela). Esto se debe a que no es recomendable colocar una orden que cubra únicamente estos 1.89 metros de tela (debido a costos de transporte, costos de ordenar, etc.). Si el horizonte de planeación fuese más extenso se pudiera saber cuál es la demanda del siguiente mes y se la podría utilizar para establecer una orden de mayor tamaño, la cual cubriría lo que resta del cuarto periodo y abarcaría la demanda (total o parcial) del quinto periodo. En este caso, una mejor opción es el dividir toda la demanda del cuarto periodo en tres órdenes (la primera toma en cuenta parte de la demanda del tercer periodo). Esta opción no modifica significativamente las órdenes planteadas por el algoritmo, por lo que se recomendaría su aplicación. La planificación resultante para las órdenes de Tela Suplex se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Planificación de las Órdenes de Tela Suplex en base a los Resultados del Modelo Silver – Meal

Tiempo de Recepción del Reabastecimiento (meses)	Cantidad a Recibir (metros)
0	69
0.333	69
0.667	69
2	109
2.190	109
2.380	109
2.570	109
2.760	109
2.950	88
3.333	63
3.667	63

Estas órdenes de compra dan como resultado que se satisfaga la demanda completamente durante todo el horizonte de planeación.

La solución del modelo para la demanda de Tela Suplex color Habano que Tatio Cía. Ltda. experimenta nos muestra que no es recomendable realizar pedidos grandes (tamaños de lote que abarquen varios periodos de demanda) debido a que los costos de ordenar no son altos. Si se llevarán a cabo pedidos grandes, de tal manera que fuera necesario llevar en inventario altas cantidades de Tela Suplex, se incurriría más en costos de mantenimiento del inventario y utilización del espacio físico de bodega.

El Modelo Silver–Meal es el adecuado para establecer políticas de inventario eficientes para la Tela Suplex y Tela Campagnolo, los resultados del ejemplo son aplicables a la situación de Tatio Cía. Ltda.; y, su correcto análisis e interpretación permitirán un mejor manejo de los inventarios y posiblemente un mayor retorno de la inversión en inventarios.

4.3.2. Aplicación de una Política de Inventario para el Conjunto de Telas Polartec

4.3.2.1. Entradas para el Modelo Silver-Meal Generalizado

De la misma forma en la que se llevó a cabo la aplicación del modelo Silver-Meal para la Tela Suplex, es necesario inicialmente establecer toda la información que requiere para la aplicación del modelo Silver-Meal Generalizado para el conjunto de Telas Polartec.

La demanda en función de la cual se aplicará la política de inventario corresponde a cantidades que Tadoo Cía. Ltda. requiere para la producción durante los cuatro primeros meses del año 2009 (Tabla 9).

Tabla 9. Demanda de Telas Polartec para Cuatro Meses del Año 2009

Periodo	Tela Power Stretch (metros)	Tela Thermal Pro (metros)	Tela Thermal Pro Rib Sweater (metros)
Enero	0	0	0
Febrero	549	118	0
Marzo	0	0	0
Abril	707	115	208

Se tienen tres productos, $i = 1, 2, 3$; y cuatro periodos $j = 1, 2, 3, 4$.

Para determinar A_0 y A_i , primero es necesario diferenciar que el costo A_0 es el costo común de colocar una orden de cualquiera de los productos y A_i es costo específico en el que se incurre cada vez que se agrega un producto más a la orden que ya se estableció (Iyogun, 889).

Por lo tanto, en A_0 se incluyen el costo fijo de transporte y el costo asociado con el tiempo que toma realizar y hacer el seguimiento a una orden, mientras que en A_i se incluyen los costos marginales por cada producto involucrados con las actividades de recepción y acomodo de una orden (Chopra y Meindl, 270). A continuación se detallarán estos costos en el caso del aprovisionamiento de las Telas Polartec para Tadoo Cía. Ltda.

Para establecer el costo A_0 se requiere considerar lo siguiente:

- Para colocar una orden de cualquier Tela Polartec, el tiempo promedio que a un comprador le toma establecer el pedido con la Empresa Polartec y hacer su seguimiento en la aduana (debido a que es una importación) es de 8 horas. Por lo que el costo del tiempo utilizado por el comprador es de:

$$0.042 \frac{\$}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{orden}} = 20.16 \frac{\$}{\text{orden}}$$

- También se deben tomar en cuenta los costos del uso del teléfono y electricidad. El costo de la utilización de teléfono por orden es de 11.51 \$/orden, mientras que el costo del uso de la electricidad por orden es de 0.61 \$/orden.
- El costo del transporte de las Telas Polartec depende del medio de transporte que se utilice. Para nuestro ejemplo, se utilizarán los costos de la vía marítima ya que es la más barata. El costo del transporte por cada orden sería de 2500 \$/orden. En este costo se incluye el transporte vía marítima hasta el puerto y también el costo del transporte terrestre hasta que la mercadería llega a Tatroo Cía. Ltda.

Tomando estos costos en consideración, el valor A_0 es de 2532.28 \$/orden.

Para calcular A_i , es necesario establecer que sólo se incluyen los costos incrementales en los que se incurren al añadir un producto más a una orden existente de Tela Polartec. En promedio, el tiempo extra que se utiliza al añadir cualquiera de las 3 Telas Polartec a una orden existente es de 25 minutos de tiempo adicional al momento de llevar a cabo la recepción del pedido. En este caso, también se debe tomar en cuenta que son dos personas las que se encargan de recibir el pedido, por lo tanto el valor para A_i es de:

$$0.05 \frac{\$}{\text{min}} * \frac{25 \text{ min}}{\text{producto}} = 1.25 \frac{\$}{\text{producto}}$$

Por último, para calcular el valor de h_i , primero se determina el costo de mantener el inventario (I) para el conjunto de Telas Polartec, y luego se obtiene este valor como una fracción del costo unitario del producto.

Como se mencionó anteriormente, el Costo de Capital para Tatio Cía. Ltda. es de 0.58% mensual. Para calcular el costo de mantener inventario correspondiente al Costo de Capital para cada producto del conjunto de Telas Polartec, este porcentaje debe ser multiplicado por el costo unitario de cada tela:

$$\text{Tela Power Stretch: } 19.56 * 0.0058 = 0.11 \$/\text{metro/mes}$$

$$\text{Tela Thermal Pro: } 14.40 * 0.0058 = 0.08 \$/\text{metro/mes}$$

$$\text{Tela Thermal Pro Rib Sweater: } 13.79 * 0.0058 = 0.08 \$/\text{metro/mes}$$

Adicionalmente, el costo de conteos físicos va a ser el mismo que el de la Tela Suplex (0.27 \$/metro/mes), mientras que el costo de espacio físico utilizado si va a variar. Esto se debe a que el espacio que ocupa un rollo de cualquier tela del conjunto de Telas Polartec es de 0.90 m² y cada rollo posee 60 metros (distinto al de la Tela Suplex). Por lo que el costo de espacio físico utilizado por metro al mes es de 0.05 \$/metro/mes. Por lo tanto, el costo de mantener inventario (I) para cada una de las tres telas Polartec es:

$$I_1 = 0.43 \$/\text{metro/mes}$$

$$I_2 = 0.40 \$/\text{metro/mes}$$

$$I_3 = 0.40 \$/\text{metro/mes}$$

A partir de estos, para determinar h_i se calcula:

$$h_1 = \frac{I_1}{C_1} = \frac{0.43}{19.56} = 0.022$$

$$h_2 = \frac{I_2}{C_2} = \frac{0.40}{14.40} = 0.028$$

$$h_3 = \frac{I_3}{C_3} = \frac{0.40}{13.79} = 0.029$$

En la Tabla 10 se resumen los costos anteriormente descritos.

Tabla 10. Entradas para Desarrollo del Modelo Silver-Meal Generalizado

Parámetros para el Modelo Silver-Meal Generalizado	
A_0	2,532.28 \$/orden
A_1	1.25 \$/orden
A_2	1.25 \$/orden
A_3	1.25 \$/orden
h_1	0.022
h_2	0.028
h_3	0.029

4.3.2.2. Aplicación del Modelo Silver-Meal Generalizado

Inicialmente, el conjunto C contiene a los tres productos y el conjunto R esta vacío. Cuando se asigna una orden de un producto, o un producto es agregado en una orden existente, dichos productos se colocan en el conjunto R .

$$C = \{1,2,3\}, \quad R = \{0\}$$

$$T = t = 1 \quad L_1 = L_2 = L_3 = 1$$

Para el primer periodo $t = 1$, se calcula SM_{11} , SM_{21} y SM_{31} :

$$SM_{11} = \frac{1.25 + 0.022 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 \right)}{1-1+1} = 1.25$$

$$SM_{21} = \frac{1.25 + 0.028 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 \right)}{1-1+1} = 1.25$$

$$SM_{31} = \frac{1.25 + 0.029 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 \right)}{1-1+1} = 1.25$$

Los tres valores para SM_{it} son los mismos.

$$\Delta_{11} = \Delta_{12} = \Delta_{13} = 0$$

En esta primera iteración, la variación es igual a cero en los tres productos.

Para el segundo periodo $t = 2$

$$SM_{11} = \frac{1.25 + 0.022 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 + 1(2-1)549 \right)}{2-1+1} = 6.65$$

$$SM_{21} = \frac{1.25 + 0.028 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 + 1(2-1)118 \right)}{2-1+1} = 2.28$$

$$SM_{31} = \frac{1.25 + 0.029 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 + 1(2-1)0 \right)}{2-1+1} = 0.625$$

Ahora debido a que $SM_{12} > SM_{11}$ se calcula,

$$SM_{12}(A_1 + \Delta_{12}) = SM_{11}(A_1 + \Delta_{12})$$

$$SM_{12}(\Delta_{12} + 1.25) = \frac{\Delta_{12} + 1.25 + 12.08}{2-1+1} = SM_{11}(A_1 + \Delta_{12}) = \frac{\Delta_{12} + 1.25}{1-1+1}$$

$$\Delta_{12} + 13.33 = 2\Delta_{12} + 2.5$$

$$\Delta_{12} = 10.83$$

También $SM_{22} > SM_{21}$, por lo que se calcula,

$$SM_{22}(A_2 + \Delta_{22}) = SM_{21}(A_2 + \Delta_{22})$$

$$SM_{22}(\Delta_{22} + 1.25) = \frac{\Delta_{22} + 1.25 + 3.30}{2-1+1} = SM_{21}(A_2 + \Delta_{22}) = \frac{\Delta_{22} + 1.25 + 0}{1-1+1}$$

$$\Delta_{22} + 4.55 = 2\Delta_{22} + 2.5$$

$$\Delta_{22} = 2.05$$

Debido a que SM_{32} no es mayor que SM_{31} no se debe calcular Δ_{32} .

Ahora para determinar si se debe realizar una orden de compra, se debe verificar que $\sum \Delta_{it} > A_0$ se cumpla. En nuestro caso tenemos

$$\Delta_{12} + \Delta_{22} + \Delta_{32} = 10.83 + 2.05 + 0 = 12.88 < 2,532.8$$

Por lo que no se debe colocar una orden para el periodo 2. Esta cantidad de demanda será cubierta en la siguiente orden que se colocará.

Se sigue al periodo 3, ninguno de los parámetros T, L₁, L₂, L₃, C y R ha variado.

t = 3

$$SM_{13} = \frac{1.25 + 0.022 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 + 1(2-1)549 + 1(3-1)0 \right)}{3-1+1} = 4.43$$

$$SM_{23} = \frac{1.25 + 0.028 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 + 1(2-1)118 + 1(3-1)0 \right)}{3-1+1} = 1.52$$

$$SM_{33} = \frac{1.25 + 0.029 \left(\sum_{j=1}^1 1(1-1)0 + 1(2-1)0 + 1(3-1)0 \right)}{3-1+1} = 0.42$$

Dado que $SM_{13} < SM_{12}$; $SM_{23} < SM_{22}$; $SM_{33} < SM_{32}$; no se determina Δ_{it} .

Se sigue al cuarto período,

$t = 4$

$$SM_{14} = \frac{1.25 + 0.022 \left(\sum_{j=1}^4 1(1-1)0 + 1(2-1)549 + 1(3-1)0 + 1(4-1)707 \right)}{4-1+1} = 14.99$$

$$SM_{24} = \frac{1.25 + 0.028 \left(\sum_{j=1}^4 1(1-1)0 + 1(2-1)118 + 1(3-1)0 + 1(4-1)115 \right)}{4-1+1} = 3.54$$

$$SM_{34} = \frac{1.25 + 0.029 \left(\sum_{j=1}^4 1(1-1)0 + 1(2-1)0 + 1(3-1)0 + 1(4-1)208 \right)}{4-1+1} = 4.84$$

Tenemos que $SM_{14} > SM_{13}$, por lo tanto se calcula,

$$SM_{14}(A_1 + \Delta_{14}) = SM_{13}(A_1 + \Delta_{14})$$

$$SM_{14}(\Delta_{14} + 26.4) = \frac{\Delta_{14} + 1.25 + 58.74}{4-1+1} = SM_{13}(A_1 + \Delta_{14}) = \frac{\Delta_{14} + 1.25 + 12.08}{3-1+1}$$

$$3\Delta_{14} + 3.75 + 176.22 = 4\Delta_{14} + 5 + 48.32$$

$$\Delta_{14} = 126.65$$

De la misma forma $SM_{24} > SM_{23}$, por lo tanto se calcula,

$$SM_{24}(A_2 + \Delta_{24}) = SM_{23}(A_2 + \Delta_{24})$$

$$SM_{24}(\Delta_{24} + 1.25) = \frac{\Delta_{24} + 1.25 + 12.96}{4-1+1} = SM_{23}(A_2 + \Delta_{24}) = \frac{\Delta_{24} + 1.25 + 3.30}{3-1+1}$$

$$3\Delta_{24} + 3.75 + 38.88 = 2\Delta_{24} + 5 + 13.2$$

$$\Delta_{24} = 24.43$$

Igualmente $SM_{34} > SM_{33}$, por lo tanto se calcula,

$$SM_{34}(A_3 + \Delta_{34}) = SM_{33}(A_3 + \Delta_{34})$$

$$SM_{34}(\Delta_{34} + 1.25) = \frac{\Delta_{34} + 1.25 + 18.09}{4-1+1} = SM_{33}(A_3 + \Delta_{34}) = \frac{\Delta_{34} + 1.25}{3-1+1}$$

$$3\Delta_{34} + 3.75 + 54.27 = 4\Delta_{34} + 5$$

$$\Delta_{34} = 53.02$$

Ahora se calcula $\sum \Delta_{it} > A_0$

$$\Delta_{14} + \Delta_{24} + \Delta_{34} = 126.65 + 24.43 + 53.02 = 204.1 < 2,532.28$$

Por lo tanto, no es necesario colocar una orden que tome en cuenta la demanda hasta el periodo 4.

Este es el último periodo en el horizonte de planeación por lo que el algoritmo llega a su fin. Dado que durante el horizonte de planeación nunca se cumplió con el requisito para colocar una orden, el algoritmo llega a su fin con el siguiente estado:

$$C = \{1,2,3\}, \quad R = \{0\}$$

$$T = t = 1 \quad L_1 = L_2 = L_3 = 1$$

4.3.2.3. Análisis de la Aplicación del Modelo Silver-Meal Generalizado para Telas Polartec

El algoritmo Silver-Meal Generalizado se ajustó adecuadamente a las características del conjunto de Telas Polartec. A través de su aplicación se pudo determinar que para justificar (en términos de costos) el colocar una orden de productos Polartec es necesario abarcar una alta cantidad demanda. Sólo de esta manera se minimizarán los costos totales relacionados con el inventario.

A través de la ejecución y análisis del algoritmo, se pudo apreciar que los costos de mantenimiento del inventario son insignificantes en comparación con los costos de ordenar. Por esta razón, a pesar de acumular cuatro meses de demanda de las tres telas Polartec bajo estudio, no se llega al punto en el cual el costo de realizar una orden se justifica. Es por esto que el algoritmo concluye sin haber colocado una orden. Si durante el horizonte de planeación se hubiera experimentado una mayor cantidad de demanda para las tres telas Polartec, seguramente el método hubiera resultado en la colocación de una orden de compra que cubra la demanda de los cuatro periodos.

A partir de la aplicación del modelo se puede apreciar que lo más recomendable es el realizar una sola orden, la cual abarque la mayor cantidad de demanda posible, de esta manera se minimizarán los costos totales de inventario. Esto es razonable ya que los costos de colocar una orden para cualquiera de las referencias pertenecientes al conjunto de Telas Polartec son excesivamente altos (esto se debe a que son importaciones). Mientras que los costos de

almacenamiento, en comparación con los costos de ordenar son relativamente pequeños, por lo que es preferible tener cantidades altas de inventario del conjunto de Telas Polartec.

5. PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE MATERIALES

Ahora, se procederá a desarrollar la metodología para generar una planificación de los recursos de materiales (MRP) en Tadoo Cía. Ltda.

Para esto se ha elegido al producto estrella de Tadoo Cía. Ltda., el Pantalón Pasochoa, el cual se eligió debido a que es el producto que más se produce y que más demanda posee del portafolio que ofrece Tadoo Cía. Ltda. A continuación, se describirán a fondo las características del Pantalón Pasochoa y se desarrollará la metodología de MRP.

5.1. Descripción del Pantalón Pasochoa

El Pantalón Pasochoa es un pantalón convertible (short – pantalón), ideal para usar en actividades de campo para climas cálidos, liviano y de secado rápido gracias a su tela 100 Nylon llamada Suplex (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008). Cuenta con una variedad de bolsillos, donde se destaca un bolsillo posterior de gran capacidad, además de tener cierres laterales para poder retirar las extensiones inferiores sin necesidad de retirarse el calzado (Tul Mary, Base de Datos Producción 2008). El Pantalón Pasochoa se elabora en cuatro tallas: Small, Medium, Large y Extra Large; esta última se realiza sólo cuando se recibe un pedido exigiendo esta característica. Los pantalones Pasochoa se producen en distintas gamas de colores de tela, este color es el mismo para toda la prenda es decir no se mezclan distintos colores de tela en el mismo pantalón. Los colores que se utilizan para su fabricación son: azul, beige, café, gris, habano, negro y verde.

Por último, se presenta en la Figura 4 una foto del pantalón Pasochoa en color habano.



Fuente: Tul Mary, Base de Datos
Figura 4. Pantalón Pasochoa

5.2. Desarrollo de la Metodología Para la Aplicación de un MRP en Tadoo Cía. Ltda.

Antes de ejecutar el MRP es necesario contar con todas las entradas requeridas por el mismo. Además, con el fin de facilitar la comprensión de la metodología que se propone, se presentará un ejemplo de cómo se debe realizar un MRP para los recursos del producto Pantalón Pasochoa. El ejemplo se alimentará de datos recolectados y analizados en Tadoo Cía. Ltda., en su mayoría información provista por el Departamento de Producción.

5.2.1. Determinación de Entradas para el MRP

5.2.1.1. Plan Maestro de Producción (MPS)

Acorde a lo presentado en la sección 2.2.2, la primera entrada necesaria para el desarrollo del MRP es el Plan Maestro de Producción o MPS. Para el ejemplo que se elaborará, el MPS constituye las cantidades y fechas en las que el producto Pantalón Pasochoa debe estar listo para ser entregado al cliente. De

acuerdo a la Jefe de Producción, el MPS que Tadoo Cía. Ltda. considera para el año 2009 está basado en los datos y fechas de producción del Pantalón Pasochoa del año 2008. Debido a que las cantidades que se producen varían dependiendo del color del Pantalón, para el ejemplo se utilizará el MPS del Pantalón Pasochoa Habano, ya que es el color que más se fábrica (Mary Tul, Base de Datos). El respectivo MPS se encuentra en la Tabla 11.

Tabla 11. MPS para el MRP del Pantalón Pasochoa Habano del Año 2009

Periodo	Producción (unidades)
Enero	110
Febrero	0
Marzo	300
Abril	0
Mayo	144
Junio	225
Julio	210
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	217
Diciembre	0

5.2.1.2. Lista Maestra de Insumos

En la Lista Maestra de Insumos constan distintos tipos de información. El primer tipo de información relevante es la lista de materiales (BOM). Para realizar la BOM es necesario estudiar el proceso del producto terminado del cual se está realizando el MRP, en este caso el proceso productivo del Pantalón Pasochoa. El análisis del proceso se lo realiza con el fin de poder determinar las partes, insumos y cantidades necesarias para poder generar el producto. La BOM correspondiente al Pantalón Pasochoa se encuentra en el Anexo C.

La BOM que se presenta en el Anexo C1 y el Anexo C2, muestran que el Pantalón Pasochoa consiste de cuatro partes/subensambles, las cuales se detallan en la Figura 5.



Fuente: Tul Mary, Base de Datos

Figura 5. Partes Principales que Conforman el Pantalón Pasochoa

El siguiente tipo de información se refiere a las políticas de loteo para los insumos y partes Durante el procedimiento del MRP es necesario saber que políticas de loteo posee cada insumo que conforma la BOM. Por lo tanto, antes de poder ejecutar un MRP, es necesario establecer las políticas de loteo para todos lo insumos que conforman la BOM del producto terminado. Para el MRP del Pantalón Pasochoa, se debe considerar la política de loteo de la Tela Suplex, la cual fue determinada en la sección 4. De acuerdo a la base de datos de producción, las cantidades de los pedidos que se realizan para los insumos del Pantalón Pasochoa en su mayoría son fijas (Cantidad Fija de Pedido), esto se debe a que existen mínimos de pedido requeridos por los proveedores. Pero, también existen otros insumos del Pantalón Pasochoa en los que se ordena sólo la cantidad que se necesita (Lote por Lote). También, dentro de la Lista Maestra de Insumos, se tiene un registro de los tiempos de entrega esperados para los insumos y los tiempos de producción para las partes que conforman al producto. En colaboración con la Jefe de Producción se pudieron determinar los tiempos de entrega y políticas de loteo para los insumos y los tiempos de producción para las partes que conforman el Pantalón Pasochoa. En el caso de los insumos para el

Pantalón Pasochoa, se presentan las políticas de loteo y los tiempos de reposición esperados en la Tabla 12.

Tabla 12. Políticas de Loteo, Tiempos de Entrega y Consumo para Insumos Pantalón Pasochoa

Pantalón Pasochoa			
Insumo	Política de Loteo	Tiempos de Entrega	Consumo Total por Pantalón Pasochoa
Tela Suplex	Silver-Meal	1 día	1.88 m
Bordado Tatroo	Lote por Lote	Disponibilidad inmediata (1 día)	1 u
Broche 1 (B642-0000-342C)	Cantidad Fija de Pedido (10000 m mínimo)*	2 meses (Importación)	1 u
Broche 2 (N40-0000-342C)			1 u
Broche 3 (N39-0000-342C)			1 u
Broche 4 (B064-565-d27)			1 u
Bucle Female Center Push 1 " 6357	Cantidad Fija de Pedido (550 m mínimo)*	2 meses (Importación)	1 u
Bucle Male Center Push 1 " 6356			1 u
Cierre Nylon 20 cm	Lote por Lote	20 a 30 Días (Color Especial)	2 u
Cierre Nylon 18 cm			1 u
Cierre Nylon 75 cm			2 u
Elástico Reforzado (Ancho 4 cm)	Cantidad Fija de Pedido (1 rollo mínimo = 45.5 m)	Disponibilidad inmediata (1 día)	0.6 m
Etiqueta Tatroo 007 Bandera PQ	Lote por Lote	8 días	1 u
Etiqueta Tatroo 001 Hecho en Ecuador			1 u
Etiqueta Tatroo 005 Instrucciones			1 u
Hilo Nylon	Lote por Lote	Disponibilidad inmediata (1 día)	0.3 m
Hilo Ameto			198 m
Reata 2.3 cm	Cantidad Fija de Pedido (5000 m mínimo)*	1 mes	1.11 m
Marquilla Talla	Lote por Lote	Disponibilidad inmediata (1 día)	1 u
Tip ends punteras 2.5 cm	Cantidad Fija de Pedido (550 unidades)*	2 meses (Importación)	1 u
Velcro	Cantidad Fija de Pedido (1 rollo mínimo = 24 m)	20 a 30 Días	0.24 m

El Pantalón Pasochoa está compuesto de cinco partes principales (las cinco partes en el Nivel 1 de la BOM – Anexo C.1). Dichas partes a su vez se conforman por sub-partes e insumos (nivel 2 del a BOM), el tiempo de producción del Pantalón Pasochoa corresponde a la sumatoria de los tiempos de producción de todas las partes y sub-partes que lo conforman. Los tiempos promedio de producción se presentan en la Tabla 13 (Mary Tul, Base de Datos Producción, 2008).

Tabla 13. Tiempos Promedio de Producción de los Componentes del Pantalón Pasochoa

Parte	Tiempo (minutos)
Pantalón Pasochoa	9.8
Short Delantero	2.38
Bolsillo Delantero Derecho	4.135
Bolsillo Delantero Izquierdo	4.135
Short Posterior	1.76
Bolsillo Posterior Derecho	1.725
Bolsillo Posterior Izquierdo	1.445
Basta Derecha	4.6
Basta Izquierda	9.4
Pretina	12.06
Total	51.44

La sumatoria de los tiempos de proceso de todas las partes que conforman el Pantalón Pasochoa, resulta en un tiempo total de producción de 51.44 min por unidad.

Los dos tipos restantes de información que se necesitan para desarrollar el MRP son el inventario a mano y las recepciones programadas, los cuales se especifican más adelante en el documento (sección 5.3).

5.2.1.3. Ejecución del MRP

Antes de iniciar el MRP, es necesario establecer el horizonte de planeación que será utilizado. Una práctica generalizada que se utiliza para establecer el horizonte de planeación es sumar los tiempos de reposición más largos de los insumos y partes en los diferentes niveles de la Lista de Materiales (Narasimhan, McLeavey, Billington, 357). Este tiempo obtenido es el horizonte de planeación mínimo que se debería establecer. Para el ejemplo, los insumos y tiempos de reposición respectivos se resumen en la Tabla 14.

Tabla 14. Tiempos a Considerar para Establecer el Horizonte de Planeación

Nivel	Insumo	Tiempo
0	Pantalón Pasochoa	5 días
1	Pretina	0 días
2	Cierre 18 cm.	30 días
3	Cierre Nylon	60 días
Total:		95 días

Por lo que se observa en la Tabla 14, para el ejemplo que se está desarrollando, el tiempo mínimo que se debería considerar para el horizonte de planeación es de aproximadamente tres meses.

5.3. Aplicación de la Metodología MRP para la Planificación de la Producción del Pantalón Pasochoa

Una vez se poseen todas las entradas necesarias para poder ejecutar el MRP del Pantalón Pasochoa, es necesario explicar la metodología que se utilizará durante el desarrollo del mismo.

Como se explicó anteriormente, el horizonte de planeación es de tres meses, los que estarán divididos en semanas, debido a que la producción se planificará en periodos semanales y representa un periodo de tiempo en el cual se pueden manejar adecuadamente los tiempos de entrega que poseen los insumos.

Se establecerá como política durante la aplicación del MRP en el ejemplo que toda la demanda que toma lugar en un mes específico debe ser satisfecha en la última semana de dicho mes. Aquí se debe hacer notar que cuando el MRP sea aplicado por Tatoon Cía. Ltda., éste deberá ajustarse a las fechas establecidas en el MPS (que no necesariamente tendrán que ser en la última semana del mes).

Dado que el horizonte de planeación es de tres meses, el MRP que se realiza como ejemplo en este caso sólo contemplará la demanda de los meses de enero, febrero y marzo (dicha demanda se especifica en la Tabla 11 en la sección 5.2.1.1.).

Al iniciar el MRP es necesario contar con información precisa con respecto al inventario de insumos y producto terminado que se posee. Para ilustrar esto, durante el ejemplo se iniciará con inventario en la bodega de insumos. Los insumos para los cuales se asumirá inventario inicial son aquellos que poseen tiempos de entrega largos (en su mayoría los insumos que son importados). Tadoo Cía. Ltda. maneja puntos de reorden para estos insumos (Mary Tul, Base de Datos). Las cantidades de inventario inicial que se establecerán durante el ejemplo toman en cuenta estos puntos de reorden y se establecen cantidades cercanas al mismo, de tal manera que durante el desarrollo del ejemplo se observe cómo las órdenes para estos insumos deban realizarse.

Adicionalmente, para el presente ejemplo no existirán recepciones programadas para ninguno de los insumos. Los insumos y las cantidades de inventario inicial que se asumen existen en bodega se especifican en la Tabla 15.

Tabla 15. Puntos de Reorden e Inventario Inicial para el Desarrollo del Ejemplo de MRP

Insumo	Puntos de Reorden	Inventario Inicial	Unidad de Medida
Broche 1 (B642-0000-342C)	2000	2200	Unidades
Broche 2 (N40-0000-342C)	2000	2200	Unidades
Broche 3 (N39-0000-342C)	2000	2200	Unidades
Broche 4 (B064-565-d27)	2000	2200	Unidades
Bucle Female Center Push 1 " 6357	2000	2200	Unidades
Bucle Male Center Push 1 " 6356	2000	2200	Unidades
Cierre Nylon 20 cm	-	300	Unidades
Cierre Nylon 18 cm	-	150	Unidades
Cierre Nylon 75 cm	-	300	Unidades
Reata 0.23 m	2000	2200	Metros
Tip ends punteras 2.5 cm	2000	2200	Unidades
Velcro	96 (4 rollos)	144 (6 rollos)	Metros

Los tiempos de entrega para las partes del Pantalón Pasochoa dependen directamente de la cantidad de pantalones que se van a producir. Los tamaños de orden para Tadoo Cía. Ltda. no exceden las 300 unidades, esta cantidad de producto puede ser producida en menos de una semana (cada semana consta de 5 días laborables, 8 horas de trabajo). Como se puede apreciar en la Tabla 13, existen varias partes en la BOM que poseen tiempos de producción de minutos por unidad, para estas partes del Pantalón Pasochoa no se ha determinado tiempos de entrega en lotes. Como consecuencia, este tiempo no es considerado

(sólo se considera el tiempo global de una semana por lote de pantalones Pasochoa).

Para considerar el tiempo de reposición de las partes del Nivel 1 que conforman el Pantalón Pasochoa durante la aplicación del MRP, lo que se hará es dar a la referencia Pantalón Pasochoa (Nivel 0) el tiempo de entrega de una semana y a las partes del Nivel 1 que lo conforman un tiempo de entrega de cero semanas; es decir, que en el mismo periodo en el que se realiza el pedido, éste llega.

Adicionalmente, existen cinco insumos (Hilo Nylon, Bordado Tatoon, Hilo Ameto, Marquilla Talla, Elástico Reforzado) los cuales poseen tiempos de entrega de un día, para estos se asumirá que se poseen tiempos de entrega de una semana, debido a que cada periodo no puede ser subdividido en días. Esto no ocasiona ningún problema durante la ejecución del MRP, debido a su corto tiempo de entrega (una semana) estos siempre estarán disponibles inmediatamente cuando se los necesite.

La ejecución del MRP utiliza una tabla estándar en la cual se listan todos los componentes de la BOM ordenados por su nivel y los periodos que durará el horizonte de planeación. Para cada componente de la BOM se poseen 4 tipos distintos de información, la cual nos permitirá realizar la planificación de los recursos. En la Tabla 16 se presenta una parte de la tabla del MRP.

Tabla 16. Parte de la Tabla MRP

	Periodo:	1	2
Pantalón Pasochoa Completo	Requerimientos Brutos		
LT= 1 semana	Inventario Disponible = 0		
	Requerimientos Netos		
	Recepciones Planificadas		
	Emisión de Órdenes Planificadas		

La primera fila Requerimientos Brutos, es donde se coloca la demanda total durante ese periodo (los datos provistos por el MPS), tal como se explicó en la sección 2.2. Los Requerimientos Netos son aquellos que van a dictaminar las cantidades que se van a producir o comprar, para obtener esta información

primero es necesario determinar si existe inventario disponible para la referencia en la cual se está trabajando. Si no existe inventario disponible, los requerimientos netos serán los mismo que los requerimientos brutos, pero si existe inventario disponible, los requerimientos netos serán igual a la diferencia de los requerimientos brutos con el inventario disponible. Si el inventario disponible cubre todos los requerimientos brutos entonces no existirán requerimientos netos (será igual a cero), pero si el inventario se agota y aún existen requerimientos brutos por satisfacer, esta cantidad corresponde a los requerimientos netos. En base a estos requerimientos netos, se establecen los tamaños de orden necesarios para cumplir con la demanda, y se determina cuando se debe recibir el nuevo pedido. A partir de esto y en función del tiempo de reposición estimado para la referencia, se establece el momento en el cual la orden debe ser emitida para que esta llegue a tiempo. Estas dos cantidades se colocan en las dos últimas filas de Recepción de Órdenes Planificadas y Emisión de Órdenes Planificadas.

Al culminar con la planeación para el Nivel 0 de la BOM, se da inicio la explosión de la BOM (explicada en la sección 2.2.4.4.). Esto quiere decir que todos los componentes de niveles inferiores obtienen sus Requerimientos Brutos basándose en las cantidades ubicadas en la fila de Emisión de Órdenes Planificadas. Así, en nuestro ejemplo al poseer los pedidos que se deben realizar para el Pantalón Pasochoa (demanda directa), también se obtendrán las cantidades que se deben producir para todos los insumos que conforman el producto terminado (demanda indirecta). Así se trabaja hasta llegar a los últimos niveles de la BOM

Ahora, se ilustrará paso a paso la metodología del MRP a través del ejemplo. En la Tabla 17 se muestra como se deben colocar las demandas correspondientes al mes de enero y al mes de marzo correspondientes al Pantalón Pasochoa Habano (obtenidas del MPS).

Luego de haber determinado los Requerimientos Netos, se conoce que se necesitan recibir 110 pantalones en el periodo 4 y 300 en el periodo 12. Tomando en cuenta que el tiempo de entrega (LT por sus siglas en inglés) es de un periodo, las órdenes deben ser emitidas en los periodos 3 y 11 respectivamente. Esto se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Emisión y Recepción de Órdenes Planificadas (Nivel 0) para el Ejemplo de MRP

Pantalón Pasochoa Habano				LT= 1 (51.44 min.)								
Periodo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	300
Inventario Disponible=0												
Requerimientos Netos				110								300
Recepción de Órdenes Planificadas				110								300
Emisión de Órdenes Planificadas			110								300	

Así culmina la aplicación del procedimiento para la referencia Pantalón Pasochoa (Nivel 0). Lo que viene a continuación es la explosión de la BOM para establecer la planificación de los requerimientos de materiales de los siguientes niveles. En esta sección no se resolverá toda la Tabla MRP para el presente ejemplo, debido a que únicamente se busca presentar la metodología de cómo se debe proceder para completar una Tabla MRP. Por este motivo, sólo se presentará el procedimiento respectivo para las referencias Pretina del Nivel 1 y Reata del Nivel 2. La Tabla completa del MRP para el presente ejemplo se encuentra en el Anexo D1.

En base a la Emisión de Ordenes Planificadas del Pantalón Pasochoa Habano (tanto la cantidad como la fecha en que se requiere) se obtienen los Requerimientos Brutos para la Pretina (Nivel 1). Para realizar un Pantalón Pasochoa Habano se requiere una Pretina, por lo cual la relación es de uno a uno. Los Requerimientos Brutos para la Pretina se encuentran en la Tabla 20. Al

igual que para el Pantalón Pasochoa Habano, la Pretina no posee inventario disponible, por lo que los Requerimientos Netos son los mismos que los Requerimientos Brutos, esto también se observa en la Tabla 20.

Tabla 20. Requerimientos Brutos y Netos para Pretina (Nivel 1)

Pretina				LT= 0								
Periodo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	300	0
Inventario Disponible = 0												
Requerimientos Netos			110								300	
Recepciones Planificadas												
Emisión de Órdenes Planificadas												

Debido a que el tiempo de entrega de la Pretina es de cero, la Emisión de Órdenes Planificadas se producirá en el mismo periodo en el cual se coloquen las Recepciones Planificadas. Lo que significa que en el mismo periodo en el cual se realicen las órdenes de las pretinas, en ese mismo periodo estas arribarán. Por lo tanto, el MRP completo para la Pretina se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21. Tabla Completa para la Pretina (Nivel 1) del Ejemplo de MRP

Pretina				LT= 0								
Periodo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos	0	0	110	0	0	0	0	0	0	0	300	0
Inventario Disponible = 0												
Requerimientos Netos			110								300	
Recepciones Planificadas			110								300	
Emisión de Órdenes Planificadas			110								300	

De la misma forma, ahora es necesario preceder con los insumos del Nivel 2 de la BOM. En este nivel se realizará la planificación de los recursos de materiales para la referencia Reata. Para realizar la Pretina (Nivel 1) se necesitan

1.11 metros de Reata (Nivel 2). Los Requerimientos Brutos para la Reata en el periodo 3 son de $110 \times 1.11 = 122.10$ metros y para el periodo 11 son de 333 metros. Para la Reata si se dispone de inventario disponible tal como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Demanda e Inventario Disponible para la Reata (Nivel 2) del Ejemplo de MRP

Reata 0.23 m			LT= 4									
Periodo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos			122.1								333	
Inventario Disponible = 2200												
Requerimientos Netos												
Recepciones Planificadas												
Emisión de Órdenes Planificadas												

Como se observa en la Tabla 22, durante el primer periodo y el segundo periodo no existe demanda, por lo que el inventario es el mismo; para el tercer periodo, se cubre la demanda con el inventario que se posee, en este caso el inventario cubre toda la demanda, lo que ocasiona que los Requerimientos Netos sean de cero. Al cubrir los Requerimientos Brutos el Inventario Disponible para el tercer periodo es de $2200 - 122.1 = 2077.9$. A partir del periodo 3 hasta el periodo 10, el inventario se mantiene igual (ya que no existen requerimientos durante esos periodos), pero en el periodo 11, es necesario cubrir la demanda de 333 metros de Reata. Igualmente se cubren todos los Requerimientos Brutos con el Inventario Disponible, por lo que los Requerimientos Netos son de cero. Esto se ilustra en la Tabla 23.

Tabla 23. Inventario Disponible Hasta el Periodo 12 para la Reata (Nivel 2) del Ejemplo de MRP

Reata 0.23 m				LT= 4								
Periodo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos			122.1								333	
Inventario Disponible = 2200	2200	2200	2078	2078	2078	2078	2078	2078	2078	2078	1745	1745
Requerimientos Netos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recepciones Planificadas												
Emisión de Órdenes Planificadas												

Debido a que no se poseen Requerimientos Netos, no se ha colocado ninguna orden de compra; sin embargo, para la Reata se tiene establecido un punto de reorden. Esto significa que cuando el nivel de inventario está en ese punto o debajo de él es necesario emitir una orden. Para la Reata el punto de reorden es de 2000 metros (Tabla 15). En el periodo 11 el inventario disponible está por debajo de este punto de reorden (1745 metros), por lo cual es necesario emitir una orden en ese periodo. Esto se ilustra en la Tabla 24.

Tabla 24. Tabla Completa para la Reata (Nivel 2) del Ejemplo de MRP

Reata 0.23 m				LT= 4								
Periodo:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos Brutos			122.1								333	
Inventario Disponible = 2200	2200	2200	2078	2078	2078	2078	2078	2078	2078	2078	1745	1745
Requerimientos Netos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recepciones Planificadas												
Emisión de Órdenes Planificadas											5000	

La orden que se colocó es de 5000 metros en el Periodo 11, esto se debe a que Tatroo Cía. Ltda. utiliza esa cantidad como cantidad fija de pedido para este insumo. Dado que el tiempo de reposición de la reata es de 4 semanas, y debido

a que el horizonte de planeación sólo dura una semana más (Periodo 12), la recepción de la orden de 5000 metros de reata queda como una Recepción Planificada que llegará en el Periodo 15 (tercera semana de Abril) cuando se vuelva a realizar el MRP. Con esto concluye la planificación de los requerimientos de insumos para la producción en el último nivel de la BOM dentro del horizonte de planeación. A través de este ejemplo se ha desarrollado paso a paso cómo se debe ejecutar el MRP a través de todos los niveles de la BOM, en escenarios con y sin inventario, tomando en cuenta cómo se debe proceder cuando se poseen puntos de reorden, entre otros. La Tabla MRP completa se presenta en el Anexo D.1.

5.4. Análisis de la Metodología Presentada

El ejemplo del MRP que se ha desarrollado muestra cómo se debería realizar la planificación de los insumos para la producción en Tadoo Cía. Ltda. al seguir la metodología MRP durante la planeación de la producción. Con su aplicación se plantean posibles soluciones a la mayoría de los aspectos en los cuales Tadoo Cía. Ltda. posee dificultades, tales como son los paros de producción por falta de insumos, falta de información precisa sobre los estados de inventario, incumplimiento de tiempos de entrega, entre otros. El ejemplo desarrollado cumple con demostrar la importante función que desempeña el MRP al momento de realizar la planificación de los insumos para la producción y de todos los beneficios que este brinda.

La Tabla MRP presentada en el Anexo D.1. es un ejemplo de cómo se debería realizar la planificación de los insumos para la producción del Pantalón Pasochoa Habano, los resultados brindados por esta, tales como las fechas en que se deben colocar las órdenes, los tamaños de orden, entre otros, sólo se aplican a la producción de un producto de Tadoo Cía. Ltda. Para aprovechar al máximo los beneficios del MRP, es necesario extender esta práctica de ser posible a todos los productos o simplemente a los más representativos para Tadoo Cía. Ltda.; y, de esta manera obtener una visión más clara y profunda de cómo se pueden tomar decisiones de transporte, almacenaje, fechas de entrega, etc.

Dentro del ejemplo desarrollado, las referencias Broche 1, Broche 2, Broche 3, Broche 4, Bucle Macho, Bucle Hembra, Reata 0.24 cm, Tip Ends y Velcro poseen puntos de reorden los cuales han sido establecidos por Tadoo Cía. Ltda. Todas estas referencias poseen tiempos de entrega prolongados. En la Tabla MRP Completa (Anexo D.1.) se muestra que se debe colocar la emisión de una orden (debido a que el inventario disponible se encuentra por debajo del punto de reorden), pero no se aprecia la recepción de esta orden, cabe recalcar que estas órdenes se convertirán en recepciones planificadas una vez que el tiempo de entrega se cumpla, esto no se observa en la tabla MRP ya que ésta sólo llega hasta el periodo 12 y las recepciones se darán después del periodo final en el horizonte.

Los conceptos que son manejados por la metodología MRP permiten a la Empresa empezar a hacer uso de una estructura sólida en términos de planificación, orden y transparencia de la información. La aplicación del MRP es uno de los primeros pasos que puede tomar una empresa que desee aumentar la efectividad en sus procesos y desarrollar la capacidad de tomar decisiones anticipadas que permitan a la compañía tener éxito en el ámbito empresarial (Hopp y Spearman, 109).

6. TECNOLOGIAS DE INFORMACIÓN

6.1. La Importancia de las Tecnologías de Información

La utilización de Tecnologías de Información (TI) dentro de las compañías ha permitido mejorar la coordinación y control de los procesos, facilitando la toma de decisiones (Chopra y Meindl, 482). Para que toda empresa prospere de manera equilibrada, mantenga sus procesos ordenados, y sepa lo que sus clientes quieren, debe saber manejar la información que se genera en todos los ámbitos de la empresa. Al saber recolectar, procesar y distribuir la información, se obtienen beneficios múltiples como son la satisfacción del cliente, conocimiento instantáneo del estado de la producción, inventario a mano, inventario disponible, entre otros (Chopra y Meindl, 482). El manejo de la información en un ámbito empresarial es crucial para alcanzar el éxito, se debe poder distinguir qué tipo de información es la que se necesita, el momento en el que se la necesita y quién es el que la necesita. Hoy en día el uso de las Tecnologías de Información se ha convertido en un componente central de todo negocio que busque el crecimiento (Chopra y Meindl, 483).

Para poder lidiar con el problema de la información se han desarrollado distintos productos y paquetes de software los cuales permiten ordenar, analizar y distribuir de manera adecuada la información (Chopra y Meindl, 483). A continuación, se describirá la situación que Tadoo Cía. Ltda. enfrenta en la bodega de insumos y cómo la aplicación de tecnologías de información mejorará su desenvolvimiento.

6.2. Ventajas de la Aplicación de Tecnologías de Información en Tadoo Cía. Ltda.

Para Tadoo Cía. Ltda. es necesario mejorar el control que se lleva en la bodega de insumos. Como se explicó en la sección 3.1, actualmente se utiliza el sistema de KARDEX, el cual genera varios problemas en el Departamento de Producción, y a su vez afecta el desenvolvimiento de toda la Empresa. Los principales problemas que Tadoo Cía. Ltda. enfrenta en la bodega de insumos son:

- No se posee información confiable de las cantidades que se poseen de los insumos.
- Perdida de tiempo en actividades de conteo de los insumos cada vez que se necesita realizar algún pedido, planificación, etc.
- Se poseen insumos con poca rotación en inventario, que son almacenados por largos periodos tiempo.
- Ocurren paros en producción debido al mal manejo del KARDEX.
- La planificación de la producción se ve afectada por la falta de información correcta, y toma bastante tiempo el obtener los datos correctos al hacer conteo de los insumos.

A través de la aplicación de las tecnologías de información en la bodega de insumos de Tatóo Cía. Ltda., todos los problemas anteriormente mencionados se reducirían drásticamente. La ventaja que se obtendría al poseer tecnologías de información dentro de la Empresa es el aumento del flujo de información correcta sobre la mayor cantidad de aspectos, ya sean estos de carácter productivo, económico, financiero, etc., que permitan a todos los integrantes de la Empresa poseer una visión amplia de lo que está sucediendo y poder tomar decisiones que contribuyan al bienestar de la Empresa.

6.3. Propuesta de Implementación de Tecnologías de Información

La propuesta de implementación de tecnologías de información que se presentará a continuación no contempla la compra o aplicación de un programa existente de tecnologías de información, el cual posea características de almacenamiento de datos, procesamiento de la información, presentación de informes, etc. en adición a lo que actualmente posee Tatóo Cía. Ltda. Lo que se busca a través de la propuesta es generar un cambio en la forma en cómo se lleva el control de la bodega de insumos, es decir primero Tatóo Cía. Ltda. debe visualizar por qué es tan importante llevar un control de todas las actividades que se realizan en bodega. Con esto se podrán asignar tareas específicas que se deben llevar a cabo en orden de mantener un flujo constante de información en la bodega de insumos.

Ahora es necesario proveer herramientas que faciliten la recolección y procesamiento de la información que se genera en la bodega de insumos, a estas herramientas se les llama tecnologías de información. Actualmente la bodega de insumos no posee ningún computador, es más, la única herramienta con la que se cuenta para llevar un control de las actividades es el KARDEX y la mayoría de empleados no lo saben manejar, ya sea por su complejidad o porque ni siquiera se interesan en aplicarlo (Tul Mary, entrevista, 2009). La implementación de un computador que cuente con el paquete computacional Microsoft Office® y la utilización del programa Microsoft Excel® ayudarán a la recolección y organización de la información.

El aspecto más importante que contempla la propuesta, son las plantillas que se deben generar con el programa Microsoft Excel® y el tipo de información que debe ser recolectada por Tadoo Cía. Ltda. para luego ser analizada. Igualmente, es necesario especificar quiénes son los encargados de la recolección de la información, su procesamiento y análisis. Además, no se busca a través de la propuesta solamente empezar a recolectar la información que se obtiene en el trabajo diario de la Empresa, sino que se busca iniciar una cultura de recolección, procesamiento y digitalización de la información que Tadoo Cía. Ltda. posee pero que no está establecida adecuadamente en la actualidad. Esta información se refiere a descripciones de los insumos, datos sobre proveedores (tiempos de entrega, mínimos de pedido, etc.), puntos de reorden, políticas de inventario, entre otras.

En la Figura 6 se muestra una imagen del formato que se debería utilizar para la recolección de la información, el cual fue implementado en el programa Microsoft Excel®. Esta es la hoja electrónica principal que vendría a reemplazar las funciones que actualmente realiza el KARDEX.

	C	D	E	F	G	H	I	J
6								
7		PRODUCTO						
8								
		Fecha	Detalle	Cantidad Actual en Inventario (unidades)	Cantidad que Entra (unidades)	Cantidad que Sale (unidades)	Cantidad Total (unidades)	Observaciones
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

Fuente: Realización Propia

Figura 6. Plantilla para el Control de Inventarios para la Bodega de Insumos

Debe existir una plantilla de control para cada insumo que maneja Tatio Cía. Ltda. En la primera fila de la plantilla (“Producto”) se registra el nombre del producto, mientras que en la primera columna (“Fecha”) se anota la fecha en la que se dio a cabo la actividad (ya sea un pedido que llega, cantidad de insumos que salen de la bodega a producción, devolución de insumos por cuestiones de calidad, etc.). En la columna “Detalle” se escribe una referencia del documento de la actividad, en la mayoría de casos se escribe el número de la factura o el número de la orden de producción. En la columna “Cantidad Actual en Inventario” se anota la cantidad de inventario que se posee antes de realizar la actividad; esta cantidad se la puede obtener del último registro que se posee en la plantilla (fila anterior). En las columnas “Cantidad que Entra” o “Cantidad que Sale” se coloca la cantidad de inventario que ingresa o sale de bodega respectivamente (la actividad). En la columna “Cantidad Total” se ha implementado una fórmula que actualice el estado del inventario al tomar en cuenta las columnas “Cantidad Actual en Inventario”, “Cantidad que Entra” y “Cantidad que Sale”, de tal manera que se refleje la actividad que fue realizada (una adición o una substracción). Por último, en “Observaciones” se registra si existe algún problema o inconveniente durante la actividad, tal como que no cuadren las cantidades anotadas con las que se poseen en bodega, que no exista ningún documento que respalde la actividad, etc.

A continuación, en la Figura 7 se muestra un ejemplo de cómo se debería llenar la plantilla de control.

	C	D	E	F	G	H	I	J
6								
7	TELA SUPLEX COLOR HABANO							
8								
9		Fecha	Detalle	Cantidad Actual en Inventario (metros)	Cantidad que Entra (metros)	Cantidad que Sale (metros)	Cantidad Total (metros)	Observaciones
10		24-Abr-09	2324	115.45	48		163.45	
11		30-Abr-09	100193	163.45		80.45	83	No se recibio copia de la OP
12		05-May-09	2400	83	144		227	
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

Fuente: Realización Propia

Figura 7. Ejemplo de Plantilla para Control de Inventarios para la Bodega de Insumos

Todas las actividades que se realicen en bodega deberán ser registradas en las plantillas correspondientes. Al llevar este tipo de control de la bodega se debería poder resolver los problemas principales que sufre Tatio Cía. Ltda., ya que se mantendría información concreta sobre las cantidades de insumos existentes en bodega, se eliminaría por completo los tiempos de revisión de las cantidades de insumos cada vez que se necesite estados de los productos, entre otras.

Ahora resulta necesario compartir esta información con los responsables de producción, para esto se deberán mantener en línea las computadoras del área de Producción (son dos, Jefe de Producción, Asistente de Producción) con la de Bodega, y compartir el/los archivos de Plantillas de Control. De esta manera todos los responsables de la producción que puedan requerir de la información actualizada, ya sea para planificar la producción, generar órdenes de compra, etc., podrán accederla desde su propio computador.

Cada plantilla de control correspondiente a un insumo deberá estar vinculada a otro archivo el cual contenga información específica sobre éste, tal como las características generales del insumo, su forma de almacenamiento, su

proveedor y contacto, mínimos de pedido, tiempos de entrega e indicaciones de uso. Actualmente, Tatoon Cía. Ltda. posee toda esta información, por lo que únicamente es necesario digitalizarla.

Al poder contar con este tipo de tecnología de información en la Bodega de Insumos, Tatoon Cía. Ltda. podría generar una mayor eficiencia en la mayoría de los procesos productivos y de control.

6.4. Mejora Continua a Través de las Tecnologías de Información

Lo presentado en la propuesta de tecnologías de información solamente contempla información que se genera en la Bodega de Insumos, aunque se debe reconocer que en el resto de los departamentos de la Empresa, durante la mayoría del tiempo, se está generando y requiriendo información clara y precisa. Esta propuesta debería ser considerada como el primer paso que Tatoon Cía. Ltda. debería dar en orden de mejorar sus actividades.

Es sumamente importante el generar tecnologías de información que abarquen todas las áreas de la Empresa y se interconecten entre si, con el fin de llegar a tomar decisiones abarcando la mayor cantidad de información posible, de tal manera que se puedan analizar todos los escenarios que puedan presentarse. Es decir, comenzar con una etapa de mejora continua centralizada en el manejo adecuado de la información. Al existir información fácilmente accesible acerca de todos los procesos que la Empresa desempeña, es fácil detectar en qué zonas se están generando problemas y actuar rápidamente sobre estas de tal manera que se hallen soluciones rápidas y benéficas para la Empresa. Esta forma de hallar y solucionar problemas a través del manejo de la información se la debe implementar y mantener, de tal forma que se forje una cultura de mejora continua en la Empresa.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- En la actualidad, Tadoo Cía. Ltda. no maneja políticas de control de inventarios y de planificación de los requerimientos de materiales basadas en un análisis técnico de las condiciones de aprovisionamiento y planificación de la producción.
- Tadoo Cía. Ltda. carece de indicadores de su desempeño en cuanto al manejo de inventarios de materia prima e insumos para la producción. Existe poco cuidado en el manejo de la información, por lo que se dificulta el establecer medidas adecuadas que le permitan conocer su nivel de desempeño.
- Para el análisis de la situación actual del desempeño de Tadoo Cía. Ltda. se consideraron ciertas medidas recomendadas por la literatura como el porcentaje de interrupciones en producción por falta de insumos, el porcentaje de clientes perjudicados por falta de existencias y el retorno de la inversión en el inventario.
- Las medidas de desempeño que se aplicaron demostraron que existen problemas en el desenvolvimiento del departamento de producción, tales como un porcentaje significativo de días operativos con paros ocasionados por la falta de insumos, lo que ha su vez provoca un alto porcentaje de clientes perjudicados por la falta de existencias de productos terminados.
- El levantamiento de los costos relacionados con el inventario es esencial para el desarrollo de los modelos de inventario. Una correcta determinación de los costos permitirá que las soluciones de los modelos se ajusten a la realidad que enfrenta la compañía, y que se puedan desarrollar políticas de inventario eficientes.
- Un análisis de Pareto de los insumos comunes que se utilizan para la manufactura de los productos más representativos en función de las ventas de Tadoo Cía. Ltda. reflejó que los insumos más representativos para la Empresa corresponden a los tipos de tela Suplex, Polartec y Campagnolo.

- El conjunto de Telas Polartec se diferencia principalmente de la Tela Suplex y de la Tela Campagnolo en que posee costos de ordenar elevados debido a que su proveedor se encuentra fuera del país. Por esta razón, dada la facilidad de reabastecimiento de la Tela Suplex y la Tela Campagnolo se pueden considerar como productos únicos al momento de establecer su política de aprovisionamiento, mientras que en el caso de la Tela Polartec se la debe considerar como múltiples productos (por tipos y colores).
- El modelo de inventarios Silver-Meal permite obtener los tamaños de lote adecuados para minimizar los costos totales de inventario cuando la demanda de un producto es conocida pero variable. A través del modelo, también se obtiene un cronograma de cuándo se debe recibir una orden específica. Por esta razón, se seleccionó este método para establecer la planificación de los inventarios de Tela Suplex y Tela Campagnolo.
- El modelo de inventarios Silver-Meal Generalizado es una extensión del modelo Silver-Meal para el caso en el cual se consideran múltiples productos con demanda conocida pero variable. Es por esto que se lo seleccionó para el conjunto de las Telas Polartec.
- Dadas las características de los insumos que se analizaron mediante la aplicación de los modelos de inventarios, se observó que los resultados de cada modelo son distintos. En el caso de la Tela Suplex (donde se aplicó el modelo Silver-Meal) es preferible realizar varias órdenes, inclusive en un mismo periodo, esto se debe a que los costos de ordenar son relativamente bajos con respecto a los costos de mantener el inventario. Mientras que para las Telas Polartec (donde se aplicó el modelo Silver-Meal Generalizado) lo ideal es realizar muy pocas órdenes de compra y mantenerlas en inventario durante varios periodos, esto se debe a los altos costos de ordenar.
- La aplicación de la metodología para la Planificación de los Requerimientos de Materiales (MRP), permite obtener las fechas y cantidades en las que se deben realizar las órdenes de compra o producción de los insumos necesarios para la confección de los

productos terminados de Tadoo Cía. Ltda. tal como se analizó en el capítulo 5 del presente documento, donde se ilustró mediante un ejemplo cómo esta metodología puede ayudar a la Empresa al momento de planificar su reabastecimiento.

- La principal función de la propuesta de implementación de tecnologías de información es reemplazar totalmente el uso del KARDEX dentro de Tadoo Cía. Ltda. e iniciar nuevas prácticas en las cuales los trabajadores se responsabilicen por llevar un adecuado manejo de la información.

7.2. Recomendaciones

- A través de la aplicación de las herramientas propuestas en esta tesis, Tadoo Cía. Ltda. podría mejorar sus actividades dentro del área de producción. Se recomienda la utilización de las medidas de desempeño presentadas (sección 3.2.) para evaluar el desenvolvimiento del área de producción una vez que se hayan adoptado las metodologías propuestas.
- Se recomienda realizar un levantamiento detallado de los costos en el área de producción, el cual involucre tareas desempeñadas por los trabajadores, costos de transporte, costos de almacenamiento, costos de utilización de los recursos, costos de ventas perdidas, costos de obsolescencia, entre otros. Este estudio abriría las puertas a mejores prácticas en la Empresa y facilitaría la realización de proyectos.
- El uso de políticas de inventario debería extenderse y aplicarse a todos los insumos que Tadoo Cía. Ltda. utiliza con mayor regularidad, esto permitiría mantener un mejor control sobre las operaciones y facilitaría el manejo de los inventarios.
- Al realizar importaciones, Tadoo Cía. Ltda. debería asegurarse de completar pedidos que justifiquen los altos costos en los que se incurre al realizar el pedido y que posiblemente resulten en una reducción del tamaño de pedido de cada producto y menores tiempos de ciclo en inventario. Una manera de llevar a cabo esto es aplicando el algoritmo

Silver-Meal Generalizado a sus distintos productos de importación de un mismo proveedor. En el caso de Polartec, Tatroo Cía. Ltda. a más de comprar los tres tipos de telas analizadas en el presente estudio, realiza compras de botones, cierres y otros insumos.

- Se recomienda aplicar la metodología del MRP a todos los productos representativos de Tatroo Cía. Ltda. una vez que se hayan determinado las políticas de loteo para los distintos insumos. Esto se debe a que el correcto desempeño del MRP depende de un adecuado establecimiento de las políticas de loteo. De esta manera, se podría obtener el panorama completo de todos los insumos más representativos que se requieren y tomar decisiones adecuadas sobre los aprovisionamientos que se deben realizar, si es necesario consolidar los pedidos, si se puede acceder a descuentos por cantidad, entre otros.
- De la misma manera, la aplicación y utilidad del MRP depende directamente del Plan Maestro de Producción (MPS) que establezca la Empresa. Se recomienda la utilización de pronósticos de la demanda y análisis de la capacidad de la planta para llevar a cabo la elaboración periódica del MPS de Tatroo Cía. Ltda.
- La aplicación y el uso de tecnologías de información facilitarían la implementación de las metodologías propuestas durante este trabajo debido al mejoramiento en la calidad y exactitud de la información.
- La propuesta de implementación de tecnologías de información que se presentó en esta tesis sólo abarca a la bodega de insumos. Es importante recalcar que las tecnologías de información son necesarias en todas las áreas de la Empresa, por lo que se recomienda un análisis técnico y económico de la conveniencia de la implementación de tecnologías de información en todas ellas.
- En el caso de la implementación de un sistema integrado de ERP en Tatroo Cía. Ltda., se recomienda que la Empresa desarrolle un mayor nivel de conocimiento de sus operaciones dentro de cada uno de los departamentos involucrados en la gestión del ERP. Si previo a la implementación del software, la Empresa no ha mejorado sus procesos,

es muy probable que llegue a incurrir en una alta inversión y no se llegue a obtener beneficios significativos.

BIBLIOGRAFÍA

Base de Datos Producción 2008. Tadoo Cía. Ltda., Enero 2009, Quito-Ecuador.

Base de Datos Contabilidad 2008. Tadoo Cía. Ltda., Marzo 2009, Quito-Ecuador.

Blank, Leland y Anthony Tarquin. Ingeniería Económica, 5ta Edición, McGraw-Hill, México, 2004.

Carreño, Mauricio. Entrevista Personal, Febrero 2009.

Chopra, Sunil y Peter Meindl. Supply Chain Management Strategy, Planning & Operation, 3rd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2007.

Hopp, Wallace J. y Mark L. Spearman. Factory Physics, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 2001.

Iyogun, Paul. "Heuristic Methods for the Multi-product Dynamic Lot Size Problem", Journal of the Operational Research Society, Vol. 42, N° 10, (Oct. 1991), pp. 889-894.

Narasimhan, Sim; Dennis W. McLeavey y Peter Billington. Planeación de la Producción y Control de Inventarios, 2da Edición, Prentice Hall, México, 1996.

"Return on Investment Ratio Formula, Calculation and Definition". Mayo 2009.
<http://www.bizwiz.ca/return_on_investment_ratio.html>

Sánchez, Carlos Alberto, "Impacto de las Averías e Interrupciones en los Procesos. Un análisis de la Variedad en los Procesos de Producción". Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Vol. 72, N° 145, (2005), pp. 67-75.

Silver, Edward y Harlan Meal. "A Simple Modification of the EOQ for the Case of a Varying Demand Rate". Journal of the American Production and Inventory Control Society, Inc., Fourth Quarter 1969, pp. 53-65.

Tul, Mary. Entrevista Personal, Enero 2009.

ANEXOS

Anexo A. DETERMINACIÓN DE LOS INSUMOS MÁS REPRESENTATIVOS PARA TATOO CÍA. LTDA.

A.1. Productos Más Vendidos por Tatoo Cía. Ltda.

Tabla 25. Lista de los Productos más Vendidos por Tatoo Cía. Ltda. durante el 2008

	Producto	Porcentaje de Ventas
1	Pantalón Pasochoa	35%
2	Pantalón Illampu	18%
3	Buzo Sajama	14%
4	Pantalón Cocuy	11%
5	Pantalón Paine	11%
6	Buzo Kapura	3%
7	Chompa Maki	2%
8	Buzo Vinson	2%
9	Buzo Ishinca	2%
10	Chompa Ritacuba	1%

A.2. Hojas Técnicas de los Insumos Más Vendidos Tatoo Cía. Ltda.

Tabla 26. Hoja Técnica del Buso Kapura

BUSO KAPURA		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Power Stretch	1.16 m	21.26
Tela	Suplex	0.01 m	0.02
Tela	Vivara	0.25 m	0.79
Tela	Lycra	0.0117 m	0.0729
Cierre	reverse 28.5"	1.00 u	1.07
Cierre	ykk n° 3	1 u	0.1
Cierre	invisible	0.355 m	0.56
Llave	impermeable n° 3 YKK	2 u	0.06
Etiqueta	Logo Tatoo Reflectivo	1 u	0.17
Etiqueta	Genérica Polartec	1 u	0
Etiqueta	Polartec	1 u	0
Etiqueta	Tatoo 002	1 u	0.06
Marquilla	talla	1 u	0
Hilo	Ameto	178.71 m	0.09
Hilo	Nylon	30.56 m	0.05

Tabla 27. Hoja Técnica del Pantalón Illampu

PANTALÓN ILLAMPU		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Campagnolo	0.7957 m	3.03
Etiqueta	Logo Tatoo Reflectivo	1.00 u	0.1687
Elástico	reforzado	0.62 m	0.078
Etiqueta	Tatoo 002	1 u	0.056
Etiqueta	Tatoo 005	1 u	0.035
Marquilla	talla	1 u	0.003
Hilo	Ameto	49 m	0.02597
Hilo	Nylon	3.7 m	0.0065

Tabla 28. Hoja Técnica del Pantalón Cocuy

PANTALÓN COCUY		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Suplex	1.35 m	4.32
Malla	Hawaii	0.143 m	0.2345
Bordado	1668	1 u	0.3375
Broche	B642-0000-342C	1 u	0.054
Broche	N40-0000-342C	1 u	0.017
Broche	N39-0000-342C	1 u	0.017
Broche	L54B565-A01	1 u	0.07
Bucle	Tona Clip	1 u	0.078
Bucle	Tona Clip	1 u	0.092
Cierre	Nylon	4 u	0.556
Cierre	Nylon	2 u	0.256
Cierre	Nylon	2 u	0.594
Elástico	reforzado	0.208 m	0.0226
Etiqueta	Tatoo 007	1 u	0.041
Etiqueta	Tatoo 001	1 u	0.056
Etiqueta	Tatoo 005	1 u	0.035
Marquilla	talla	1 u	0.0029
Hilo	Nylon	0.3 m	0.0005
Hilo	Ameto	223 m	0.1182
Reata	coreana	0.05 m	0.0015
Reata	RT/MCHGE19	1.042 m	0.0942
Tip ends	punteras	1 u	0.041
Tira cierres	de tela Tatoo	2 u	0.122
Velcro	nacional	0.04 m	0.0132

Tabla 29. Hoja Técnica del Pantalón Pasochoa

PANTALÓN PASOCHOA	CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela Suplex	1.88 m	32.000
Bordado Tatroo	1 u	0.2189
Broche 1 (B642-0000-342C)	1 u	0.0540
Broche 2 (N40-0000-342C)	1 u	0.0220
Broche 3 (N39-0000-342C)	1 u	0.0220
Broche 4 (B064-565-d27)	1 u	0.0840
Bucle Female Center Push 1 " 6357	1 u	0.1120
Bucle Male Center Push 1 " 6356	1 u	0.0970
Cierre Nylon 20 cm	2 u	0.1390
Cierre Nylon 18 cm	1 u	0.1280
Cierre Nylon 75 cm	2 u	0.6680
Elástico Reforzado	0.6 m	0.1504
Etiqueta Tatroo 007 Bandera PQ	1 u	0.0410
Etiqueta Tatroo 001 Hecho en Ecuador	1 u	0.0560
Etiqueta Tatroo 005 Instrucciones	1 u	0.0350
Hilo Nylon	0.3 m	0.00176
Hilo Ameto	198 m	0.00053
Reata 2.3 cm	1.11 m	0.1398
Marquilla Talla	1 u	0.0370
Tip ends punteras 2.5 cm	1 u	0.0940
Velcro	0.24 m	0.3880

Tabla 30. Hoja Técnica del Buso Sajama

BUSO SAJAMA		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Campagnolo	1.012 m	3.855
Etiqueta	Logo Tatroo Reflectivo	1 u	0.1687
Etiqueta	Reflectiva talla	1 u	0.1645
Etiqueta	Tatroo 005	1 u	0.035
Etiqueta	impresa blanca	1 u	0.007
Hilo	Ameto	110 m	0.0583
Hilo	Nylon	3.7 m	0.0065

Tabla 31. Hoja Técnica del Buso Ishinca

BUSO ISHINCA		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Rib Sweater	1.15 m	15.79
Tela	Sensación	0.09 m	0.36
Tela	Antares	0.05 m	0.21
Tela	Suplex	0.06 m	0.19
Hilo	Ameto	142.16 m	0.08
Hilo	nylon	16.13 m	0.5
Bordado	1669	1 u	0.34
Bemis		0.0158 m	0.15
Cierre	invisible	1 u	0.28
Cierre	nylon	1 u	0.16
Reata	algodón	0.84 m	0.06
Etiqueta	de tela	1 u	0.06
Etiqueta	genérica	1 u	0
Etiqueta	Bandera Polartec	1 u	0
Marquilla	talla	1 u	0
Proceso de tintura		1 u	0.06
Proceso de tintura		1 u	0.06

Tabla 32. Hoja Técnica del Pantalón Paine

PANTALÓN PAINE		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Suplex	1.75m	5.6
Bordado	1668	1 u	0.34
Escalera	Standard Tension Lock 1"	1 u	0.06
Cierre	Nylon	1 u	0.128
Elástico	reforzado	0.737 m	0.1091
Etiqueta	Tatoo 007	1 u	0.04
Etiqueta	Tatoo 001	1 u	0.06
Etiqueta	Tatoo 005	1 u	0.04
Hilo	Nylon	0.3 m	0.0005
Hilo	Ameto	132 m	0.0831
Marquilla	talla	1 u	0.0029
Reata	RT/MCHGE23	1.11 m	0.1434
Reata	especial cor	0.05 m	0.0018
Tip ends	punteras	1 u	0.0689
Velcro	nacional	0.12 m	0.0396

Tabla 33. Hoja Técnica del Buso Vinson

BUSO VINSON		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Power Stretch	0.92 m	16.04
Tela	Power Stretch	0.19 m	3.31
Etiqueta	Logo Tatroo Reflectivo	1 u	0.17
Bordado	968	1 u	0.2
Cierre	Nylon	1 u	0.17
Etiqueta	Tatoo 002	1 u	0.06
Etiqueta	Genérica	1 u	0
Marquilla	talla	1 u	0.01
Hilo	Ameto	218 m	0.12
Hilo	Nylon	180 m	0.32

Tabla 34. Hoja Técnica de la Chompa Maki

CHOMPA MAKI		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Thermal Pro	0.885 m	0.783225
Tela	Sensación	0.2024 m	0.852104
Tela	Suplex	0.163 m	0.5216
Tela	Licra	0.0252 m	0.16
Bordado	1668	1 u	0.3375
Cierre	Chompa Polar	1 u	1.016
Cierre	diente de perro	0.412 m	0.2590656
Cordón elástico		1.264 m	0.116288
Etiqueta	Tatoo 002	1 u	0.056
Etiqueta	Thermal Pro	1 u	0.001
Etiqueta	Genérica	1 u	0.001
Marquilla	Talla	1 u	0.0029
Hilo	Ameto N° 120	196 m	0.10388
Hilo	Nylon	2 u	0.003514
Llave	diente de perro	2 u	0.2012
Ojalillos		4 u	0.00624
Tancas	Pop Lock	2 u	0.2184
Tira cierre	de tela	2 u	0.16

Tabla 35. Hoja Técnica de la Chompa Ritacuba

CHOMPA RITACUBA		CONSUMO	COSTO TOTAL (US\$)
Tela	Gore-tex 3L XCR	0.55 m	17.002
Tela	Gore-tex Performance	1.45 m	44.824
Pocket Liners		0.20 m	3.939
Malla Hawaii		0.06 m	0.0984
Wind Stopper		0.012 m	0.227
Supplex		0.012 m	0.038
Bichunga	plástica	2 u	0.66
Etiqueta	Logo Tatroo Reflectivo	1 u	0.1687
Etiqueta	Talla (cortado solo el logo)	1 u	0.1645
Cierre	impermeable 29.5"	1 u	3.758
Cierre	impermeable	1.53 m	5.242
Cierre	YKK N° 3	0.19 m	0.07
Cordón elástico		3.06 m	0.28106
Fusionable		0.07 m	0.222
Etiqueta	de tela	2 u	0.002
Etiqueta	de tela	1 u	0.056
Hilo	Nylon	42.69 m	0.075
Llave	YKK N° 3 impermeable negra	5.00 m	0.305
Llave	YKK N° 3 antique silver	1 u	0.078
Marquilla	talla	1 u	0.003
Ojalillos		8 u	0.0128
Papel adhesivo	BEMIS	0.02 m	0.148
Ribete de tela	2 cm	0.83 m	0.0224
Tanka	Pop Lock cord lock	5 u	0.545
Tira cierre	zip clip macho	2 u	0.05
Tira cierre	zip clip hembra	2 u	0.05
Tira cierre	de tela	1 u	0.001
Tira cierre	de tela	5 u	0.3
Cinta de termosellar	6GSAMO22STGP - ST 3L 6MIL STEEL GREEY PES	12.5 m	101.187
Cinta de termosellar	6GSAMO76DSBP - ST 3L 6MIL STEEL GREEY PES	0.05 m	0.036
Varilla plástica		0.28 m	0.084
Velcro USA	2.5 cm macho	0.15 m	0.057
Velcro USA	2.5 cm hembra	0.05 m	0.019
Velcro USA	2 cm hembra	0.20 m	0.0608

A.3. Los Insumos Más Comunes de Tadoo Cía. Ltda.

Tabla 36. Lista de los Insumos Comunes Encontrados a Partir de los Productos Más Vendidos por Tadoo Cía. Ltda.

Tadoo Cia. Ltda.	
Insumos Comunes Entre los Productos Más Vendidos	
1	Hilo Nylon
2	Hilo Ameto
3	Tadoo 005
4	Logo Tadoo Reflectivo
5	Marquilla Talla
6	Tela Suplex
7	Tela Campagnolo
8	Tadoo 002
9	Broche B642-0000-342C
10	Broche N40-0000-342C
11	Broche N39-0000-342C
12	Cierre Nylon 20 cm
13	Cierre Nylon 18 cm
14	Tadoo 007
15	Tadoo 001
16	Tip Ends punteras
17	Velcro nacional
18	Polartec (mezclado)
19	Power Stretch
20	Thermal Pro Rib Sweater
21	Thermal Pro
22	Lycra
23	Tela Goretex (mezclado)

A.4. Costos Totales de Producción por Insumo

Tabla 37. Costos de Producción de los Insumos Comunes de Tatroo Cía. Ltda.

Tatroo Cía. Ltda.	
Insumos	Costo Total (US\$)
Hilo Nylon	344.85
Hilo Ameto	1,725.44
Tatroo 005	320.85
Logo Tatroo Reflectivo	1,109.26
Marquilla Talla	17.09
Tela Suplex	54,968.56
Tela Campagnolo	18,572.81
Tatroo 002	261.80
Broche B642-0000-342C	429.57
Broche N40-0000-342C	165.45
Broche N39-0000-342C	165.45
Cierre Nylon 20 cm	2,743.03
Cierre Nylon 18 cm	1,262.98
Tatroo 007	399.83
Tatroo 001	546.11
Tip Ends punteras	770.25
Velcro nacional	587.96
Polartec (mezclado)	28,659.50
Power Stretch	19,262.60
Thermal Pro Rib Sweater	4,547.72
Thermal Pro	4,849.18
Lycra	111.24
Tela Goretex (mezclado)	9,088.42

Anexo B. ESTABLECIMIENTO DE UNA POLÍTICA DE LOTEOS PARA LA TELA SUPLEX

B.1. Algoritmo Silver – Meal Completo

$$\frac{2S}{CI} = 20.67$$

$$T_1 = 1 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 207 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{207}} = 0.316$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (207)(0.316) = 65.41$$

Primera orden, se recibirá en el tiempo cero y su tamaño es de 65.41 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 1 - 0.316 = 0.684$$

$$T_1 = 0.684 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 96.85 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{207}} = 0.316$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (207)(0.316) = 65.41$$

Segunda orden, se recibirá en el tiempo 0.316 y su tamaño es de 65.41 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 1 - 0.632 = 0.368$$

$$T_1 = 0.368 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 28.03 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{207}} = 0.316$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (207)(0.316) = 65.41$$

Tercera orden, se recibirá en el tiempo 0.632 y su tamaño es de 65.41 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 1 - 0.948 = 0.052$$

$$T_1 = 0.052 \quad F(T_1) = 207 \quad T_1^2 F(T_1) = 0.560 < 20.67$$

El lado derecho de la ecuación (8) es menor, por lo que el resto de Tela Suplex que falta por ordenar de los 207 metros para el primer periodo será cubierto en la próxima orden.

$$T_2 = 0.052 + 1 = 1.052$$

$$T_2 = 1.052 \quad F(T_2) = 0 \quad T_2^2 F(T_2) = 0 < 20.67$$

El lado derecho de la ecuación (8) es menor, la demanda del Periodo 2 aún es insuficiente para generar el siguiente pedido.

$$T_3 = 2.052 \quad F(T_3) = 570 \quad T_3^2 F(T_3) = 2400.10 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{570}} = 0.19$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (0.052)(207) + (0) + (570)(0.19) = 119.30$$

Cuarta orden, se recibirá en el tiempo 0.948 y su tamaño es de 119.30 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 1 - 0.19 = 0.81$$

$$T_1 = 0.81 \quad F(T_1) = 570 \quad T_1^2 F(T_1) = 373.97 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{570}} = 0.19$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (570)(0.19) = 108.3$$

Quinta orden, se recibirá en el tiempo 2.190 y su tamaño es de 108.3 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 0.81 - 0.19 = 0.62$$

$$T_1 = 0.62 \quad F(T_1) = 570 \quad T_1^2 F(T_1) = 219.10 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{570}} = 0.19$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (570)(0.19) = 108.3$$

Sexta orden, se recibirá en el tiempo 2.380 y su tamaño es de 108.3 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 0.62 - 0.19 = 0.43$$

$$T_1 = 0.43 \quad F(T_1) = 570 \quad T_1^2 F(T_1) = 105.39 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{570}} = 0.19$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (570)(0.19) = 108.3$$

Séptima orden, se recibirá en el tiempo 2.570 y su tamaño es de 108.3 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 0.43 - 0.19 = 0.24$$

$$T_1 = 0.24 \quad F(T_1) = 570 \quad T_1^2 F(T_1) = 32.83 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{570}} = 0.19$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (570)(0.19) = 108.3$$

Octava orden, se recibirá en el tiempo 2.760 y su tamaño es de 108.3 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 0.24 - 0.19 = 0.05$$

$$T_1 = 0.05 \quad F(T_1) = 570 \quad T_1^2 F(T_1) = 1.42 < 20.67$$

El lado derecho de la ecuación (8) es menor, lo que sobra de la demanda del Periodo 3 es insuficiente para generar el siguiente pedido.

$$T_2 = 1.05 \quad F(T_2) = 189 \quad T_2^2 F(T_2) = 208.37 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{189}} = 0.33$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (0.05)(570) + (0.33)(189) = 90.87$$

Novena orden, se recibirá en el tiempo 2.95 y su tamaño es de 90.87 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 1 - 0.33 = 0.67$$

$$T_1 = 0.67 \quad F(T_1) = 189 \quad T_1^2 F(T_1) = 84.84 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{189}} = 0.33$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (0.33)(189) = 62.37$$

Décima orden, se recibirá en el tiempo 3.333 y su tamaño es de 62.37 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 0.67 - 0.33 = 0.34$$

$$T_1 = 0.34 \quad F(T_1) = 189 \quad T_1^2 F(T_1) = 21.84 > 20.67$$

$$T = \sqrt{\frac{20.67}{189}} = 0.33$$

$$\text{Tamaño de la orden} = (0.33)(189) = 62.37$$

Onceava orden, se recibirá en el tiempo 3.667 y su tamaño es de 62.37 metros de Tela Suplex.

$$T_1 = 0.34 - 0.33 = 0.01$$

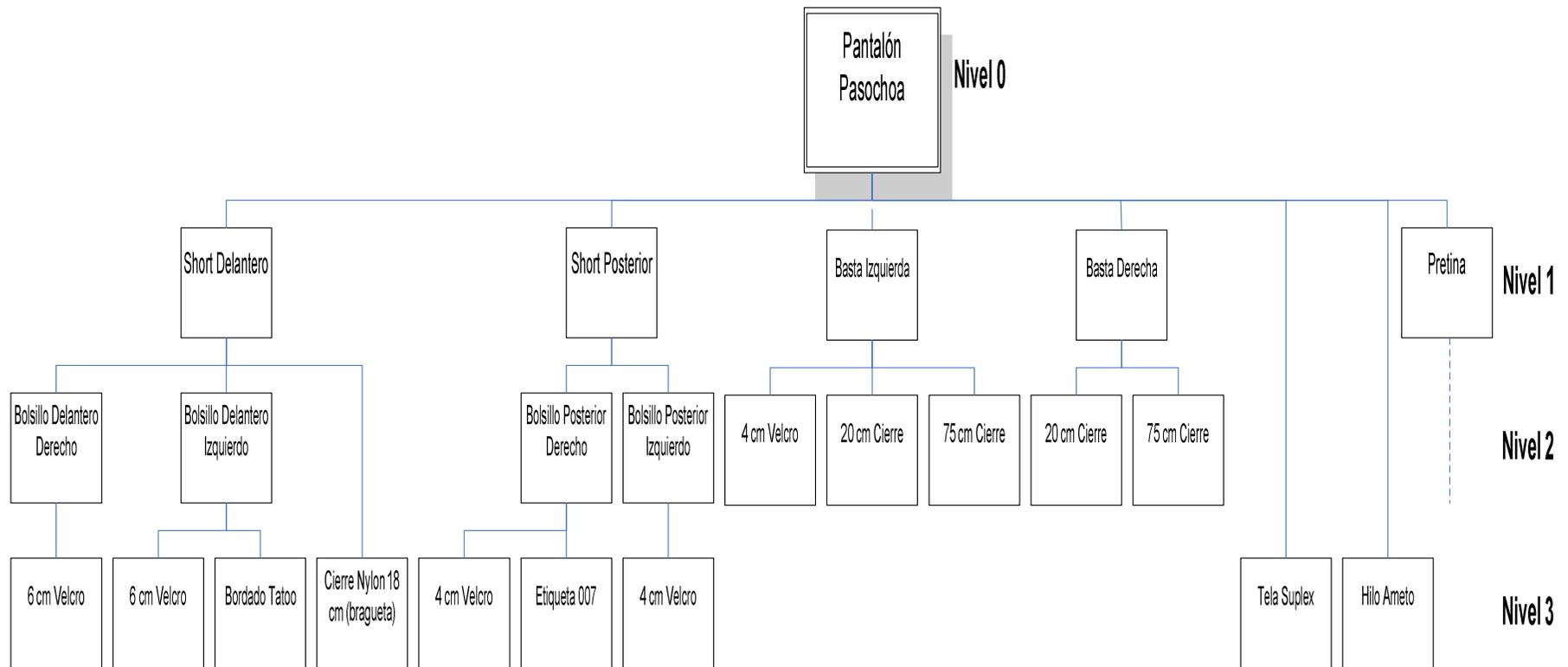
$$T_1 = 0.01 \quad F(T_1) = 189 \quad T_1^2 F(T_1) = 0.0189 < 20.67$$

El lado derecho de la ecuación (8) es menor, la demanda del Periodo 4 es insuficiente para generar el siguiente pedido.

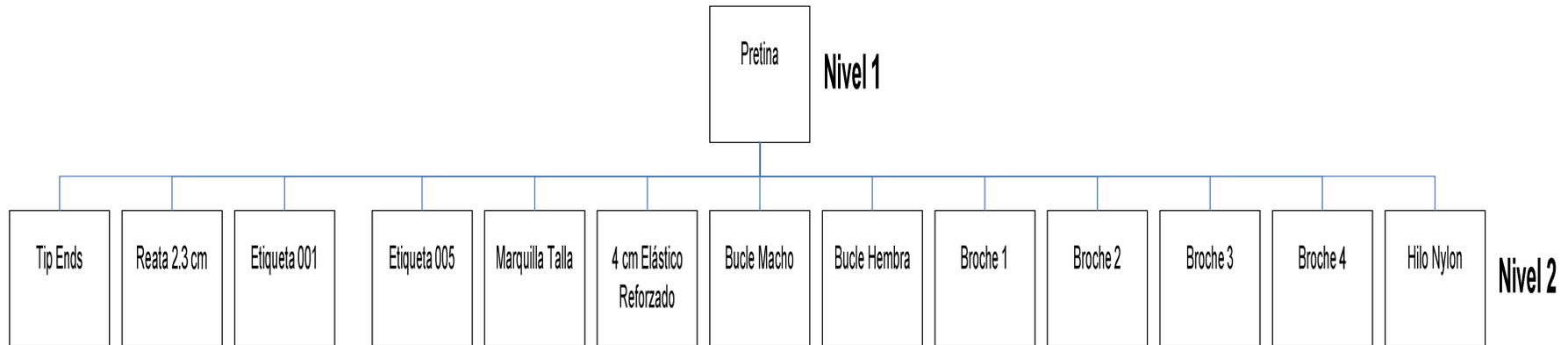
Se ha llegado al fin del horizonte de planeación, el algoritmo llega a su fin.

Anexo C. ELEMENTOS PARA LA APLICACIÓN DE UN MRP EN TATOO CÍA. LTDA.

C.1. Lista de Materiales del Pantalón Pasochoa (BOM 1^{era} Parte)



C.2. Lista de Materiales del Pantalón Pasochoa (BOM 2^{da} Parte)



Reata 0.23 m	Requerimientos Brutos			122.10								333	
LT = 4	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2077.9	2077.9	2077.9	2077.9	2077.9	2077.9	2077.9	2077.9	1744.9	1744.9
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											5000	
Etiqueta 001	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 1	Inventario Disponible=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimientos Netos			110								300	
	Recepciones Planificadas			110								300	
	Emisión de Órdenes Planificadas		110								300		
Etiqueta 005	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 1	Inventario Disponible=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimientos Netos			110								300	
	Recepciones Planificadas			110								300	
	Emisión de Órdenes Planificadas		110								300		
Marquilla Talla	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 1	Inventario Disponible=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimientos Netos			110								300	
	Recepciones Planificadas			110								300	
	Emisión de Órdenes Planificadas		110								300		
Elástico Reforzado (Ancho 4 cm)	Requerimientos Brutos			66								180	
LT = 1	Inventario Disponible=0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	25	0	27
	Requerimientos Netos			66								155	
	Recepciones Planificadas			91								182	
	Emisión de Órdenes Planificadas		91								182		

Bucle Macho	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 8	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	1790	1790
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											550	
Bucle Hembra	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 8	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	1790	1790
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											550	
Broche 1	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 8	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	1790	1790
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											10000	
Broche 2	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 8	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	1790	1790
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											10000	
Broche 3	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 8	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	1790	1790
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											10000	

Broche 4	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 8	Inventario Disponible=2200	2200	2200	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	2090	1790	1790
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											10000	
Hilo Nylon	Requerimientos Brutos			33								90	
LT = 1	Inventario Disponible=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimientos Netos			33								90	
	Recepciones Planificadas			33								90	
	Emisión de Órdenes Planificadas		33								90		
Velcro (Ancho 6 cm)	Requerimientos Brutos			26.4								72	
LT = 4	Inventario Disponible=144 m	144	144	117.6	117.6	117.6	117.6	117.6	117.6	117.6	117.6	45.6	45.6
	Requerimientos Netos			0								0	
	Recepciones Planificadas												
	Emisión de Órdenes Planificadas											24	
Bordado Tatroo	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 1 (1 día)	Inventario Disponible=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimientos Netos			110								300	
	Recepciones Planificadas			110								300	
	Emisión de Órdenes Planificadas		110								300		
Etiqueta 007	Requerimientos Brutos			110								300	
LT = 1	Inventario Disponible=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimientos Netos			110								300	
	Recepciones Planificadas			110								300	
	Emisión de Órdenes Planificadas		110								300		

