



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**MEJORAMIENTO DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE DISTRIBUCIÓN DE INSTALACIONES Y
REASIGNACIÓN DE PERSONAL EN UN AREA DE LA PLANTA EN EMPRESA TEXTIL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CARLOS RODRIGO ARANCIBIA VALLEJOS

**PROFESOR GUÍA:
PATRICIO CONCA KEHL**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RODOLFO URRUTIA URIBE
RODRIGO WOLF YADLIN**

**SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2012**

El presente trabajo de título tiene como objetivo mejorar la eficiencia en el área de Costura Manual, perteneciente a la planta de Tejidos Caffarena S.A.

El proyecto se centró en la distribución de máquinas del salón y en la asignación de personal a cada trabajo. Se buscó generar mejoras en base a reducción de quiebres de stock y ahorro en desvinculación de personal innecesario. La metodología usada se basó en el estudio de los artículos que transitan por el área y en las distintas tareas por los que deben pasar.

Se definieron los procesos como zonas con un mismo tipo de máquina. Con esto, se obtuvo la ruta que sigue cada producto obteniéndose sus tiempos de producción.

Luego, con las rutas definidas, se procedió a dividir el salón en 2 zonas según tipo de proceso. Por otro lado, se generó un método para identificar la ruta más importante por zona, según ventas, cantidad producida y margen entre los 2009 y 2010. Paralelamente, se calcularon los tiempos de traslado entre cada proceso. Con ambas informaciones, se ofreció una propuesta de configuración de las máquinas en el salón. Contrastando ambos layout, se corroboraron las mejoras puesto que se producen menores tiempos de traslado en base a la cantidad producida.

Posteriormente, se generaron necesidades de mano de obra mensual por proceso con respecto a la demanda. Realizado esto, se obtuvo que en promedio se necesitan 61 operarios mensuales, prescindiendo de 19 personas. Sin embargo, esto se realizó de mejor manera obteniendo holguras de los procesos con un simulador y recalculando las necesidades.

El modelo de simulación se aplicó a la Temporada de Primavera-Verano 2012/2013 1ª Colección, correspondiente a 3 meses, generando reportes de cantidad producida e información de los procesos, entre ellos, la holgura estimada. Con este dato se obtuvo una necesidad de mano de obra mensual promedio de 72 operarios, generando un ahorro aproximado de \$2.160.000. Por otro lado, la cantidad producida según el modelo arrojó un 91,28% de cumplimiento, generando un ingreso por reducción de quiebres de stock de aproximadamente \$220.500.000 resultando un beneficio neto cercano a \$222.400.000 durante un trimestre.

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia y a mis amigos este proyecto el cual, con el transitar del mismo, surgieron varias ideas y métodos para poder desarrollar una memoria como ésta.

En especial, el trabajo se lo agradezco a mis padres, ya que sin ellos esto no hubiese sido posible, terminar una carrera, y sobretodo Ingeniería Industrial en la Chile es lo mejor que me puede pasar.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	4
2.1 Descripción de los procesos.....	4
2.2 Selección de área a estudiar.	5
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
4.1 Objetivo General.	11
4.2 Objetivos Específicos.	11
5. RESULTADOS ESPERADOS.....	12
6. MARCO CONCEPTUAL.....	13
6.1 Análisis de datos y configuración de nuevo layout.....	13
6.2 Aplicación de Promodel 7.5.	13
6.2.1 Comando <i>Locations</i>	14
6.2.2 Comando <i>Entities</i>	16
6.2.3 Comando <i>Processing</i>	17
6.2.4 Comando <i>Arrivals</i>	19
6.2.5 Reporte de la simulación.	19
7. ALCANCES.....	21
8. METODOLOGÍA.....	22
9. DESARROLLO DEL PROYECTO.	22
9.1 Recopilación de Datos y Definición de Rutas.	22
9.2 Generación de Indicadores de Puntuación.	32
9.3 Redistribución de Layout.....	35
9.4 Obtención de Necesidad de Mano de Obra.	44
9.5 Modelo de Simulación.	50
10. RESULTADOS OBTENIDOS.....	69
11. CONCLUSIONES.....	72
12. BIBLIOGRAFÍA.....	74
13. ANEXOS.....	75
Anexo A: Información de artículos.....	75

Anexo B: Subprocesos de artículos.	80
Anexo C: Tiempo de Operación de Sub-rutas por Proceso.	98
Anexo D: Demanda Estimada desde Abril de 2012 hasta Marzo 2013.	101
Anexo E: Información de Gráficos.	103

1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años se ha visto en caída libre la industria textil en nuestro país debido a la apertura económica con el exterior, en mayor medida con China, lo que ha provocado el descenso en las ventas en esta industria para el producto nacional. Esto bien lo expresa un reportaje del diario La Tercera realizado al jefe del Departamento de Estadísticas de Precios del INE: "Era un suavizamiento artificial de lo que realmente sucedía con los precios", indicó "No obstante, añade que también hay elementos reales que explican menores precios que en otros países, como la mayor apertura debido a los acuerdos comerciales y el gran ingreso de importaciones chinas. En Chile la industria textil es muy pequeña y casi todo el vestuario es importado. Y, de eso el 67% viene de China"¹.

Ante este escenario, las empresas necesitan utilizar todo su ingenio para aumentar utilidades, ya sea elevar los ingresos y/o disminuir costos. La presente memoria pretende aplicar ingeniería a este problema en una de las empresas más importantes del rubro textil: Tejidos Caffarena S.A., de gran importancia a nivel nacional.

Tejidos Caffarena S.A. es una firma que fue fundada en 1920 por Blas Caffarena comenzando en principio con solo con 3 máquinas textiles, fabricando medias de seda natural vendidas a pedidos. *En 1975 Caffarena compra maquinaria de alta tecnología en el extranjero para confeccionar las primeras pantys de diseño que se crean en Chile. Estas se comercializan con mucho éxito ya que las pantys eran una de las más importantes prendas de la época. La llamada Revolución de las Flores y el hippismo, la revolución sexual, el aumento de la participación de las mujeres y los cambios sociales que se viven por esos años dictan también los íconos de la moda femenina: el uso de minifaldas y vestidos usados con zapatos de taco, tipo sueco, llaman a realzar la figura*². Posteriormente en 1990 Caffarena comienza su expansión hacia el exterior, en rigor a los mercados sudamericanos, exportando hacia Uruguay y Venezuela.

En la actualidad Caffarena exporta hacia 9 países: *Argentina, Uruguay, Perú, México, República Dominicana, Paraguay, Bolivia, Estados Unidos y Nueva Zelanda. El 93% de las exportaciones textiles del rubro en Chile son realizadas por Caffarena*³.

Caffarena cuenta con 900 trabajadores, entre los cuales 250 se desempeñan dentro de las 53 tiendas que poseen. La planta tiene una superficie de 6 Héctareas, y cuenta con máquinas tintoreras, empaquetadoras, tejedoras, cosedoras, planchadoras y su marca como principales activos.

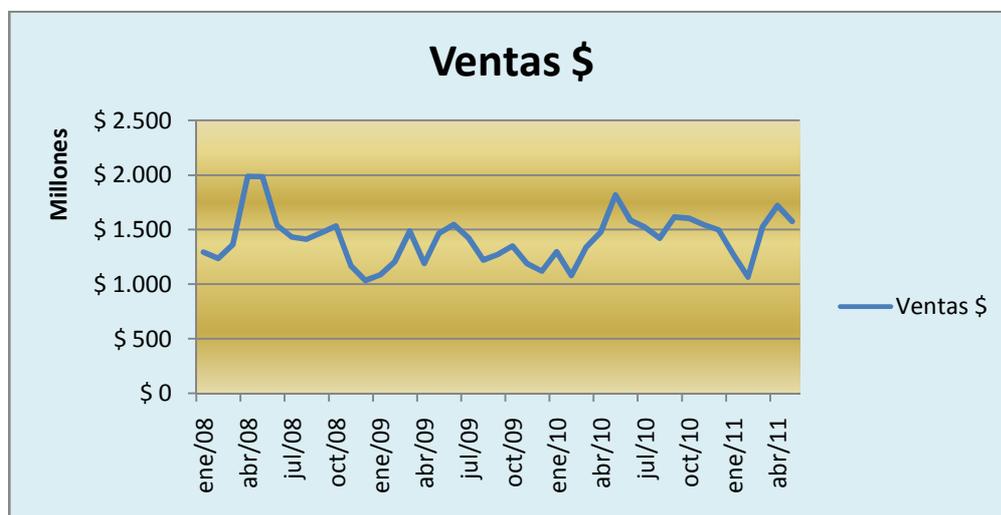
¹ <http://diario.latercera.com/2011/02/05/01/contenido/negocios/10-58377-9-chile-es-el-pais-donde-mas-cayeron-los-precios-del-vestuario-en-2010.shtml>

² http://www.caffarena.cl/asi_somos.php?id=1&idx=2&idxs=&namepage=asi_somos

³ http://www.caffarena.cl/asi_somos.php?id=1&idx=2&idxs=&namepage=asi_somos

Tejidos Caffarena S.A. produce pantys, camisetas, bóxers, chemisettes (camisolas para mujer), entre otros e importa calcetines y ropa. Las ventas que ha tenido en los últimos años se aprecian en el siguiente gráfico:

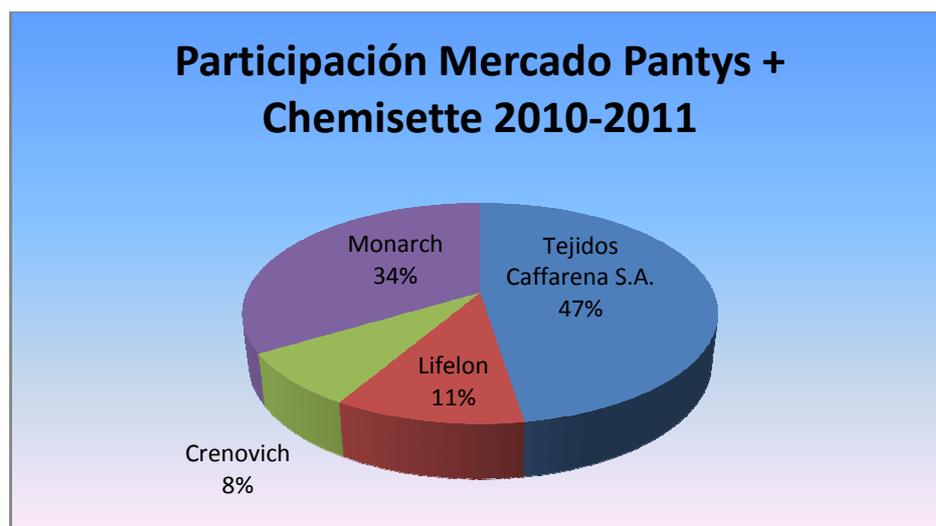
Gráfico N°1: Ventas de Tejidos Caffarena S.A. durante Enero de 2008 y Abril de 2011.



Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Se puede ver que las ventas en las fechas peak han bajado con el correr de los años. Por otra parte, la participación de mercado de los distintos productos es favorable para Caffarena en las pantys más chemisettes. Sus principales competidores en este mercado son Monarch, Lifelon y Crenovich.

Gráfico N°2: Participación de Mercado de Tejidos Caffarena S.A. en Pantys y Chemisettes durante 2010 y 2011.



Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

En el gráfico de torta anterior se puede ver la importancia de Caffarena en este mercado. Por otra parte, refiriéndose a productos importados, los más importantes son los calcetines, donde Caffarena posee un 13% de participación.

Gráfico N°3: Participación de Mercado de Tejidos Caffarena S.A. en Calcetines durante 2010 y 2011.

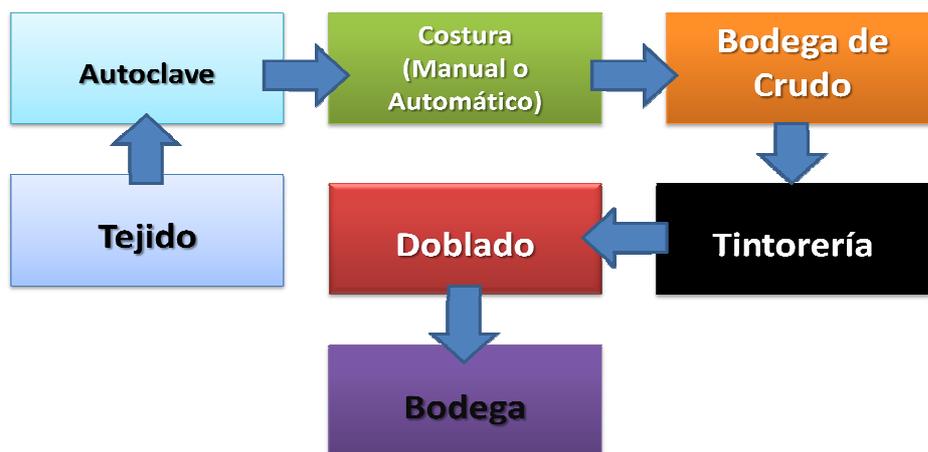


Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Los principales insumos de producción son hilados y envases. Entre los más importantes proveedores de hilados se encuentran Nilit, Fulgar y Contifibre, mientras que para los envases están Marinetti y Morgan.

Por último, la planta de producción se compone de 6 grandes áreas, como se puede ver en la siguiente figura:

Figura N°1: Proceso productivo de la planta de Tejidos Caffarena S.A.



Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Como bien se mencionó anteriormente, la planta produce pantys, camisetas, pantaletas, bóxers, camisolas para mujer, entre otros. En la figura N°1 se aprecia el ruteo que siguen los productos en su producción, comenzando por el tejido de éstos, luego pasan a una zona llamada Autoclave, que corresponde a un horno gigante donde se vaporiza la producción y pertenece al área de Tejido, por lo que no es considerado un área en sí; luego transitan a su confección y según el tipo de artículo estos pasan al área automático o manual; después una cantidad menor se envía a bodega de crudo para reaccionar frente a demandas imprevistas; siguiendo el conducto regular, éstas se envían a tintorería para ser teñidas; posteriormente se envían al sector de doblado donde se empaican los productos; finalmente toda la producción se traslada a la bodega para su pronto despacho a tiendas.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

2.1 Descripción de los procesos.

Como bien se plantea en la introducción, las empresas necesitan mejorar sus utilidades. Ante esto se comenzó a investigar detalladamente las áreas de producción. La planificación comercial generada no es del todo cumplida, debido a los problemas que se tienen en la planta, y también en parte, porque el mecanismo de estimación de demanda que utilizan en la empresa es muy deficiente, ya que se basan en ventas de años anteriores para modelar una proyección.

Operarios que llevan bastantes años trabajando en Caffarena se han percatado de varias falencias que existen en la planta y cada área tiene más de algún problema:

Tabla N°1: Datos Área de Tejido.

TEJIDO	
Características	Dificultades
5 líneas de máquinas	Mala distribución de sacos
Parque de 270 máquinas	Falta de Hilado
Sector de Flujo	Set-up poco eficientes
Zona de Vaporizado	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°2: Datos Área de Costura Automático.

COSTURA AUTOMÁTICO	
Características	Dificultades
8 Takatoris	Acumulación de Producción
4 Parcheras	
2 Punteras	
2 Detexomats	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°3: Datos Área de Costura Manual.

COSTURA MANUAL	
Características	Dificultades
3 Mesones Gigantes	Layout desordenado
5 Módulos de Costura	Tiempo entre etapas alto
	Complejidad de productos
	Parte de Personal inactivo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°4: Datos Área de Tintorería.

TINTORERÍA	
Características	Dificultades
3 Centrífugas	Capacidad incompleta de las máquinas
26 Máquinas Tintoreras	
4 Secadoras	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°5: Datos Área de Doblado.

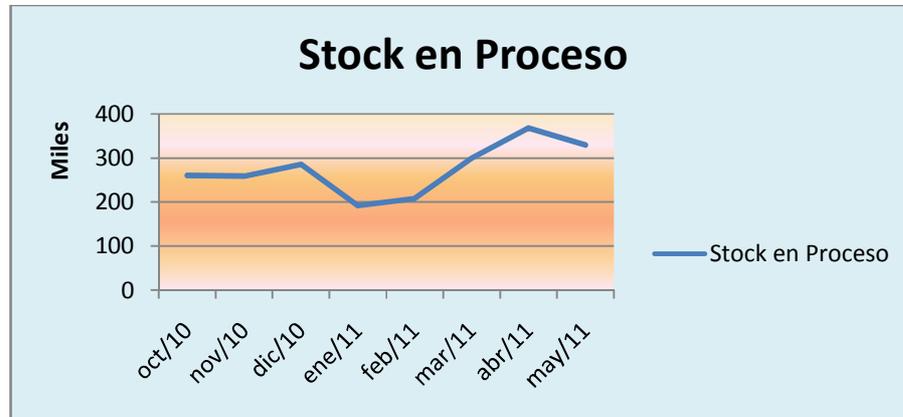
DOBLADO	
Características	Dificultades
10 Máquinas Empaquetadoras	Atraso con los envases
2 Módulos Manuales	
3 Hornos	

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Selección de área a estudiar.

Como no se cumplen las metas mensuales de producción es necesario ver el mayor “dolor” que existe en la parte productiva de la empresa. Teniendo una visión general de cada área se ha escogido la etapa de Costura Manual puesto que es la que tiene dificultades operacionales más diversas, y por sobretodo, por la acumulación de stock que se genera ocasionando un taco en la cadena de suministro. Esto se puede reflejar en el siguiente gráfico que muestra el stock en proceso del área en los últimos meses:

Gráfico N°4: Stock en Proceso de Área Costura Manual durante Octubre de 2010 y Mayo de 2011.

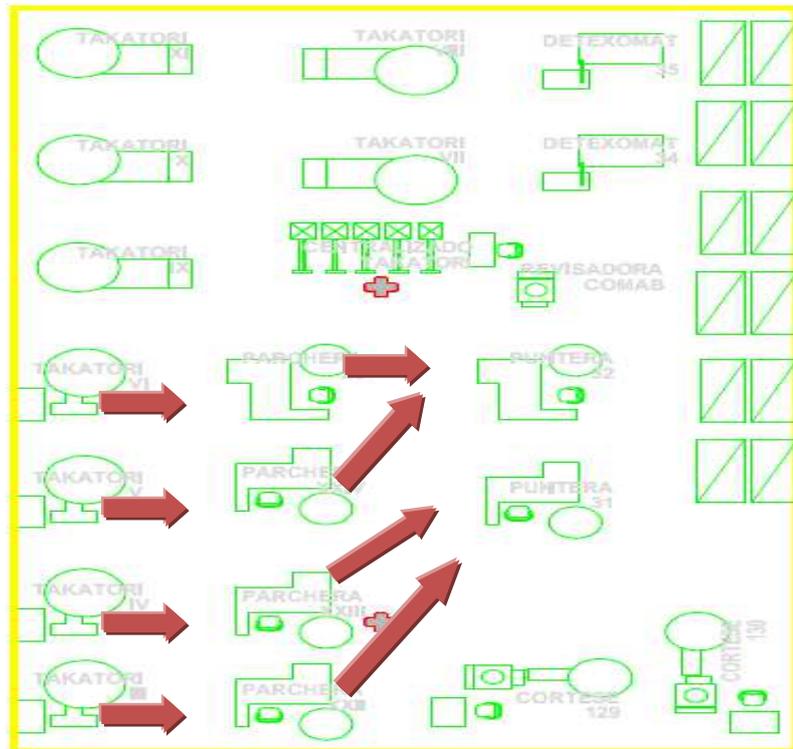


Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

El planificador de producción es un operario con más de 20 años en la empresa y expone que el área no debiera tener más de 75 mil artículos en proceso por lo que con los datos mostrados se ve claramente que existe un problema en Costura Manual.

Las razones por las cuales no se consideraron las otras áreas dentro del proyecto son las siguientes: Tintorería es una zona de tránsito dentro del proceso, por lo que el problema enunciado anteriormente no es de mayor relevancia para la empresa. El problema del área de doblado es netamente por falta de insumos, esto es, envases, por lo que hacer una mejora productiva tampoco es vital para Tejidos Caffarena S.A. Costura Automático es un área que tiene un layout bien distribuido, tal como se refleja en la siguiente imagen:

Figura N°2: Layout de Costura Automático.



Fuente: Información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

En ella, las Takatoris comienzan con la unión de tubos, luego continúa en las Parcheras que colocan el parche entre la panty y por último las Punteras que cosen las puntas. Además, cuenta con un colchón que es la Bodega de Crudo, que junta la producción en crudo una vez terminada, por lo que el problema de acumulación de prendas no es determinante. Existiría un gran falencia si hubiese aglutinamiento entre las máquinas e impida el conducto regular del recorrido, pero eso no es tal puesto que la productividad de las máquinas es similar y la velocidad de éstas se puede ajustar dependiendo de la complejidad del artículo. Por último, en Tejido los problemas en varias ocasiones se deben a fallas técnicas, en tanto que para la acumulación de tubos existe una zona encargada de hacer fluir los sacos que es el sector de flujo de Tejido.

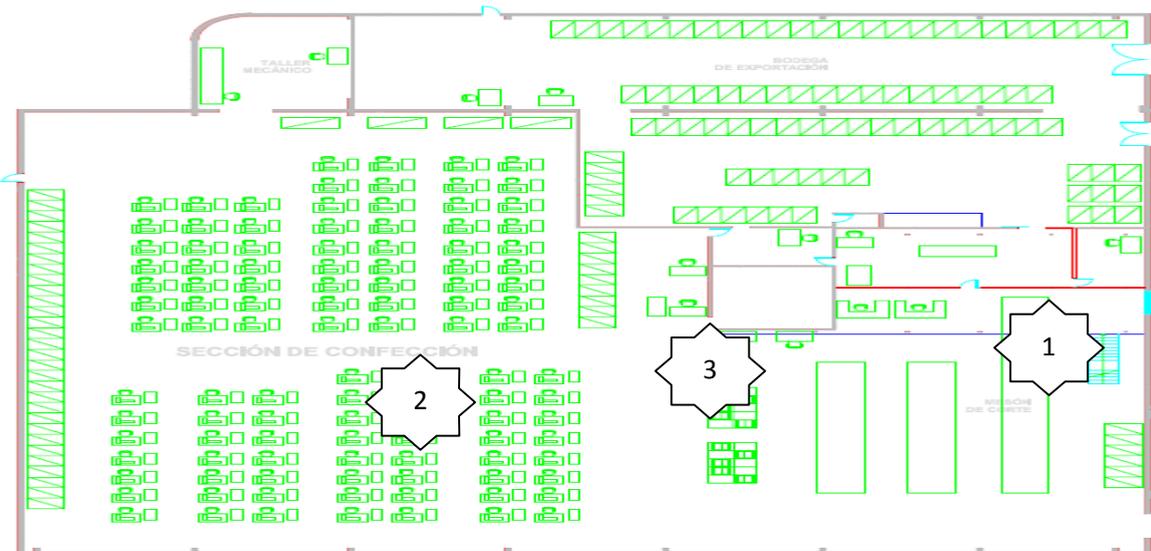
Ahora, en Costura Manual, si bien los artículos terminados también utilizan el colchón de la Bodega de Crudo, existen bastantes factores que provoca que se acumule producción, entre ellos se tiene:

- ✓ Alto stock en proceso: Se acumula la producción entre máquinas.
- ✓ Importante factor humano involucrado: Se tiende a cometer errores.
- ✓ Distribución ineficiente de layout: Los tiempos de traslados entre un proceso y otro son altos.

- ✓ Necesidad de mano de obra teórica: No hay un criterio para decidir cuantas personas trabajan en cada máquina.
- ✓ Planchado en otra área: Existen artículos que tienen este trabajo como etapa intermedia.
- ✓ Complejidad de producción: Involucran bastantes pasos en la producción.

El layout del área se aprecia en la siguiente imagen:

Figura N°3: Layout de Costura Manual.



Fuente: Información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

A modo general, en el sector 1 se encuentra el mesón de corte que donde habitualmente comienza la producción de artículos cuando ingresan al área. Luego estos pasan al sector 2, donde existen distintos procesos y cada uno de ellos cuenta con variados subprocesos formándose diversos arcos entre un subproceso y otro. Por último, en su gran mayoría terminan de producirse en la zona 3, que es la de Revisado y Ensacado. También se producen redundancias en procesos, como por ejemplo, revisar 2 veces las prendas.

A simple vista se puede apreciar que el layout está mal distribuido, por lo que se hace imperioso reordenar de manera eficiente el área, puesto que genera un gran problema a la organización. Una técnica bastante utilizada para este tipo de situaciones es la de Distribución de Instalaciones, que consiste en la ubicación de las distintas máquinas, puestos de trabajo, áreas de servicio al cliente, almacenes, oficinas, zonas de descanso, pasillos, flujos de materiales y personas, etc, dentro de los edificios de la empresa de forma que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones.⁴ Esto si bien requiere un costo operacional de traslado y reordenamiento, el retorno generará una mayor utilidad. Este costo se puede estimar en cuantos días se necesitan de detención para aplicar la nueva distribución de instalaciones. Esto es, el costo diario de

⁴ FERNÁNDEZ, JUAN CARLOS, 2008 <<http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/distribucion-fisica-de-las-instalaciones-presentation>>

dejar de producir, lo que sería la venta promedio mensual dividido en los días hábiles promedio trabajados, sin embargo, y debido al apremio que existe por producir más, la recomendación será utilizar días festivos para el cambio de ubicación de las máquinas.

Por otro lado, en la actualidad, la política de la empresa es ahorrar costos al máximo por lo que utilizar de manera eficiente la mano de obra es fundamental para mejorar las utilidades. No cuentan con un criterio definido para escoger la cantidad de gente que se encarga de algún proceso. De esta manera, se recopilarán datos que permitirá generar la necesidad de personal para cada actividad.

Por otra parte, se tienen los siguientes porcentajes de cumplimiento de producción por mes del año 2010:

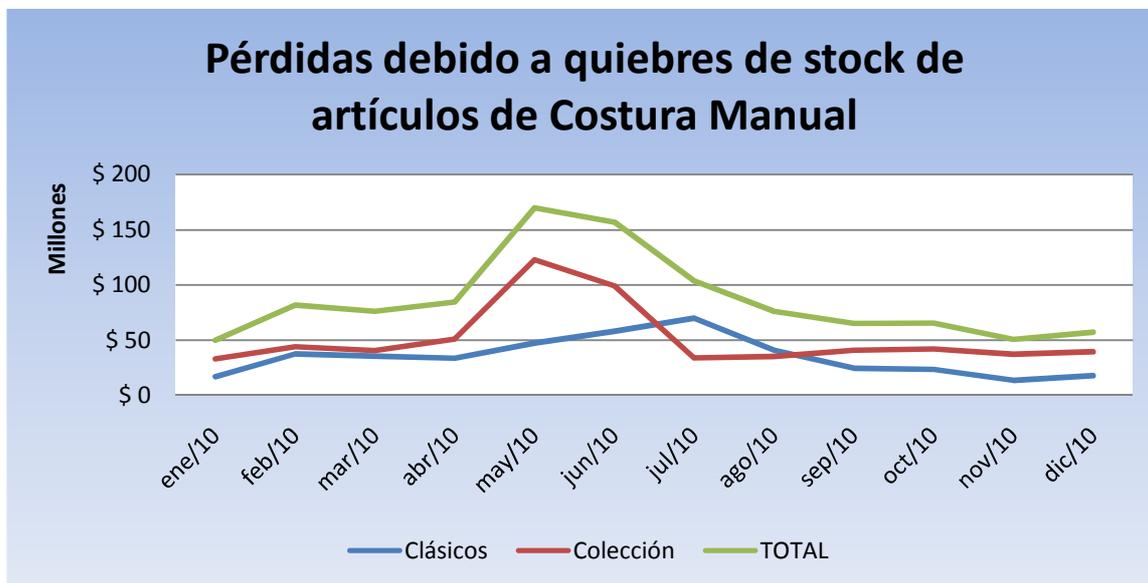
Tabla N°6: Porcentaje de Cumplimiento de metas por mes durante 2010.

% Cumplimiento	
ene-10	75
feb-10	72
mar-10	69
abr-10	60
may-10	63
jun-10	60
jul-10	67
ago-10	68
sep-10	70
oct-10	70
nov-10	73
dic-10	72
Promedio	68,25

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Por todo esto y debido a la lenta respuesta ante cambios de demanda fuertes, se generan altos quiebres de stock por mes, reflejados en el siguiente cuadro:

Gráfico N°5: Quiebres de Stock (\$) por artículos de Costura Manual.



Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

En el gráfico se puede ver que los artículos de colección generan bastantes quiebres. Esto se debe a que cada temporada se crean nuevas prendas y éstas varían su nivel de complejidad al producirlas, por lo que si ya no se cumple del todo la meta en artículos clásicos, difícilmente con la distribución que poseen, se pueda cumplir con artículos que involucran mayores etapas en su confección. Todo esto, sumado al alto costo que genera la deficiente distribución de las instalaciones en el área provoca un “dolor” mayor que ha sido difícil de solucionar.

Por lo tanto, ya se tienen 2 grandes problemas en el salón; primero: personal ocioso; segundo: layout distribuido ineficientemente. Teniendo definido esto se puede comenzar un proyecto que pueda solucionar estos 2 problemas utilizando herramientas ingenieriles y softwares que ayudarán en las tomas de decisiones.

Todo esto conllevará a mejorar la productividad dentro del salón y de esta manera se tendrá mayor cantidad acumulada en Bodega de Crudo y, por las razones esgrimidas acerca de las áreas que siguen por la Cadena de Suministro, esto es, Tintorería y Doblado, que no tienen mayores problemas de productividad, se obtendrá una mejor respuesta ante cambios de demanda repentinos y se reducirán tales quiebres.

Un supuesto importante es acerca de la productividad de las áreas nombradas, esto es, que no se transformen en cuellos de botellas. Recordar por último que no se está apuntando a crecer en producción sino que a cumplir las metas planificadas para reducir los quiebres de stocks.

Se dispondrá de todas las herramientas aprendidas durante la carrera, además de textos facilitados por el DII e información de todo tipo por parte de Tejidos Caffarena S.A.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Se desea mejorar la productividad del área de Costura Manual, a través del análisis de los artículos que transitan en el salón, qué rutas siguen, la cantidad de rutas que se generan, utilizar datos como la proyección anual de la demanda, personal empleado y la cantidad de máquinas.

Se busca entender la situación actual y el nivel de producción que existe dentro del área, realizando levantamiento de datos, ya sea tomando los tiempos de costura, como los tiempos de traslado entre una máquina y otra. Revisar de forma minuciosa la configuración de las máquinas en el salón.

Finalmente, utilizar la información adquirida para proponer un nuevo layout que permitirá reducir tiempos ociosos y generar mayor productividad. Por otra parte, obtener una propuesta de asignación de personal a cada máquina dependiendo de las habilidades del operario como de la demanda mensual. La simulación de la situación servirá para generar esto de forma cercana a la realidad.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

4.1 Objetivo General.

“Generar eficacia y eficiencia en la producción y asignación de personal en el área de Costura Manual”.

4.2 Objetivos Específicos.

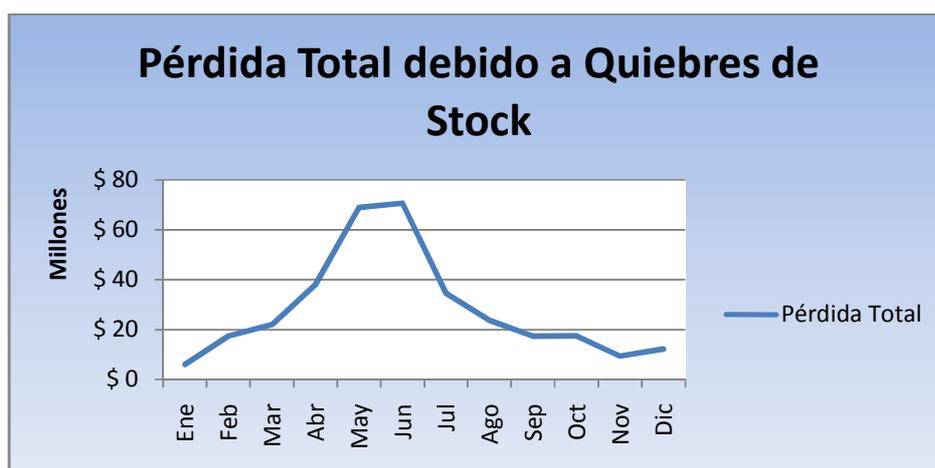
- Realizar levantamiento de procesos.
- Definir las rutas que siguen los artículos.
- Calcular necesidades cercanas a la realidad de mano de obra por proceso.
- Obtener una mejor distribución de las instalaciones.
- Generar propuesta de asignación de personal.
- Simular el área con un software adecuado.

5. RESULTADOS ESPERADOS.

Teniendo referencias de procesos que utilizaron métodos de mejoramiento, como la distribución de instalaciones, se espera que la productividad mejore en un 22%⁵, siendo esto muy variable dependiendo de los resultados que se obtengan.

Si esto lo traducimos en dinero, se tiene una reducción de quiebres de stock, ya que habrá mayor abundancia de producción para satisfacer los requerimientos. Esto se refleja en el siguiente cuadro:

Gráfico N°6: Quiebres de Stocks Esperados.



Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Además, existirán ahorros por conceptos de optimización de personal. Si actualmente trabajan 80 personas generando costos de aproximadamente \$26 millones, con un promedio de \$300 mil por operario, en un escenario optimista se espera reducir a 65 trabajadores, generando ahorros cercanos a los \$5 millones. En caso contrario, reasignar el personal en procesos o trabajos que mayor tiempo tomen, generando rapidez en la producción.

Por lo tanto, el ahorro anual por reducción de quiebres sería cercano a los \$700 millones sumado a \$60 millones por concepto de ahorro de personal (en caso que sea necesario desvincular personal), se generaría un total de \$760 millones aproximadamente en dinero ahorrado y ventas que generalmente no se realizaban.

⁵ http://www.galgano.es/lmbinaries/pdf7830_pdf.pdf

6. MARCO CONCEPTUAL.

6.1 Análisis de datos y configuración de nuevo layout.

Para efectuar este proyecto que pretende mejorar la eficiencia del área de Costura Manual se necesitan tener los datos para comenzar a generar los indicadores, definir las rutas y los tiempos de producción de los artículos. Con esto se podrá obtener la necesidad de mano de obra para cada proceso por mes, dependiendo de la demanda. En general, fórmulas o ecuaciones definidas no se utilizarán, sin embargo, sí existirá bastante cálculo y creación de parámetros en base a la información obtenida.

Por otra parte, esta área tiene procesos intermitentes, ya que el patrón de flujo es desordenado. La operación intermitente se denomina distribución de procesos ya que se agrupan por departamento o centro de trabajo, por los procesos con equipos o habilidades similares de los trabajadores. Cada producto o cliente que se procesa fluye entonces a través de algunos departamentos y evita otros, dependiendo de las necesidades del proceso.⁶

Este tipo de distribución necesita definir dos tipos de criterios: Cuantitativos y cualitativos. Entre los primeros se incluyen la reducción de costos de manejo de materiales en las fábricas y bodegas y la disminución del tiempo de transporte de los empleados en las operaciones. En tanto que los cualitativos se deben a tipos de posición o cercanías de un lugar a otro.

Por lo tanto, definiendo un tipo de instalación (forma) se pueden obtener mejoras importantes como minimizar el tiempo total de producción, utilizar el espacio existente de la manera más eficiente, proveer seguridad y confort a empleados, minimizar los costos del manejo de materiales⁷.

6.2 Aplicación de Promodel 7.5.

Cuando se obtenga una mejor distribución del layout, se incurrirá en la creación de un modelo que permita analizar, tanto a modo general como específico, el área en sí. Esto se llevará a cabo gracias a un software de simulación que permitirá generar un sin número de indicadores relacionados con la productividad, cuellos de botella, tiempos muertos, entre otros. Con esta información se podrá ver cuáles máquinas se encuentran saturadas de personal y en cuáles hay exceso de éstos, además de comprobar la funcionalidad del nuevo layout.

El software a utilizar es Promodel 7.5. ¿Por qué Promodel y no Arena? Arena es un potente software de simulación que permite analizar en detalle indicadores de productividad, tiempos muertos, tasa de ocupación, etc. El problema de este software es que no es cómodo para simular el área de costura manual, por la complejidad que tiene, ya sea por la enormidad de artículos que se producen, como por los distintos

⁶ Roger Schroeder, Administración de Operaciones: Conceptos y casos contemporáneos, (1992)

⁷ <http://www.sepi.upiicsa.ipn.mx/mdid/Distribucion.pdf>

pasos y rutas que se generan. En Arena a un proceso se le debe definir con un tiempo de operación fijo, por lo que en este caso no sería correcto puesto que para distintos artículos en un mismo proceso se producen en tiempos distintos, por lo que habría que crear bastantes procesos con el mismo nombre y distinto tiempo, pero se genera otro problema. Si 2 artículos tienen igual tiempo de producción en un mismo proceso pero el siguiente proceso que le corresponde a cada uno es distinto entonces se debe generar un “Decide”, que es una zona de consulta para verificar si cumple cierta condición. El gran problema es que no serían solamente 2 artículos sino que muchos más por lo que el “Decide” resulta insuficiente a la hora de definir la ruta de cada artículo.

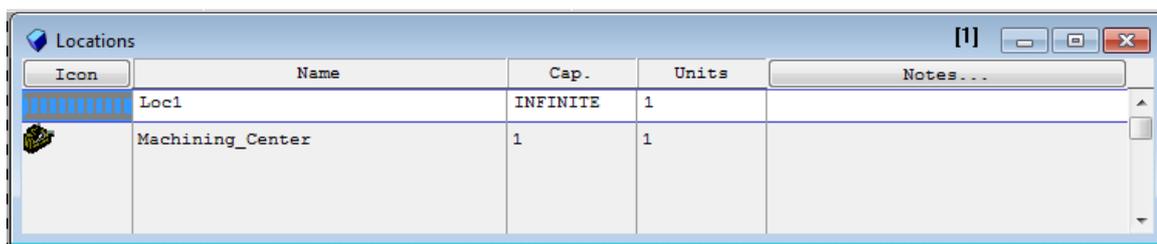
Con Promodel no ocurren tales problemas, puesto que se puede predefinir las rutas de las entidades, en este caso artículos, y además asignarles un tiempo de operación por proceso, lo que hace mucho más amigable la construcción del modelo.

La construcción del modelo pasará netamente por 4 comandos provenientes del menú *Build* del programa: *Locations*, *Entities*, *Processing* y *Arrivals*.

6.2.1 Comando *Locations*.

El comando *Locations* sirve para generar las máquinas de trabajo, la capacidad de atención, el número de unidades a producir y el dibujo en sí de la situación. Al abrir el comando, se generarán 3 ventanas: *Locations*, *Graphics* y *Layout*. En la ventana *Locations* se colocan las condiciones de la localización o proceso en este caso. Capacidad de recepción y de atención (Cap. Y Units en la figura N°4 respectivamente)

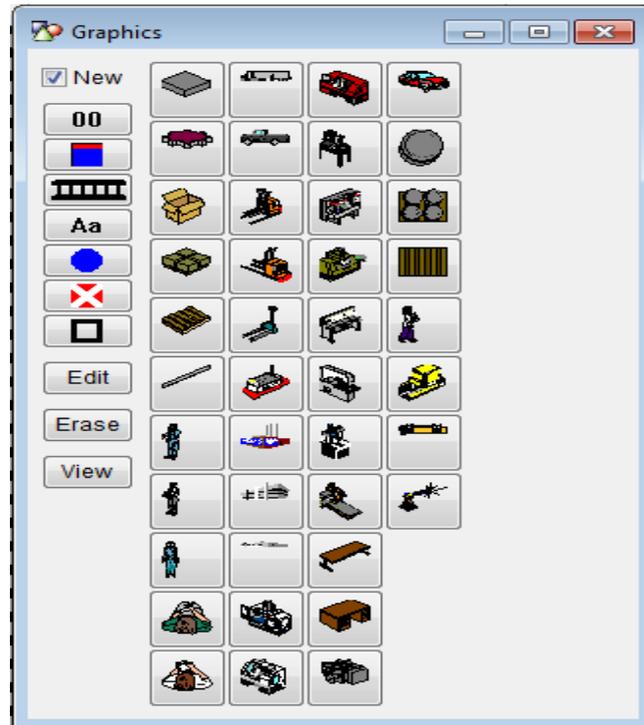
Figura N°4: Ventana *Locations* del Comando *Locations*.



Fuente: Software Promodel 7.5.

La segunda ventana, *Graphics*, contiene botones de íconos de máquinas que sirven para colocar en la ventana *Layout*.

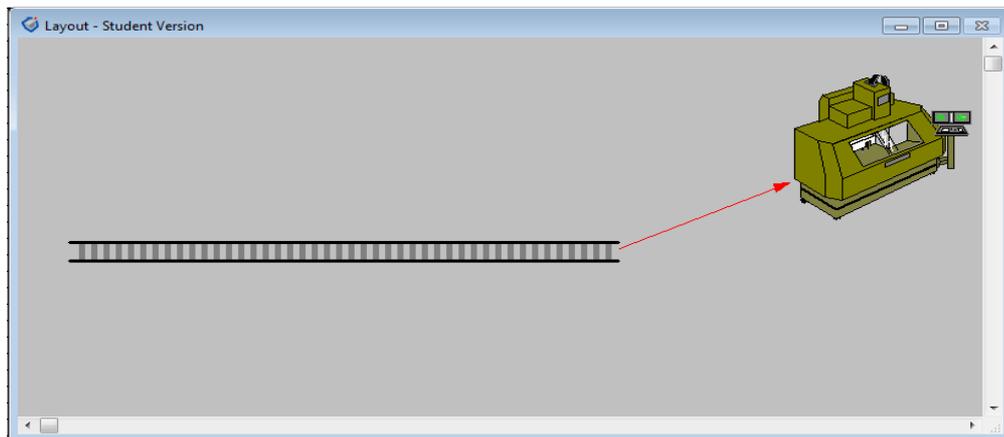
Figura N°5: Ventana *Graphics* del Comando *Locations*.



Fuente: Software Promodel 7.5.

Por último, en la ventana *Layout* se puede ver el dibujo de la situación generada. Esto se aprecia en la siguiente figura:

Figura N°6: Ventana *Layout* del Comando *Locations*.



Fuente: Software Promodel 7.5.

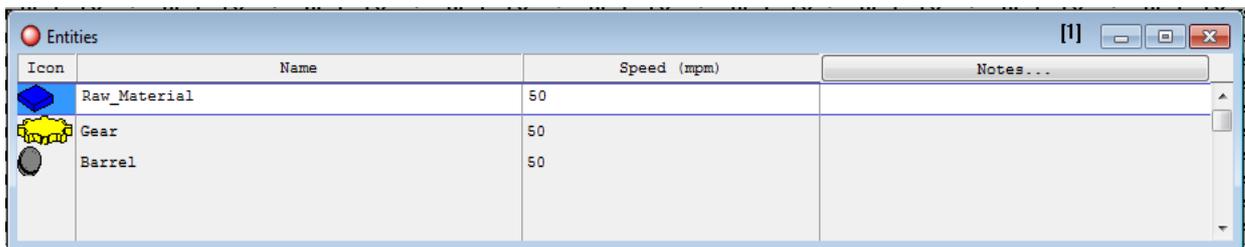
Cuando se arrastra un botón de la ventana *Graphics* a la ventana *Layout* inmediatamente se genera el ícono en tal ventana y además una fila de localización en la ventana *Locations*. Después se procede a completar los datos mencionados en la primera ventana. En la Figura N°6 se aprecia una máquina, pero además una fila, que corresponde a la entrada y es donde se acumula la producción. Esta entrada es considerada por el programa como otra localización más, por eso en la Figura N°4

existen dos filas con información. Por simplicidad, esta fila se considera con capacidad infinita.

6.2.2 Comando *Entities*.

Finalizado lo anterior, se procede a denominar lo que se va a producir, esto es, las entidades. Al abrir el comando *Entities* se mantienen las ventanas *Graphics* y *Layout*, pero se cierra *Locations* y se abre *Entities*. En la siguiente figura se aprecia esta última ventana:

Figura N°7: Ventana *Entities* del Comando *Entities*.

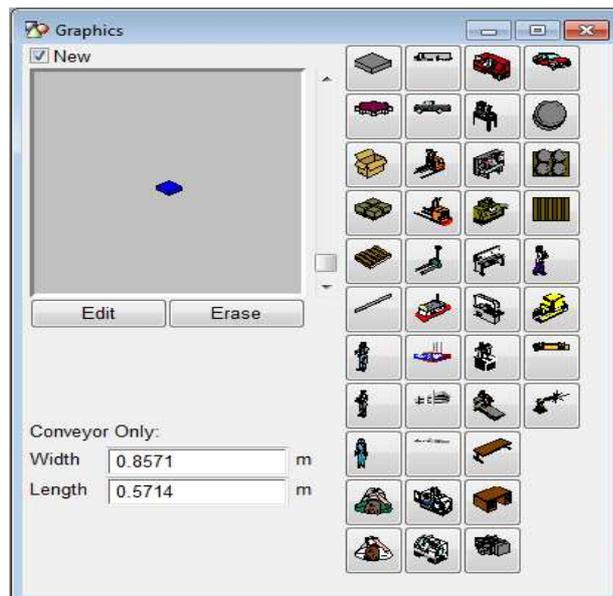


Icon	Name	Speed (mpm)	Notes...
	Raw_Material	50	
	Gear	50	
	Barrel	50	

Fuente: Software Promodel 7.5.

Por otra parte, en la ventana *Graphics* hay botones de entidades que al hacerle click se genera una fila en la ventana *Entities*, además, se adhiere un sector al anterior donde se puede configurar el tamaño de la entidad. La Figura N°8 corrobora esto:

Figura N°8: Ventana *Graphics* del Comando *Entities*.



Fuente: Software Promodel 7.5.

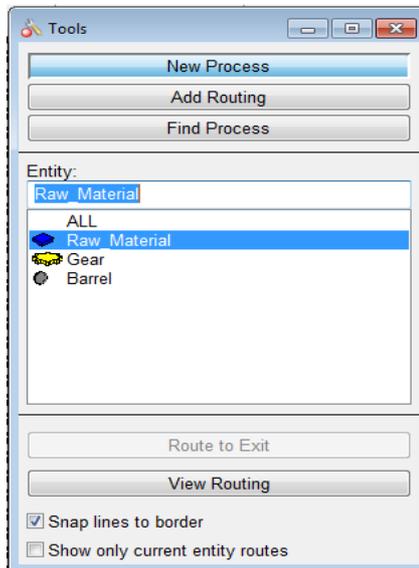
Se puede apreciar que hay dos parámetros para definir el tamaño de la entidad, *Width* y *Length* (ancho y largo respectivamente). Por último, la ventana *Layout* se mantiene inalterable.

6.2.3 Comando *Processing*.

Con este comando se configura el tiempo de atención de las localizaciones, los tiempos de traslados entre procesos y las rutas que seguirán las entidades según corresponda su producción. Al abrir el comando, se generan 4 ventanas: *Layout* (que se mantiene inalterable), *Process*, *Routing for...* y *Tools*.

En la ventana *Tools* se aprecian la lista de entidades generadas en el comando anterior. Arrastrando una entidad a una localización o proceso a la ventana *Layout*, luego se suelta y nuevamente se vuelve arrastrar a otro proceso, se genera la ruta que sigue la entidad en el sistema, hasta finalmente arrastrarla al botón *Route to Exit* mostrada en la Figura N°9:

Figura N°9: Ventana *Tools* del Comando *Processing*.



Fuente: Software Promodel 7.5.

Realizado esto, inmediatamente se va generando la ruta en la ventana *Process*. En ella se coloca la cantidad de tiempo de producción de cada localización o proceso, tal como se aprecia en la siguiente figura:

Figura N°10: Ventana *Process* del Comando *Processing*.

Entity...	Location...	Operation...
Raw_Material	Loc1	
Raw_Material	Machining_Center	WAIT 2 MIN
Gear	Loc1	
Gear	Machining_Center	WAIT 1 MIN
Barrel	Loc1	
Barrel	Machining_Center	WAIT 3 MIN

Fuente: Software Promodel 7.5.

A modo de ejemplo, en la figura se aprecia que la entidad *Raw_Material* sigue la ruta *Loc1-Machining_Center* y en la columna *Operation* se ingresa el tiempo de producción de la entidad en cada localización (como *Loc1* fue definido como entrada entonces no tiene tiempo de producción).

Finalmente, los tiempos de traslado entre un proceso y otro se definen en la ventana *Routing for...* En la siguiente figura se pueden ver los parámetros que constituyen esta ventana:

Figura N°11: Ventana *Routing for...* del Comando *Processing*.

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Raw_Material	Machining_Center	FIRST 1	MOVE FOR 1 MIN

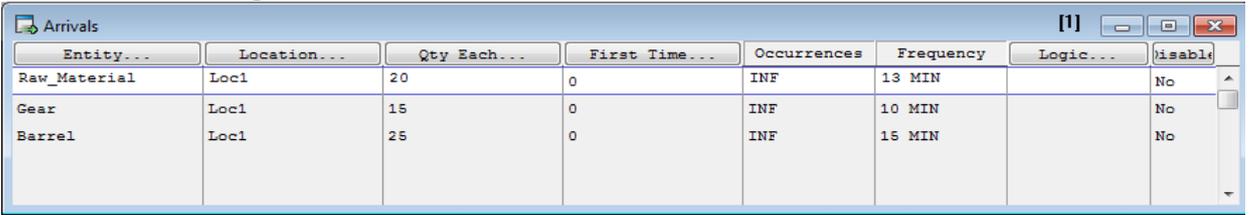
Fuente: Software Promodel 7.5.

En la figura anterior hay 4 columnas. En este caso, el puntero del mouse se encuentra en la primera fila de la ventana *Process*, por lo que en esta ventana se aprecia la entidad, la siguiente localización, qué entidad se traslada primero y el tiempo de traslado entre el origen y el destino. En *Process*, el origen es *Loc1* y en la Figura N°11 se ve que en la columna *Destination*, que corresponde al siguiente proceso, aparece *Machining_Center*, tal como fue definido en *Tools* anteriormente. En la columna *Rule* se coloca el orden de traslado, en este ejemplo dice *First 1*, que corresponde a una secuencia FIFO (first in, first out). Por último, en la columna *Move Logic* se coloca el tiempo de traslado que hay entre el proceso de origen y destino. Ahora, si se hace click en la segunda fila de la ventana *Process*, los datos en la ventana *Routing for...* cambiarán. En ese caso el destino sería *Exit*.

6.2.4 Comando *Arrivals*.

Finalmente, se necesita saber cada cuanto tiempo y en cuanta cantidad llegan las entidades a la entrada. El comando *Arrivals* permite completar esta información. Al abrirlo, se generan 3 ventanas: *Layout*, *Tools* (estas 2 inalterables) y *Arrivals*. Ésta última ventana se aprecia en la siguiente figura:

Figura N°12: Ventana *Arrivals* del Comando *Arrivals*.



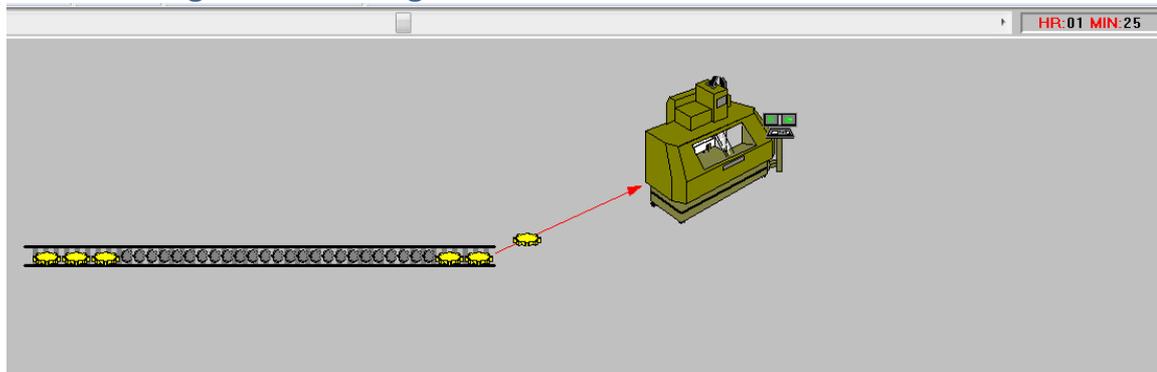
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency	Logic...	Disable
Raw_Material	Loc1	20	0	INF	13 MIN		No
Gear	Loc1	15	0	INF	10 MIN		No
Barrel	Loc1	25	0	INF	15 MIN		No

Fuente: Software Promodel 7.5.

En ella se aprecian las entidades, la localización de entrada, la cantidad de llegada, cuántas veces llegan y cada cuánto tiempo arriban al sistema. Aquí se puede configurar todos esos parámetros.

Por lo tanto, al ejecutar el simulador la ventana *Layout* genera una animación de la producción y una imagen de ello se puede ver en la Figura N°13:

Figura N°13: Imagen de una simulación en Promodel 7.5.



Fuente: Software Promodel 7.5.

En el costado superior derecho se aprecia la cantidad de tiempo producida.

6.2.5 Reporte de la simulación.

Cuando se da por finalizada la simulación, el programa genera una serie de indicadores que sirven para realizar un análisis de la situación en toda su magnitud. Para efectos del presente proyecto se omitirá información que no es relevante. Luego, en la Figura N°14 se puede ver el cuadro de reportes y las pestañas que contiene para analizar toda la información generada:

Figura N°14: Reporte de Localizaciones.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States
ejemplillo.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	% Utilization		
Loc1	9,00	999999,00	0,12		
Machining Center	9,00	1,00	67,74		

Fuente: Software Promodel 7.5.

La pestaña abierta en este caso es la de *Locations*. En ella se aprecian una serie de indicadores para las 2 localizaciones creadas. Las que se utilizarán para el proyecto son las siguientes:

- 1) *Scheduled Time (HR)*: Tiempo total programado de la simulación (en horas).
- 2) *Capacity*: Capacidad de la localización.
- 3) *% Utilization*: Porcentaje de utilización.

La siguiente figura muestra la pestaña *Location States Single*:

Figura N°15: Reporte en Porcentaje de Localizaciones.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States
ejemplillo.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Idle	% Blocked	
Machining Center	9,00	67,74	32,26	0,00	

Fuente: Software Promodel 7.5.

Los parámetros a utilizar en el proyecto de esta ventana son los siguientes:

- 1) *Scheduled Time (HR)*: Tiempo total programado.
- 2) *% Operation*: Porcentaje de tiempo que la localización estuvo en operación.
- 3) *% Idle*: Porcentaje de tiempo que la localización estuvo ociosa por falta de entidades.
- 4) *% Blocked*: Porcentaje de tiempo que las entidades permanecieron bloqueadas o esperando en la localización.

Por último, en la pestaña *Entities Activity* se analiza la información de las actividades de las entidades, tal como se refleja en la siguiente figura:

Figura N°16: Reporte de las Actividades de las Entidades.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States
ejemplillo.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	
Raw Material	60,00	780,00	1,00	3,28	
Gear	45,00	780,00	1,00	2,28	
Barrel	67,00	858,00	1,00	4,28	

Fuente: Software Promodel 7.5.

En este caso, las columnas importantes para el proyecto son las siguientes:

- 1) *Total Exits*: Número de entidades que abandonaron el sistema.
- 2) *Current Qty In System*: Número de entidades que permanecieron en el sistema al finalizar la simulación.
- 3) *Avg Time In Move Logic (MIN)*: Tiempo promedio que las entidades permanecieron viajando entre las localizaciones.
- 4) *Avg Time In Operation (MIN)*: Tiempo promedio que las entidades permanecieron esperando un recurso u otra entidad.

7. ALCANCES.

Esta memoria se encargará de hacer más eficiente el área de Costura Manual, dejando de lado los otros sectores de la planta. Por lo tanto, los artículos a estudiar serán solamente los que transitan por este salón, correspondiente al 40% del total producido en la planta, en un horizonte de un año a partir de Abril de 2012.

Por otra parte, cuando se aplique el software de simulación, solamente se verificará información de la primera temporada, Primavera-Verano 2012/2013 Primera Colección, correspondientes a los meses Abril 2012 hasta Junio 2012. (En el área de Operaciones se les denomina a las temporadas por el tipo de producción que se está haciendo en el instante y no por la producción que se está vendiendo, en este caso, en las tiendas se vende en estos momentos Temporada Otoño-Invierno 2012 Primera Colección)

En cuanto al programa en sí, cuenta con algunas restricciones:

- 1) La cantidad máxima de localizaciones son 8. Aunque se verá que existen 10 localizaciones o procesos distintos en el proyecto, el salón se dividirá en dos zonas, las cuáles una tiene 8 localizaciones, así que el modelo en este caso también es de gran ayuda, además que se puede colocar hasta 100 máquinas por localización o proceso. Solo se simulará esta zona.
- 2) La simulación se realizará por períodos de 1 mes, para efectos de simplicidad, ya que ejecutar el modelo de forma ininterrumpida es imposible, puesto que se necesita cambiar de entidad para cumplir la demanda. Por otra parte se tendrán menos gráficos que analizar y se podrá generar una

asignación de personal por cada período para los artículos que se producirán. Por lo tanto, como la temporada a estudiar cuenta con 62 días hábiles, se realizarán de 3 simulaciones.

8. METODOLOGÍA.

La metodología a usar está relacionada netamente con la Gestión de Operaciones e Investigación Operativa.

Pasos:

- 1) Realizar un detallado análisis a los procesos que se llevan a cabo dentro de Costura Manual.
- 2) Solicitar la cantidad de artículos que transitan en el área.
- 3) Conocer la ruta de cada artículo dentro del salón.
- 4) Definir procesos y subprocesos.
- 5) Determinar cuántos subprocesos contiene cada proceso.
- 6) Levantar tiempos de ejecución de un subproceso.
- 7) Saber la cantidad de operarios por proceso.
- 8) Medir distancias entre los centros de trabajo.
- 9) Obtener el tiempo de recorrido de los artículos dentro del área.
- 10) Crear indicadores de puntuación para definir las rutas más importantes.
- 11) Distribuir de mejor manera el layout.
- 12) Generar necesidad de mano de obra para cada proceso.
- 13) Simular el funcionamiento de la planta.

Desde el punto 1 al 12 tiene que ver con Gestión de Operaciones, mientras que el punto 13 es netamente de Investigación Operativa. Para el último punto se necesitará un software de simulación para analizar los cuellos de botella.

Como apoyo a estas etapas se utilizarán los siguientes programas:

- Herramienta Excel.
- Software de Simulación Promodel 7.5.

9. DESARROLLO DEL PROYECTO.

9.1 Recopilación de Datos y Definición de Rutas.

Primero se debe definir la cantidad de artículos que transitan por el área de Costura Manual, ya que, como se mencionó anteriormente, esta área es paralela a otra donde pasan artículos que necesitan trabajo automático. De los 205 artículos que se producen en la planta, 84 se trabajan en Manual, por lo que no deja de ser importante

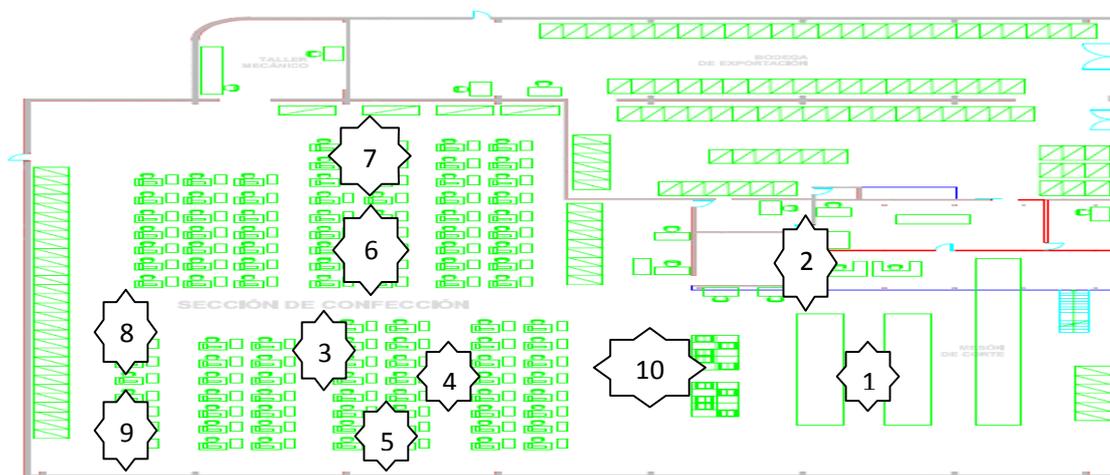
para la empresa. En la Tabla N°52⁸ se puede apreciar el código, el producto y si es de colección o clásico:

Ahora, se definirá la cantidad de procesos que existen dentro del área. Estudiando detenidamente el salón se pudo observar que hay varias etapas por las que deben transcurrir los artículos y no necesariamente transitan por todas las etapas, además, se comprobó una dificultad importante: no existe una ruta definida por los procesos, es decir, dependiendo del artículo, puede tener diferente nodo inicial de producción, y ocurre, por ejemplo, si un producto A se trabaja en el nodo 1 y después pasa al 2, con otro producto B se trabaja primero en el nodo 2 y luego pasa al 1, por lo que existe un problema mayor con la distribución de las máquinas por los diversos recorridos que tienen los artículos. Estos son los procesos o nodos:

- 1) Mesón: Corte del diseño de la prenda.
- 2) Nicrón: Apertura de brazos.
- 3) Overlock: Unión de brazos.
- 4) Colletera: Cosedora de cuellos y mangas
- 5) Recta: Diseño de prenda.
- 6) Atracadora: Diseño de prenda
- 7) Overlock Remate: Unión de tirantes.
- 8) Cetme: Corte de Pantys.
- 9) Rimoldi: Unión de Pantys.
- 10) Fase Final: Revisado y ensacado de producción.

En el siguiente esquema se aprecia la localización de los nodos o procesos:

Figura N°17: Layout de Costura Manual seccionado por procesos.



Se puede ver que los sectores donde se ubican los procesos se encuentran bastante desordenados. En su mayoría, los artículos tienen como proceso final el nodo 10, "Fase Final". Viendo el esquema, este nodo se ubica entre otros nodos, por lo que el cruce de productos dentro del salón es enorme.

⁸ Ver Anexo A.

Lo mencionado anteriormente es un gran problema ya que se entorpece el recorrido de los artículos. Por otra parte, se comprobó otra dificultad: los procesos no tienen tiempos fijos de producción. Esto quiere decir que un proceso tardará dependiendo del producto que se esté trabajando.

Se observó más detenidamente cada proceso y se pudo apreciar que existen sub-etapas que ocurren dentro de un nodo. Por ejemplo, dentro de un proceso un artículo pasa por muchas sub-etapas y otro artículo, dentro del mismo proceso, pasa por otras. Esas sub-etapas sí tienen un tiempo fijo, independiente del artículo que se trabaje. A estas etapas pequeñas las llamaremos subprocesos. Por lo tanto, el tiempo que tarda un producto dentro de un proceso será la suma de los tiempos de los subprocesos por lo que transita. De forma matemática:

Fórmula N°1: Tiempo de producción de artículos por procesos.

$$t_{ij} = \sum_{k=1}^n S_{jk} \quad \forall j \in \{1; 10\} \text{ y } \forall i \in \{1; 84\}$$

Fuente: Elaboración propia.

Definición N°1: t_{ij} : Tiempo Artículo i en Proceso j

Definición N°2: S_{jk} : Tiempo Subproceso k en Proceso j

De esta manera se puede saber cuánto se demora un artículo en ser producido dentro del área y además dentro de cada proceso.

En las siguientes Tablas se muestran los subprocesos de cada proceso con su respectivo tiempo de producción.

Tabla N°7: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Mesón.

	Ordenado	Cuello	Delantero	Espalda	Hombro	Sisa	Manga
Mesón	16,97	13,29	13,57	5,27	4,70	3,42	16,30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°8: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Nicrón.

	Nicrón
Nicrón	6,26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°9: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Cetme.

	Cetme
Cetme	5,19

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°10: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Rimoldi.

	Confección Calzón	Pegado Parche	Pegado Blonda
Rimoldi	47,47	21,54	32,95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°11: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Overlock.

	Cerrado Costado	Cerrado Cuello	Cerrado Mangas	Remallado Cuello	Pegado Mangas	Unión Hombros	Pegado Blonda	Confección Calzón
Overlock	41,61	39,77	37,41	36,83	56,27	16,78	31,62	26,44

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°12: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Colleretera.

Colleretera	Elastico				Collerete		
	Escote	Sisa	Pavilo	Pierna	Escote	Sisa	Pavilo
	29,10	19,02	16,07	20,87	14,86	14,85	13,28

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°13: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Overlock Remate.

	Remate Hombros	Remate Sisa
Overlock Remate	6,33	7,20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°14: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Recta.

	Remate Escote
Recta	19,58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°15: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Atracadora.

	Hombro	Bretel	Tira Argolla	Pavilo	Pegado Corset	Boxer
Atracadora	31,30	10,78	52,17	41,74	71,80	41,74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°16: Tiempos efectivos de operación de subprocesos de Fase Final.

	Revisado	Ensacado
Fase final	11,27	30,99

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos se obtuvieron después de tomar varios tiempos por subprocesos, tarea que no duró demasiado debido a que son procesos fijos y los tiempos no tienen variaciones amplias, por lo que con el promedio de éstas se define lo que demora cada subproceso en producir.

Ahora teniendo ordenado el asunto de los tiempos se puede proceder a trabajar los artículos y definir la ruta que sigue tanto por procesos como por subprocesos.

En la Tabla N°53⁹ se muestra la ruta cronológica de los artículos dentro del área por proceso:

En esa tabla se puede ver que la cantidad máxima de procesos que pasa un artículo son solo de 7, por lo que ninguno pasa por los 10 nodos. Con esta información

⁹ Ver Anexo A

se puede contabilizar la cantidad de rutas distintas que generan los productos dentro del área y la cantidad de estos que tiene cada ruta. La siguiente tabla enumera los recorridos.

Tabla N°17: Rutas generadas por los artículos en Costura Manual.

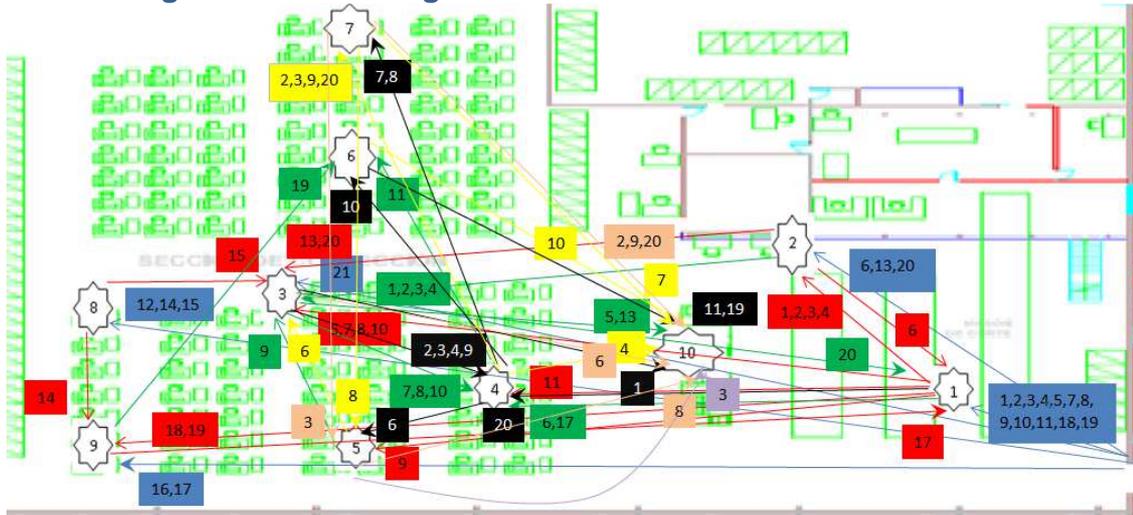
Ruta	Ruta							Cantidad de Artículos
	1	2	3	4	5	6	7	
1	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				12
2	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		17
3	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	6
4	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Fase Final			3
5	Mesón	Overlock	Fase Final					4
6	Nicrón	Mesón	Colleretera	Recta	Overlock	Fase Final		1
7	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final			3
8	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final		2
9	Mesón	Recta	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		1
10	Mesón	Overlock	Colleretera	Atracadora	Fase Final			1
11	Mesón	Colleretera	Atracadora	Fase Final				1
12	Cetme							6
13	Nicrón	Overlock	Fase Final					1
14	Cetme	Rimoldi						12
15	Cetme	Overlock						2
16	Rimoldi							6
17	Rimoldi	Mesón	Colleretera					2
18	Mesón	Rimoldi						1
19	Mesón	Rimoldi	Atracadora	Fase Final				1
20	Nicrón	Overlock	Mesón	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		1
21	Overlock	TallerExterno						1
								84

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Por lo tanto, los 84 artículos que transitan por Costura Manual generan 21 rutas distintas. Hacer hincapié que estas rutas tienen distintos tiempos dependiendo de cuál artículo se analice, ya que el tiempo de cada proceso cambiará.

En la siguiente figura se aprecian las rutas en el área:

Figura N°18: Rutas generadas en el área de Costura Manual.



Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

donde, el color azul representa el primero paso, el rojo el segundo paso, el verde el tercer paso, el negro el cuarto paso, el amarillo el quinto paso, el color piel el sexto paso y por último el morado representa el séptimo paso. De esta forma se puede verificar las trabas que se producen al trasladar la producción de un proceso a otro, por lo que se hace imperioso reordenar el salón.

Teniendo esto definido y claro, se puede comenzar a definir los subprocesos que ocurren dentro de un proceso para todos los artículos. Se mostrará a continuación los subprocesos que ocurren para todos los productos en el Mesón en la Tabla N°18¹⁰.

Tabla N°18: Subprocesos por artículo de Proceso Mesón.

Artículo	Producto	MESÓN							Grupo
		Ordenado	Cuello	Delantero	Espalda	Hombro	Sisa	Manga	
1037	Media Pantalón								M0
1537X	Soquete								M0
1058	Media Liga								M0
10728	Media Liga								M0
11296	Panty								M0
11297	Panty								M0
1308	Panty								M0
1309	Panty								M0
1321	Panty								M0
14128X	Beatle	x	x	x	x		x	x	M2
12262	Body	x		x			x		M4
1473X	Panty	x							M10
0421	Chemisette	x		x					M6
0422	Chemisette	x		x	x		x		M5
0453	Chemisette	x		x					M6
0454	Chemisette	x		x					M6

¹⁰ Para ver los subprocesos del resto de los procesos ver Anexo B.

0464	Chemisette	x		x					M6
0465	Chemisette	x		x					M6
0466	Chemisette	x		x					M6
0467	Chemisette	x		x					M6
1212	Chemisette	x		x					M6
12167X	Modelante	x		x	x		x		M5
1383X	Beatle	x		x					M6
12259	Camiseta	x		x	x		x		M5
12260	Camiseta	x		x	x		x		M5
12261	Camiseta	x		x	x		x	x	M1
12298	Camiseta	x		x	x		x		M5
14072X	Modelante	x		x	x		x		M5
1465	Modelante	x		x	x		x		M5
16164X	Camiseta	x		x	x		x		M5
1437X	Chemisette	x		x					M6
1230	Top Beatle	x		x	x				M8
1497X	Top Beatle	x	x	x	x		x		M10
1624	Top Seamless								M0
1086	Puntillas								M0
1472X	Faja								M0
1418	Body	x							M10
1435X	Corset	x							M10
40162X	Boxer	x							M10
0471X	Legging								M0
1310	Faja								M0
0432	Panty								M0
11298	Panty								M0
1161	Panty								M0
1322	Panty								M0
0446	Top Seamless	x		x				x	M7
10733	Media Pantalon								M0
10754	Media Liga								M0
10755	Media Liga								M0
11274	Panty								M0
11280	Panty								M0
11299	Panty								M0
12284	Polerette	x		x			x	x	M3
12285	Polerette	x	x	x	x		x	x	M2
12286	Polerette	x		x			x	x	M3
12287	Polerette	x	x	x	x		x	x	M2
12288	Polerette	x		x			x	x	M3
12289	Polerette	x		x			x	x	M3
12290	Polerette	x		x			x	x	M3
12296	Polerette	x	x	x	x		x	x	M2
12297	Polerette	x		x			x	x	M3
16274	Top Encaje	x		x			x	x	M3
16275	Top Encaje	x		x	x		x	x	M1
10745S	Media Pantalon								M0
11309S	Panty								M0
12023X	Chemisette	x	x					x	M11
12291S	Polerette	x		x			x	x	M3
12293S	Polerette	x	x	x	x		x	x	M2
12294S	Polerette	x		x			x	x	M3
12295S	Polerette	x	x	x	x		x	x	M2
12295X	Polerette	x	x			x	x	x	M13
16000X	Top Seamless	x		x	x		x	x	M1

16144X	Top Control	x		x			x	x	M3
16146X	Top Modelante	x	x			x	x	x	M13
16275X	Top Encaje	x		x	x		x	x	M1
16291X	Top Seamless	x	x			x	x	x	M13
16292X	Top Seamless	x		x	x			x	M9
16321X	Polerette	x		x	x			x	M9
16322X	Polerette	x		x			x	x	M3
16323X	Top Seamless	x						x	M12
16324X	Polerette	x	x			x	x	x	M13
16325X	Top Seamless	x		x			x	x	M3
10766	Media Liga								M0
10767	Media Liga								M0

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Esta matriz muestra los subprocesos del proceso Mesón. En ella se cruzan los artículos y se va definiendo con una “x” si el artículo i se produce en el subproceso j. Revisando un ejemplo claro, veamos el artículo 16275X. Éste se trabaja en Ordenado-Delantero-Espalda-Sisa-Manga. Este conjunto de subprocesos es una sub-ruta dentro del proceso.

La última columna de la Tabla N°18 se define la sub-ruta que sigue cada artículo. Si se analizan todos estos se puede apreciar que el proceso Mesón tiene 13 sub-rutas distintas. Como cada subproceso tiene un tiempo definido, el tiempo de cada sub-ruta viene definido por la suma de los tiempos de los subprocesos. A continuación se presentará una tabla con las sub-rutas del proceso Mesón:

Tabla N°19: Sub-rutas generadas del Proceso Mesón.

MESÓN								
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Etapas						Tiempo Individual
M0	28	No pasa por Mesón						0,00
M1	4	Ordenado	Delantero	Espalda	Sisa	Manga		55,52
M2	6	Ordenado	Cuello	Delantero	Espalda	Sisa	Manga	68,82
M3	12	Ordenado	Delantero	Sisa	Manga			50,25
M4	1	Ordenado	Delantero	Sisa				33,95
M5	8	Ordenado	Delantero	Espalda	Sisa			39,22
M6	10	Ordenado	Delantero					30,53
M7	1	Ordenado	Delantero	Manga				46,83
M8	1	Ordenado	Delantero	Espalda				35,80
M9	2	Ordenado	Delantero	Espalda	Manga			52,10
M10	5	Ordenado	Cuello	Delantero	Espalda	Sisa		52,52
M11	1	Ordenado	Cuello	Manga				46,56
M12	1	Ordenado	Manga					33,27
M13	4	Ordenado	Cuello	Hombro	Sisa	Manga		54,68

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Esta tabla muestra las 13 sub-rutas que generan los artículos dentro del proceso Mesón. Como cada subproceso tiene su tiempo de trabajo definido, cada sub-ruta tendrá como tiempo la suma de los subprocesos involucrados¹¹.

En resumen, tenemos todas las sub-rutas de todos los procesos definidas con un código:

Tabla N°20: Sub-rutas por proceso.

Mesón	Nicrón	Rimoldi	Cetme	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Atracadora	Fase Final
M0	N0	RI0	C0	O0	CC0	OR0	R0	A0	F0
M1	N1	RI1	C1	O1	CC1	OR1	R1	A1	F1
M2		RI2		O2	CC2	OR2		A2	
M3		RI3		O3	CC3	OR3		A3	
M4				O4	CE1			A4	
M5				O5	CE2				
M6				O6	CE3				
M7				O7	CE4				
M8				O8					
M9				O9					
M10				O10					
M11				O11					
M12				O12					
M13				O13					
				O14					
				O15					

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se tienen los tiempos de producción por proceso de los 84 artículos:

Tabla N°21: Tiempos de producción de los artículos por proceso.

ARTÍCULO	Mesón	Nicrón	Rimoldi	Cetme	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Atracadora	Fase Final	TOTAL
1037	0,00	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19
1537X	0,00	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19
1058	0,00	0,00	32,95	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14
10728	0,00	0,00	32,95	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14
11296	0,00	0,00	47,47	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,65
11297	0,00	0,00	47,47	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,65
1308	0,00	0,00	47,47	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,65
1309	0,00	0,00	47,47	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,65
1321	0,00	0,00	47,47	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,65
14128X	68,82	6,26	0,00	0,00	137,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	216,96
12262	33,95	6,26	0,00	0,00	41,61	45,17	0,00	0,00	0,00	4,23	131,23
1473X	52,52	0,00	47,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,99
0421	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	29,10	6,33	0,00	0,00	2,11	189,01

¹¹ Para ver el tiempo de las sub-rutas del resto de los procesos ver Anexo C.

0422	39,22	6,26	0,00	0,00	58,39	45,17	13,53	0,00	0,00	2,11	164,70
0453	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	29,10	6,33	0,00	0,00	2,11	189,01
0454	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	29,10	6,33	0,00	0,00	2,11	189,01
0464	30,53	6,26	0,00	0,00	58,39	29,71	13,53	0,00	0,00	2,11	140,54
0465	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	19,58	0,00	2,11	194,34
0466	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	19,58	0,00	2,11	194,34
0467	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	19,58	0,00	2,11	194,34
1212	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	29,10	6,33	0,00	0,00	2,11	189,01
12167X	39,22	6,26	0,00	0,00	16,78	29,71	13,53	0,00	0,00	4,23	109,73
1383X	30,53	0,00	0,00	0,00	154,43	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	187,08
12259	39,22	6,26	0,00	0,00	41,61	42,99	0,00	0,00	0,00	2,82	132,91
12260	39,22	6,26	0,00	0,00	58,39	29,71	13,53	0,00	0,00	2,82	149,94
12261	55,52	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	0,00	0,00	2,82	200,46
12298	39,22	6,26	0,00	0,00	41,61	64,19	0,00	0,00	0,00	2,82	154,11
14072X	39,22	0,00	0,00	0,00	31,62	64,19	0,00	0,00	94,26	4,23	233,52
1465	39,22	6,26	0,00	0,00	16,78	29,71	13,53	0,00	0,00	4,23	109,73
16164X	39,22	0,00	0,00	0,00	0,00	64,19	0,00	0,00	41,74	2,82	147,98
1437X	30,53	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	19,58	0,00	2,11	194,34
1230	35,80	6,26	0,00	0,00	174,49	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	220,78
1497X	52,52	6,26	0,00	0,00	174,49	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	237,50
1624	0,00	6,26	0,00	0,00	41,61	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	49,99
1086	0,00	0,00	0,00	0,00	41,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,61
1472X	0,00	0,00	47,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,47
1418	52,52	0,00	21,54	0,00	0,00	49,97	0,00	0,00	82,58	0,85	207,45
1435X	52,52	0,00	21,54	0,00	0,00	49,97	0,00	0,00	82,58	0,85	207,45
40162X	52,52	0,00	21,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,74	2,82	118,61
0471X	0,00	0,00	47,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,47
1310	0,00	0,00	47,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,47
0432	0,00	0,00	21,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,54
11298	0,00	0,00	47,47	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,65
1161	0,00	0,00	47,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,47
1322	0,00	0,00	47,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,47
0446	46,83	6,26	0,00	0,00	149,66	14,86	0,00	19,58	0,00	4,23	241,41
10733	0,00	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19
10754	0,00	0,00	32,95	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14
10755	0,00	0,00	32,95	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14
11274	0,00	0,00	0,00	5,19	26,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,63
11280	0,00	0,00	0,00	5,19	26,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,63
11299	0,00	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19
12284	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	196,60
12285	68,82	6,26	0,00	0,00	137,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	216,96
12286	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	196,60
12287	68,82	6,26	0,00	0,00	137,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	216,96

12288	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	19,58	0,00	4,23	216,18
12289	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	19,58	0,00	4,23	216,18
12290	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	196,60
12296	68,82	6,26	0,00	0,00	137,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	216,96
12297	50,25	6,26	0,00	0,00	97,89	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	179,82
16274	50,25	6,26	0,00	0,00	146,29	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	207,03
16275	55,52	6,26	0,00	0,00	146,29	29,10	6,33	0,00	0,00	4,23	247,73
10745S	0,00	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19
11309S	0,00	0,00	0,00	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19
12023X	46,56	6,26	0,00	0,00	146,29	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	201,22
12291S	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	196,60
12293S	68,82	6,26	0,00	0,00	137,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	216,96
12294S	50,25	6,26	0,00	0,00	114,67	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	196,60
12295S	68,82	6,26	0,00	0,00	137,66	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	216,96
12295X	54,68	6,26	0,00	0,00	114,67	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	179,83
16000X	55,52	6,26	0,00	0,00	114,67	29,10	6,33	0,00	0,00	4,23	216,11
16144X	50,25	0,00	0,00	0,00	110,46	14,86	6,33	19,58	0,00	4,23	205,71
16146X	54,68	0,00	0,00	0,00	110,46	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	169,37
16275X	55,52	6,26	0,00	0,00	146,29	29,10	6,33	0,00	0,00	4,23	247,73
16291X	54,68	0,00	0,00	0,00	110,46	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	169,37
16292X	52,10	0,00	0,00	0,00	110,46	14,86	6,33	19,58	0,00	4,23	207,56
16321X	52,10	0,00	0,00	0,00	93,68	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	171,20
16322X	50,25	0,00	0,00	0,00	93,68	14,86	7,20	19,58	0,00	8,45	194,02
16323X	33,27	0,00	0,00	0,00	97,89	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	135,38
16324X	54,68	6,26	0,00	0,00	114,67	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	179,83
16325X	50,25	0,00	0,00	0,00	48,40	14,86	6,33	0,00	0,00	4,23	124,07
10766	0,00	0,00	32,95	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14
10767	0,00	0,00	32,95	5,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,14

Fuente: Elaboración propia.

9.2 Generación de Indicadores de Puntuación.

Otro problema importante dentro del salón de Costura Manual es el completo desorden que existe en el layout. Estéticamente puede verse bien, pero teniendo las rutas definidas para cada artículo y la cantidad de producción de éstas en el área, sumado a los constantes tacos entre procesos se concluye que el área está mal distribuida.

Como existen muchos factores involucrados para determinar una mejor distribución, para efectos de estudios posteriores, llámese simulación y reasignación de personal, se separará en 2 subáreas el salón, zonas 1 y 2. Dentro de la zona 2 se encontrarán los procesos Cetme y Rimoldi, con todas las rutas que involucren al menos uno de estos dos; el resto, en la zona 1.

Dentro del área, como los 84 artículos generan 21 distintas rutas posibles, es imposible realizar 21 distribuciones cada vez que se esté trabajando un artículo, por lo que se ha ideado un método que ayude a mejorar la eficiencia obteniendo un orden del layout más acorde a las demandas de producción.

Para esto último, se ha ideado una metodología que evalúe cada ruta y se le asigne un ponderador de importancia a cada una y de esta manera poder redistribuir de acuerdo a la ruta más importante. Por supuesto que para rutas menos importantes o muy disímiles a ésta se simularán situaciones en donde se verán los efectos de esta nueva imagen de layout. Los criterios por ruta que se utilizarán para generar tales indicadores son los siguientes:

- Cantidad producida en los años 2009 y 2010.
- Ventas efectuadas en los años 2009 y 2010.
- Margen obtenidos en los años 2009 y 2010.
- Cantidad de pasos de cada ruta.

Se utilizarán estos indicadores puesto que son los más relevantes a la hora de la estimación de demanda, sobre todo los 3 primeros. Entonces, de acuerdo a lo expuesto, en la siguiente tabla se puede apreciar los valores de los criterios mencionados:

Tabla N°22: Cantidad producida, Ventas efectuadas, Margen obtenidos durante 2009-2010 y pasos de las rutas de artículos.

Ruta	Cantidad	Ventas	Margen	Pasos	Ruta sin Cetme
1	156.981	\$ 349.069.674	\$ 191.550.697	4	A
2	826.204	\$ 990.101.692	\$ 571.140.144	6	B
3	205.445	\$ 220.368.162	\$ 124.832.310	7	C
4	62.150	\$ 119.940.663	\$ 77.693.452	5	D
5	86.171	\$ 129.071.768	\$ 74.485.475	3	E
6	6.922	\$ 19.826.153	\$ 11.805.621	6	F
7	51.648	\$ 136.078.350	\$ 79.197.073	5	G
8	0	\$ -	\$ -	6	H
9	0	\$ -	\$ -	6	I
10	25.614	\$ 95.430.334	\$ 59.352.272	5	J
11	38.748	\$ 82.333.102	\$ 47.271.865	4	K
12	205.297	\$ 164.930.192	\$ 87.091.887	1	CR1
13	37.995	\$ 43.665.684	\$ 30.063.170	3	L
14	1.035.355	\$ 1.594.116.675	\$ 929.895.680	2	CR2
15	18.840	\$ 30.177.760	\$ 20.483.123	2	CR3
16	610.798	\$ 821.871.830	\$ 488.633.532	2	CR4
17	188.503	\$ 443.584.216	\$ 241.813.471	1	CR5
18	45.418	\$ 69.084.402	\$ 41.894.502	4	CR6
19	6.826	\$ 13.031.704	\$ 8.692.641	2	CR7
20	44.332	\$ 104.588.212	\$ 56.594.837	4	M
21	536.758	\$ 80.673.762	\$ 39.774.286	7	N

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Ahora, se puede apreciar que hay un valor para cada criterio y en la última columna se le asigna a cada ruta un nuevo código que servirá para efectos de las zonas. Los de la zona 1 tiene los siguientes códigos: A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N dando un total de 14 rutas involucradas. En tanto que la zona 2 la componen los restantes 7 grupos: CR1-CR2-CR3-CR4-CR5-CR6-CR7.

Teniendo esto último definido, se procede a evaluar los criterios. Para ello se llevará a cabo la siguiente metodología:

- 1) Para Cantidad, Ventas y Margen se le asignará un 1 a las dos rutas con valores más altos, luego un 2 a las siguientes dos, un 3 a las siguientes dos, etc.
- 2) Para Pasos se le asignará un 1 a las dos rutas con valores más bajos, un 2 a las siguientes dos, etc. Esto porque existen rutas con igual número de pasos.
- 3) Para cada ruta se sumarán los valores generados resultando un número.
- 4) Las rutas más importantes serán las que tengan menor suma de ponderadores, por consiguiente, la de menor valor será la ruta más importante.

Tabla N°23: Ponderadores Zona 1.

Grupos	Ponderadores				Suma
	Cantidad	Ventas	Margen	Pasos	
A	2	1	1	4	8
B	1	1	1	6	9
C	2	2	2	7	13
D	3	3	3	5	14
E	3	3	3	3	12
F	6	6	6	6	24
G	4	2	2	5	13
H	7	7	7	6	27
I	7	7	7	6	27
J	6	4	4	5	19
K	5	5	5	4	19
L	5	6	6	3	20
M	4	4	4	7	19
N	1	5	5	1	12

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, para la Zona 1 la ruta más importante es la A.

Tabla N°24: Ponderadores Zona 2.

Grupos	Ponderadores				Suma
	Cantidad	Ventas	Margen	Pasos	
CR1	3	4	4	1	12
CR2	1	1	1	2	5
CR3	6	6	6	2	20
CR4	2	2	2	1	7
CR5	4	3	3	3	13
CR6	5	5	5	2	17
CR7	7	7	7	3	24

Fuente: Elaboración propia.

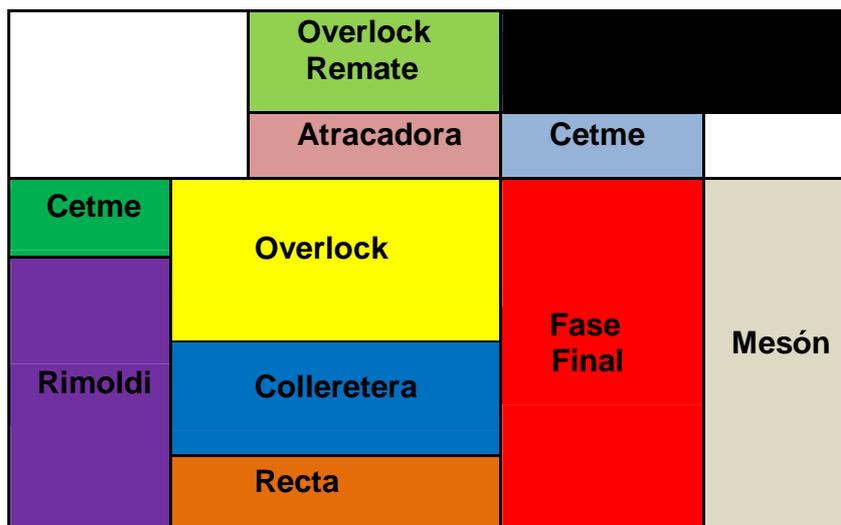
Para la Zona B la ruta más importante es la CR2.

Concluyendo, para la redistribución de instalaciones se considerará la ruta A, para la Zona 1, y la CR2 para la Zona 2.

9.3 Redistribución de Layout.

En base a lo expuesto en el sub capítulo anterior, se tienen las referencias de cómo reordenar los procesos para reducir los tiempos de producción y de traslado de materiales. Para ello, se procede a tomar los tiempos de traslado que hay entre un proceso y otro. Este dato involucra la colocación de los sacos en el carro de traslado, el viaje en sí y la colocación de la producción en el proceso de destino. Se tiene el layout actual visto de otra manera:

Figura N°19: Delimitación de procesos con layout actual.

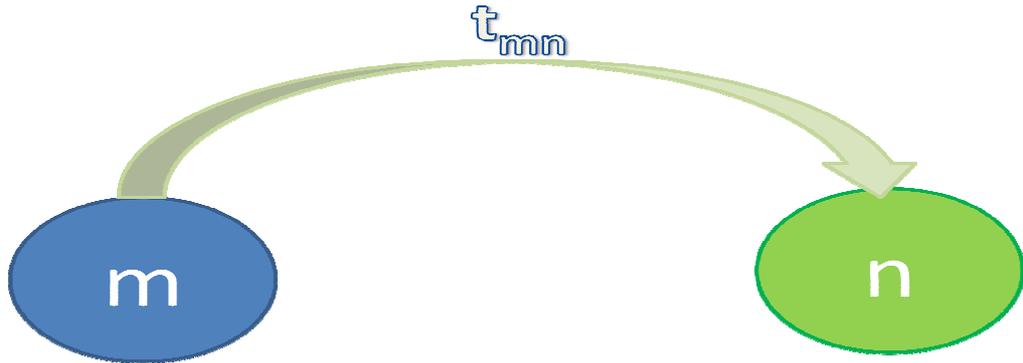


Fuente: Elaboración propia.

Donde la zona negra es ocupada por oficinas y las zonas blancas corresponden a lugares donde sí se puede colocar un proceso o parte de ello.

Ahora, los carros donde se trasladan los productos llevan 500 de éstos. El tiempo de traslado entre un proceso y otro se definirá así:

Figura N°20: Vista de tiempo de traslado entre 2 procesos.



Fuente: Elaboración propia.

Definición N°3: t_{mn} = Tiempo de traslado entre proceso m y proceso n.

Por lo general el tiempo de preparación del carro y de la colocación de los productos en el proceso de destino es fijo, ya que la variación de éstos en el carro no es grande. Por lo tanto, se hicieron tomas de tiempo entre los procesos del carro en movimiento y sumados a los datos mencionados antes se obtuvo los siguientes tiempos de traslado en segundos.

Tabla N°25: Tiempos de traslados entre procesos layout actual.

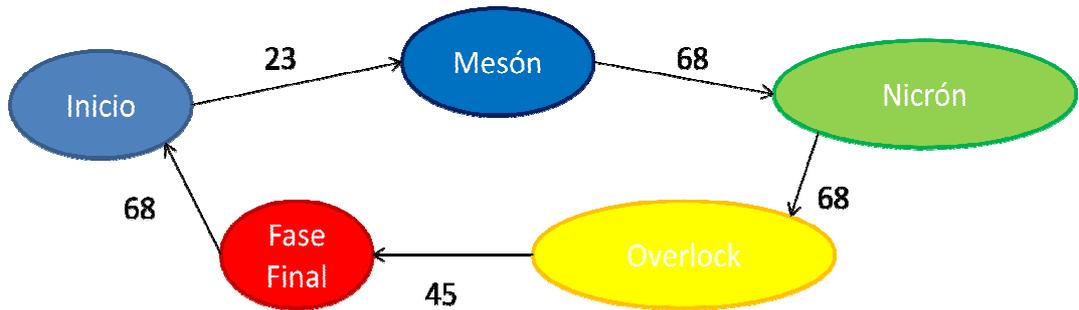
Proceso Inicial	Proceso Final	Seg
Inicio	Mesón	22,5
Inicio	Nicrón	67,5
Inicio	Overlock	112,5
Inicio	Cetme	157,5
Inicio	Rimoldi	135
Mesón	Nicrón	67,5
Mesón	Overlock	90
Mesón	Colleretera	90
Mesón	Recta	90
Mesón	Atracadora	112,5
Mesón	Overlock Remate	135
Mesón	Cetme	135
Mesón	Rimoldi	135
Mesón	Fase Final	45
Nicrón	Overlock	67,5
Nicrón	Colleretera	90
Nicrón	Recta	112,5
Nicrón	Atracadora	45

Nicrón	Overlock Remate	67,5
Nicrón	Cetme	135
Nicrón	Rimoldi	157,5
Nicrón	Fase Final	45
Overlock	Fin	112,5
Overlock	Colleretera	22,5
Overlock	Recta	45
Overlock	Atracadora	45
Overlock	Overlock Remate	67,5
Overlock	Cetme	67,5
Overlock	Rimoldi	67,5
Overlock	Fase Final	45
Colleretera	Fin	90
Colleretera	Recta	22,5
Colleretera	Atracadora	90
Colleretera	Overlock Remate	112,5
Colleretera	Cetme	67,5
Colleretera	Rimoldi	45
Colleretera	Fase Final	45
Recta	Atracadora	112,5
Recta	Overlock Remate	135
Recta	Cetme	90
Recta	Rimoldi	45
Recta	Fase Final	45
Atracadora	Overlock Remate	22,5
Atracadora	Cetme	67,5
Atracadora	Rimoldi	90
Atracadora	Fase Final	67,5
Overlock Remate	Cetme	90
Overlock Remate	Rimoldi	112,5
Overlock Remate	Fase Final	90
Cetme	Fin	157,5
Cetme	Rimoldi	22,5
Cetme	Fase Final	90
Rimoldi	Fin	157,5
Rimoldi	Fase Final	90
Fase Final	Fin	67,5

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el tiempo total de traslado de un tipo de artículo que viaja en el área será la suma de los tiempos de traslados de los procesos que involucran ese artículo. Viendo un ejemplo, tenemos el de los artículos de la ruta 1 ilustrado en la siguiente figura:

Figura N°21: Esquema de tiempos de traslado (seg) Ruta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que los números entre procesos son valores en segundos. Luego el tiempo total de traslado de los artículos de la ruta 1 sería de 272 segundos.

Por lo tanto, el tiempo de traslado de todas las rutas se refleja en la siguiente tabla:

Tabla N°26: Tiempo de traslado de rutas en layout actual.

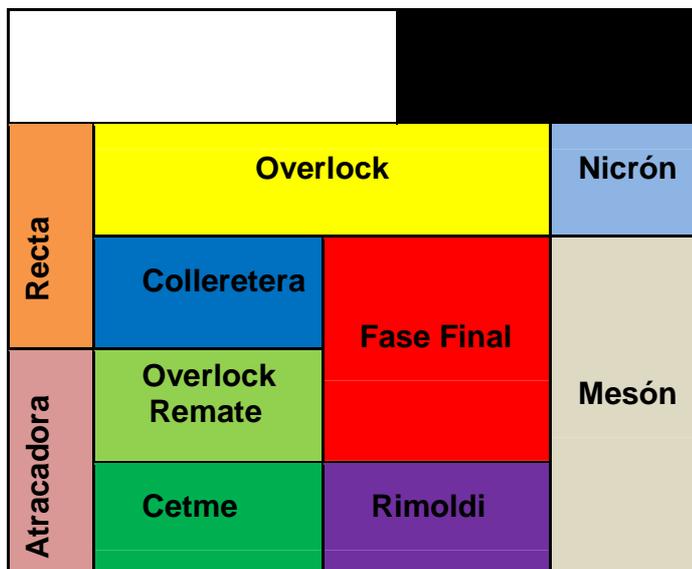
Ruta	Saltos (SEG)								Tiempo de saltos
	INICIO	1	2	3	4	5	6	FIN	
1	23	68	68	45	68				272
2	23	68	68	23	113	90	68		453
3	23	68	68	23	113	135	45	68	543
4	23	68	68	23	45	68			295
5	23	90	45	68					226
6	68	68	90	23	45	45	68		407
7	23	90	23	113	90	68			407
8	23	90	23	113	135	45	68		497
9	23	90	45	23	113	90	68		452
10	23	90	23	90	68	68			362
11	23	90	90	68	68				339
12	158	158							316
13	68	68	45	68					249
14	158	23	158						339
15	158	68	113						339
16	135	158							293
17	135	135	90	90					450
18	23	135	158						316
19	23	135	90	68	68				384
20	68	68	90	90	113	90	68		587
21	113	113							226

Fuente: Elaboración propia.

La idea en sí es tratar de disminuir estos tiempos para que la producción salga del salón lo más rápido posible, entonces, se utilizarán los indicadores de ruta obtenidos en el subcapítulo anterior para reordenar el área. Como se mencionó, de las rutas que están involucradas en la zona 1 se obtuvo que la más importante es el grupo A, que corresponde a la ruta 1, que contiene los siguientes procesos: Mesón-Nicrón-Overlock-Fase Final. En la Figura N°19 se aprecia que si bien los procesos están contiguos, no están en cercanía con el resto de las etapas, además de formar una figura no recta que evita un buen paso de los carros hacia los otros procesos. El proceso Overlock, es una etapa que está presente en la mayoría de las rutas y en casi todas se presenta como un trabajo intermedio, por lo que sería conveniente colocar este proceso a lo largo del salón, para así alimentar al resto de las etapas.

Por otra parte, el proceso Mesón, siempre se presenta como etapa de inicio, por lo que inevitablemente debe seguir a la entrada del salón. Después, la zona 2, correspondiente a los trabajos que involucran los procesos de Cetme y Rimoldi, según los indicadores de puntuación, resultó que el grupo CR2 es el más importante, que corresponde a la ruta 14, conteniendo los procesos Cetme y Rimoldi. Como las rutas de la zona 2 tienen por lo menos uno de estos dos procesos mencionados, se cree conveniente colocar estas etapas cerca de las otras para así alimentar al resto de los procesos. Finalmente, un dibujo de cómo sería el nuevo layout del área se aprecia en la siguiente figura:

Figura N°22: Delimitación de procesos con layout propuesto.

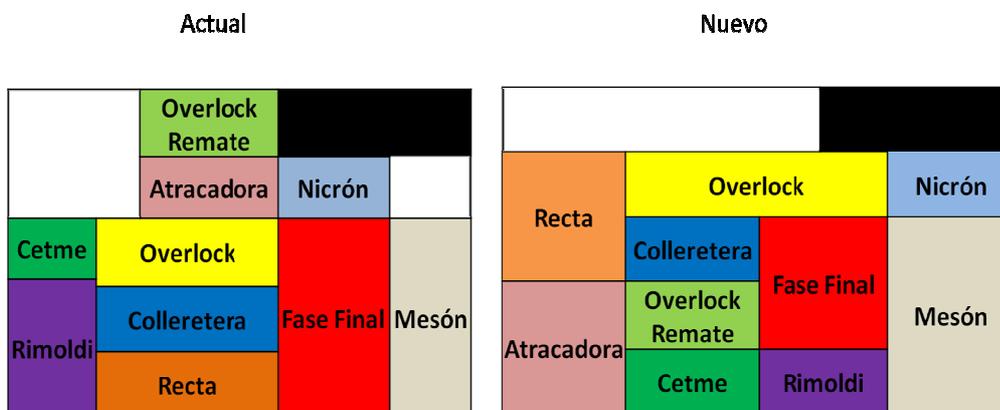


Fuente: Elaboración propia.

En esta nueva configuración se puede apreciar que la ruta 1 y la ruta 14 están bien posicionadas dentro del salón. La ruta 1 compuesta por los procesos Mesón-Nicrón-Overlock-Fase Final abarca la mitad del área aproximadamente, teniendo el proceso Overlock como contiguo a varias etapas más. Por otra parte, la ruta 14 aparece en el lado inferior del gráfico, (procesos Cetme-Rimoldi) y éstos también se encuentran bien definidos en ese sector ya que alimentan a otros procesos de manera rápida y cercana. Se utilizó el sector blanco contiguo a las oficinas y se colocó el proceso Nicrón,

que contiene no más de 5 máquinas. Viendo un contraste entre ambos layouts se tiene lo siguiente:

Figura N°23: Comparación entre ambos layouts.



Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia que la zona 2 no está aislada como antes, y el proceso Overlock, que involucra un sector amplio de máquinas, fue colocado en una posición más extensa pero con menos filas, para que pueda abarcar la mayor cantidad de procesos. Los procesos de menor importancia son la Recta y la Atracadora por lo que se aíslan en un extremo del salón.

Este nuevo layout debiera generar tiempos de traslado menores a la configuración actual, por todo lo explicado anteriormente. Si estimamos los tiempos de traslado nuevos entre cada proceso, utilizando como referencia el layout actual, se tienen los siguientes valores:

Tabla N°27: Tiempos de traslados entre procesos layout propuesto.

Proceso Inicial	Proceso Final	MIN
Inicio	Mesón	22,5
Inicio	Nicrón	45
Inicio	Overlock	90
Inicio	Cetme	90
Inicio	Rimoldi	45
Mesón	Nicrón	45
Mesón	Overlock	67,5
Mesón	Colleretera	90
Mesón	Recta	135
Mesón	Atracadora	135
Mesón	Overlock Remate	90
Mesón	Cetme	90
Mesón	Rimoldi	45
Mesón	Fase Final	45
Nicrón	Overlock	45
Nicrón	Colleretera	90
Nicrón	Recta	135
Nicrón	Atracadora	157,5
Nicrón	Overlock Remate	112,5
Nicrón	Cetme	112,5

Nicrón	Rimoldi	90
Nicrón	Fase Final	67,5
Overlock	Fin	90
Overlock	Colleretera	45
Overlock	Recta	45
Overlock	Atracadora	90
Overlock	Overlock Remate	67,5
Overlock	Cetme	90
Overlock	Rimoldi	90
Overlock	Fase Final	45
Colleretera	Fin	112,5
Colleretera	Recta	45
Colleretera	Atracadora	45
Colleretera	Overlock Remate	45
Colleretera	Cetme	67,5
Colleretera	Rimoldi	90
Colleretera	Fase Final	45
Recta	Atracadora	45
Recta	Overlock Remate	67,5
Recta	Cetme	90
Recta	Rimoldi	112,5
Recta	Fase Final	90
Atracadora	Overlock Remate	45
Atracadora	Cetme	45
Atracadora	Rimoldi	90
Atracadora	Fase Final	90
Overlock Remate	Cetme	45
Overlock Remate	Rimoldi	45
Overlock Remate	Fase Final	45
Cetme	Fin	112,5
Cetme	Rimoldi	22,5
Cetme	Fase Final	45
Rimoldi	Fin	67,5
Rimoldi	Fase Final	45
Fase Final	Fin	67,5

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los nuevos tiempos de traslado por rutas son los siguientes:

Tabla N°28: Tiempo de traslado de rutas en layout propuesto.

Ruta	Saltos (SEG)								Tiempo de saltos
	INICIO	1	2	3	4	5	6	FIN	
1	23	45	45	45	68				226
2	23	45	45	45	45	45	68		316
3	23	45	45	45	45	68	90	68	429
4	23	45	45	45	45	68			271
5	23	68	45	68					204
6	45	45	90	45	45	45	68		383
7	23	68	45	45	45	68			294
8	23	68	45	45	68	90	68		407
9	23	135	45	45	45	45	68		406
10	23	68	45	45	90	68			339
11	23	90	45	90	68				316
12	90	113							203
13	45	45	45	68					203
14	90	23	68						181
15	90	90	90						270
16	45	68							113
17	45	45	90	113					293
18	23	45	68						136
19	23	45	90	90	68				316
20	45	45	68	90	45	45	68		406
21	90	90							180

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos, se puede trabajar en los nuevos tiempos de traslado de las rutas en base a la demanda¹². Se puede realizar con los siguientes datos:

Definición N°4: P_{ij} = Producción artículo i , mes s .

Definición N°5: $S_{is} = \frac{P_{is}}{500}$; Cantidad de traslados artículo i , mes s .

Definición N°6: T_i = Tiempo de Traslado Artículo i .

Destacar que lo que variará para verificar el valor agregado de la nueva configuración es el valor T_i , que dependerá del layout correspondiente. Por lo tanto, el tiempo total de traslado por mes viene definido por la siguiente fórmula:

¹² Para ver la demanda proyectada desde Abril 2012 hasta Marzo 2013 ver Anexo D.

Fórmula N°2: Tiempo total de traslado por mes.

$$TT_s = \sum_{i=1}^{84} S_{is} * T_s \quad \forall s \in (1; 12)$$

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el tiempo de traslado total de todos los artículos por mes se aprecia en la siguiente tabla comparativa:

Tabla N°29: Comparación de tiempos de traslado mensuales entre ambos layouts.

Tiempos (MIN)	Layout Actual	Layout Nuevo	Ahorro en Tiempo	% Ahorro
ene-12	2936,25	2032,875	903,375	0,31
feb-12	2341,875	1643,625	698,25	0,30
mar-12	2588,625	1838,625	750	0,29
abr-12	2357,25	1738,125	619,125	0,26
may-12	2407,875	1746,75	661,125	0,27
jun-12	2198,25	1625,25	573	0,26
jul-12	2218,125	1618,875	599,25	0,27
ago-12	2266,125	1656	610,125	0,27
sep-12	2414,25	1711,125	703,125	0,29
oct-12	2811,375	1970,25	841,125	0,30
nov-12	2697	1896,75	800,25	0,30
dic-12	2584,5	1804,875	779,625	0,30
Total	29821,5	21283,125	8538,375	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver, los ahorros de tiempo son considerables por mes aplicando el layout propuesto. Con esto se puede acelerar la producción y eliminar los tiempos ociosos en los que se incurre por las largas esperas de la producción, todo esto visto a nivel macro, ya que si se analiza un viaje solamente las diferencias son mínimas entre las 2 configuraciones, pero la suma total da muestras de las grandes pérdidas en tiempo que se generan con el layout actual. Por lo tanto, la configuración sugerida, en base a indicadores de puntuación de las rutas, determina un ahorro en tiempo ya que se reordenaron los procesos de forma que los de mayor contigüidad respecto a la cantidad producida estén en cercanía.

9.4 Obtención de Necesidad de Mano de Obra.

En esta parte del proyecto se abordará el problema de la ineficiente asignación de personal a los distintos procesos. Es importante dotar de manera eficiente cada función o proceso, para que la producción fluya rápidamente. Actualmente se cuentan con 80 personas en el salón. No tiene caso asignar 50 personas a una sola operación si en las otras etapas provocarán cuellos de botella y acumulación de prendas, por lo que se hace imperioso delegar una cantidad razonable de personal a cada proceso dependiendo de lo que ingrese al salón.

Estas asignaciones dependerán de las sub-rutas que tiene cada proceso y la demanda por cada mes. Los datos que se tienen son los siguientes:

Definición N°7: t_{aj} : Tiempo Subruta a en Proceso j (segundos)

Definición N°8: p_{as} : Producción Subruta a en Mes s

Definición N°9: h : Horas diarias de trabajo

Definición N°10: d_s : Días hábiles Mes s

Definición N°11: H : Holgura

Con estos datos se puede obtener la cantidad de horas hombres que se necesitan por sub-ruta, según proceso y mes:

Fórmula N°3: Cantidad de horas hombres según proceso y mes, por sub-ruta.

$$m_{ajs} = \frac{p_{as} * (t_{aj} * H)}{3600}$$

Fuente: Elaboración propia.

Definición N°12: m_{ajs} : Horas hombre Subruta a en Proceso j en Mes s

Finalmente, la asignación por mes para cada proceso queda definido por:

Fórmula N°4: Cantidad de personal asignado para cada proceso por mes.

$$n_{js} = \frac{\sum_{a=1}^N m_{ajs}}{d_s} \quad \forall s \in (1; 12)$$

Fuente: Elaboración propia.

Durante el proceso productivo, se incurren en tiempos de producción, tiempos de traslado y tiempo ocioso. Éste último tiempo mencionado en sí es imposible de medir para cada proceso, puesto que hay una infinidad de factores que pueden alterar el fluido trabajo del personal (llamada telefónica, idas al baño, pequeños descansos, conversar con otro operario, entre otros). Por lo mismo, el planificador de producción sugiere usar un 20% de holgura fijo. Inicialmente se usará ese dato.

Por otro lado, se necesitan los tiempos de traslado, ya que el tiempo de paso de un artículo no involucra solamente la producción en sí. Como ya se obtuvieron estos tiempos en el subcapítulo 9.3, solamente se deben desagregar por sub-ruta y mes y saber qué proceso viene después para asignarle ese tiempo de traslado. Para entender mejor esto, se mostrará una tabla con la secuencia por sub-ruta que sigue cada artículo:

Tabla N°30: Secuencia de los artículos por sub-ruta.

Artículo	Sub-Pasos						
	1	2	3	4	5	6	7
0446	N1	M7	CC1	R1	O12	F1	
10733	C1						
10754	C1	R13					
10755	C1	R13					
11274	C1	O8					
11280	C1	O8					
11299	C1						
12284	M3	N1	O3	CC1	OR1	F1	
12285	M2	N1	O13	F1			
12286	M3	N1	O3	CC1	OR1	F1	
12287	M2	N1	O13	F1			
12288	M3	N1	O3	CC1	OR1	R1	F1
12289	M3	N1	O3	CC1	OR1	R1	F1
12290	M3	N1	O3	CC1	OR1	F1	
12296	M2	N1	O13	F1			
12297	M3	N1	O2	CC1	OR1	F1	
16274	M3	N1	O5	F1			
16275	M1	N1	O5	CE1	OR1	F1	
10745S	C1						
11309S	C1						
12023X	M11	N1	O5	F1			
12291S	M3	N1	O3	CC1	OR1	F1	
12293S	M2	N1	O13	F1			
12294S	M3	N1	O3	CC1	OR1	F1	
12295S	M2	N1	O13	F1			
12295X	M13	N1	O3	F1			
16000X	M1	N1	O3	CE1	OR1	F1	
16144X	M3	O9	CC1	OR1	R1	F1	
16146X	M13	O9	F1				
16275X	M1	N1	O5	CE1	OR1	F1	
16291X	M13	O9	F1				
16292X	M9	O9	CC1	OR1	R1	F1	
16321X	M9	O10	CC1	OR1	F1		
16322X	M3	R1	O10	CC1	OR3	F1	
16323X	M12	O2	F1				
16324X	M13	N1	O3	F1			
16325X	M3	O11	CC1	OR1	F1		
10766	C1	R13					
10767	C1	R13					
0421	M6	N1	O3	CE1	OR1	F1	
0422	M5	N1	O4	CE2	OR2	F1	
0432	RI2						
0453	M6	N1	O3	CE1	OR1	F1	
0454	M6	N1	O3	CE1	OR1	F1	
0464	M6	N1	O4	CC2	OR2	F1	
0465	M6	N1	O3	CC1	OR1	R1	F1

0466	M6	N1	O3	CC1	OR1	R1	F1
0467	M6	N1	O3	CC1	OR1	R1	F1
0471X	RI1						
1037	C1						
1058	C1	P3	RI3				
10728	C1	P1	RI3				
1086	O1						
11296	C1	P1	RI1				
11297	C1	P1	RI1				
11298	C1	P1	RI1				
1161	RI1						
1212	M6	N1	O3	CE1	OR1	F1	
12167X	N1	O6	P2	M5	CC2	OR2	F1
12259	M5	N1	O1	CC3	F1		
12260	M5	N1	O4	CC2	OR2	F1	
12261	M1	N1	O3	CC1	OR1	F1	
12262	M4	N1	O1	CE2	F1		
12298	M5	N1	O1	CE4	F1		
1230	M8	N1	O14	F1			
1308	C1	RI1					
1309	C1	RI1					
1310	RI1						
1321	C1	RI1					
1322	RI1						
1383X	M6	O15	F1				
14072X	M5	O7	CE4	A1	F1		
14128X	M2	N1	O13	F1			
1418	RI2	P2	M10	CE3			
1435X	RI2	P2	M10	CE3			
1437X	M6	N1	O3	CC1	OR1	R1	F1
1465	M5	O6	CC2	OR2	F1		
1472X	RI1						
1473X	M10	RI1					
1497X	M10	N1	O14	F1			
1537X	C1						
16164X	M5	CE4	A2	F1			
1624	N1	O1	F1				
40162X	M10	RI2	A4	F1			

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de la Tabla N°53¹³, ésta última muestra el paso con la sub-ruta asociado al proceso correspondiente, por ejemplo el último artículo mostrado, 40162X, tiene la siguiente secuencia de procesos: Mesón-Rimoldi-Atracadora-Fase Final, pero en la tabla aparece la sub-ruta de cada proceso, esto es: M10-RI2-A4-F1.

Después, como se sabe la ruta de cada artículo (Tabla N°53¹⁴) y el tiempo entre procesos por ruta (Tabla N°28), se puede obtener una tabla con los tiempos de traslados entre procesos por artículo. Luego, con esa tabla se puede obtener la misma información en base a la cantidad de viajes que existirá por artículo y por mes. Se define el siguiente parámetro:

¹³ Ver Anexo A.

¹⁴ Ver Anexo A.

Fórmula N°5: Tiempo de traslado entre procesos por artículo y mes.

$$X_{ismn} = \frac{S_{is} * t_{mn}}{3600}$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde X_{ismn} : Tiempo de traslado entre proceso m y n , artículo i , mes s (horas)

y S_{is} y t_{mn} fueron definidos en el sub-capítulo anterior.

A modo de ejemplo se mostrará la siguiente tabla que corresponde al mes de Abril de 2012:

Tabla N°31: Tiempos de traslados entre procesos por artículo en Abril 2012.

Artículo	$S_{i,abril}$	$H_{i,abril,m,n}$							
		INICIO	1	2	3	4	5	6	FIN
0446	8	0,0017	0,0017	0,0033	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0
10733	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10754	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10755	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11274	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11280	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11299	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12284	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12285	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12286	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12287	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12288	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12289	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12290	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12296	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12297	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16274	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16275	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10745S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11309S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12023X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12291S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12293S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12294S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12295S	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12295X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16000X	8	0,0009	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0
16144X	8	0,0009	0,0025	0,0017	0,0017	0,0025	0,0033	0,0025	0
16146X	8	0,0009	0,0025	0,0017	0,0025	0	0	0	0
16275X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16291X	8	0,0009	0,0025	0,0017	0,0025	0	0	0	0

16292X	2	0,0002	0,0006	0,0004	0,0004	0,0006	0,0008	0,0006	0
16321X	4	0,0004	0,0013	0,0008	0,0008	0,0008	0,0013	0	0
16322X	9	0,001	0,0056	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0028	0
16323X	9	0,001	0,0028	0,0019	0,0028	0	0	0	0
16324X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16325X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10766	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10767	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0421	8	0,0009	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0
0422	8	0,0009	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0
0432	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0453	2	0,0002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0
0454	4	0,0004	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0013	0
0464	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0465	8	0,0009	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0,0033	0,0025
0466	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0467	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0471X	3	0,0006	0,0009	0	0	0	0	0	0
1037	10	0,0042	0,0052	0	0	0	0	0	0
1058	23	0,0096	0,0024	0,0072	0	0	0	0	0
10728	2	0,0008	0,0002	0,0006	0	0	0	0	0
1086	22	0,0092	0,0092	0	0	0	0	0	0
11296	9	0,0038	0,001	0,0028	0	0	0	0	0
11297	1	0,0004	0,0001	0,0003	0	0	0	0	0
11298	2	0,0008	0,0002	0,0006	0	0	0	0	0
1161	12	0,0025	0,0038	0	0	0	0	0	0
1212	52	0,0055	0,0108	0,0108	0,0108	0,0108	0,0108	0,0164	0
12167X	8	0,0017	0,0017	0,0025	0,0033	0,0017	0,0017	0,0025	0
12259	8	0,0009	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0	0
12260	10	0,0011	0,0021	0,0021	0,0021	0,0021	0,0021	0,0031	0
12261	20	0,0021	0,0042	0,0042	0,0042	0,0042	0,0042	0,0063	0
12262	9	0,001	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0028	0	0
12298	2	0,0002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0	0
1230	29	0,0031	0,006	0,006	0,006	0,0091	0	0	0
1308	17	0,0071	0,0018	0,0054	0	0	0	0	0
1309	18	0,0075	0,0019	0,0057	0	0	0	0	0
1310	10	0,0021	0,0031	0	0	0	0	0	0
1321	25	0,0104	0,0027	0,0079	0	0	0	0	0
1322	7	0,0015	0,0022	0	0	0	0	0	0
1383X	22	0,0023	0,0069	0,0046	0,0069	0	0	0	0
14072X	6	0,0006	0,0019	0,0013	0,0013	0,0025	0,0019	0	0
14128X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1418	1	0,0002	0,0002	0,0004	0,0005	0	0	0	0
1435X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1437X	2	0,0002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0006	0,0008	0,0006
1465	5	0,0005	0,0016	0,001	0,001	0,001	0,0016	0	0
1472X	10	0,0021	0,0031	0	0	0	0	0	0
1473X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1497X	8	0,0009	0,0017	0,0017	0,0017	0,0025	0	0	0

1537X	1	0,0004	0,0005	0	0	0	0	0	0
16164X	10	0,0011	0,0042	0,0021	0,0042	0,0031	0	0	0
1624	4	0,0008	0,0008	0,0008	0,0013	0	0	0	0
40162X	4	0,0004	0,0008	0,0017	0,0017	0,0013	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, para este caso de Abril 2012, con las tablas N°30 y N°31 se puede ubicar el tiempo de traslado entre sub-rutas. Primero, a las sub-rutas que aparecen en la primera columna de la Tabla N°30 (sub-paso 1) se le debe considerar el tiempo de la primera columna de la Tabla N°31 (INICIO) ya que esta columna contiene el tiempo de traslado entre la entrada y la primer trabajo en que incurre el artículo, esto es, la primera columna de la Tabla N°30. Después, ésta columna mencionada se compara con la segunda columna de la Tabla N°31, puesto que corresponde al primer traslado entre procesos. Luego, se compara la segunda columna con de la Tabla N°30 con la tercera de la Tabla N°31, y así sucesivamente. Por lo tanto, el tiempo de traslado por sub-ruta para el mes de Abril 2012 queda definido por la suma de los datos en la Tabla N°31 correspondientes a las apariciones respectivas en la Tabla N°30, definido de la siguiente manera:

Fórmula N°6: Tiempo de traslado de sub-ruta por proceso según mes.

$$tt_{ajs} = \sum_{i=1}^{84} \sum_{m=INICIO}^6 \sum_{n=1}^{FIN} H_{ismn} \quad \forall s \in (1; 12)$$

Fuente: Elaboración propia.

Donde tt_{ajs} = tiempo de traslado sub – ruta a , proceso j , mes s .

Por lo tanto, se redefine la Definición N°12 y queda de la siguiente manera:

Definición N°13: $tt_{ajs} + m_{ajs}$ = Horas hombres más tiempo de traslado sub – ruta a , proceso j , mes s .

Finalmente, la Fórmula N°4, para definir la cantidad necesaria de personal por mes para cada proceso, queda redefinida de la siguiente forma:

Fórmula N°7: Cantidad de personal asignado para cada proceso por mes incluido tiempos de traslado.

$$n_{js} = \frac{\sum_{j=1}^N (m_{ajs} + tt_{ajs})}{d_s} \quad \forall s \in (1; 12)$$

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, las asignaciones por mes para un año más a cada proceso dependiendo de la demanda queda conformada en la siguiente tabla:

Tabla N°32: Personal necesario por mes según proceso.

	Necesidad de Personal											
	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13
Mesón	10	11	10	10	9	10	11	10	10	9	10	11
Nicrón	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Cetme	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Rimoldi	6	6	6	5	5	7	8	7	8	7	5	7
Overlock	25	27	26	26	25	25	25	22	22	20	24	24
Colleretera	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5
Overlock Remate	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Recta	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Atracadora	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2
Fase Final	10	11	10	10	9	9	9	9	9	8	9	10
	62	67	62	62	57	61	65	58	61	55	58	64

Fuente: Elaboración propia.

Así, por ejemplo en Abril para el proceso Mesón se necesitan 10 personas y sumando las asignaciones de todos los procesos para tal mes hace un total de 62 operarios.

El cálculo de estos valores está bien, el problema que tiene esto es que la holgura utilizada en los tiempos se ha asumido como fija para todos los procesos, lo que en la práctica eso es falso, ya que no se sabe a ciencia cierta cuáles son los tiempos muertos u ociosos para cada proceso. De esta forma el valor H debe ser:

$$H_j : \text{Holgura Proceso } j$$

Haciendo depender la holgura para cada proceso, se puede obtener necesidades de mano de obra cercana a la realidad. El problema es que se desconocen estas holguras. Para solucionar esto, se utilizará la simulación del área para corroborar la acumulación de producción por proceso y así obtener una holgura estimada. Finalmente con esto, se puede utilizar el procedimiento anterior para obtener las asignaciones correctas o más precisas a cada proceso por mes.

9.5 Modelo de Simulación.

Ya se han resuelto en gran medida los 2 problemas centrales del proyecto. Sin embargo, necesitamos corroborar los valores obtenidos con un modelo que confirmen las mejoras. En esta parte del proyecto se empleará un modelo de simulación del salón, que servirá para analizar la cantidad producida tanto con el layout actual, como con el layout propuesto. También se podrá aplicar una mejor asignación de personal, verificar tiempos ociosos y procesos saturados con trabajo y operarios.

Para llevar a cabo esto, se utilizará el software de simulación Promodel 7.5, una herramienta bastante amigable para este tipo de problemas en plantas. Se emplearán

los 4 comandos analizados, se aplicarán los datos vinculados a lo estudiado en el proyecto y finalmente se obtendrán los reportes que servirán para analizar la situación, tanto de los artículos, como de los procesos y la cantidad de operarios designada por función.

Primero que todo, se verificarán las actuales condiciones del salón, saber cuántas máquinas y operarios conviven en el área y la cantidad de éstos designados cada proceso:

Tabla N°33: Cantidad de Máquinas y Operarios en Costura Manual.

Proceso	Cantidad	Operarios
Mesón	-	10
Nicrón	5	3
Overlock	47	33
Colleretera	33	8
Recta	5	2
Atracadora	6	1
Overlock Remate	-	1
Cetme	4	2
Rimoldi	15	11
Fase Final	-	9

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Las filas en rojo indican que esos operarios tienen habilidades de costura, por lo que se pueden intercambiar entre tales procesos, mientras que los designados en azul no saben utilizar una máquina por lo que se mueven en procesos que no involucren el trabajo de una. En la Tabla N°34 se mostrará el detalle de esta condición:

Tabla N°34: Habilidades de Costura de Operarios de Costura Manual.

	Habilidades de Costura	
	SI	NO
Operarios	58	22

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Finalmente, se tiene que el personal con habilidades cuentan con un sueldo a trato, esto es, se les paga por cantidad producida. Por otro lado, las personas que no poseen tales habilidades reciben sueldo fijo. En la siguiente tabla se mostrarán los sueldos promedios del personal:

Tabla N°35: Sueldo Promedio y Total de Operarios de Costura Manual.

	Sueldo Fijo	Trato
Promedio	\$ 277.365	\$ 356.461
Total	\$ 6.102.028	\$ 20.674.748

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Entonces, la Tabla N°33 servirá de restricción para designar operarios a los diferentes procesos, ya que no se podrá asignar más personal que la cantidad de máquinas que posea un proceso ni tampoco se podrá intercambiar personal con habilidades de costura a procesos que no lo necesiten ni viceversa. Por otra parte, la Tabla N°35 servirá para ver el ahorro que se pueda generar si se desvincula a personas, dependiendo de su nivel de ingreso.

Pasando al modelo en sí, se hará una muestra donde se compara el efecto del nuevo layout. Como se cuenta con el tiempo de traslado, tiempo de producción y ruta de los artículos, se puede comenzar a mostrar una simulación del trabajo en el área.

Primero, se usarán 8 artículos previamente elegidos. Estos serán: 1212, 16275X, 1230, 0446, 0467, 14072X, 16164X y 1086. Entre estos artículos se utilizan los 8 procesos de la zona 1, por lo que abarcaría casi en su totalidad el salón, además que generan 7 rutas distintas. Entonces, como se explicó en el marco conceptual, se procede a formar las 8 localizaciones usando la cantidad de cada una según operarios asignados por proceso mostrados en la Tabla N°33, por ejemplo, en Mesón habrán 10 “máquinas” (para efectos del programa, Mesón, Nicrón y Fase Final serán máquinas y la cantidad de operarios asignados será el total de cada una), en Overlock habrán 33 máquinas, etc.

Como se mencionó en los alcances, los nombres de los artículos y procesos vienen definidos por default, así que cuando se generen los resultados se observarán tales nombres. Las siguientes 2 tablas mostrarán las entidades y localizaciones con los nombres reales:

Tabla N°36: Nombres de artículos en el modelo.

Artículo	Nombre Modelo
1212	RawMaterial
16274X	RawMaterialA
1230	RawMaterialB
0466	Gear
0467	GearA
14072X	GearB
16164X	Barrel
1086	BarrelA

Fuente: Elaboración propia.

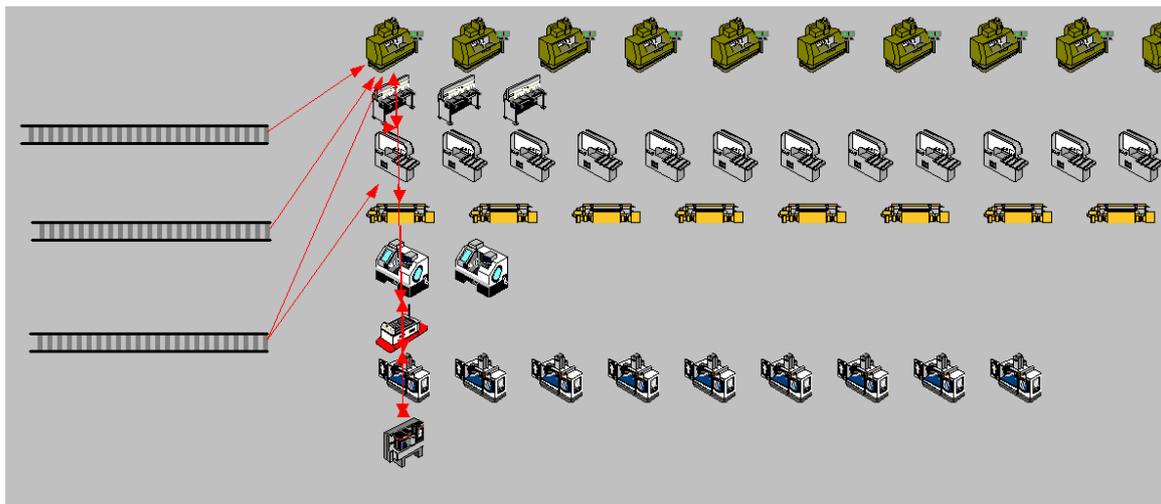
Tabla N°37: Nombres de procesos en el modelo.

Proceso	Nombre Modelo	Cantidad de Operarios
Mesón	MachiningCenter	10
Nicrón	Brake	3
Overlock	Saw	33
Colleretera	Crane	8
Recta	Lathe	2
Atracadora	AGV	1
Fase Final	Mill	1
Overlock Remate	TurningCenter	9
		67

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se utilizará el máximo de entradas para no saturar una sola, que serían 3. En la realidad existe solo una entrada al salón, pero para efectos del modelo y no saturarlo con llegadas se aplicarán las 3 entradas. La siguiente figura muestra como se vería el salón modelado:

Figura N°24: Layout en el simulador de zona 1.



Fuente: Software Promodel 7.5.

En la figura se puede apreciar las 3 entradas y las filas de máquinas correspondientes a los 8 procesos. Estos están en sintonía con la Tabla N°37, es decir, la primera fila de máquinas mostrada en el layout corresponde a Mesón y sus 10 "máquinas", la segunda corresponde a las 3 Nicrón, etc.

Ahora, en el comando Arrivals se debe colocar la frecuencia de llegada de los artículos al salón. Como el área previa a Costura Manual, Tejido, cuenta con un amplio parque de máquinas y produce bastantes artículos diferentes por días, las llegadas a Costura Manual se supondrán constantes y éstas siempre llegan cada 200 artículos iguales. La llegada por lote de un artículo es de 20 minutos. Sin embargo, el programa no permite que lleguen 200 prendas de una misma entidad, por lo que se supondrá una llegada de 100 artículos cada 10 minutos. En la realidad, no hay tiempos muertos por

no llegadas de artículos desde Tejido, es decir, cuando llega el primer lote de 200, estos tardan más de 20 minutos en producirse y salir del salón, por lo que a la llegada de los siguientes 200 aún se estará trabajando en el primer lote. Entonces la suposición de llegadas de lotes de 100 cada 10 minutos será viable si no existen tiempos vacíos entre llegadas. Realizando una pequeña muestra, el modelo simulado cumple con esta condición, por lo que se puede aplicar la suposición.

Por último, como se cuentan con las rutas, tiempos de producción y tiempos de traslado de los artículos, se procede a ingresar estos parámetros en los respectivos comandos. Esta simulación se realizará en un período de una semana. El dato a verificar en este caso, será el que se mostró en la Figura N°16, *Total Exits*, que corresponde a la cantidad de producción por artículo.

Para la situación actual se generó el siguiente reporte:

Figura N°25: Cantidad producida durante una semana layout actual.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States
8entidadesnuevo.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)	
Raw Material	3345,00	578,00	469,50	223,34	
Raw MaterialA	3423,00	424,00	467,23	267,34	
Raw MaterialB	4003,00	270,00	234,90	246,12	
Gear	3456,00	397,00	505,00	220,90	
GearA	3454,00	684,00	501,45	225,78	
GearB	2509,00	410,00	316,57	251,67	
Barrel	3902,00	498,00	288,91	157,94	
BarrelA	3076,00	491,00	603,34	55,73	

Fuente: Software Promodel 7.5.

Se puede apreciar que la suma total de salidas del salón es de 27168 unidades en un período de 45 horas. Ahora, se verificará el efecto del nuevo layout cambiando los tiempos de traslados:

Figura N°26: Cantidad producida durante una semana layout propuesto.

General Report (Normal Run - Rep. 1)					
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States
8entidadesnuevo.MOD (Normal Run - Rep. 1)					
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)	
Raw Material	4442,00	550,00	332,21	215,14	
Raw MaterialA	4750,00	349,00	340,56	250,75	
Raw MaterialB	4828,00	220,00	187,93	233,27	
Gear	4700,00	348,00	378,54	211,77	
GearA	4250,00	620,00	349,99	216,34	
GearB	3150,00	323,00	279,34	243,54	
Barrel	4576,00	453,00	269,76	149,46	
BarrelA	3718,00	445,00	433,01	49,98	

Fuente: Software Promodel 7.5.

En este caso, la suma total de salidas es de 34414 artículos, un 26,6% más que en la situación actual. Por otra parte, en la columna *Avg Time In Move Logic (SEC)*, se puede verificar que los tiempos son menores que antes, por lo que el efecto del nuevo layout genera menores tiempos promedios en movimiento y mayor cantidad de producción. Se concluye entonces que sí existe una mejora por parte de esta nueva configuración propuesta.

Ahora, antes de comenzar con la simulación de la Temporada Primavera-Verano 2012/2013 1° Colección, se deben hacer algunas consideraciones:

- 1) La cantidad de artículos diferentes que se producirán en la Temporada mencionada es de 52.
- 2) La suma total de producción durante la temporada es de 681.680.
- 3) De los 52 artículos a producir, 34 tienen rutas pertenecientes a la zona 1.
- 4) La suma total de producción de esos 34 artículos es de 449080, correspondiente al 65,8% del total de la Temporada.
- 5) Se realizarán simulaciones de la zona 1, en 3 períodos, que corresponderán a los 3 meses en estudio y cada mes tendrá una duración dependiendo de los días hábiles laborales que posean.
- 6) Los artículos que se producen en la zona 2 son de rutas CR1, CR2, CR4, CR5 y CR7. Las 3 primeras corresponden a combinaciones de Cetme y Rimoldi, pero las restantes involucran en su ruteo Mesón, Colleretera, Atracadora y Fase Final, por lo que habrá un momento de la simulación en que no se podrá contar con los 67 operarios designados en la Tabla N°37.

A continuación se revisará el detalle de la producción de la temporada:

Tabla N°38: Producción de la Temporada P-V 2012/2013 1° Colección Zona 1.

Cantidad por Grupo Zona 1				
Grupo	abr-12	may-12	jun-12	TOTAL Grupal
A	18.100	35.180	26.620	79.900
B	55.600	51.760	47.340	154.700
C	4.600	4.600	5.000	14.200
D	9.100	7.200	6.300	22.600
E	23.020	12.360	21.380	56.760
F	3.600	4.000	3.550	11.150
G	4.500	9.740	6.760	21.000
H	5.000	4.680	4.240	13.920
I	4.500	4.500	4.500	13.500
J	3.000	3.000	2.500	8.500
K	4.550	4.000	4.500	13.050
L	2.000	2.700	300	5.000
M	3.600	400	-	4.000
N	10.800	10.000	10.000	30.800
TOTAL Mensual	151.970	154.120	142.990	449.080

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Tabla N°39: Cantidad de Artículos mensuales de la Temporada P-V 2012/2013 1° Colección Zona 1.

Artículos por Grupo Zona 1			
Grupo	abr-12	may-12	jun-12
A	2	5	5
B	8	8	8
C	2	2	2
D	3	3	3
E	4	4	4
F	1	1	1
G	2	3	3
H	2	2	2
I	1	1	1
J	1	1	1
K	1	1	1
L	1	1	1
M	1	1	0
N	1	1	1

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Tabla N°40: Producción de la Temporada P-V 2012/2013 1° Colección Zona 2.

Cantidad por Grupo Zona 2				
Grupo	abr-12	may-12	jun-12	TOTAL Grupal
CR1	5.500	7.250	750	13.500
CR2	47.400	56.300	47.600	151.300
CR4	21.000	12.850	24.650	58.500
CR5	300	2.700	300	3.300
CR7	2.000	2.000	2.000	6.000
TOTAL Mensual	76.200	81.100	75.300	232.600

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Tabla N°41: Cantidad de Artículos mensuales de la Temporada P-V 2012/2013 1° Colección Zona 2.

Artículos por Grupo Zona 1			
Grupo	abr-12	may-12	jun-12
CR1	2	2	2
CR2	8	7	7
CR4	5	4	6
CR5	1	1	1
CR7	1	1	1

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Revisando la Tabla N°40, se puede ver que las cantidades totales de los grupos CR5 y CR7 son bajas y si se aprecia en la Tabla N°41 la cantidad de artículos diferentes a producir de estos grupos es de solamente un tipo mensual. Con esta información se puede realizar un supuesto: en una simulación usar 63 operarios solamente, para dejar a los 4 restantes en los procesos mencionados que involucran estas rutas. Esto se puede hacer debido a la baja cantidad de producción y en una estimación se cree posible terminar esa cantidad en un período de simulación.

En la Tabla N°42 se mostrará el detalle por ruta que se debe producir por mes:

Tabla N°42: Cantidad por Rutas Zona 1.

Ruta	Abril	Mayo	Junio	TOTAL
A	18.100	35.180	26.620	79.900
B	55.600	51.760	47.340	154.700
C	4.600	4.600	5.000	14.200
D	9.100	7.200	6.300	22.600
E	23.020	12.360	21.380	56.760
F	3.600	4.000	3.550	11.150
G	4.500	9.740	6.760	21.000
H	5.000	4.680	4.240	13.920
I	4.500	4.500	4.500	13.500
J	3.000	3.000	2.500	8.500
K	4.550	4.000	4.500	13.050
L	2.000	2.700	300	5.000
M	3.600	400	-	4.000
N	10.800	10.000	10.000	30.800

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Por último, se procederá a generar las llegadas de los artículos. Como bien se dijo anteriormente, los arribos serán en lotes de 100 cada 20 minutos, por artículo, es decir, pueden llegar 2 o más lotes al mismo tiempo de distinto artículos. Las llegadas, por lo tanto, se definirán al azar y la cantidad de esta por artículos queda definida por su producción dividido 100, por lo que llegará la cantidad justa demandada al salón.

Habiendo realizado hincapié en las consideraciones, se procederá a la definición de las entidades de la producción de Abril 2012:

Tabla N°43: Producción Abril 2012 Zona 1.

Artículo	Entidad	Cantidad	Ruta	Pasos
12262	RawMaterial	4.500	D	5
0421	RawMaterialA	4.000	B	6
0422	RawMaterialB	3.600	B	6
0453	RawMaterialC	1.000	B	6
0454	RawMaterialD	2.000	B	6
0465	RawMaterialE	3.600	C	7
1212	RawMaterialF	26.000	B	6
12167X	RawMaterialG	3.600	M	6
1383X	RawMaterialH	10.800	E	3
12259	RawMaterialI	4.000	D	5
12260	Gear	5.000	B	6
12261	GearA	10.000	B	6
12298	GearB	600	D	5
14072X	GearC	3.000	J	5
1465	GearD	2.500	G	5
16164X	GearE	4.550	K	4
1437X	GearF	1.000	C	7
1230	GearG	14.500	A	4
1497X	GearH	3.600	A	4
1624	GearI	2.000	L	3
1086	Barrel	10.800	N	2
0446	BarrelA	3.600	F	6
16000X	BarrelB	4.000	B	6
16144X	BarrelC	4.000	H	6
16146X	BarrelD	4.000	E	3
16291X	BarrelE	4.000	E	3
16292X	BarrelF	1.000	H	6
16321X	BarrelG	2.000	G	5
16322X	BarrelH	4.500	I	6
16323X	BarrelI	4.220	E	3

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Pasando netamente a la simulación, el reporte de las actividades generó la siguiente información:

Figura N°27: Reporte de las Actividades de las Entidades Abril 2012.

8entidadesnuevo.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)
RawMaterial	4500,00	0,00	225,06	154,92
RawMaterialA	4000,00	0,00	398,31	206,97
RawMaterialB	3600,00	0,00	343,74	169,77
RawMaterialC	1000,00	0,00	356,48	210,32
RawMaterialD	2000,00	0,00	327,75	216,29
RawMaterialE	3600,00	0,00	364,84	196,38
RawMaterialF	26000,00	0,00	322,67	209,65
RawMaterialG	3300,00	1336,00	251,65	115,45
RawMaterialH	10800,00	0,00	139,97	201,02
RawMaterialI	3500,00	543,00	214,30	159,48
Gear	3890,00	1110,00	323,62	168,23
GearA	10000,00	0,00	329,83	231,98
GearB	600,00	0,00	207,87	173,71
GearC	3000,00	0,00	291,27	278,59
GearD	2500,00	0,00	303,13	128,72
GearE	3224,00	1326,00	248,97	158,78
GearF	1000,00	0,00	364,31	216,84
GearG	14600,00	0,00	158,80	254,17
GearH	2334,00	1266,00	181,65	257,22
GearI	1245,00	355,00	143,66	50,84
Barrel	10800,00	0,00	514,16	43,69
BarrelA	245,00	3355,00	393,16	265,63
BarrelB	2344,00	1656,00	384,12	236,90
BarrelC	2355,00	1645,00	426,87	226,25
BarrelD	1780,00	2220,00	137,98	179,78
BarrelE	2893,00	1107,00	135,08	185,30
BarrelF	1000,00	0,00	408,83	247,30
BarrelG	2000,00	0,00	237,01	201,41
BarrelH	3600,00	1267,00	448,02	208,13
Barrell	2304,00	1916,00	135,09	141,64

Fuente: Software Promodel 7.5.

La duración de la simulación en tiempo real es de aproximadamente 10 horas. Por otra parte, la suma total de las salidas fue de 132568. Si se aprecia el total mensual de Abril en la Tabla N°38 se verifica que la producción total es de 151970, por lo que el porcentaje de cumplimiento es de 87,23%. Sin embargo, esto se puede mejorar si se reasigna a los operarios en distintos procesos. Se mostrarán los reportes restantes:

Figura N°28: Reporte de Localizaciones, Primera Parte, Abril 2012.

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	% Utilization
Machining Center.1	10800,00	1,00	94,33
Machining Center.2	10800,00	1,00	94,24
Machining Center.3	10800,00	1,00	94,32
Machining Center.4	10800,00	1,00	94,50
Machining Center.5	10800,00	1,00	94,42
Machining Center.6	10800,00	1,00	94,54
Machining Center.7	10800,00	1,00	94,72
Machining Center.8	10800,00	1,00	94,69
Machining Center.9	10800,00	1,00	93,82
Machining Center.10	10800,00	1,00	93,94
Machining Center	108000,00	10,00	94,35
Brake.1	10800,00	1,00	69,59
Brake.2	10800,00	1,00	62,87
Brake.3	10800,00	1,00	60,11
Brake	32400,00	3,00	64,19
Saw.1	10800,00	1,00	92,54
Saw.2	10800,00	1,00	92,37
Saw.3	10800,00	1,00	92,08
Saw.4	10800,00	1,00	92,17
Saw.5	10800,00	1,00	91,36
Saw.6	10800,00	1,00	92,16
Saw.7	10800,00	1,00	91,36
Saw.8	10800,00	1,00	91,48
Saw.9	10800,00	1,00	91,01
Saw.10	10800,00	1,00	90,86
Saw.11	10800,00	1,00	90,56
Saw.12	10800,00	1,00	90,15
Saw.13	10800,00	1,00	89,74
Saw.14	10800,00	1,00	90,30
Saw.15	10800,00	1,00	89,43
Saw.16	10800,00	1,00	89,53
Saw.17	10800,00	1,00	89,01
Saw.18	10800,00	1,00	88,58
Saw.19	10800,00	1,00	88,79

Fuente: Software Promodel 7.5.

Figura N°29: Reporte de Localizaciones, Segunda Parte, Abril 2012.

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	% Utilization
Saw.20	10800,00	1,00	88,77
Saw.21	10800,00	1,00	88,58
Saw.22	10800,00	1,00	87,66
Saw.23	10800,00	1,00	88,27
Saw.24	10800,00	1,00	86,81
Saw.25	10800,00	1,00	86,77
Saw.26	10800,00	1,00	86,66
Saw.27	10800,00	1,00	86,82
Saw.28	10800,00	1,00	86,43
Saw.29	10800,00	1,00	85,44
Saw.30	10800,00	1,00	85,76
Saw.31	10800,00	1,00	85,16
Saw.32	10800,00	1,00	84,61
Saw.33	10800,00	1,00	84,19
Saw	356400,00	33,00	88,95
Crane.1	10800,00	1,00	99,63
Crane.2	10800,00	1,00	99,61
Crane.3	10800,00	1,00	99,64
Crane.4	10800,00	1,00	99,70
Crane.5	10800,00	1,00	99,68
Crane.6	10800,00	1,00	99,65
Crane.7	10800,00	1,00	99,61
Crane.8	10800,00	1,00	99,69
Crane	86400,00	8,00	99,65
Lathe.1	10800,00	1,00	49,36
Lathe.2	10800,00	1,00	43,66
Lathe	21600,00	2,00	46,51
AGV	10800,00	1,00	69,64
Turning Center	10800,00	1,00	69,44
Mill.1	10800,00	1,00	88,79
Mill.2	10800,00	1,00	86,86
Mill.3	10800,00	1,00	84,17
Mill.4	10800,00	1,00	80,03
Mill.5	10800,00	1,00	72,59
Mill.6	10800,00	1,00	58,95

Fuente: Software Promodel 7.5.

Figura N°30: Reporte de Localizaciones, Tercera Parte, Abril 2012.

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	% Utilization
Mill.7	10800,00	1,00	52,22
Mill.8	10800,00	1,00	43,51
Mill.9	10800,00	1,00	32,87
Mill	97200,00	9,00	66,67

Fuente: Software Promodel 7.5.

Primero que todo, el tiempo simulado es de 10800 minutos, que corresponden a los 20 días hábiles laborales con los que cuenta Abril. Después, se puede apreciar que el proceso Mesón (Machining Center) tiene porcentajes de utilización mayor que 90%, por lo que es un proceso que tiene constante trabajo. Por otro lado, las 3 personas en Nicrón (Brake) poseen porcentajes de utilización entre 60% y 70%, por lo que se podría prescindir de un operario. Colletera (Crane) en tanto, posee sus 8 máquinas con porcentajes mayores a 99%, por lo que sería recomendable utilizar personal ocioso de otros procesos para reforzarla. Por otra parte, los 2 operarios que usan la Recta (Lathe) poseen menos de un 50% de utilización cada uno, entonces la recomendación sería sacar un operario. Por último, 5 operarios que trabajan en la Fase Final tienen porcentajes de utilización mayores a 50%, por lo que se podría prescindir de 4 operarios.

Finalmente, se puede sacar 6 operarios, sin embargo, como la Colletera está saturada, se podrían utilizar 2 personas para reforzar ese proceso.

Usando nuevamente el simulador, se genera un nuevo reporte de producción con la nueva asignación de personal:

Figura N°31: Reporte de las Actividades de las Entidades con reasignación de personal Abril 2012.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)
RawMaterial	4500,00	0,00	216,48	154,33
RawMaterialA	4000,00	0,00	378,48	194,81
RawMaterialB	3600,00	0,00	330,57	181,57
RawMaterialC	1000,00	0,00	339,38	205,19
RawMaterialD	2000,00	0,00	372,49	202,41
RawMaterialE	3600,00	0,00	371,85	207,90
RawMaterialF	26000,00	0,00	395,47	205,89
RawMaterialG	2354,00	1246,00	257,13	112,27
RawMaterialH	10800,00	0,00	138,01	200,03
RawMaterialI	4000,00	0,00	206,38	142,25
Gear	4055,00	945,00	319,24	177,26
GearA	10000,00	0,00	353,14	204,02
GearB	600,00	0,00	214,71	184,34
GearC	3000,00	0,00	279,78	250,65
GearD	2500,00	0,00	232,80	122,32
GearE	3401,00	1149,00	259,17	171,42
GearF	1000,00	0,00	361,95	211,13
GearG	14600,00	0,00	181,41	229,17
GearH	2475,00	1125,00	164,21	270,66
GearI	1298,00	302,00	141,20	54,21
Barrel	10800,00	0,00	521,35	45,54
BarrelA	456,00	3144,00	386,27	264,44
BarrelB	2473,00	1527,00	403,26	231,39
BarrelC	2412,00	1588,00	438,45	240,30
BarrelD	1796,00	2204,00	135,75	202,37
BarrelE	2901,00	1099,00	141,82	179,11
BarrelF	1000,00	0,00	445,13	225,03
BarrelG	2000,00	0,00	262,08	180,23
BarrelH	3267,00	1233,00	450,24	229,58
Barrell	2409,00	1811,00	140,65	137,49

Fuente: Software Promodel 7.5.

En este nuevo escenario, la suma total de producción asciende a 134297 artículos producidos, mejorando un 1,3% respecto al resultado anterior y logrando cumplir un 88,37% de la demanda.

Por último, para estimar la holgura que se forma por proceso se debe revisar el reporte de porcentaje de las localizaciones. Como interesan solamente las holguras promedio de los procesos, se omitirá la información que hay por máquina. Esto se muestra a continuación:

Figura N°32: Reporte en Porcentaje de Localizaciones, Abril 2012.

Name	Scheduled Time (MIN)	% Operation	% Idle	% Blocked
Machining Center	10800,00	73,23	21,45	5,32
Brake	10800,00	65,50	31,65	2,85
Saw	10800,00	52,56	34,02	13,42
Crane	10800,00	68,34	22,91	8,75
Lathe	10800,00	34,54	43,50	21,96
AGV	10800,00	32,33	45,91	21,76
Turning Center	10800,00	41,78	36,10	22,12
Mill	10800,00	63,54	18,21	18,25

Fuente: Software Promodel 7.5.

Como las columnas de los reportes fueron explicadas en el subcapítulo 6.2.5, la que da una referencia de la holgura es la columna *% Idle*. Sin embargo, estos valores corresponden solamente al mes de Abril 2012. Para realizar una estimación del real porcentaje de holgura por proceso, se usará el promedio entre los 3 meses simulados. Con estos valores calculados, se utilizarán las respectivas holguras en la Fórmula N°3 y se obtendrá una nueva propuesta de personal.

Antes de continuar con la simulación del mes de Mayo 2012, se debe realizar un alcance al momento de definir la producción de los artículos. Puesto que en el mes de Abril varios artículos no fueron terminados en su totalidad, se procederá a sumar esa cantidad rezagada a la demanda de Mayo. Por lo tanto, la producción a simular será la siguiente:

Tabla N°44: Producción Mayo 2012 Zona 1.

Artículo	Entidad	Cantidad	Ruta	Pasos
12262	RawMaterial	500	D	5
0421	RawMaterialA	4.000	B	6
0422	RawMaterialB	3.600	B	6
0453	RawMaterialC	1.200	B	6
0454	RawMaterialD	2.500	B	6
0465	RawMaterialE	3.600	C	7
1212	RawMaterialF	26.000	B	6
12167X	RawMaterialG	1.646	M	6
1383X	RawMaterialH	1.200	E	3
12259	RawMaterialI	4.000	D	5
12260	Gear	5.945	B	6
12261	GearA	5.500	B	6
12298	GearB	2.700	D	5
14072X	GearC	3.000	J	5
1465	GearD	2.000	G	5
16164X	GearE	5.149	K	4
1437X	GearF	1.000	C	7
1230	GearG	15.000	A	4
1497X	GearH	5.125	A	4
1624	GearI	3.002	L	3
1086	Barrel	10.000	N	2
0446	BarrelA	7.144	F	6
16000X	BarrelB	5.487	B	6
16144X	BarrelC	5.188	H	6
16146X	BarrelD	5.804	E	3
16291X	BarrelE	4.879	E	3
16292X	BarrelF	1.080	H	6
16321X	BarrelG	2.340	G	5
16322X	BarrelH	5.733	I	6
16323X	BarrelI	5.591	E	3
14128X	BarrelJ	6.120	A	4
12023X	BarrelK	4.500	A	4
16324X	BarrelM	5.560	A	4
16325X	BarrelN	5.400	G	5

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Finalmente, la cantidad a producir asciende a 165906 artículos. Ahora bien, como se explicó en los alcances, solo se mostrará la cantidad producida. Como este mes posee 22 días hábiles, es decir, 2 más que Abril y Junio, se realizará en esta simulación el traspaso de 4 operarios a la zona 2. Por lo tanto, manteniendo las asignaciones de personal del mes anterior, los resultados obtenidos son los siguientes:

Figura N°33: Reporte de las Actividades de las Entidades con reasignación de personal, Primera Parte, Mayo 2012.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)
RawMaterial	500,00	0,00	223,91	153,24
RawMaterialA	3241,00	759,00	376,21	213,80
RawMaterialB	3600,00	0,00	373,14	176,08
RawMaterialC	1200,00	0,00	358,86	211,44
RawMaterialD	1284,00	1216,00	364,44	194,44
RawMaterialE	3600,00	0,00	414,77	227,16
RawMaterialF	21392,00	4608,00	367,09	202,15
RawMaterialG	1646,00	0,00	273,23	121,98
RawMaterialH	1200,00	0,00	138,52	198,92
RawMaterialI	1254,00	2746,00	225,82	154,06
Gear	5945,00	0,00	369,02	173,66
GearA	1942,00	3558,00	401,94	211,58
GearB	2700,00	0,00	213,65	176,87
GearC	1806,00	1194,00	286,80	276,12
GearD	2000,00	0,00	303,59	113,27
GearE	5149,00	0,00	263,70	171,00
GearF	1000,00	0,00	398,38	196,31
GearG	12974,00	2026,00	158,40	231,41
GearH	5125,00	0,00	180,25	246,01
GearI	3002,00	0,00	155,12	58,39
Barrel	2054,00	7946,00	526,90	49,62
BarrelA	7144,00	0,00	388,17	265,22
BarrelB	5487,00	0,00	404,74	258,53
BarrelC	5188,00	0,00	434,09	221,70
BarrelD	5804,00	0,00	137,91	193,56
BarrelE	4879,00	0,00	138,51	179,81
BarrelF	1080,00	0,00	430,50	223,82
BarrelG	2340,00	0,00	234,33	195,96
BarrelH	5733,00	0,00	407,00	196,74
Barrell	5591,00	0,00	135,06	150,49

Fuente: Software Promodel 7.5.

Figura N°34: Reporte de las Actividades de las Entidades con reasignación de personal, Segunda Parte, Mayo 2012.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)
BarrelJ	4522,00	1598,00	173,39	223,44
BarrelK	873,00	3627,00	165,33	233,01
BarrelL	4964,00	596,00	174,73	188,42
BarrelM	2718,00	2682,00	277,13	141,15

Fuente: Software Promodel 7.5.

En este caso, la cantidad final producida es de 138937, logrando un 81,02% de cumplimiento. Existe una baja de cumplimiento con respecto al mes anterior. Esto se puede explicar por el efecto de poner a trabajar 4 operarios para producción de la zona 2. Por otro lado, se produjo más que Abril. Esto puede deberse a los 2 días adicionales con que cuenta Mayo.

Por último, se definirá la producción para el mes Junio más la cantidad rezagada del mes de Mayo, resultando un total de 175546 artículos, además de reincorporar a los 4 operarios a sus labores correspondientes a la zona 1.

Tabla N°45: Producción Junio 2012 Zona 1.

Artículo	Entidad	Cantidad	Ruta	Pasos
12262	RawMaterial	6.080	D	5
0421	RawMaterialA	3.021	B	6
0422	RawMaterialB	4.500	B	6
0453	RawMaterialC	4.200	B	6
0454	RawMaterialD	2.511	B	6
0465	RawMaterialE	2.500	C	7
1212	RawMaterialF	4.000	B	6
12167X	RawMaterialG	26.000	M	6
1383X	RawMaterialH	593	E	3
12259	RawMaterialI	9.900	D	5
12260	Gear	4.000	B	6
12261	GearA	6.000	B	6
12298	GearB	2.600	D	5
14072X	GearC	2.056	J	5
1465	GearD	2.500	G	5
16164X	GearE	2.000	K	4
1437X	GearF	4.500	C	7
1230	GearG	4.766	A	4
1497X	GearH	10.500	A	4
1624	GearI	4.000	L	3
1086	Barrel	3.581	N	2
0446	BarrelA	10.000	F	6
16000X	BarrelB	3.550	B	6
16144X	BarrelC	3.200	H	6
16146X	BarrelD	3.040	E	3
16291X	BarrelE	3.040	E	3
16292X	BarrelF	3.663	H	6
16321X	BarrelG	5.317	G	5
16322X	BarrelH	1.200	I	6
16323X	BarrelI	4.972	E	3
14128X	BarrelJ	7.138	A	4
12023X	BarrelK	6.346	A	4
16324X	BarrelM	4.944	A	4
16325X	BarrelN	5.816	G	5

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Finalmente, generando los reportes de producción se obtiene los siguientes resultados:

Figura N°35: Reporte de las Actividades de las Entidades con reasignación de personal, Primera Parte, Junio 2012.

Bentidadesnuevo.MOD (Normal Run - Rep. 1)				
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)
RawMaterial	2000,00	0,00	221,64	133,16
RawMaterialA	5259,00	0,00	325,29	203,97
RawMaterialB	2619,00	1381,00	320,53	182,11
RawMaterialC	1800,00	0,00	335,15	219,71
RawMaterialD	3716,00	0,00	375,78	216,74
RawMaterialE	4000,00	0,00	408,47	206,90
RawMaterialF	27301,00	3307,00	377,46	198,27
RawMaterialG	0,00	0,00	280,37	121,46
RawMaterialH	6932,00	2968,00	135,88	208,62
RawMaterialI	6746,00	0,00	204,88	137,89
Gear	2738,00	2262,00	376,14	179,73
GearA	4058,00	0,00	348,82	221,70
GearB	300,00	0,00	207,09	182,32
GearC	3694,00	0,00	288,48	236,26
GearD	2000,00	0,00	256,93	118,83
GearE	2174,00	2326,00	270,99	176,59
GearF	1000,00	0,00	374,20	225,72
GearG	8231,00	4295,00	179,48	247,08
GearH	2421,00	1579,00	171,57	277,75
GearI	300,00	0,00	138,19	52,32
Barrel	10994,00	6952,00	439,21	43,28
BarrelA	3550,00	0,00	389,67	272,77
BarrelB	3040,00	0,00	405,39	229,48
BarrelC	1782,00	1258,00	440,86	246,02
BarrelD	3040,00	0,00	141,98	182,80
BarrelE	298,00	3922,00	140,21	172,14
BarrelF	1200,00	0,00	406,57	232,47
BarrelG	2000,00	0,00	228,58	172,58
BarrelH	1239,00	3261,00	439,12	227,63
Barrell	4220,00	0,00	138,10	151,53

Fuente: Software Promodel 7.5.

Figura N°36: Reporte de las Actividades de las Entidades con reasignación de personal, Segunda Parte, Junio 2012.

Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In Move Logic (SEC)	Avg Time In Operation (SEC)
BarrelJ	2343,00	5335,00	165,75	248,17
BarrelK	6827,00	0,00	161,52	226,81
BarrelL	3436,00	0,00	159,76	185,75
BarrelM	5442,00	0,00	253,27	133,20

Fuente: Software Promodel 7.5.

En este mes se obtuvo un total de producción de 136700, logrando un 77,87% de cumplimiento de la demanda.

10. RESULTADOS OBTENIDOS.

En la siguiente tabla se aprecia el porcentaje de cumplimiento de la demanda por mes individual y acumulado, obteniendo finalmente el porcentaje de cumplimiento de la temporada:

Tabla N°46: Producción total, Temporada PV 2012/2013 1° Colección, Zona 1.

Mes	Producción	Demanda Mensual		Demanda Acumulada	
		Cantidad	% Cumplimiento	Cantidad	% Cumplimiento
Abril	134.297	151.970	0,8837	151.970	0,8837
Mayo	138.937	154.120	0,9015	171.493	0,8102
Junio	136.700	142.990	0,9560	175.546	0,7787
Total	409934	449080	0,91		

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se cumple un 91,28% de la demanda para la Temporada Primavera-Verano, 2012/2013 de la 1° Colección.

Por otro lado, se tienen las holguras para toda la temporada, por lo que se puede obtener un promedio por proceso y así usarlo para generar una necesidad de mano de obra estimada. Esta información se aprecia en la Tabla N°47:

Tabla N°47: Holguras generadas por el simulador.

Proceso	Holgura			Promedio
	Abril	Mayo	Junio	
Mesón	21,45	22,61	22,02	22,03
Nicrón	31,65	30,43	31,98	31,35
Overlock	34,02	38,15	35,53	35,90
Colleretera	22,91	24,35	24,23	23,83
Recta	43,50	42,36	42,18	42,68
Atracadora	45,91	43,06	49,66	46,21
Overlock Remate	36,10	34,72	40,34	37,05
Fase Final	18,21	17,67	19,18	18,35

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, usando estos valores, se obtiene una nueva asignación de personal para cada proceso, manteniendo el 20% para Cetme y Rimoldi que no fueron considerados en esta simulación:

Tabla N°48: Personal necesario por mes según proceso con holguras estimadas.

	Necesidad de Personal											
	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13
Mesón	10	11	10	10	10	11	11	10	11	9	10	11
Nicrón	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cetme	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1
Rimoldi	6	6	6	6	6	8	9	8	9	8	5	8
Overlock	29	31	29	29	28	29	28	25	25	23	27	27
Colleretera	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
Overlock Remate	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2
Recta	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Atracadora	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2
Fase Final	10	11	10	10	9	9	9	9	9	8	9	10
	68	72	68	68	63	67	70	63	67	60	63	69

Fuente: Elaboración propia.

El resultado arroja que en Mayo se utilizarán 72 personas. Esto corresponde a la mayor cantidad de operarios entre todos los meses. Se resalta este valor porque la propuesta en sí es usar esa cantidad de operarios para todos los meses, puesto que, según la tabla, se tendría que desvincular personal y luego recontractar. Entonces, se propone mantener 72 personas, lo que provocaría un ahorro de 8 personas. Sin embargo, esto no quiere decir que 72 operarios sea lo mejor, simplemente es un valor adecuado para suplir los efectos de mayor producción en los meses de alta demanda y también el ausentismo del personal.

Como se simuló la zona 1, los 8 operarios corresponden a personal con sueldo a trato. Por lo tanto el ahorro mensual corresponderá a \$2.851.688 aproximadamente.

Por otra parte, se debe traducir este beneficio en dinero, por lo que se supondrá la cantidad producida como venta realizada versus la venta total de la cantidad demandada. Esto se refleja en la Tabla N°4:

Tabla N°49: Venta 100% v/s Ventas real estimada.

Artículo	Precio de Venta	Cantidad Demandada	Venta 100%	Cantidad Producida	Venta Real
12262	\$ 1.990	7.000	\$ 13.930.000	7.000	\$ 13.930.000
0421	\$ 1.490	12.500	\$ 18.625.000	12.500	\$ 18.625.000
0422	\$ 1.490	11.200	\$ 16.688.000	9.819	\$ 14.630.310
0453	\$ 1.490	4.000	\$ 5.960.000	4.000	\$ 5.960.000
0454	\$ 1.490	7.000	\$ 10.430.000	7.000	\$ 10.430.000
0465	\$ 1.490	11.200	\$ 16.688.000	11.200	\$ 16.688.000
1212	\$ 1.990	78.000	\$ 155.220.000	74.393	\$ 148.639.070
12167X	\$ 1.990	4.000	\$ 7.960.000	4.000	\$ 7.960.000
1383X	\$ 2.490	21.900	\$ 54.531.000	18.932	\$ 47.140.680
12259	\$ 2.490	12.000	\$ 29.880.000	12.000	\$ 29.880.000
12260	\$ 2.490	15.000	\$ 37.350.000	12.738	\$ 31.717.620
12261	\$ 2.490	16.000	\$ 39.840.000	16.000	\$ 39.840.000
12298	\$ 2.490	3.600	\$ 8.964.000	3.600	\$ 8.964.000
14072X	\$ 2.490	8.500	\$ 21.165.000	8.500	\$ 21.165.000
1465	\$ 1.490	6.500	\$ 9.685.000	6.500	\$ 9.685.000
16164X	\$ 1.490	13.050	\$ 19.444.500	10.724	\$ 15.978.760
1437X	\$ 990	3.000	\$ 2.970.000	3.000	\$ 2.970.000
1230	\$ 1.490	40.000	\$ 59.600.000	35.705	\$ 53.200.450
1497X	\$ 990	11.600	\$ 11.484.000	10.021	\$ 9.920.790
1624	\$ 1.490	5.000	\$ 7.450.000	5.000	\$ 7.450.000
1086	\$ 990	30.800	\$ 30.492.000	23.848	\$ 23.609.520
0446	\$ 2.490	11.150	\$ 27.763.500	11.150	\$ 27.763.500
16000X	\$ 3.490	11.000	\$ 38.390.000	11.000	\$ 38.390.000
16144X	\$ 3.490	10.640	\$ 37.133.600	9.382	\$ 32.743.180
16146X	\$ 3.490	10.640	\$ 37.133.600	10.640	\$ 37.133.600
16291X	\$ 4.190	12.000	\$ 50.280.000	8.078	\$ 33.846.820
16292X	\$ 4.190	3.280	\$ 13.743.200	3.280	\$ 13.743.200
16321X	\$ 2.490	6.340	\$ 15.786.600	6.340	\$ 15.786.600
16322X	\$ 2.490	13.500	\$ 33.615.000	10.239	\$ 25.495.110
16323X	\$ 2.490	12.220	\$ 30.427.800	12.220	\$ 30.427.800
14128X	\$ 2.490	12.200	\$ 30.378.000	6.865	\$ 17.093.850
12023X	\$ 2.490	7.700	\$ 19.173.000	7.700	\$ 19.173.000
16324X	\$ 2.490	8.400	\$ 20.916.000	8.400	\$ 20.916.000
16325X	\$ 2.490	8.160	\$ 20.318.400	8.160	\$ 20.318.400
Total		449080	\$ 953.415.200	409934	\$ 871.215.260

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

La cantidad producida en dinero por venta se traduce en \$871.215.260, correspondientes al 91,37% del total si se hubiese producido el 100% de la demanda. Por otro lado, en la Tabla N°6 se tienen los porcentajes de cumplimiento de demanda, el promedio mensual de cumplimiento corresponde al 68,25%. Entonces, si se obtiene este porcentaje en ventas respecto al supuesto de la venta de 100% se tiene puede obtener el ahorro neto por reducción de quiebres:

Tabla N°50: Ahorro por reducción de quiebres de stock en el 2º Trimestre de 2012.

Cantidades	% Cumplimiento	Venta Efectuada
Total	100	\$ 953.415.200
Estimado	91,37	\$ 871.215.260
Real	68,25	\$ 650.705.874
Ahorro Neto		\$ 220.509.386

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el costo estimado de realizar el cambio de layout corresponde a utilizar 8 personas un día festivo para que reacomoden las máquinas según la configuración propuesta. Como ninguna está empotrada al suelo, no se debería tardar más de un día en instalar las máquinas en los nuevos sectores. Se le ofrecerá \$30.000 a cada operario que desee modificar la posición de los procesos. Con esto, se puede calcular el beneficio neto del proyecto durante los 3 meses simulados:

Tabla N°51: Beneficio Neto Temporada Primavera-Verano 2012/2013, 1ª Colección.

Ahorro por Reducción de Quiebres	\$ 220.509.386
Desvinculación de Personal	\$ 2.158.688
Costo de Nuevo Layout	-\$ 240.000
BENEFICIO NETO	\$ 222.428.074

Fuente: Elaboración propia.

En el capítulo N°5 se mencionó que el beneficio anual esperado fuese de \$760.000.000. El beneficio neto obtenido en la Tabla N°50 es de \$222.428.074 en 3 meses, correspondientes al 29,26%. Cabe mencionar que este período corresponde a temporada alta de venta, ya que primavera es la segunda estación donde más se vende durante el año, por lo que se espera que en las siguientes temporadas el beneficio sea menor, a excepción de invierno.

11. CONCLUSIONES.

El estudio realizado en la planta de Tejidos Caffarena S.A. dejó bastantes interrogantes planteadas. En cada área del proceso productivo existía una serie de problemas de los cuales varios tenían solución en el uso de herramientas ingenieriles. Por lo mismo, se escogió el salón de Costura Manual que contaba con falencias en la configuración de las máquinas y en la asignación de personal.

Al realizar el estudio, se necesitó información relevante para el desarrollo del proyecto, como la cantidad de artículos a producir, las máquinas que los producían, la demanda de éstos y la cantidad de operarios que trabajan en el salón. La cantidad de artículos que se trabajan resultó ser de 84 productos. Con esto, se definió las rutas que seguían los productos en el área, logrando ordenar la información y obteniendo la

cantidad de rutas distintas que se generaban. Luego, se procedió a revisar los trabajos que se efectúan en el salón, resultando un total de 10, a la cual se les llamó procesos, por lo que cada ruta que generaba un artículo era la cantidad de procesos por lo que transitaba, resultando un total de 21 rutas distintas. Cada proceso contaba con distintas tareas a las que se les denominó subprocesos. Por otro lado, se procedió a tomar tiempos de cada proceso, pero cada artículo tenía distinto tiempo de producción en un mismo trabajo, por lo que obtener todos los tiempos por proceso y de cada artículo resulta imposible al corto plazo. Para solucionar esto, se comprobó que los subprocesos tenían tiempo fijo, así que se tomó los tiempos de éstos y se definió el tiempo de producción de un artículo en un proceso como la suma de tiempos de los subprocesos por los que pasaba. Con esto, se definieron las sub-rutas por proceso. Finalmente, el tiempo total de producción por artículo se consideró como la suma de los tiempos de los procesos en los que se trabajaba.

Posteriormente, para ofrecer una nueva configuración del layout, se crearon indicadores de puntuación de ruta en base a parámetros de relevancia para la empresa, como las ventas de años anteriores, cantidades producidas, el margen de éstas, además de la cantidad de pasos que se compone cada ruta. De esta forma, se obtuvo la ruta más importante y en base a eso se propone un nuevo layout. Por otra parte, se calculan los tiempos de traslados entre procesos. Se obtuvo la cantidad de viajes en lotes de 200 artículos que realiza cada producto por mes y con esto se obtuvo el tiempo total de traslado mensual que genera la producción demandada. Finalmente, se contrasta los tiempos de traslado entre la configuración actual y la propuesta en base a la información mencionada, comprobándose la mejora que produce la distribución ofrecida ya que se generan menores tiempos en viajes.

Luego, se necesitaba ofrecer una asignación de personal acorde a la demanda y a la cantidad de máquinas que existen por cada proceso. Para ello, se obtuvo la cantidad mensual a producir por sub-ruta, para luego generar la cantidad de horas hombre que se requieren para completar la producción. Paralelamente, se obtienen los tiempos de traslado mensuales por sub-ruta en base a la cantidad a producir. Por último, se suman estos tiempos con la cantidad de horas hombres a trabajar, y así se obtiene el tiempo total de producción por sub-ruta por mes, donde finalmente se suman todas generándose la cantidad total de horas hombres mensuales, incluido los tiempos de viaje, para cada proceso, en base a la cantidad de días hábiles por mes y la cantidad de horas diarias de trabajo. El problema de ésta propuesta suscita en la holgura que se le impuso a los tiempos por proceso, ya que se usó un valor histórico.

Para solucionar este problema y además corroborar las ventajas del nuevo layout, se emplea un modelo de simulación, que se aplica a una temporada, el cual genera varios indicadores para analizar, ya sea, la cantidad de producción realizada, los tiempos de traslado, los tiempos de operación y porcentajes de uso de los procesos. Entre estos porcentajes se encuentra uno que se puede utilizar como holgura, por lo que estos valores obtenidos se aplican en el procedimiento de asignación de personal y se obtiene una propuesta más realista.

Finalmente, el beneficio neto de producir en base a la nueva configuración y a la asignación de personal propuesta es de \$222.428.074 en un período de 3 meses.

12. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] CASTRO, M. T. 2006. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos36/productividad/productividad2.shtml>>. [Consulta: 22 de junio 2011].
- [2] ESCANCIANO, V. y DI GIOVANNI, V. Caso de Éxito Lean: Como mejora la productividad de un centro de distribución. [en línea]. <http://www.galgano.es/lmbinaries/pdf7830_pdf.pdf>. [Consulta: 20 de junio 2011].
- [3] FERNÁNDEZ, J. C. 2008. [en línea]. <<http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/distribucion-fisica-de-las-instalaciones-presentation>>. [Consulta: 26 de junio 2011].
- [4] GARCÍA, E. 2006. Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel. Ciudad de México, Pearson Prentice Hall. 280p.
- [5] INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Administración de Operaciones 2006. [en línea]. <<http://www.sepi.upiicsa.ipn.mx/mdid/Distribucion.pdf>>. [Consulta: 26 de junio 2011].
- [6] LEFIN, D. Chile es el país donde más cayeron los precios del vestuario en 2010. [en línea] La Tercera en Internet. 5 de febrero, 2011. <<http://diario.latercera.com/2011/02/05/01/contenido/negocios/10-58377-9-chile-es-el-pais-donde-mas-cayeron-los-precios-del-vestuario-en-2010.shtml/>>. [Consulta: 26 de Junio 2011].
- [7] SCHROEDER, R. 1992. Administración de Operaciones. McGraw-Hill 3°Ed. 845p.
- [8] TEJIDOS CAFFARENA S.A. [en línea]. <<http://www.caffarena.cl>>. [Consulta: 23 de junio 2011].

13. ANEXOS.

Anexo A: Información de artículos.

Tabla N°52: Detalle de artículos de Costura Manual.

Artículo	Producto	Temporada
1037	Media Pantalon	Clásico
1537X	Soquete	Clásico
1058	Media Liga	Clásico
10728	Media Liga	Clásico
11296	Panty	Clásico
11297	Panty	Clásico
1308	Panty	Clásico
1309	Panty	Clásico
1321	Panty	Clásico
14128X	Beatle	Clásico
12262	Body	Clásico
1473X	Panty	Clásico
0421	Chemisette	Clásico
0422	Chemisette	Clásico
0453	Chemisette	Clásico
0454	Chemisette	Clásico
0464	Chemisette	Clásico
0465	Chemisette	Clásico
0466	Chemisette	Clásico
0467	Chemisette	Clásico
1212	Chemisette	Clásico
12167X	Modelante	Clásico
1383X	Beatle	Clásico
12259	Camiseta	Clásico
12260	Camiseta	Clásico
12261	Camiseta	Clásico
12298	Camiseta	Clásico
14072X	Modelante	Clásico
1465	Modelante	Clásico
16164X	Camiseta	Clásico
1437X	Chemisette	Clásico
1230	Top Beatle	Clásico
1497X	Top Beatle	Clásico
1624	Top Seamless	Clásico
1086	Puntillas	Clásico
1472X	Faja	Clásico
1418	Body	Clásico
1435X	Corset	Clásico
40162X	Boxer	Clásico
0471X	Legging	Clásico
1310	Faja	Clásico
0432	Panty	Clásico
11298	Panty	Clásico
1161	Panty	Clásico
1322	Panty	Clásico
0446	Top Seamless	Colección
10733	Media Pantalon	Colección
10754	Media Liga	Colección
10755	Media Liga	Colección
11274	Panty	Colección

11280	Panty	Colección
11299	Panty	Colección
12284	Polerette	Colección
12285	Polerette	Colección
12286	Polerette	Colección
12287	Polerette	Colección
12288	Polerette	Colección
12289	Polerette	Colección
12290	Polerette	Colección
12296	Polerette	Colección
12297	Polerette	Colección
16274	Top Encaje	Colección
16275	Top Encaje	Colección
10745S	Media Pantalon	Colección
11309S	Panty	Colección
12023X	Chemisette	Colección
12291S	Polerette	Colección
12293S	Polerette	Colección
12294S	Polerette	Colección
12295S	Polerette	Colección
12295X	Polerette	Colección
16000X	Top Seamless	Colección
16144X	Top Control	Colección
16146X	Top Modelante	Colección
16275X	Top Encaje	Colección
16291X	Top Seamless	Colección
16292X	Top Seamless	Colección
16321X	Polerette	Colección
16322X	Polerette	Colección
16323X	Top Seamless	Colección
16324X	Polerette	Colección
16325X	Top Seamless	Colección
10766	Media Liga	Colección
10767	Media Liga	Colección

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Tabla N°53: Ruta Cronológica de artículos de Costura Manual.

Artículo	Pasos							Grupo
	1	2	3	4	5	6	7	
0446	Nicrón	Mesón	Colleretera	Recta	Overlock	Fase Final		6
10733	Cetme							12
10754	Cetme	Rimoldi						14
10755	Cetme	Rimoldi						14
11274	Cetme	Overlock						15
11280	Cetme	Overlock						15
11299	Cetme							12
12284	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12285	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
12286	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12287	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
12288	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	3
12289	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	3
12290	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12296	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
12297	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
16274	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
16275	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
10745S	Cetme							12
11309S	Cetme							12
12023X	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
12291S	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12293S	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
12294S	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12295S	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
12295X	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
16000X	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
16144X	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final		8
16146X	Mesón	Overlock	Fase Final					5
16275X	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
16291X	Mesón	Overlock	Fase Final					5
16292X	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final		8
16321X	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final			7

16322X	Mesón	Recta	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		9
16323X	Mesón	Overlock	Fase Final					5
16324X	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
16325X	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final			7
10766	Cetme	Rimoldi						14
10767	Cetme	Rimoldi						14
0421	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
0422	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
0432	Rimoldi							16
0453	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
0454	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
0464	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
0465	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	3
0466	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	3
0467	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	3
0471X	Rimoldi							16
1037	Cetme							12
1058	Cetme	Rimoldi						14
10728	Cetme	Rimoldi						14
1086	Overlock	TallerExterno						21
11296	Cetme	Rimoldi						14
11297	Cetme	Rimoldi						14
11298	Cetme	Rimoldi						14
1161	Rimoldi							16
1212	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12167X	Nicrón	Overlock	Mesón	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		20
12259	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Fase Final			4
12260	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12261	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final		2
12262	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Fase Final			4
12298	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Fase Final			4
1230	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
1308	Cetme	Rimoldi						14
1309	Cetme	Rimoldi						14
1310	Rimoldi							16
1321	Cetme	Rimoldi						14
1322	Rimoldi							16

1383X	Mesón	Overlock	Fase Final					5
14072X	Mesón	Overlock	Colleretera	Atracadora	Fase Final			10
14128X	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
1418	Rimoldi	Mesón	Colleretera					17
1435X	Rimoldi	Mesón	Colleretera					17
1437X	Mesón	Nicrón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Recta	Fase Final	3
1465	Mesón	Overlock	Colleretera	Overlock Remate	Fase Final			7
1472X	Rimoldi							16
1473X	Mesón	Rimoldi						18
1497X	Mesón	Nicrón	Overlock	Fase Final				1
1537X	Cetme							12
16164X	Mesón	Colleretera	Atracadora	Fase Final				11
1624	Nicrón	Overlock	Fase Final					13
40162X	Mesón	Rimoldi	Atracadora	Fase Final				19

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Anexo B: Subprocesos de artículos.

Tabla N°54: Subprocesos por artículo de Proceso Nicrón.

Artículo	NICRÓN	
	Nicrón	Grupo
1037		N0
1537X		N0
1058		N0
10728		N0
11296		N0
11297		N0
1308		N0
1309		N0
1321		N0
14128X	x	N1
12262	x	N1
1473X		N0
0421	x	N1
0422	x	N1
0453	x	N1
0454	x	N1
0464	x	N1
0465	x	N1
0466	x	N1
0467	x	N1
1212	x	N1
12167X	x	N1
1383X		N0
12259	x	N1
12260	x	N1
12261	x	N1
12298	x	N1
14072X		N0
1465	x	N1
16164X		N0
1437X	x	N1
1230	x	N1
1497X	x	N1
1624	x	N1
1086		N0
1472X		N0
1418		N0
1435X		N0
40162X		N0
0471X		N0
1310		N0
0432		N0
11298		N0
1161		N0
1322		N0
0446	x	N1
10733		N0
10754		N0
10755		N0
11274		N0
11280		N0

11299		N0
12284	x	N1
12285	x	N1
12286	x	N1
12287	x	N1
12288	x	N1
12289	x	N1
12290	x	N1
12296	x	N1
12297	x	N1
16274	x	N1
16275	x	N1
10745S		N0
11309S		N0
12023X	x	N1
12291S	x	N1
12293S	x	N1
12294S	x	N1
12295S	x	N1
12295X	x	N1
16000X	x	N1
16144X		N0
16146X		N0
16275X	x	N1
16291X		N0
16292X		N0
16321X		N0
16322X		N0
16323X		N0
16324X	x	N1
16325X		N0
10766		N0
10767		N0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°55: Subprocesos por artículo de Proceso Overlock.

Artículo	OVERLOCK								Grupo
	Cerrado Costado	Cerrado Cuello	Cerrado Mangas	Remallado Cuello	Pegado Mangas	Unión Hombros	Pegado Blonda	Confección Calzón	
1037									00
1537X									00
1058									00
10728									00
11296									00
11297									00
1308									00
1309									00
1321									00
14128X	x	x			x				O13
12262	x								O1
1473X									O0
0421	x				x	x			O3
0422	x					x			O4
0453	x				x	x			O3
0454	x				x	x			O3
0464	x					x			O4
0465	x				x	x			O3
0466	x				x	x			O3
0467	x				x	x			O3
1212	x				x	x			O3
12167X						x			O6
1383X	x	x			x	x			O15
12259	x								O1
12260	x					x			O4
12261	x				x	x			O3
12298	x								O1
14072X							x		O7
1465						x			O6
16164X									O0
1437X	x				x	x			O3
1230	x	x		x	x				O14
1497X	x	x		x	x				O14
1624	x								O1
1086	x								O1
1472X									O0
1418									O0
1435X									O0
40162X									O0
0471X									O0
1310									O0
0432									O0
11298									O0
1161									O0
1322									O0
0446		x		x	x	x			O12
10733									O0
10754									O0
10755									O0
11274								x	O8
11280								x	O8
11299									O0
12284	x				x	x			O3

12285	x	x			x				O13
12286	x				x	x			O3
12287	x	x			x				O13
12288	x				x	x			O3
12289	x				x	x			O3
12290	x				x	x			O3
12296	x	x			x				O13
12297	x				x				O2
16274	x				x	x	x		O5
16275	x				x	x	x		O5
10745S									O0
11309S									O0
12023X	x				x	x	x		O5
12291S	x				x	x			O3
12293S	x	x			x				O13
12294S	x				x	x			O3
12295S	x	x			x				O13
12295X	x				x	x			O3
16000X	x				x	x			O3
16144X			x		x	x			O9
16146X			x		x	x			O9
16275X	x				x	x	x		O5
16291X			x		x	x			O9
16292X			x		x	x			O9
16321X			x		x				O10
16322X			x		x				O10
16323X	x				x				O2
16324X	x				x	x			O3
16325X					x	x			O11
10766									O0
10767									O0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°56: Subprocesos por artículo de Proceso Colleretera.

Artículo	COLLERETERA							Grupo
	Elastico				Collerete			
	Escote	Sisa	Pavilo	Pierna	Escote	Sisa	Pavilo	
1037								CC0
1537X								CC0
1058								CC0
10728								CC0
11296								CC0
11297								CC0
1308								CC0
1309								CC0
1321								CC0
14128X								CC0
12262	x		x					CE2
1473X								CC0
0421	x							CE1
0422	x		x					CE2
0453	x							CE1
0454	x							CE1
0464					x	x		CC2
0465					x			CC1
0466					x			CC1
0467					x			CC1
1212	x							CE1
12167X					x	x		CC2
1383X								CC0
12259					x	x	x	CC3
12260					x	x		CC2
12261					x			CC1
12298	x	x	x					CE4
14072X	x	x	x					CE4
1465					x	x		CC2
16164X	x	x	x					CE4
1437X					x			CC1
1230								CC0
1497X								CC0
1624								CC0
1086								CC0
1472X								CC0
1418	x			x				CE3
1435X	x			x				CE3
40162X								CC0
0471X								CC0
1310								CC0
0432								CC0
11298								CC0
1161								CC0
1322								CC0

0446					x			CC1
10733								CC0
10754								CC0
10755								CC0
11274								CC0
11280								CC0
11299								CC0
12284					x			CC1
12285								CC0
12286					x			CC1
12287								CC0
12288					x			CC1
12289					x			CC1
12290					x			CC1
12296								CC0
12297					x			CC1
16274								CC0
16275	x							CE1
10745S								CC0
11309S								CC0
12023X								CC0
12291S					x			CC1
12293S								CC0
12294S					x			CC1
12295S								CC0
12295X								CC0
16000X	x							CE1
16144X					x			CC1
16146X								CC0
16275X	x							CE1
16291X								CC0
16292X					x			CC1
16321X					x			CC1
16322X					x			CC1
16323X								CC0
16324X								CC0
16325X					x			CC1
10766								CC0
10767								CC0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°57: Subprocesos por artículo de Proceso Recta.

RECTA		
Artículo	Remate Escote	Grupo
1037		RO
1537X		RO
1058		RO
10728		RO
11296		RO
11297		RO
1308		RO
1309		RO
1321		RO
14128X		RO
12262		RO
1473X		RO
0421		RO
0422		RO
0453		RO
0454		RO
0464		RO
0465	x	R1
0466	x	R1
0467	x	R1
1212		RO
12167X		RO
1383X		RO
12259		RO
12260		RO
12261		RO
12298		RO
14072X		RO
1465		RO
16164X		RO
1437X	x	R1
1230		RO
1497X		RO
1624		RO
1086		RO
1472X		RO
1418		RO
1435X		RO
40162X		RO
0471X		RO
1310		RO
0432		RO
11298		RO
1161		RO
1322		RO
0446	x	R1

10733		RO
10754		RO
10755		RO
11274		RO
11280		RO
11299		RO
12284		RO
12285		RO
12286		RO
12287		RO
12288	x	R1
12289	x	R1
12290		RO
12296		RO
12297		RO
16274		RO
16275		RO
10745S		RO
11309S		RO
12023X		RO
12291S		RO
12293S		RO
12294S		RO
12295S		RO
12295X		RO
16000X		RO
16144X	x	R1
16146X		RO
16275X		RO
16291X		RO
16292X	x	R1
16321X		RO
16322X	x	R1
16323X		RO
16324X		RO
16325X		RO
10766		RO
10767		RO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°58: Subprocesos por artículo de Proceso Atracadora.

Artículo	ATRACADORA					Grupo	
	Hombro	Bretel	Tira Argolla	Pavilo	Pegado Corset		Boxer
1037							A0
1537X							A0
1058							A0
10728							A0
11296							A0
11297							A0
1308							A0
1309							A0
1321							A0
14128X							A0
12262							A0
1473X							A0
0421							A0
0422							A0
0453							A0
0454							A0
0464							A0
0465							A0
0466							A0
0467							A0
1212							A0
12167X							A0
1383X							A0
12259							A0
12260							A0
12261							A0
12298							A0
14072X	x	x	x				A1
1465							A0
16164X				x			A2
1437X							A0
1230							A0
1497X							A0
1624							A0
1086							A0
1472X							A0
1418		x			x		A3
1435X		x			x		A3
40162X						x	A4
0471X							A0
1310							A0
0432							A0
11298							A0
1161							A0
1322							A0

0446							A0
10733							A0
10754							A0
10755							A0
11274							A0
11280							A0
11299							A0
12284							A0
12285							A0
12286							A0
12287							A0
12288							A0
12289							A0
12290							A0
12296							A0
12297							A0
16274							A0
16275							A0
10745S							A0
11309S							A0
12023X							A0
12291S							A0
12293S							A0
12294S							A0
12295S							A0
12295X							A0
16000X							A0
16144X							A0
16146X							A0
16275X							A0
16291X							A0
16292X							A0
16321X							A0
16322X							A0
16323X							A0
16324X							A0
16325X							A0
10766							A0
10767							A0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°59: Subprocesos por artículo de Proceso Overlock Remate.

Artículo	OVERLOCK REMATE		Grupo
	Remate Hombros	Remate Sisa	
1037			ORO
1537X			ORO
1058			ORO
10728			ORO
11296			ORO
11297			ORO
1308			ORO
1309			ORO
1321			ORO
14128X			ORO
12262			ORO
1473X			ORO
0421	x		OR1
0422	x	x	OR2
0453	x		OR1
0454	x		OR1
0464	x	x	OR2
0465	x		OR1
0466	x		OR1
0467	x		OR1
1212	x		OR1
12167X	x	x	OR2
1383X			ORO
12259			ORO
12260	x	x	OR2
12261	x		OR1
12298			ORO
14072X			ORO
1465	x	x	OR2
16164X			ORO
1437X	x		OR1
1230			ORO
1497X			ORO
1624			ORO
1086			ORO
1472X			ORO
1418			ORO
1435X			ORO
40162X			ORO
0471X			ORO
1310			ORO
0432			ORO
11298			ORO
1161			ORO
1322			ORO
0446			ORO

10733			ORO
10754			ORO
10755			ORO
11274			ORO
11280			ORO
11299			ORO
12284	x		OR1
12285			ORO
12286	x		OR1
12287			ORO
12288	x		OR1
12289	x		OR1
12290	x		OR1
12296			ORO
12297	x		OR1
16274			ORO
16275	x		OR1
10745S			ORO
11309S			ORO
12023X			ORO
12291S	x		OR1
12293S			ORO
12294S	x		OR1
12295S			ORO
12295X			ORO
16000X	x		OR1
16144X	x		OR1
16146X			ORO
16275X	x		OR1
16291X			ORO
16292X	x		OR1
16321X	x		OR1
16322X		x	OR3
16323X			ORO
16324X			ORO
16325X	x		OR1
10766			ORO
10767			ORO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°60: Subprocesos por artículo de Proceso Cetme.

CETME		
Artículo	Cetme	Grupo
1037	x	C1
1537X	x	C1
1058	x	C1
10728	x	C1
11296	x	C1
11297	x	C1
1308	x	C1
1309	x	C1
1321	x	C1
14128X		C0
12262		C0
1473X		C0
0421		C0
0422		C0
0453		C0
0454		C0
0464		C0
0465		C0
0466		C0
0467		C0
1212		C0
12167X		C0
1383X		C0
12259		C0
12260		C0
12261		C0
12298		C0
14072X		C0
1465		C0
16164X		C0
1437X		C0
1230		C0
1497X		C0
1624		C0
1086		C0
1472X		C0
1418		C0
1435X		C0
40162X		C0
0471X		C0
1310		C0
0432		C0
11298	x	C1
1161		C0
1322		C0
0446		C0

10733	x	C1
10754	x	C1
10755	x	C1
11274	x	C1
11280	x	C1
11299	x	C1
12284	x	C1
12285	x	C1
12286		C0
12287		C0
12288		C0
12289		C0
12290		C0
12296		C0
12297		C0
16274		C0
16275		C0
10745S	x	C1
11309S	x	C1
12023X		C0
12291S		C0
12293S		C0
12294S		C0
12295S		C0
12295X		C0
16000X		C0
16144X		C0
16146X		C0
16275X		C0
16291X		C0
16292X		C0
16321X		C0
16322X		C0
16323X		C0
16324X		C0
16325X		C0
10766	x	C1
10767	x	C1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°61: Subprocesos por artículo de Proceso Rimoldi.

Artículo	RIMOLDI			Grupo
	Confección Calzón	Pegado Parche	Pegado Blonda	
1037				RI0
1537X				RI0
1058			x	RI3
10728			x	RI3
11296	x			RI1
11297	x			RI1
1308	x			RI1
1309	x			RI1
1321	x			RI1
14128X				RI0
12262				RI0
1473X	x			RI1
0421				RI0
0422				RI0
0453				RI0
0454				RI0
0464				RI0
0465				RI0
0466				RI0
0467				RI0
1212				RI0
12167X				RI0
1383X				RI0
12259				RI0
12260				RI0
12261				RI0
12298				RI0
14072X				RI0
1465				RI0
16164X				RI0
1437X				RI0
1230				RI0
1497X				RI0
1624				RI0
1086				RI0
1472X	x			RI1
1418		x		RI2
1435X		x		RI2
40162X		x		RI2
0471X	x			RI1
1310	x			RI1
0432		x		RI2
11298	x			RI1
1161	x			RI1
1322	x			RI1

0446				RIO
10733				RIO
10754			x	RI3
10755			x	RI3
11274				RIO
11280				RIO
11299				RIO
12284				RIO
12285				RIO
12286				RIO
12287				RIO
12288				RIO
12289				RIO
12290				RIO
12296				RIO
12297				RIO
16274				RIO
16275				RIO
10745S				RIO
11309S				RIO
12023X				RIO
12291S				RIO
12293S				RIO
12294S				RIO
12295S				RIO
12295X				RIO
16000X				RIO
16144X				RIO
16146X				RIO
16275X				RIO
16291X				RIO
16292X				RIO
16321X				RIO
16322X				RIO
16323X				RIO
16324X				RIO
16325X				RIO
10766			x	RI3
10767			x	RI3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°62: Subprocesos por artículo de Proceso Fase Final.

Artículo	FASE FINAL		Grupo
	Revisado	Ensacado	
1037			F0
1537X			F0
1058			F0
10728			F0
11296			F0
11297			F0
1308			F0
1309			F0
1321			F0
14128X	x	x	F1
12262	x	x	F1
1473X			F0
0421	x	x	F1
0422	x	x	F1
0453	x	x	F1
0454	x	x	F1
0464	x	x	F1
0465	x	x	F1
0466	x	x	F1
0467	x	x	F1
1212	x	x	F1
12167X	x	x	F1
1383X	x	x	F1
12259	x	x	F1
12260	x	x	F1
12261	x	x	F1
12298	x	x	F1
14072X	x	x	F1
1465	x	x	F1
16164X	x	x	F1
1437X	x	x	F1
1230	x	x	F1
1497X	x	x	F1
1624	x	x	F1
1086			F0
1472X			F0
1418	x	x	F1
1435X	x	x	F1
40162X	x	x	F1
0471X			F0
1310			F0
0432			F0
11298			F0
1161			F0
1322			F0
0446	x	x	F1

10733			F0
10754			F0
10755			F0
11274			F0
11280			F0
11299			F0
12284	x	x	F1
12285	x	x	F1
12286	x	x	F1
12287	x	x	F1
12288	x	x	F1
12289	x	x	F1
12290	x	x	F1
12296	x	x	F1
12297	x	x	F1
16274	x	x	F1
16275	x	x	F1
10745S			F0
11309S			F0
12023X	x	x	F1
12291S	x	x	F1
12293S	x	x	F1
12294S	x	x	F1
12295S	x	x	F1
12295X	x	x	F1
16000X	x	x	F1
16144X	x	x	F1
16146X	x	x	F1
16275X	x	x	F1
16291X	x	x	F1
16292X	x	x	F1
16321X	x	x	F1
16322X	x	x	F1
16323X	x	x	F1
16324X	x	x	F1
16325X	x	x	F1
10766			F0
10767			F0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C: Tiempo de Operación de Sub-rutas por Proceso.

Tabla N°63: Sub-rutas generadas del Proceso Nicrón.

Nicrón			
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta	Tiempo
N0	42	No pasa por Nicrón	0
N1	42	Nicrón	6,26086957

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°64: Sub-rutas generadas del Proceso Overlock.

Overlock						
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta				Tiempo
O0	29	No pasa por Overlock				0
O1	5	Cerrado Costado				41,61391304
O2	2	Cerrado Costado	Pegado Mangas			97,88869565
O3	19	Cerrado Costado	Pegado Mangas	Unión Hombros		114,6678261
O4	3	Cerrado Costado	Unión Hombros			58,39304348
O5	4	Cerrado Costado	Pegado Mangas	Unión Hombros	Pegado Blonda	146,2852174
O6	2	Unión Hombros				16,77913043
O7	1	Pegado Blonda				31,6173913
O8	2	Confección Calzón				26,44173913
O9	4	Cerrado Mangas	Pegado Mangas	Unión Hombros		110,4626087
O10	2	Cerrado Mangas	Pegado Mangas			93,68347826
O11	1	Pegado Blonda	Unión Hombros			48,39652174
O12	1	Cerrado Cuello	Remallado Cuello	Pegado Mangas	Unión Hombros	149,6556522
O13	6	Cerrado Costado	Cerrado Cuello	Pegado Mangas		137,6556522
O14	2	Cerrado Costado	Cerrado Cuello	Remallado Cuello	Pegado Mangas	174,4904348
O15	1	Cerrado Costado	Cerrado Cuello	Pegado Mangas	Unión Hombros	154,4347826

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°65: Sub-rutas generadas del Proceso Colleretera.

Colleretera						
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Tirante	Ruta			Tiempo
CC0	46	No pasa por Colleretera				0
CC1	19	Collerete	Escote			14,8591304
CC2	4	Collerete	Escote	Sisa		29,7078261
CC3	1	Collerete	Escote	Sisa	Pavilo	42,9913043
CE1	7	Elástico	Escote			29,1026087
CE2	2	Elástico	Escote	Pavilo		45,1721739
CE3	2	Elástico	Escote	Pierna		49,9721739
CE4	3	Elástico	Escote	Sisa	Pavilo	64,1947826

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°66: Sub-rutas generadas del Proceso Recta.

Recta			
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta	Tiempo
R0	74	No pasa por Recta	0
R1	10	Remate Escote	19,5756522

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°67: Sub-rutas generadas del Proceso Atracadora.

Atracadora					
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta			Tiempo
A0	79	No pasa por Atracadora			0
A1	1	Hombro	Bretel	Tira Argolla	94,2573913
A2	1	Pavilo			41,7391304
A3	2	Bretel	Pegado Corset		82,5808696
A4	1	Boxer			41,7391304

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°68: Sub-rutas generadas del Proceso Overlock Remate.

Overlock Remate				
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta		Tiempo
OR0	54	No pasa por Remate		0
OR1	24	Remate Hombros		6,33391304
OR2	5	Remate Hombros	Remate Sisa	13,533913
OR3	1	Remate Sisa		7,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°69: Sub-rutas generadas del Proceso Cetme.

Cetme			
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta	Tiempo
C0	62	No pasa por Cetme	0
C1	22	Cetme	5,18608696

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°70: Sub-rutas generadas del Proceso Rimoldi.

Rimoldi			
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta	Tiempo
RI0	62	No pasa por Rimoldi	0
RI1	12	Confección Calzón	47,4678261
RI2	4	Pegado Parche	21,5373913
RI3	6	Pegado Blonda	32,9530435

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°71: Sub-rutas generadas del Proceso Fase Final.

Fase Final				
Sub-ruta	Cantidad de Artículos	Ruta		Tiempo
F0	28	No pasa por esta fase		0
F1	56	Revisado	Ensacado	42,2608696

Fuente: Elaboración propia.

Anexo D: Demanda Estimada desde Abril de 2012 hasta Marzo 2013.

Tabla N°72: Demanda Estimada Abril 2012-Marzo 2013.

Artículo	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	TOTAL
1037	5000	4100	400	4500	5000	4500	5000	5000	5000	5000	4000	4500	52000
1537X	500	3150	350	300	300	300	300	350	450	0	0	0	6000
1058	11500	11500	11500	11500	11500	11350	11000	11000	11000	11000	10000	11450	134300
10728	600	0	0	5400	600	0	5400	5000	5000	0	0	5400	27400
11296	4500	4500	4500	0	4500	4500	4500	4000	6000	4500	3500	5000	50000
11297	400	3600	400	2000	3600	300	2000	400	3600	3600	400	3600	23900
1308	8200	8000	8000	6200	6000	9800	10000	10000	10000	10000	5000	10000	101200
1309	9000	9900	10000	10000	10000	9500	10400	10500	10550	8700	7000	8950	114500
1321	12500	12500	12500	7550	7000	10000	10000	12250	12500	12500	7000	12500	128800
14128X	0	6120	6080	6000	6800	0	0	0	0	0	0	0	25000
12262	4500	500	2000	2000	2700	500	4500	500	2000	5400	2000	600	27200
1473X	0	0	0	0	0	5000	8000	9000	10000	10000	8000	6000	56000
0421	4000	4000	4500	5000	4500	5000	3000	3000	3000	3000	3000	3500	45500
0422	3600	3600	4000	4000	4000	4000	4000	4000	3600	3600	3600	3600	45600
0453	1000	1200	1800	1800	1200	1000	0	0	0	0	0	0	8000
0454	2000	2500	2500	2500	2000	2000	0	0	0	0	0	0	13500
0464	0	0	0	0	0	0	3000	3000	2500	2000	2000	1000	13500
0465	3600	3600	4000	4000	4000	3600	0	0	0	0	0	0	22800
0466	0	0	0	0	0	0	5000	5000	4000	3500	3000	2000	22500
0467	0	0	0	0	0	0	8000	7000	7000	5000	3500	3000	33500
1212	26000	26000	26000	26000	26000	10100	10000	10000	10000	15000	20000	26200	231300
12167X	3600	400	0	0	0	500	0	3600	400	3600	2000	400	14500
1383X	10800	1200	9900	11000	11000	3600	400	0	0	0	0	0	47900
12259	4000	4000	4000	4000	4000	3500	3500	3500	3950	4000	4000	4000	46450
12260	5000	5000	5000	5000	5000	550	4500	5000	5000	3600	3000	4900	51550
12261	10000	5500	500	0	4500	0	0	0	5400	6000	5000	9600	46500
12298	600	2700	300	0	0	0	0	5850	6050	600	2000	5400	23500
14072X	3000	3000	2500	1500	1000	0	0	1500	1500	2000	1000	2500	19500
1465	2500	2000	2000	1500	1000	0	0	1000	1000	1500	1000	2500	16000
16164X	4550	4000	4500	4500	4050	4000	400	3600	4000	4000	0	4450	42050
1437X	1000	1000	1000	500	500	500	500	500	500	500	500	700	7700
1230	14500	15000	10500	10000	10000	10000	10000	8500	6000	4500	6500	9500	115000
1497X	3600	4000	4000	3100	3000	3000	3000	2500	2500	2500	2000	3000	36200
1624	2000	2700	300	0	2700	4000	400	2700	300	2700	1000	2000	20800
1086	10800	10000	10000	10000	10000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	18000	176800
1472X	5000	0	4500	500	2700	400	0	3600	4900	5000	0	5000	31600
1418	300	2700	300	3150	350	400	2700	300	2700	300	0	2700	15900
1435X	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
40162X	2000	2000	2000	2000	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	2000	19500
0471X	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	18000
1310	5000	5000	5000	5000	5000	6000	6000	6000	5100	5000	5000	5000	63100
0432	0	0	4500	5000	3500	3000	3000	3000	3000	4500	3000	2500	35000
11298	700	6300	700	5400	6300	5400	600	5900	5400	6300	700	6300	50000
1161	6000	6000	6000	6000	6000	7000	6550	6500	6500	6500	5000	6050	74100
1322	3500	350	3150	3050	3000	3000	3000	3000	3000	300	3000	3150	31500

0446	3600	4000	3550	3450	0	0	0	0	0	0	0	0	14600
10733	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8000	0	0	8000
10754	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	0	0	9000
10755	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9000	0	0	9000
11274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0	0	10000
11280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0	0	10000
11299	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	0	0	10000
12284	0	0	0	0	0	10000	10000	0	0	0	0	0	20000
12285	0	0	0	0	0	10000	10000	0	0	0	0	0	20000
12286	0	0	0	0	0	8000	12000	0	0	0	0	0	20000
12287	0	0	0	0	0	8000	8000	0	0	0	0	0	16000
12288	0	0	0	0	0	10000	10000	0	0	0	0	0	20000
12289	0	0	0	0	0	7000	9000	0	0	0	0	0	16000
12290	0	0	0	0	0	8000	8000	0	0	0	0	0	16000
12296	0	0	0	0	0	0	0	12000	10000	0	0	0	22000
12297	0	0	0	0	0	0	0	20000	15000	0	0	0	35000
16274	0	0	0	0	0	0	0	10000	8000	0	0	0	18000
16275	0	0	0	0	0	0	0	10000	8000	0	0	0	18000
10745S	0	0	0	0	0	0	0	18000	12000	0	0	0	30000
11309S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10000	10000	0	20000
12023X	0	4500	3200	3100	7200	0	0	0	0	0	0	0	18000
12291S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000	8000	6000	19000
12293S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	9000	7000	22000
12294S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	6000	6000	15000
12295S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4000	5000	5000	14000
12295X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	7000	7000	20000
16000X	4000	3960	3040	4000	3000	0	0	0	0	0	0	0	18000
16144X	4000	3600	3040	4000	3000	0	0	0	0	0	0	0	17640
16146X	4000	3600	3040	4000	3000	0	0	0	0	0	0	0	17640
16275X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15000	15000	0	30000
16291X	4000	3780	4220	4000	4000	0	0	0	0	0	0	0	20000
16292X	1000	1080	1200	1000	2000	0	0	0	0	0	0	0	6280
16321X	2000	2340	2000	1960	2700	0	0	0	0	0	0	0	11000
16322X	4500	4500	4500	4500	4950	0	0	0	0	0	0	4050	27000
16323X	4220	3780	4220	3780	5220	0	0	0	0	0	0	3780	25000
16324X	0	5560	2840	3000	3600	0	0	0	0	0	0	0	15000
16325X	0	5400	2760	3040	3800	0	0	0	0	0	0	0	15000
10766	0	0	0	0	0	5000	15000	0	0	0	0	0	20000
10767	0	0	0	0	0	5000	15000	0	0	0	0	0	20000

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Anexo E: Información de Gráficos.

Tabla N°73: Ventas desde Enero 2008 hasta Mayo 2011, información Gráfico N°1.

Fecha	Ventas \$
ene-08	\$ 1.291.504.517
feb-08	\$ 1.234.470.703
mar-08	\$ 1.364.506.768
abr-08	\$ 1.987.309.868
may-08	\$ 1.985.174.000
jun-08	\$ 1.538.985.042
jul-08	\$ 1.431.267.280
ago-08	\$ 1.411.051.770
sep-08	\$ 1.470.676.070
oct-08	\$ 1.530.552.272
nov-08	\$ 1.170.129.372
dic-08	\$ 1.032.682.880
ene-09	\$ 1.084.908.108
feb-09	\$ 1.207.858.302
mar-09	\$ 1.485.386.162
abr-09	\$ 1.188.655.652
may-09	\$ 1.465.422.184
jun-09	\$ 1.545.175.707
jul-09	\$ 1.423.373.290
ago-09	\$ 1.221.062.336
sep-09	\$ 1.273.018.042
oct-09	\$ 1.349.390.721
nov-09	\$ 1.187.269.618
dic-09	\$ 1.117.564.835
ene-10	\$ 1.294.198.921
feb-10	\$ 1.078.399.918
mar-10	\$ 1.334.146.234
abr-10	\$ 1.478.080.692
may-10	\$ 1.817.095.638
jun-10	\$ 1.584.590.252
jul-10	\$ 1.518.854.068
ago-10	\$ 1.420.219.951
sep-10	\$ 1.614.096.738
oct-10	\$ 1.602.393.789
nov-10	\$ 1.543.348.592

dic-10	\$ 1.496.291.984
ene-11	\$ 1.268.291.249
feb-11	\$ 1.064.930.501
mar-11	\$ 1.527.655.462
abr-11	\$ 1.718.228.859
may-11	\$ 1.573.869.512

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Tabla N°74: Stock en Proceso de Costura Manual, información Gráfico N°4.

	oct-10	nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11
Stock en Proceso (unidades)	260.538	263.450	283.465	201.463	210.845	303.112	375.263	330.699

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.

Tabla N°75: Pérdida por Quiebres de Stock, información Gráfico N°5.

Mes	Clásicos	Colección	TOTAL
ene-10	\$ 16.780.656	\$ 33.005.432	\$ 49.786.088
feb-10	\$ 37.431.826	\$ 44.092.345	\$ 81.524.171
mar-10	\$ 35.398.086	\$ 40.660.800	\$ 76.058.886
abr-10	\$ 33.351.088	\$ 51.111.648	\$ 84.462.736
may-10	\$ 47.241.838	\$ 122.640.462	\$ 169.882.300
jun-10	\$ 57.990.059	\$ 99.017.930	\$ 157.007.989
jul-10	\$ 69.767.670	\$ 33.759.424	\$ 103.527.094
ago-10	\$ 40.770.147	\$ 35.138.398	\$ 75.908.545
sep-10	\$ 24.256.954	\$ 40.882.040	\$ 65.138.994
oct-10	\$ 23.308.187	\$ 42.100.800	\$ 65.408.987
nov-10	\$ 13.305.847	\$ 37.354.740	\$ 50.660.587
dic-10	\$ 17.648.687	\$ 39.354.840	\$ 57.003.527

Fuente: Elaboración propia, información facilitada por Tejidos Caffarena S.A.