

**“MODELO DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA COLCHONES  
ELDORADO”**

**DANIEL IPPOLITO  
FRANCISCO MALPICA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
Bogotá D.C.  
Octubre de 2009**

**“MODELO DE PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA COLCHONES  
ELDORADO”**

**DANIEL IPPOLITO  
FRANCISCO MALPICA**

**Trabajo de grado para optar por el  
título de Ingeniero Industrial**

**Director  
John Peña  
Ingeniero Industrial**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**NOTA DE ACEPTACION**

---

**DIRECTOR**

---

**CO DIRECTOR**

---

**FIRMA DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO**

**BOGOTA 19 DE OCTUBRE DE 2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en la realización de este Trabajo de Grado y aportaron su trabajo, experiencia y apoyo. Especialmente queremos agradecer a:

- Las Directivas de Colchones EIDorado, por permitirnos hacer nuestro Trabajo de Grado en su Empresa y brindarnos todas las condiciones y toda la información necesaria para el mismo.
- Al Ing. Harold Escobar, Jefe de Producción de Cochones EIDorado, por la ayuda y el apoyo que nos brindo a lo largo de toda la elaboración del Trabajo.
- A todos los empleados de Colchones EIDorado que de una u otra forma nos dedicaron su tiempo para aclarar dudas y explicarnos el proceso.
- Al Ing. John Peña, Director de Trabajo de Grado, por la ayuda que nos brindo y el apoyo para lograr el completo desarrollo del Trabajo de Grado.
- Al Ing. Álvaro Gil, Director de Proyecto de Grado, por ayudarnos a estructurar el proyecto.
- Al Ing. Luis Manuel Pulido, por su apoyo en el Trabajo y la ayuda para resolver los problemas y dudas que se nos presentaron.

## **REGLAMENTO**

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus Trabajos de Grado, solo velará porque no se publique nada contrario al dogma y moral católicos y porque el trabajo no contenga ataques y polémicas puramente personales, antes bien, se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

**Reglamento de la Pontificia Universidad Javeriana  
Artículo 23 de la resolución No. 13 de 1964.**

## CONTENIDO

INTRODUCCION.....	13
1. OBJETIVOS .....	14
1.1. Objetivo General .....	14
1.2. Objetivos Específicos.....	14
2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	15
2.1. Análisis del Mercado .....	15
2.1.1. Historia de la industria colchonera .....	15
2.1.2. Actualidad del sector.....	17
2.2. Análisis de Ventas .....	19
2.3. Análisis Financiero.....	22
2.4. Descripción del proceso .....	25
2.5. Distribución .....	31
3. MARCO TEÓRICO .....	32
3.1. Estudio de tiempos .....	32
3.1.1. Estándar de tiempos .....	32
3.1.1.1. Rating Factor .....	32
3.1.1.2. Suplementos de fatiga .....	33
3.1.2. Tiempos con cronómetro .....	33
3.2. Sistemas de producción .....	35
3.2.1. Empujar .....	35
3.2.4. Jalar .....	37
3.2.6. Cuello de botella.....	39
3.2.7. Modelo CONWIP .....	42
3.3. Planeación agregada de las operaciones.....	42
3.3.1. Costos relevantes para el plan de producción agregada .....	43
3.3.2. Control de inventarios .....	44
3.4. Propósitos del inventario .....	44
4. ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO ACTUAL .....	48

4.1.	Análisis técnico de los recursos actuales .....	48
4.1.1.	Instalaciones .....	48
4.1.2.	Maquinaria y equipos.....	48
4.1.3.	Recursos humanos .....	50
4.1.3.1.	Descripción de actividades en los puestos de trabajo.....	51
4.1.4.	Tipos de Colchones .....	52
4.1.5	Materias Primas.....	54
4.2.	Análisis de la capacidad .....	54
4.2.1.	Estudio de tiempos cronometro .....	54
5.	ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO PROPUESTO .....	65
5.1.	Determinación de oportunidades de mejora y capacidad de producción..	65
5.1.1.	Ruta critica.....	65
5.1.2.	Balanceo de línea.....	66
5.1.3.	Distribución de planta .....	67
5.1.4.	Maquinaria y Equipo .....	67
5.1.5.	Control de Inventarios.....	68
6.	DISEÑO DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCION .....	69
6.1.	Determinación de los Costos de Producción.....	69
6.1.1.	Costos de materiales .....	69
6.1.2.	Consolidado costos de materiales.....	70
6.1.3.	Costos de mano de obra directa.....	72
6.1.4.	Costos de subcontratación .....	75
6.1.5.	Costos operacionales .....	76
6.2.	Programación de la Producción.....	77
6.2.1.	Sistema de planeación de la producción.....	78
6.2.2.	Evaluación del sistema empujar a la empresa .....	92
6.2.3.	Evaluación del sistema jalar a la empresa.....	94
6.2.4.	Evaluación del sistema cuello de botella aplicado a la empresa.....	94
6.2.5.	Evaluación de un sistema adecuado para la Empresa .....	95
7.	EVALUACION FINANCIERA.....	98
7.1.	Evaluación de los costos del modelo de planeación de la producción.....	98
7.2.	Evaluación comparativa del modelo propuesto y la situación actual .....	99
7.3.	Evaluación del modelo propuesto en los escenarios planteados .....	102

CONCLUSIONES..... 106  
RECOMENDACIONES ..... 107  
GLOSARIO ..... 109  
BIBLIOGRAFÍA..... 111

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Número de operarios	47
<b>Tabla 2.</b> Referencias trabajadas	48
<b>Tabla 3.</b> Condiciones del estudio de tiempos	51
<b>Tabla 4.</b> Rating factor	52
<b>Tabla 5.</b> Estándar de tiempos por operación	53
<b>Tabla 6.</b> Matriz de priorización de problemas críticos	59
<b>Tabla 7.</b> Costos de materiales Doraflex	61
<b>Tabla 8.</b> Ponderación mantenimiento por operación	69
<b>Tabla 9.</b> Costos MOD de cada operación por minuto	70
<b>Tabla 10.</b> Costos MOD total Doraflex	71
<b>Tabla 11.</b> Costos contratación	72
<b>Tabla 12.</b> Costos inventario	74
<b>Tabla 13.</b> Ordenes de pedido primera semana de diciembre de 2008	83
<b>Tabla 14.</b> Operaciones agrupadas	84
<b>Tabla 15.</b> Indicadores regla STP	85
<b>Tabla 16.</b> Indicadores regla EDD	86
<b>Tabla 17.</b> Indicadores regla Razón Crítica	87
<b>Tabla 18.</b> Indicadores Heurístico R&M	88
<b>Tabla 19.</b> Iteración 1 y 2 CDS	89
<b>Tabla 20.</b> Indicadores CDS Iteración 1	89
<b>Tabla 21.</b> Indicadores CDS Iteración 2	90
<b>Tabla 22.</b> Ponderación indicadores	90
<b>Tabla 23.</b> Puntaje indicadores	91
<b>Tabla 24.</b> Comparación Indicadores	91
<b>Tabla 25.</b> Resultados puntaje	91
<b>Tabla 26.</b> Matriz de evaluación de los sistemas de producción	74
<b>Tabla 27.</b> Costos implementación del proyecto	86
<b>Tabla 28.</b> Comparación costos filetear remates	88
<b>Tabla 29.</b> Comparación costos reubicación de operarios	90
<b>Tabla 30.</b> Tiempos de espera	91
<b>Tabla 31.</b> Flujo de fondos del proyecto	93
<b>Tabla 32.</b> Estado de resultados - Escenario pesimista	94
<b>Tabla 33.</b> Estado de resultados – Escenario pesimista sin la propuesta implantada	95

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Gráfica de ventas mensuales de Colchones EIDorado en unidades totales (Nov-03 a Sept-08)	20
<b>Figura 2.</b> Gráfica de ventas mensuales Colchones EIDorado en unidades por referencia (Nov-03 a Sept-08)	21
<b>Figura 3.</b> Gráfica de ventas anuales de Colchones EIDorado en unidades por producto (2005 a 2008p*)	22
<b>Figura 4.</b> Gráfica de ventas consolidadas de las principales empresas de colchones en Colombia en el 2008	23
<b>Figura 5.</b> Gráfica de rotación de inventario total (días) de los principales competidores de la industria colchonera en Colombia (1996-2008)	24
<b>Figura 6.</b> Grafica de rotación de inventario producto terminado (días) de los principales competidores de la industria colchonera en Colombia (1996-2008)	24
<b>Figura 7.</b> Gráfica del comportamiento de los componentes del inventario total de Colchones EIDorado (1995-2008)	25
<b>Figura 8.</b> Esquema de los suplementos de fatiga según su función	33
<b>Figura 9.</b> Las tres fases principales del sistema productivo	36
<b>Figura 10.</b> Sistema Kanban de tarjetas duales	38
<b>Figura 11.</b> Técnica TAC	41
<b>Figura 12.</b> Costo de inventario	54
<b>Figura 13.</b> Jerarquía de la planeación de la producción	76
<b>Figura 14.</b> Platilla de ingreso de la demanda semanal	77
<b>Figura 15.</b> Requerimientos de materias primas	78
<b>Figura 16.</b> Plan maestro (MPS)	78
<b>Figura 17.</b> Ejemplo MRP	80
<b>Figura 18.</b> Programación de tareas	82

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 1.</b> Elaboración de resortes	26
<b>Foto 2.</b> Resortes terminados	26
<b>Foto 3.</b> Lote de resortes	26
<b>Foto 4.</b> Ensamblar panel	27
<b>Foto 5.</b> Cortar alambre	27
<b>Foto 6.</b> Doblar marcos	27
<b>Foto 7.</b> Soldar marcos	27
<b>Foto 8.</b> Enmarcado	28
<b>Foto 9.</b> Grapar fieltro	28
<b>Foto 10.</b> Acolchar	29
<b>Foto 11.</b> Tapizado	30
<b>Foto 11.</b> Cerrar colchón	30
<b>Foto 11.</b> Empacar colchón	30

## **LISTA DE ANEXOS**

- **Anexos Físicos**

**ANEXO A.** Referencias de productos.  
**ANEXO B.** Lista de precios colchones Eldorado.  
**ANEXO C.** Diagrama de operaciones.  
**ANEXO D.** Diagramas de flujo.  
**ANEXO E.** Diagrama de recorrido.  
**ANEXO F.** Estado de resultados.  
**ANEXO G.** Formatos Tiempos  
**ANEXO H.** Maquinas y equipos  
**ANEXO I.** Instructivo

- **Anexos en medio magnético**

**ANEXO A1.** Máquinas y Equipos.  
**ANEXO B1.** Resumen Tiempos.  
**ANEXO C1.** Tiempos y gráficas de control.  
**ANEXO D1.** Diagrama de precedencia.  
**ANEXO E1.** Balanceo de línea.  
**ANEXO F1.** MRP.  
**ANEXO G1.** MP Colchones.  
**ANEXO H1.** Sistema de planeación de la producción.  
**ANEXO I1.** Pronósticos de la demanda  
**ANEXO J1.** Instructivo  
**ANEXO K1.** MPS

**Nota:** los anexos en medio magnético se encuentran en el CD adjunto a este trabajo, se pueden ejecutar en un computador que tenga Microsoft Word y Microsoft Excel 2007.

## INTRODUCCION

Hoy en día la información desde todo punto de vista es el activo más importante y más valioso que tienen las empresas. Con la información confiable, completa y oportuna, la empresa puede emprender estrategias y proyectos de crecimiento y mejora continua. Sin embargo, aunque la información es fundamental, hay que saberla manejar para sacar el máximo provecho y las mayores ventajas. Lograr que la información marque la diferencia empresarial es la tarea más compleja ya que se presentan un gran número de posibilidades para utilizarla.

Este trabajo está enfocado en recopilar la información más importante de la producción de colchones en la empresa Colchones EIDorado para posteriormente integrarla y utilizarla adecuadamente, a través de las herramientas de Ingeniería Industrial, en la mejora del proceso productivo buscando organizarlo y optimizarlo. Esto se desarrollará a través de la elaboración de un sistema de administración de la producción flexible que se adapte a las características reales y especiales de la empresa y que pueda ser modificado y entendido fácilmente por el jefe de producción de Colchones EIDorado. Los sistemas de administración de la producción involucran temas de administración de inventarios y seguridad industrial, sin embargo para el presente trabajo estos temas se abordan en forma de propuestas sugeridas al jefe de producción al final del trabajo ya que en el alcance de este trabajo no se involucraron.

Con esto se busca aportar al desarrollo y crecimiento de Colchones EIDorado, facilitando un sistema de administración práctico y aplicable que le facilite la toma de decisiones y la planeación de la producción considerando aspectos fundamentales como la reducción de costos, la relación con los proveedores, el cumplimiento de pedidos, y la satisfacción del cliente. En particular se busca migrar de una la planeación de la producción empírica a un modelo basado en la información recolectada, y tener impacto en las finanzas a través del mejor uso de los recursos, reducción de costos y el incremento de la productividad.

# **1. OBJETIVOS**

## **1.1. Objetivo General**

Proponer, diseñar y evaluar un sistema de administración de la producción para el proceso de fabricación de Colchones EIDorado.

## **1.2. Objetivos Específicos**

1. Analizar el proceso de fabricación de colchones e identificar los principales problemas de producción.
2. Realizar una priorización de los problemas críticos encontrados en el proceso productivo, de tal forma que se definan los de mayor impacto en el proceso.
3. Analizar y establecer las restricciones de producción de la empresa.
4. Proponer, a través de herramientas de la investigación de operaciones, soluciones a los problemas críticos de mayor impacto en el proceso de fabricación de Colchones EIDorado.
5. Establecer posibles escenarios en los cuales se pueda encontrar la empresa para ver el comportamiento del modelo planteado.
6. Elaborar un análisis financiero que mida el impacto del sistema diseñado en los diferentes escenarios de la empresa.

## 2. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

“Colchones ElDorado es una empresa fundada en 1957, con el fin de fabricar, comercializar y distribuir productos para el buen dormir. Desde sus comienzos, la compañía se destacó por la buena calidad de sus productos y su enfoque hacia la satisfacción del cliente, lo que fue ratificado posteriormente con el certificado NTC - ISO 9001: 2000, certificado N° SC 2645 - 1.

La empresa estuvo en constante crecimiento y expansión hasta 1996, cuando nuevos competidores nacionales y extranjeros entraron en el mercado, lo que provocó una crisis económica interna que tuvo como consecuencia un alto endeudamiento<sup>1</sup> tanto con el sector financiero como con sus proveedores.

Después de una época difícil, con fuertes cambios en la empresa, finalmente en el 2001, logró ser admitida por la Superintendencia de Sociedades a la promoción de un acuerdo de restructuración.

En abril de 2002, la empresa tenía amparo por la ley 550 del 30 de diciembre de 1999; ley emitida por el Congreso de la República de Colombia, por la cual se establece un régimen que promueva y facilite la reactivación empresarial y la reestructuración de los entes territoriales para asegurar la función social de las empresas y lograr el desarrollo armónico de las regiones”.<sup>2</sup>

Actualmente, la empresa se mantiene en acuerdo de restructuración, por lo que está buscando formas de progresar y gestionar mejor todos sus procesos con el fin de convertirse en una empresa más eficiente y poder superar definitivamente las dificultades económicas.

### 2.1. Análisis del Mercado

#### 2.1.1. Historia de la industria colchonera

Durante los años posteriores a la crisis de 1999 en Colombia, el sector de los colchones venía cayendo de forma rápida<sup>3</sup>, en el caso particular de Colchones

---

<sup>1</sup> Endeudamiento con el sector financiero en 1997 fue del 12,07% y llegó en el 2001 a 23,42%. La concentración de pasivos llegó al 80,82% en 1998. Estados financieros superintendencia de industria y comercio.

<sup>2</sup> [www.colchonesElDorado.com](http://www.colchonesElDorado.com)

<sup>3</sup> En 1999 colchones el dorado tuvo pérdidas de \$ 752.563.000 millones de pesos, en el 2000 \$ 305.422.000 y en el 2001 \$ 878.560.000, Spring tuvo pérdidas en 1999 de \$ 31.758.000, Americana de \$ 59.899.000 y Comodisimos de \$ 10.716.000. Estados financieros superintendencia de industria y comercio.

EIDorado, fue aquella época en que se vivió una fuerte caída en las ventas locales lo que ocasionó buscar amparo en la Ley 550. Las dificultades financieras obligaron a la empresa a buscar oportunidades comerciales en mercados extranjeros, sin embargo para el año 2001 el mercado local se reactivó y sus ventas crecieron en un 25% con respecto al año 2000, debido a esto se frenaron las gestiones de internacionalización. Dichas gestiones se venían realizando en busca de nuevos mercados que pudieran reactivar el negocio.

Este crecimiento fue para todo el sector colchonero, los otros dos grandes actores del sector colchonero Americana de Colchones y Colchones Spring crecieron en cifras cercanas al 20% mientras que la economía del país solo crecía un 1,5%. El auge del sector fue debido en gran parte a los cambios en la percepción y el concepto del producto que tenían los consumidores. Quienes antes veían los colchones como un activo fijo eterno e, incluso, heredable. Gracias a estrategias publicitarias y a noticias sobre la importancia de los colchones para la salud, la comodidad y las condiciones higiénicas, comenzaron a entender la importancia de renovar los colchones periódicamente (cada 5 o 7 años) y comprar colchones de buena calidad. Rodrigo Trujillo, gerente general de la firma Colchones Comodísimos explica que: “Si bien un colchón que esté bien hecho puede durar mucho tiempo, por higiene debe ser renovado entre cinco y siete años máximo. Lo que ocurre es que cuando el sudor penetra el colchón se forman hongos, bacterias que no se ven, pero que ahí están. El clima colombiano en general es muy húmedo, lo que hace que proliferen mas estos factores.”<sup>4</sup>

Sobre este aspecto es importante resaltar la tarea realizada por Fenalco, junto con las principales marcas de colchones del país, tales como: Spring, Dormi Luna, Comodísimos, EIDorado, Romance Relax y Americana de Colchones, quienes emprendieron una dura campaña contra fábricas clandestinas de colchones donde mostraban la manera como rellenaban colchones con toda clase de materiales y desechos para luego ser vendidos en el mercado como nuevos. Estas fábricas, fueron mostradas por televisión con el fin de que los colombianos tomaran conciencia de los problemas que estos colchones provocaban. Fue así como las principales marcas se pusieron de acuerdo para reactivar el comité de colchoneros en el Icontec con el fin de normalizar los procedimientos y procesos (2003).

Al mismo tiempo, dos de las empresas internacionales de colchones más importantes del mundo intensificaron sus operaciones en el país. La empresa estadounidense Colchones Serta ingresó al país con una franquicia hace un poco más de 5 años, mientras que Colchones Simmons, que operaba con una alianza con EIDorado, a partir del año 2003 entró con una franquicia que maneja la firma venezolana Comfort para la Comunidad Andina.

---

<sup>4</sup> *Placer Nocturno*, Revista Cambio Número 821. Bogotá, 26 de Marzo a 1º de Abril de 2009. Pág. 96

Este interés de los internacionales en el mercado local también sirvió como detonante para que las empresas locales afinaran sus estrategias, tanto en comunicación, como en la exhibición. Por ejemplo, en el pasado, los colchones se exhibían en un mueble y no existía la posibilidad de probarlos. Ahora las vitrinas se convierten en un atractivo adicional, donde, además, los consumidores prueban, tocan y 'sienten' el colchón.

A todo esto se le sumaron los cambios en la sociedad. Por un lado los altos niveles de inseguridad llevaron al consumidor a invertir en su propio bienestar y en productos que le generaran comodidad, como los colchones. Además, la vida familiar, que en el pasado se desenvolvía en la sala o el comedor de la casa, migró hacia la alcoba. "Hoy, la gente tiene horarios de trabajo muy largos. Llega extenuada de trabajar y se dirige directamente a la cama a descansar. Por eso, la vida familiar se desenvuelve en el colchón. Allí juegan los niños, se ve televisión en familia y hasta se consumen los alimentos".<sup>5</sup>

### **2.1.2. Actualidad del sector**

El crecimiento de la economía para el año 2007 fue un record histórico, y en el caso de la industria colchonera, también se presentaron crecimientos importantes. Un estudio reciente de la firma Datexto, contratado por Fenalco, demuestra que el 70% de los encuestados expresó su intención de cambiar al menos un colchón. En Bogotá, esta cifra asciende al 75%. Este crecimiento, se dio gracias a la reactivación del sector de la construcción tanto en vivienda como en hoteles, las inversiones extranjeras apoyadas en una imagen segura y prometedora para Colombia y la expansión de las grandes superficies.<sup>6</sup>

Además, como ya se ha mencionado, hoy se ve un consumidor más maduro y canales que cada día amplían sus ofertas y les dan más espacio a los colchones como las grandes superficies, por un lado, y la Red Hogar de Codensa. En ambos casos, el hecho de que el producto esté amarrado a créditos de fácil manejo, también ha hecho que se dinamice la categoría y el producto esté llegando a más hogares. Por eso Colchones Spring está diversificando su portafolio de productos para ofrecer diferentes alternativas y llegar así a todos los sectores de la población, incluso creando marcas propias. Para lograrlo combina diferentes canales como su red de 600 tiendas que tiene a nivel nacional, los almacenes de cadena, grandes superficies y distribuidores. Estos tres últimos representan para la compañía el 80% de sus ventas.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Julián Hurtado Gerente de Colchones Spring.

<sup>6</sup> Artículo revista Dinero, Colchones, a buen ritmo. Diciembre 10 de 2007. Link: [http://www.dinero.com/wf\\_InfoArticulo.aspx?IdArt=40190](http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=40190)

<sup>7</sup> *Ibíd.*

También se han iniciado nuevos proyectos en el sector, se trata del lanzamiento de la marca First Mattress, a cuya planta, ubicada en Tenjo, se le inyectaron más de un millón de euros en reconversión tecnológica. Por su parte, Colchones Comodísimos, empresa paísa que le ha apostado su crecimiento con su propia red de distribución que hoy asciende a 78 tiendas en todo el país, de las cuales 19 están en Medellín donde concentra buena parte de su operación, y 12 más en Bogotá. La expansión del mercado y la dura competencia los ha llevado a invertir más de \$5.000 millones de pesos en nuevas tecnologías en su planta de Medellín, que cuenta con 18.000 M2.

Sin embargo, estos nuevos proyectos, así como la dinámica de crecimiento que experimenta el sector en general<sup>8</sup>, pueden verse empañadas por la crisis mundial, que ya tiene encendidas las alarmas y la industria está a la expectativa pues ya se sienten los primeros síntomas de lo que consideran una "exagerada represión" de la demanda. Por ahora, el 60% del mercado de los colchones sigue estando en manos de los fabricantes informales, mientras se espera que el Gobierno haga obligatoria la exigencia de la norma técnica para su fabricación.<sup>9</sup>

En Colombia actualmente, el principal jugador de colchones es Colchones Spring, con ventas cercanas a los \$52.000 millones, en el 2007. Luego vienen Americana de Colchones, con más de \$26.000 millones en ventas, y EIDorado con cerca de \$12.000 millones. Por su parte, Serta y Simmons tienen un mercado menor porque su estrategia comercial se concentra en nichos altos. En el caso de Serta, los precios de sus colchones varían entre los \$2'000.000 y los \$9'000.000, mientras que Simmons oscila entre \$600.000 y \$3'600.000. Además, Colombia se está convirtiendo en el eje de la expansión de Serta en América del Sur. Su operación radica en traer materia prima del exterior y ensamblar las unidades con mano de obra nacional. Colombia fue el primer mercado al que llegaron en América del Sur, con el modelo de franquicias, hace 5 años y luego avanzaron a Brasil y Argentina. Por su parte, Colchones Spring le inyectó a su nueva planta de Cota US\$ 7 millones como parte de un proceso de expansión, que este año se verá reflejado en un crecimiento del 40% en sus ventas".<sup>10</sup>

Respecto a los movimientos que está realizando la competencia, Colchones EIDorado ha respondido iniciando una expansión mediante franquicias en otras ciudades del país y a futuro busca establecer un punto de venta con las mismas

---

<sup>8</sup> El crecimiento para el sector en el 2003 fue del 15%.

<sup>9</sup> Artículo revista Dinero, Despertaron los colchones. 2001. Link: [http://www.dinero.com/wf\\_ImprimirArticulo.aspx?IdRef=1627&IdTab=1](http://www.dinero.com/wf_ImprimirArticulo.aspx?IdRef=1627&IdTab=1)

Artículo revista Dinero, Colchones, a buen ritmo. Diciembre 10 de 2007. Link: [http://www.dinero.com/wf\\_InfoArticulo.aspx?IdArt=40190](http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=40190).

<sup>10</sup> *Ibíd.*

características en Estados Unidos aprovechando el TLC que se encuentra actualmente en negociación con este país.

## 2.2. Análisis de Ventas

Los colchones fabricados por la empresa buscan satisfacer plenamente las necesidades de los clientes. Por esto, tienen una amplia variedad de productos que se adaptan a los diferentes gustos de sus clientes según las características específicas que busquen. Existen cuatro características básicas que determinan los tipos de colchones:

- **ORTOPÉDICOS:** estructura interna en acero de alto carbono y resortes calibre 12.5.
- **ERGONÓMICOS:** se adaptan perfectamente a la conformación anatómica del cuerpo, gracias, a los elementos utilizados en su relleno.
- **ANTIALÉRGICOS:** las materias primas empleadas son naturales y de óptima calidad, no son recicladas; siendo evaluados permanentemente bajo los más estrictos controles de producción.
- **DE ALTA DURABILIDAD:** han sido diseñados para durar en el tiempo sin perder su forma y confort.<sup>11</sup>

Los colchones se dividen en 2 líneas principales:

- Línea Hogar
- Línea Institucional

Cada línea tiene diferentes referencias y medidas con características específicas que hacen posible la elección por parte del cliente del colchón que más se adapte a sus necesidades. (Ver Anexo A)

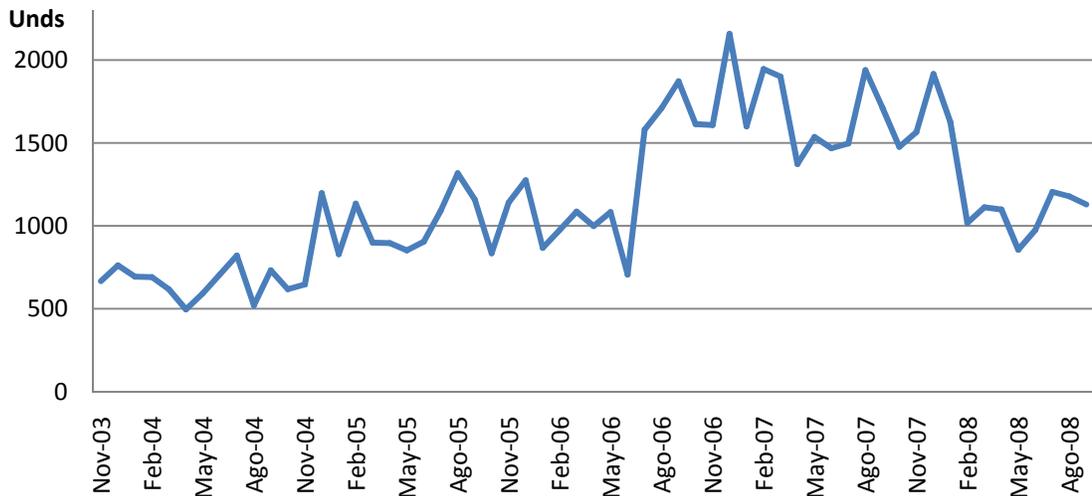
Teniendo en cuenta las diferentes referencias de los colchones y sus características, en la **Figura 1** se muestran las ventas históricas de la empresa, con la que se puede apreciar un incremento gradual en la demanda hasta finales del 2006, y comienzos del 2007, que corresponde a la época de fuerte publicidad y estrategia de comunicación de las empresas colchoneras a los consumidores. Sin embargo, después se evidencia una época de disminución de las ventas producto de las altas tasas de interés (9% - Interbancaria, Banco de la República) del 2007 y los síntomas de la crisis económica mundial actual.

---

<sup>11</sup> [www.colchonesElDorado.com](http://www.colchonesElDorado.com)

De las variaciones mensuales, se puede deducir un comportamiento estacionario ya que a mitad de año y en los últimos meses del año se incrementan las ventas, mientras disminuyen en el resto de meses.

**Figura 1.** Gráfica de ventas mensuales de Colchones EIDorado en unidades totales (Nov-03 a Sept-08).



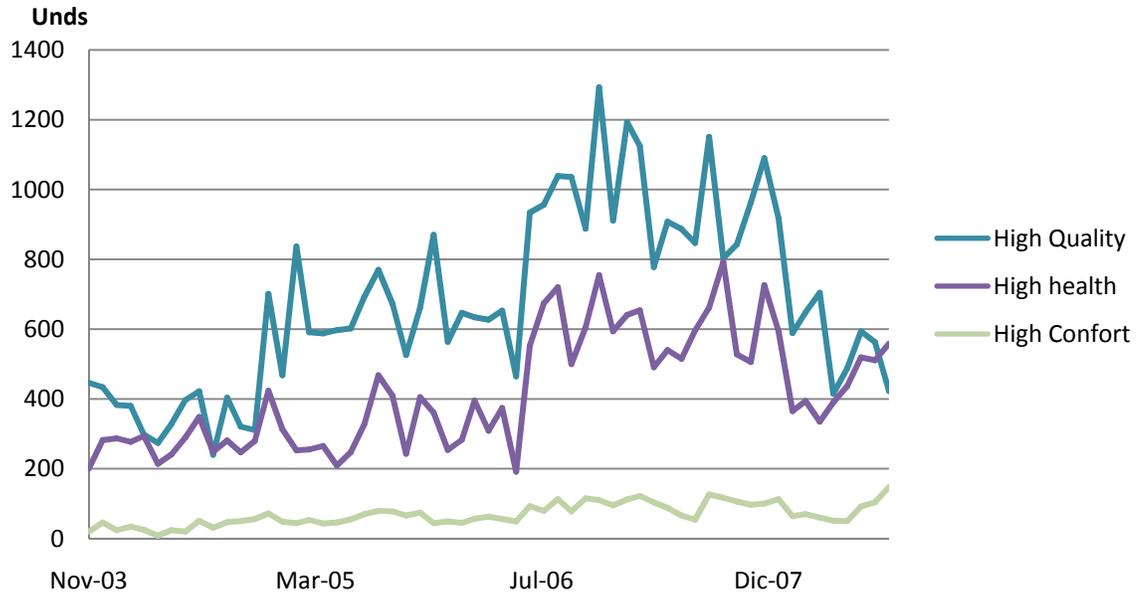
**Fuente.** Gráfica construida con base a la información de ventas suministrada por el jefe de producción de Colchones EIDorado.

Las líneas de colchones están divididas de la siguiente forma:

- **High quality:** es la línea de colchones más económica.
- **High health:** es la línea intermedia en términos de precio.
- **High confort:** es la línea de lujo, son colchones muy confortables elaborados con telas finas.

La **Figura 2** muestra las diferentes líneas de productos que maneja la empresa, se puede ver una gran diferencia en los volúmenes de ventas. Por un lado, están los productos *high quality*, que son los que tienen un mayor volumen de ventas, con variaciones considerables en las diferentes épocas del año. Estos productos corresponden en general a la línea más económica manejada por la empresa. En segundo lugar, esta la línea *high health*, con un comportamiento similar, pero con un volumen menor de ventas. Por último está la línea *high confort*, que tiene volúmenes de ventas muchos menores a las otras dos líneas, sin embargo presenta un comportamiento más estable que las anteriores. Esta última línea representa los colchones más lujosos, con un precio de venta mayor.

**Figura 2.** Gráfica de ventas mensuales Colchones EIDorado en unidades por referencia (Nov-03 a Sept-08).

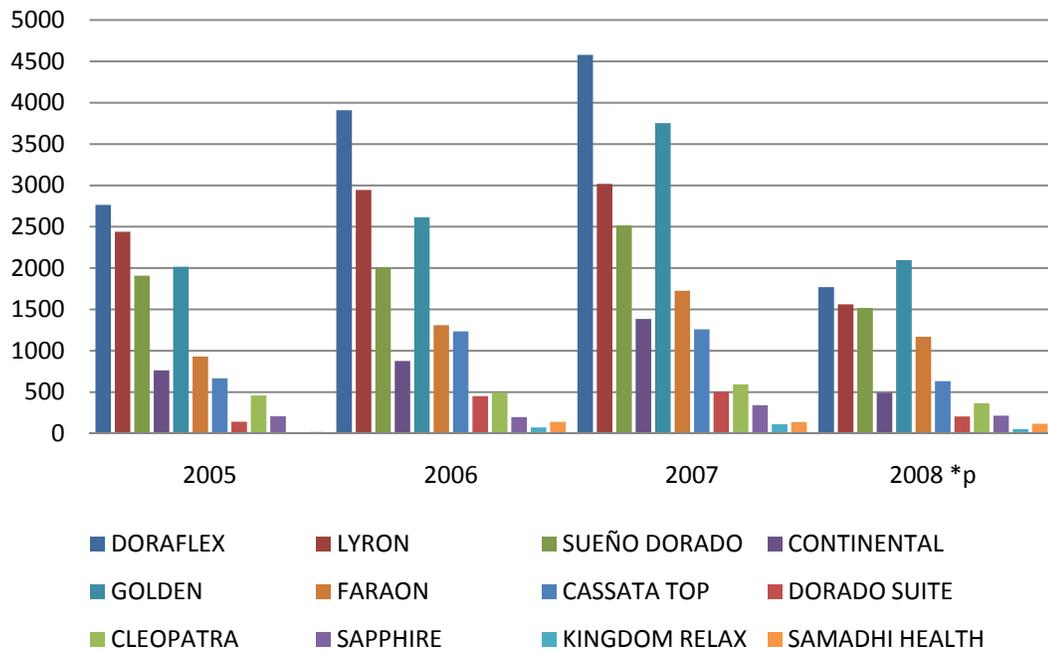


**Fuente.** Gráfica construida con base a la información de ventas suministrada por el jefe de producción de Colchones EIDorado.

Por cuestiones de manejo de información confidencial, en el presente trabajo no se pueden publicar las fichas técnicas que describen las características de cada una de las referencias de colchones. Sin embargo dos diferencias relevantes entre las referencias Doraflex, Lyron y Golden frente a Samadhi Health, Kingdom Relax y Sapphire, es que el segundo grupo tiene confort top y están elaborados en telas finas que dan un extra confort.

Observando las ventas por producto, se puede ver que existen productos que según la **Figura 3** manejan un alto volumen de ventas como Doraflex, Lyron y Golden, evidenciando el predominio de Doraflex como producto de mayor venta. Otros productos como Samadhi Health, Kingdom Relax y Sapphire, son demandados en menor cantidad.

**Figura 3.** Gráfica de ventas anuales de Colchones EIDorado en unidades por producto (2005 a 2008p\*).



\*p – Ventas anuales parciales para el 2008

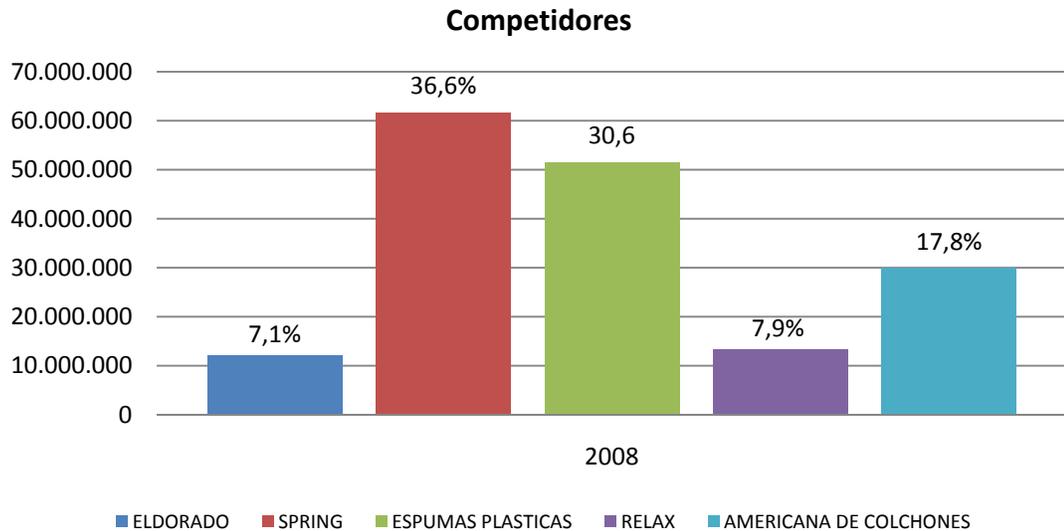
**Fuente.** Gráfica construida con base a la información de ventas suministrada por el jefe de producción de Colchones EIDorado.

### 2.3. Análisis Financiero

Con base en los estados financieros de la empresa y de la competencia, es posible analizar y comparar la situación de la empresa respecto al sector en el cual se desarrolla.

La **Figura 4** muestra los principales competidores nacionales de Colchones EIDorado y sus ventas anuales para el 2008.

**Figura 4.** Gráfica de ventas consolidadas de las principales empresas de colchones en Colombia en el 2008.

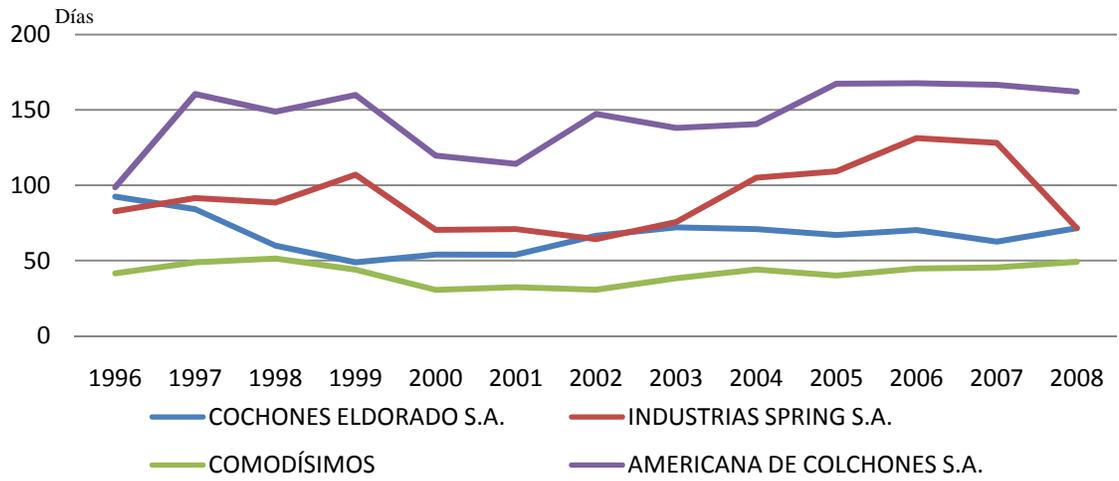


**Fuente.** Gráfica construida con base en los estados financieros del 2008. Superintendencia de industria y comercio.

Como muestra la **Figura 4**, Colchones Spring es la empresa con las mayores ventas, seguida por Espumas Plásticas (Comodísimos). Más abajo se encuentra Americana de Colchones y EIDorado.

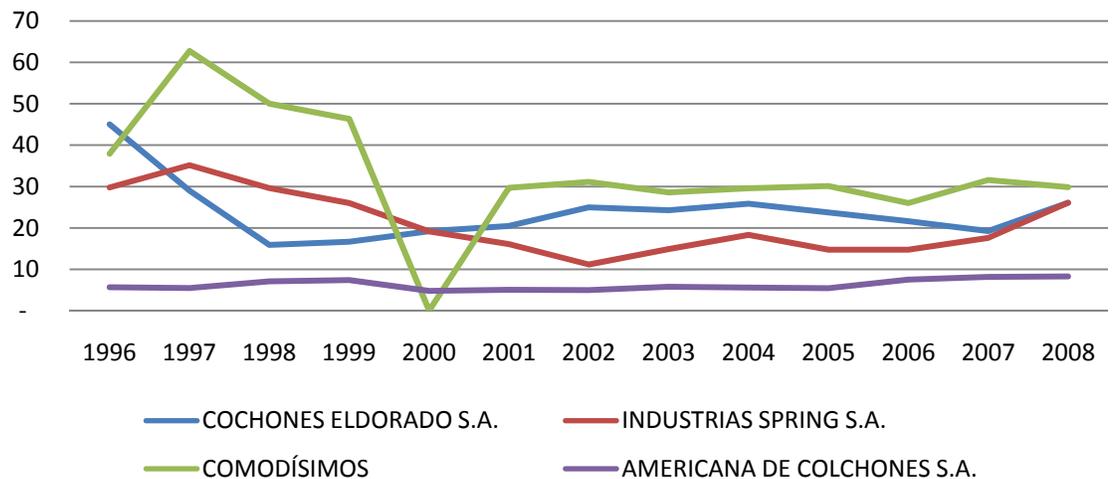
La **Figura 5** representa la rotación de inventario de las diferentes empresas desde 1996, la figura muestra que Americana de Colchones tiene la rotación de inventario más alta con 149 días en promedio. Spring también tiene una rotación de inventarios alta con 93 días. EIDorado tiene una rotación promedio de 65 días. Sin embargo Comodísimos, empresa que ha crecido rápidamente en los últimos años y que ha llegado a superar en ventas a EIDorado tiene la rotación de inventario más baja del sector con 42 días. Esta diferencia de 23 días entre Comodísimos y EIDorado, muestra que la rotación de inventario de EIDorado no es la ideal y puede llegar a reducirse.

**Figura 5.** Gráfica de rotación de inventario total (días) de los principales competidores de la industria colchonera en Colombia (1996-2008).



**Fuente.** Gráfica construida con base en los estados financieros del 2008. Superintendencia de industria y comercio.

**Figura 6.** Gráfica de rotación de inventario producto terminado (días) de los principales competidores de la industria colchonera en Colombia (1996-2008).



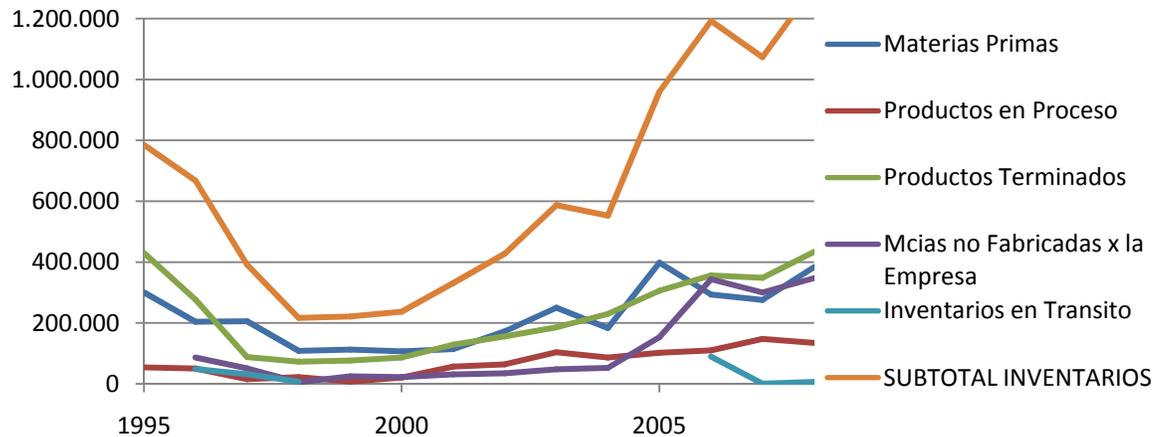
**Fuente.** Gráfica construida con base en los estados financieros del 2008. Superintendencia de industria y comercio.

Respecto a la rotación de inventario de producto terminado, de acuerdo con la **Figura 6**, ELDorado tiene una alta rotación respecto a los otros competidores con un promedio de 26 días, solamente es superado por Comodísimos con 30 días, mientras Spring tiene el mismo promedio de 26 días y Americana de Colchones tiene 8 días.

Analizando los inventarios (en miles de pesos) en la **Figura 7**, y teniendo en cuenta la situación económica de la compañía y del país, se puede ver que

después de la crisis sufrida por la empresa en los años 1996–2001, los inventarios han crecido considerablemente hasta el 2006 y después comenzaron a disminuir. Esto responde por un lado al aumento de las ventas que tuvo la empresa y en general el sector colchonero durante los últimos años, que sin embargo se vio frenado en el 2006 por los primeros síntomas de la crisis mundial.

**Figura 7.** Gráfica del comportamiento de los componentes del inventario total de Colchones EIDorado (1995-2008).



**Fuente.** Gráfica construida con base a los estados financieros del 2008. Superintendencia de industria y comercio.

Sobre la **Figura 7** es importante destacar el incremento considerable que han tenido las mercancías no fabricadas por la empresa en los últimos 3 años ya que representa una parte significativa de los inventarios y representan a su vez costos de fabricación más elevados.

En este trabajo se tendrá en cuenta el proceso de producción de colchones, sin tener en cuenta otros accesorios como somieres, almohadas, protectores, bases metálicas y colchonetas de acuerdo a la sugerencia hecha por el jefe de producción, ya que algunos de estos productos son comprados a proveedores y representan un margen mínimo de las utilidades de la empresa.

## 2.4. Descripción del proceso

“El proceso de producción de las diferentes referencias de colchones es muy parecido, las variaciones que normalmente se tienen son los tamaños, algunos elementos adicionales como estabilizadores laterales o manijas adicionales, la calidad de los materiales utilizados y los acabados realizados. Sin embargo, en

líneas generales se puede establecer un proceso general que siguen todas las referencias".<sup>12</sup>

El proceso se divide en:

➤ *Fabricación de la estructura resortada*<sup>13</sup>

Este proceso comienza en el sótano con la elaboración de los resortes, que se realizan a partir de alambre de acero calibre 12.5 (1,94mm) en la resortera RES – 0,1. El operario toma un rollo de alambre que pesa en promedio 200Kg y lo monta en la resortera a través de una grúa que él opera con un control. Una vez se ha montado el rollo de alambre se procede a tomar la punta del rollo e insertarlo en la máquina siguiendo el camino de varios orificios, para efectos de que la resortera reciba el alambre se acciona gradualmente hasta que salga el primer resorte y se para. Cuando la máquina se encuentra lista para empezar a operar continuamente, el operario toma su posición, en donde va a realizar inspección todos los resortes que vayan saliendo y posteriormente organizarlos para sacarlos por lotes de un peso promedio de 32Kg que equivale aproximadamente a 720 resortes.



Foto 1. Elaborar resortes



Foto 2. Resortes terminados



Foto 3. Lote de resortes

Estos lotes pasan al área de ensamblado, de acuerdo al diagrama de recorrido en el Anexo E se ve que son operaciones que se realizan a menos de un metro de distancia, no hay grandes recorridos y una vez esta terminado el lote de resortes pasa a estar disponible para el área de ensamblado.

<sup>12</sup> Jefe de producción, en reunión llevada a cabo el día 13 de febrero de 2009.

<sup>13</sup> Al final del documento se encuentra el glosario con la definición de las palabras técnicas que se utilizan en la fabricación de colchones.

El ensamblado de los resortes se realiza en la ensambladora EMSA – 0,1, con un alambre helicoidal de calibre 14 (1,63mm). El operario tiene que acomodar filas de resortes manualmente en la máquina, dependiendo de la medida, y luego accionar la máquina que ensambla los resortes pasando el alambre desde el primer resorte de la fila hasta el último de la fila en forma de espiral.



**Foto 4.** Ensamblar panel

Una vez terminada esta operación se obtiene el producto en proceso llamado panel, el cual es llevado al almacenamiento número 3 según el diagrama de recorrido. Ver Anexo E. Hasta aquí el proceso va en paralelo con el flujo Elaboración de marco según el diagrama de operaciones Anexo C, el cual inicia con la operación de cortar varilla, esta operación se realiza con la Cortadora Varilla CVR 0,1. Al igual que en la operación de elaborar resortes, el operario monta el rollo de alambre de acero calibre 7,5 (2,7mm) por medio de una grúa. Una vez está montado el rollo de alambre, se procede a realizar el set up de máquina que consiste en especificar las medidas de varilla que se va a cortar. Una vez terminado el set up la máquina esta lista para empezar a operar, y tiene la característica que se puede dejar operando mientras el operario pasa a realizar las dos siguientes operaciones. Primero toma lotes de 10 varillas de la misma medida y procede a doblarlas en una máquina manual, a continuación toma las varillas dobladas y se dirige a la soldadora donde va a soldar las varillas dobladas para que se conviertan en los marcos del colchón. Estos marcos son almacenados según el diagrama de recorrido ver Anexo E.



**Foto 5.** Cortar alambre



**Foto 6.** Doblar marcos



**Foto 7.** Soldar marcos

El proceso continúa según el Diagrama de flujo, *Anexo D*, con un transporte de 32,67 metros para los marcos y 15,19 metros para los paneles, pasando a través del ascensor de carga y transportados en carritos de 4 ruedas, para encontrarse estos dos productos en proceso en el segundo piso en el área de enmarcado.

➤ *Enmarcado y tapado*

El enmarcado se realiza tomando dos marcos, un panel y los resortes industriales que varían según el tamaño del colchón. El operario con la máquina manual para enmarcado del panel 0,1 GRAEN-0,1 asegura los dos marcos al panel y luego con la máquina manual para enmarcado del panel 0,2 GRAEN-0,2 asegura los resortes industriales en los laterales y el cabecero del panel. Esta operación permite darle al panel estabilidad y firmeza.

En la siguiente fase, el panel es cubierto en la parte superior e inferior por una lámina de fieltro previamente cortada a la medida y grapada a la estructura resortada, con el fin de separar la estructura metálica del acolchado y así asegurar la firmeza y confort del colchón. Esta operación se realiza con la máquina manual para tapado del panel 0,2 (MMTP 0,3) o 0,2 (MMTP 0,2) dependiendo de la densidad del fieltro.



**Foto 8.** Enmarcado



**Foto 9.** Grapar fieltro

➤ *Acolchado y tapizado*

Esta operación inicia en paralelo con los otros tres flujos según lo muestra el diagrama de operaciones *Anexo C*. Se ubica en el primer piso, viendo el diagrama de recorrido *Anexo E* es la operación 12 (flujo verde).

Dado que la espuma llega a la empresa en láminas, se tiene que elaborar un rollo de espuma que permita realizar un fileteado continuo en la acolchadora, ya que esta se alimenta de rollos de los diferentes materiales e hilo para acolchar.

El proceso de acolchado consiste en unir la espuma con la guata, el algodón y la tela y posteriormente filetearlo con figuras decorativas de diferentes formas,

elaborando así una superficie acolchada y confortable. Este proceso se lleva a cabo en las dos acolchadoras con que cuenta la empresa actualmente la Acolchadora MACOL-0,1 y la Acolchadora CNC Griebtz international CCQ 5000 que fue adquirida recientemente.



**Foto 10.** Acolchar

El acolchado se utiliza para recubrir la estructura metálica, de forma tal que quede suave y homogénea. Como se puede apreciar en el diagrama de operaciones *Anexo C*, el flujo de acolchado se abre en dos sub-flujos que se procesan en paralelo, estos flujos son las bandas del colchón y las tapas del colchón. Las bandas son cortadas en el primer piso justo al lado de la Acolchadora MACOL, mediante la Cortadora neumática de bandas CBACOL-0,2, esta máquina permite cortar hasta 7 rollos de bandas de diferentes medidas de ancho. Justo después de esta operación se toman los rollos de banda cortada y se montan en la Máquina fileteadora doble cabezote costura PORTER P-504 MQF 0,5, que permite filetear los dos bordes de las bandas al tiempo para obtener un borde cerrado y uniforme, al finalizar esta operación se obtienen los rollos de banda listos para pasar al área de cosido en el segundo piso, esto representa un transporte de 65,29 metros. Una vez los rollos de banda están en el segundo piso se cortan y cosen según las medidas, se cosen las manijas previamente elaboradas en la Máquina embonadora PFAFF 335-43 MQEM 3.0 y se prensan los ventiladores de aire que posteriormente van a servir para permitir la ventilación e higiene del colchón. Esta es la última operación antes de llegar al área de tapizado.

Respecto a las tapas, el rollo de acolchado es transportado al segundo piso (53,01metros) en donde se monta en la Cortadora electroneumática de tapas CTACOL-0,3 y se cortan las tapas de las diferentes medidas, luego se cosen los bordes de la tapas, con un fuelle destinado a facilitar la operación de tapizado, y quedan listas para pasar a la inspección de acolchado, en donde se revisa que no tengan ningún hilo defectuoso y se corrigen los imperfectos. En el último paso antes de llegar al área de tapizado, se le cose la etiqueta a las tapas.

El tapizado del colchón consiste en tomar las tapas y graparlas por medio del fuelle a la estructura con fieltro, luego ubicar las esquineras de espuma y por último ubicar la banda, de tal forma que el colchón quede listo para la operación de cerrado.



**Foto 11.** Tapizado

➤ *Cerrado y Empaque*

Una vez el colchón está tapizado se ubica en la máquina Cerradora de colchones MCC-0,1, donde el operario se encarga de coser los bordes de la tapa con los bordes de la banda y así darle el toque final para obtener un colchón terminado. Para los colchones que tienen confort top (colchoneta extra aparte de la tapa), se adiciona la colchoneta entre la tapa y la estructura con fieltro y se aplica un pegante en aerosol para lograr adherencia entre estas dos partes y luego se cierra igual que los demás colchones.

Los colchones terminados son inspeccionados y posteriormente empacados en plástico y reforzados con esquinas de cartón con el fin de proteger el producto durante su transporte.



**Foto 12.** Cerrar colchón



**Foto 13.** Empacar colchón

## 2.5. Distribución

Los productos terminados son almacenados en la bodega según las referencias y tamaños para después ser distribuidos.

Los colchones son retirados de la bodega de almacenamiento de acuerdo con los requerimientos de cada uno de los puntos de venta o de los clientes directos. Para la distribución en los diferentes almacenes y hogares, cada camión tiene un área de barrido donde realiza las entregas correspondientes según un cronograma previamente establecido.

Para cada camión se establece un orden de entrega que sirve de referencia para organizar la forma de carga de los colchones. Este orden de entrega se establece según los recorridos que deba hacer el camión pero teniendo en cuenta también las ventanas de tiempo previamente establecidas con el cliente, la cantidad de los productos a cargar y la capacidad de los camiones.

El porcentaje de productos que comercializa Colchones EIDorado a través de sus distribuidores es del 50%<sup>14</sup>, mientras que el porcentaje restante es vendido de forma directa en diferentes puntos del país como: Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Cúcuta, Bucaramanga, Cali, Medellín y Pasto, entre otras.

---

<sup>14</sup> [www.colchonesEIDorado.com](http://www.colchonesEIDorado.com)

### 3. MARCO TEÓRICO

Un sistema de administración de la producción, implica un estudio minucioso de las características actuales del proceso productivo en cuanto a capacidad, recursos humanos, maquinaria, planeación de la producción etc. Esto con el objetivo de determinar donde están los problemas y determinar dónde pueden surgir oportunidades de mejora.

Existen diferentes sistemas de producción que dependiendo de las características del proceso, se deben elegir una u otra buscando la que se acomode mejor y proporcione un resultado óptimo.<sup>15</sup>

#### 3.1. Estudio de tiempos

##### 3.1.1. Estándar de tiempos

Es el tiempo requerido para elaborar un producto o prestar un servicio en una estación de trabajo cumpliendo con las siguientes condiciones:

1. Operador calificado y bien capacitado
2. Que trabaja a una velocidad o ritmo normal
3. Hace una tarea específica

*Calculo del tiempo estándar*

Para medir la carga de trabajo lo primero que debemos hacer es hacer la medición de tiempos y calcular el tiempo estándar.

TIEMPO ESTANDAR = Tiempo normal x (1+% fatiga)  
TIEMPO NORMAL = Tiempo medido x Rating Factor<sup>16</sup>

##### 3.1.1.1. Rating Factor

Es un medidor del desempeño que valora el ritmo de trabajo. Parte del concepto que diferentes trabajadores no trabajan a un mismo ritmo e incluso un mismo

---

<sup>15</sup> Arnoletto, E.J.: *Administración de la producción como ventaja competitiva*, Edición electrónica gratuita, 2007. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2007b/299/](http://www.eumed.net/libros/2007b/299/)

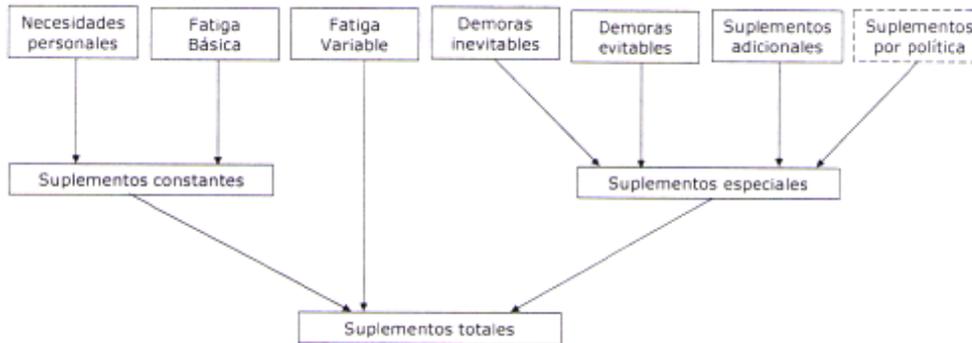
<sup>16</sup> NIEBEL, Benjamin W. y FREIVALDS, Andris, *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11ª Edición, México: Alfaomega, 2004, Pág. 434

trabajador no tiene un ritmo constante durante su jornada de trabajo. Es la herramienta que permite convertir un tiempo cronometro en un tiempo normal, justo para todos los trabajadores. Sistema de calificación Westinghouse.<sup>17</sup>

### 3.1.1.2. Suplementos de fatiga

La tolerancia por fatiga es el tiempo que se le concede a un empleado para que se recupere del cansancio. En la figura 8 que se muestra a continuación se pueden observar los tipos de fatiga. Suplementos recomendados por la ILO.<sup>18</sup>

**Figura 8.** Esquema de los suplementos de fatiga según su función.



Fuente.<sup>19</sup>

### 3.1.2. Tiempos con cronómetro

Si más de un operario realiza el trabajo, debe realizarse el estudio en el trabajador mas promedio o un poco arriba del promedio, así se tendrá un estudio más confiable, pues el trabajador promedio realiza su trabajo con consistencia y de manera sistemática. En los casos en los que no se pueda elegir al trabajador promedio, se debe tener especial atención en la calificación del desempeño o medición del ritmo normal.

Para facilitar la medición se divide la operación en elementos (según el criterio del

<sup>17</sup> Ibíd.

<sup>18</sup> Ibíd.

<sup>19</sup> NIEBEL, Benjamin W. y FREIVALDS, Andris, *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11ª Edición, México: Alfaomega, 2004, Pág. 434.

analista) así si se presenta un error en una medición solo se repite la medición del elemento y no la de toda la operación. Los elementos deben ser divisiones tan finas como sea posible sin que con esto se sacrifique la exactitud de las lecturas. En todos los casos se recomienda tener por separado los elementos que implican el uso de tecnología y los que son constantes de los variables. La suma de los tiempos tipo elementales determinan el valor del tiempo de la tarea.

Al final se hace un análisis de confiabilidad estadística, se calculan el numero de observaciones, y basados en estas observaciones de muestra se verifica la confiabilidad estadística para saber si con las observaciones hechas es suficiente o es necesario realizar un mayor número.

- *Control estadístico:* se utilizan graficas de control P, ya que siempre el estudio de muestreo está basado en proporciones. Deben definirse los limites y se debe tener un buen balance entre el costo de buscar causas atribuibles cuando no las hay y el costo de no buscarlas cuando si existen. Con base en el teorema del límite, central para gráficas de control se usan 3 sigmas, porque esto supone el 99,73% de los datos bajo control.

$$\text{Limites} = p \pm 3 \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

Se deben analizar los fenómenos de sucesión de puntos en la grafica P cuando ocurran:

- Un punto por fuera de los límites de control.
- 2 de 3 puntos consecutivos, por fuera de 2-sigma (aún dentro de límites) 4 de 5 puntos consecutivos, por fuera de 1-sigma (aún dentro de límites).
- Corrida de 8 puntos consecutivos de un solo lado de línea central 6 puntos en tendencia (ascendiendo o descendiendo).
- 15 puntos consecutivos dentro de los límites 1-sigma.
- 14 puntos consecutivos en zigzag continuo.
- 8 puntos consecutivos dentro de límites de control pero ninguno dentro de los límites 1-sigma.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Material de apoyo, Diplomado en Gestión y mejoramiento de procesos. Elaborado por la Ingeniera Diana María Oviedo.

## 3.2. Sistemas de producción

Existen tres sistemas de producción que se diferencian básicamente por tener formas de desplazar el material en la fábrica diferente. Estos sistemas son:

- Empujar.
- Jalar.
- Cuello de botella.

La elección de un tipo de sistema, en una empresa, depende básicamente del sistema de producción de la empresa, las facilidades que tenga para aplicar una metodología y los beneficios que obtenga. Es posible también hacer híbridos y combinaciones entre los diferentes sistemas con el fin de obtener mejores resultados. A continuación se describe cada uno de estos tres sistemas en detalle y también un híbrido de los tres muy conocido que es el sistema CONWIP, todo esto con el fin de entender sus ventajas y diferencias y establecer el mejor para la Empresa.

### 3.2.1. Empujar

Este sistema nació en la década de los 70's gracias a una herramienta llamada planeación de requerimientos de materiales (por sus siglas en inglés: MRP) creada por Joseph Orlicky de IBM.

Básicamente, el sistema de empuje busca producir con el fin de anticipar la demanda futura. Para esto determina una fecha de entrega para cada trabajo, ya sea a partir del área de mercadeo o de la operación siguiente. Los trabajos se mandan en una fecha de inicio, que es la fecha de entrega menos el tiempo de entrega. El tiempo de entrega es un parámetro de planeación determinístico. El tiempo de flujo es el tiempo real que toma el material en atravesar el sistema de producción; es variable y se quiere reducir esa variabilidad cuanto sea posible. Una vez enviado, el trabajo fluye de una operación a otra a través del sistema de producción sin importar lo que pase delante de él. De aquí el término empujar para este método; se empujan los trabajos a través del sistema de producción.<sup>21</sup>

### 3.2.2. MRP

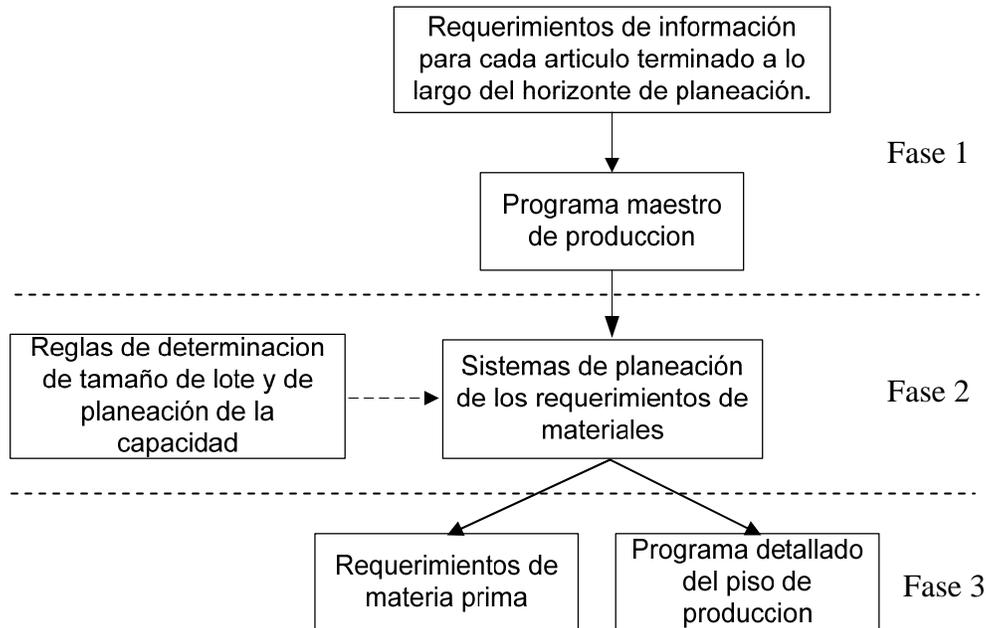
El sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP), hace parte del

---

<sup>21</sup> SIPPER, Daniel, *Planeación y control de la producción*, Mc Graw Hill, México: 1998. Pág. 563

plan de producción. De hecho “el plan de producción puede descomponerse en varias partes: 1) el **programa maestro de producción (MPS)**, 2) el **sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP)**, y 3) el **programa detallado de trabajos en el piso de producción**. Cada una de estas partes puede representar un subsistema grande dentro del plan general.”<sup>22</sup>

**Figura 9.** Las tres fases principales del sistema productivo



Fuente.<sup>23</sup>

“El programa maestro de producción (MPS), especifica las cantidades exactas y los tiempos de producción de cada artículo terminado en un sistema productivo. (...) las entradas para determinar el MPS son los pronósticos de la demanda futura por artículo. (...) el MPS se descompone en un programa detallado de producción para cada componente que abarca el artículo terminado. El sistema de planeación de requerimientos de manufactura (MRP, *materials requirements planning*) es el medio por el cual se consigue esto.”<sup>24</sup>

El MRP por lo tanto, crea programas que identifican las partes y materiales específicos requeridos para producir bienes finales, las cantidades exactas que se necesitan y las fechas en las que los pedidos de estos materiales deben ser liberados y recibidos o terminados dentro del ciclo de producción. Los sistemas

<sup>22</sup> NAHMIAS, Steven, *Análisis de la producción y las operaciones*. Mc Graw Hill, México: Quinta Edición, 2007. Pág. 349.

<sup>23</sup> *Ibíd.* Pág. 350.

<sup>24</sup> *Ibíd.* Pág. 349.

MRP se consideran verticales, ya que toda la planeación de la producción parte del pronóstico de la demanda.

El propósito central de un sistema básico de planeación de requerimientos de materiales es controlar los niveles de los inventarios, asignar a los bienes prioridades en las operaciones y planear la capacidad para cargar el sistema de producción. El tema de la planeación de requerimientos de materiales es "llevar los materiales indicados al lugar correcto en el momento oportuno".

Los *objetivos* de la administración de inventarios con un sistema de MRP son los mismos que con un sistema de administración de inventarios cualesquiera; es decir, mejorar el servicio al cliente, reducir al mínimo la inversión en inventarios y aumentar al máximo la eficiencia de las operaciones de producción.<sup>25</sup>

### **3.2.3. Sistemas MRP II**

El sistema MRP ha ido evolucionando a MRP II debió a diferentes problemas que presenta y que se han buscado eliminar o minimizar con el nuevo sistema.

El MRP II "pretende incorporar las demás actividades relevantes de la empresa en el proceso de planeación de la producción. En particular, las funciones financieras, contables y de mercadotecnia se vinculan a la función de las operaciones. Por ejemplo, (...) en el MRP, el MPS se considera como información de entrada. En el MRP II, el MPS se consideraría una parte del sistema y, como tal, sería también una variable de decisión."<sup>26</sup>

"Otro aspecto importante de MRP II tiene que ver con incorporar la planeación de recursos de capacidad (CPR). Los aspectos de capacidad no se toman explícitamente en el MRP. En MRP II es un ciclo de lazo cerrado donde el tamaño de lote y los programas de piso de producción asociados se comparan con las capacidades y se vuelven a calcular para cumplir con las restricciones de capacidad."<sup>27</sup>

### **3.2.4. Jalar**

La filosofía de jalar nació con el sistema *Kaban* (en japonés significa tarjeta o registro visible), ideado por Taichi Ohno de Toyota en los años 60's, inspirado en

---

<sup>25</sup> CHASE, Richard B., *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. Mc Graw Hill, México: Decima Edición, 2005. Pág. 656.

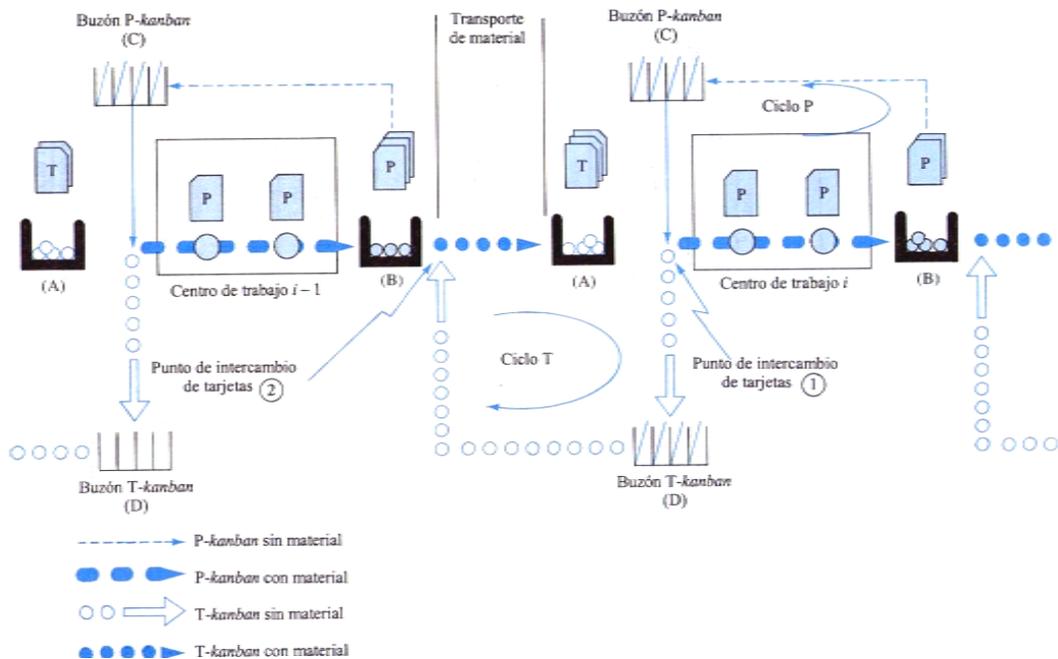
<sup>26</sup> NAHMIA, Steven, *Análisis de la producción y las operaciones*. Mc Graw Hill, México: Quinta Edición, 2007. Pág. 374.

<sup>27</sup> *Ibíd.*

la forma cómo funcionaban los supermercados en Estados Unidos. La idea de esta filosofía, es proporcionar una herramienta sencilla que permita reducir el tiempo de entrega y el producto en proceso.

El sistema *kanban* que fundamentó toda la filosofía se basaba en un sistema manual de tarjetas que servía como instrumento de comunicación entre los puestos. “Existen varios tipos de etiquetas kanban, pero dos son los más comunes. Nos referimos a los kanbans de salida y los kanbans de orden de producción. Un kanban de salida es una solicitud de partes al centro de trabajo proveniente de un nivel superior del sistema. Un kanban de orden de producción es una señal para que un centro de trabajo produzca lotes adicionales.”<sup>28</sup>

**Figura 10.** Sistema Kanban de tarjetas duales.



Fuente.<sup>29</sup>

### 3.2.5. Sistema Justo a Tiempo

Con el paso del tiempo el sistema *kaban* ha evolucionado para convertirse en el sistema de Justo a Tiempo (por sus siglas en ingles: JIT, y también conocido como

<sup>28</sup> *Ibíd.* Pág. 376.

<sup>29</sup> SIPPER, Daniel, *Planeación y control de la producción*, Mc Graw Hill, México: 1998. Pág. 568.

sistema *cero inventarios* o *producción esbelta*, por el estudio de la industria automotriz: *The Machine That Changed the World*) que no solo abarca el proceso de producción sino que también involucra a los clientes y a los proveedores. Este nuevo sistema se concentra fundamentalmente en cuatro aspectos:

**La eliminación de desperdicios:** para esto, se debe tener en cuenta los procesos que agregan valor y buscar eliminar los que no lo hacen (defectos y tiempos). Pero además, se analiza principalmente el exceso de inventario como un desperdicio, por lo tanto, uno de los aspectos fundamentales de este sistema se basa en reducir los inventarios a través de una reducción del tamaño del lote y la eliminación de acumulaciones innecesarias de producto. En especial se busca eliminar el inventario de productos en proceso, para esto se debe tener un buen balanceo de la línea de producción.

**Participación de los empleados:** para el sistema JIT es fundamental la participación de los empleados, los cuales deben trabajar coordinadamente y ser responsables del producto que están elaborando.

**Participación de los proveedores:** los proveedores se consideran socios, por lo tanto se busca involucrarlos y estrechar relaciones a largo plazo, de tal forma que hagan más eficiente el proceso y colaboren con la producción. Al mismo tiempo se busca reducir el número de proveedores con el fin de reducir los problemas y mejorar la calidad del producto. Es importante buscar que los proveedores se encuentren cerca de la planta de producción de la empresa con el fin de que puedan responder rápidamente a la demanda.

**Control total de la calidad:** en cada punto del proceso se está constantemente revisando la calidad de los productos con el fin de reducir al máximo los defectos, para esto se capacita a los trabajadores, quienes se convierten en los supervisores del proceso. En caso de que el producto no tenga la calidad satisfactoria, el empleado está en la capacidad de parar la línea de producción (*jidoka*)

El principio básico sobre el cual se fundamenta toda la teoría del JIT consiste en lograr una óptima interdependencia de las operaciones, tanto de material como de información, que permita un proceso de producción continuo y ágil. Este sistema por lo tanto, se basa en iniciar la producción como reacción a la demanda presente.

### 3.2.6. Cuello de botella

Esta filosofía es la más reciente de todas y fue creada por el físico israelí Eliyahu Goldratt. “La premisa básica es que la salida del sistema está determinada por sus restricciones. La definición de restricción sugiere que TOC tiene una

aplicación más amplia que la planeación y control de la producción. Se identifican tres grandes categorías de restricciones:

*Restricción de recursos interna:* este es el clásico cuello de botella: máquina, trabajador o incluso una herramienta.

*Restricción de mercado:* la demanda del mercado es menor que la capacidad de producción. En este caso el mercado dicta el ritmo de la producción.

*Restricción de política:* una política dicta la tasa de producción (ejemplo: una política de no trabajar horas extra).<sup>30</sup>

TOC se enfoca en la importancia de las restricciones en los sistemas con el objetivo de mejorar el desempeño del mismo hacia la meta. Para evaluar el nivel de mejora, se escogieron dos tipos de medidas de desempeño: medidas financieras y medidas operacionales. Las medidas financieras que se usan son las clásicas: ganancia neta, rendimiento sobre la inversión y flujo de efectivo. Para medir la operación:

Salida: esta es la tasa a la que el sistema genera el dinero a través de las ventas. El producto no vendido no es salida.

Inventario: este es el dinero que el sistema ha intervenido en comprar cosas que piensa vender; mide el inventario solo en términos del costo material, sin tomar en cuenta la mano de obra ni los gastos generales.

Gastos de operación: este es el dinero que el sistema gasta con el fin de convertir el inventario en salida, incluyendo todo, mano de obra, gastos generales y otros.<sup>31</sup>

### **5 pasos para la mejora continua**

1. "Identificar las restricciones del sistema.
2. Decidir como explotar las restricciones del sistema: se centra la maximización del uso de las restricciones en relación con la meta (es decir, obtener dinero).
3. Supeditar todo lo demás a la decisión tomada en el paso 2. Este paso se realiza con la intención de asegurar que explotar la restricción sea una guía para las demás decisiones: compra materia prima, programación de centros de trabajo, etcétera.
4. Elevar las restricciones del sistema. El termino elevar hace referencia a hacer posible el logro de un desempeño más alto respecto a la meta.
5. Si en los pasos anteriores se ha violado una restricción, se regresa al paso uno."<sup>32</sup>

"El cuello de botella se usa en los casos en que la capacidad de los recursos es menor o igual que la demanda de mercado, es decir, un cuello de botella es un recurso que restringe la producción. Los recursos de cuello de botella se

---

<sup>30</sup> SIPPER, Daniel, *Planeación y control de la producción*, Mc Graw Hill, México: 1998. Pág. 591, 593.

<sup>31</sup> *Ibíd.* Pág. 594.

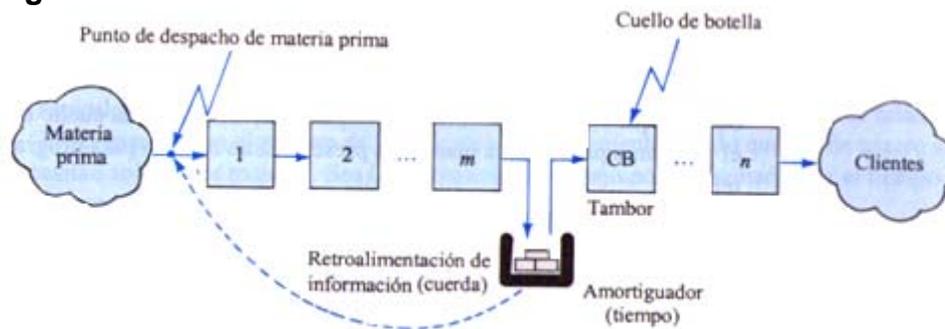
<sup>32</sup> *Ibíd.* Pág. 595.

programan a su máxima utilización, y el resto se programan para servir al cuello de botella. En algunos casos significa que los recursos que no son cuellos de botella puedan estar ociosos, no cumpliendo con el objetivo de maximizar la eficiencia para todas las máquinas.”<sup>33</sup>

### Técnica TAC (Tambor–amortiguador-cuerda)

“Es una técnica de control de producción para implantar los pasos de explotación, supeditación y elevación de TOC. Si el sistema tiene un cuello de botella este se convierte en un punto de control natural. Su tasa de producción controla el ritmo del sistema de ahí el nombre de tambor para este punto de control. La razón para usar el cuello de botella como punto de control es garantizar que las operaciones anteriores produzcan lo suficiente para crear un inventario antes del cuello de botella, para que no quede hambriento.

**Figura 11.** Técnica TAC



Fuente.<sup>34</sup>

La línea de producción mostrada en la figura 11 tiene una operación cuello de botella, con un *amortiguador* colocado antes. El propósito del amortiguador es proteger el cuello de botella de fluctuaciones y variaciones en su tasa de alimentación (es decir explota la restricción).

El tamaño del amortiguador se mide en tiempo estándar, el tiempo requerido por el cuello de botella para procesar todos los artículos que hay en el amortiguador. El amortiguador está conectado con el punto de despacho de la materia prima al principio de la línea de producción a través del ciclo de retroalimentación llamado *cuerda*. Este ciclo de retroalimentación comunica la producción en el cuello de botella con el punto de despacho de la materia prima.”<sup>35</sup>

<sup>33</sup> *Ibíd.* Pág. 591.

<sup>34</sup> *Ibíd.* Pág. 599.

<sup>35</sup> *Ibíd.* Pág. 598.

### 3.2.7. Modelo CONWIP

El modelo CONWIP (viene de sus siglas en ingles: *constant work in proces* o trabajo en proceso constante) se presenta como un híbrido entre el sistema jalar y empujar. Por un lado el sistema empujar anticipa la producción a través de un MPS que produce la lista de faltantes; por el otro el sistema de retroalimentación interno se fundamenta en la demanda real del sistema jalar a través de las mismas tarjetas del *kaban*. Por lo tanto, este modelo se basa en un análisis de tiempos de eventos como la llegada de materia prima al proceso. “Uno de los descubrimientos del modelo se relaciona con el trabajo en proceso. Si se coloca mas inventario inicial en las últimas etapas del sistema, se obtiene mejor servicio de las demandas del cliente. Si el valor agregado del producto den etapas intermedias es despreciable, entonces es optimo tener todo el inventario en la etapa final.”

“Para describir CONWIP, se supone una sola línea de producción, donde las partes se mueven en contenedores y cada uno de ellos contiene prácticamente la misma cantidad de contenido de trabajo. Esto asegura que el tiempo de procesado en cada estación de trabajo, incluyendo un cuello de botella, será más o menos el mismo (...) Igual que el *kaban*, CONWIP se basa en una señal de información – por tarjetas, electrónica o con los mismos contenedores -. La tarjeta se fija al contenedor y se regresa a una línea de espera o cola de tarjetas al principio de la línea. Eventualmente, la tarjeta dejara la cola (también llamada *lista de faltantes*) y se fijara a otro contenedor de partes, con el fin de viajar por la línea de producción otra vez.”

“Los números de partes se toman de la lista de faltantes. Esta lista se genera a partir de un programa maestro de producción o de las órdenes que se agregan a la lista cuando llegan. La lista de faltantes dicta qué va a la línea y la tarjeta decide cuándo. Un contenedor entrará en la línea sólo cuando una tarjeta esté disponible. Indicará a producción el primer número de parte en la lista de faltantes para el que se dispone de materia prima.”

“Algunos análisis teóricos muestran que el sistema CONWIP dará como resultado niveles menores de trabajo en proceso que en el sistema *kaban*, para la misma cantidad de producción (Spearman y Zanzanis, 1992). Por último, se estima que el caso más favorable para aplicar CONWIP es aquel en el que la compañía intenta operar en líneas de producción cerca de su capacidad.”<sup>36</sup>

### 3.3. Planeación agregada de las operaciones

---

<sup>36</sup> SIPPER, Daniel, *Planeación y control de la producción*, Mc Graw Hill, México: 1998. Pág. 575 -577

“El objeto de la planeación agregada de las operaciones es bajar al mínimo el costo de los recursos necesarios para satisfacer la demanda durante el periodo de estudio. El propósito principal del plan agregado es especificar la combinación de la tasa de producción, el nivel de la fuerza de trabajo y el inventario disponible.

- **Tasa de producción:** se entiende como la cantidad de unidades terminadas por unidad de tiempo.
- **Nivel de fuerza de trabajo:** se entiende como el número de trabajadores necesarios para la producción (producción= tasa de producción x nivel de la fuerza de trabajo).
- **Inventario disponible:** se entiende como el inventario sin usar que es arrastrado del periodo anterior.”

“Uno de los diferentes métodos para elaborar el plan agregado es desarrollar el plan agregado simulando diversos programas maestros de producción y calculando los requerimientos correspondientes de capacidad para comprobar si cada centro de trabajo cuenta con suficiente mano de obra y equipo. Si la capacidad no es la adecuada, entonces el planificador especificara los requerimientos adicionales de horas extra, subcontrataciones, trabajadores extraordinarios etcétera, para cada línea de producto y los combinará en un plan general. Después modificará este plan empleando métodos de comprobación o matemáticos para producir un plan final.”<sup>37</sup>

### 3.3.1. Costos relevantes para el plan de producción agregada

1. *“Costos básicos de producción:* Se trata de los costos fijos y variables en que se incurre al producir un tipo específico de producto en cierto plazo. Incluyen los costos directos e indirectos de la mano de obra, así como los costos por la remuneración regular y las horas extra.
2. *Costos ligados a cambios en la tasa de producción:* Los costos típicos de esta categoría son los necesarios para contratar, capacitar y despedir al personal. La contratación de trabajadores temporales es una forma de evitar estos costos.
3. *Costos por mantener inventarios:* Un aspecto importante es el costo del capital improductivo en el inventario; otros son el almacenaje, el seguro, los impuestos, la producción dañada y la obsolescencia.
4. *Costos de pedidos atrasados acumulados:* Por lo común, éstos son muy difíciles de medir e incluyen los costos de expedición, pérdida de confianza

---

<sup>37</sup> CHASE, Richard B., *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. Mc Graw Hill, México: Decima Edición, 2005. Pág. 577.

del cliente y pérdida de ingresos por ventas como consecuencia del atraso en el surtido de los pedidos.”<sup>38</sup>

### 3.3.2. Control de inventarios

“Un inventario constituye la cantidad de existencias de un bien o recurso cualquiera usado en una organización. Un sistema de inventarios es el conjunto de políticas y controles que regulan los niveles del inventario y determinan qué niveles debemos mantener, cuando debemos reabastecer existencias y cuál debe ser el volumen de los pedidos.

### 3.4. Propósitos del inventario

Todas las empresas (incluso mediante el sistema JIT) mantienen cierto volumen de inventario por los motivos siguientes:

1. Conservar la independencia de las operaciones: el suministro de materiales en un centro de trabajo le permite tener flexibilidad en sus operaciones. Por ejemplo, puesto que cada nueva preparación para la manufactura implica costos, el inventario permite a la gerencia reducir el número de veces que se tiene que hacer esta preparación.
2. Afrontar variaciones en la demanda del producto: si conocemos con exactitud demanda del producto, entonces será posible (pero no necesariamente económico) producir el artículo en la cantidad exacta para satisfacer la demanda. Sin embargo, normalmente no conocemos por completo la demanda, por lo que se deben mantener existencias de reserva o colchón para absorber esta variación.
3. Permitir flexibilidad al programar la producción: las existencias en el inventario alivian la presión sobre la capacidad que el sistema de producción tiene para poner en circulación los bienes. Esto último provoca tiempos de entrega más largos, lo que permite planear la producción para que fluya de manera más uniforme y también costos de operación más bajos gracias al mayor tamaño de los lotes producidos. Por ejemplo, los costos elevados de la preparación hacen aconsejable producir un volumen mayor de unidades una vez que las máquinas están preparadas.
4. Ofrecer una salvaguarda contra las variaciones en los tiempos de entrega de las materias primas: Cuando pedimos materiales a un proveedor pueden producirse demoras por diversas razones: una variación normal en los

---

<sup>38</sup> CHASE, Richard B., *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. Mc Graw Hill, México: Decima Edición, 2005. Pág. 576, 579.

tiempos de embarque, una escasez de materiales en la planta del proveedor que ocasione la acumulación de pedidos atrasados, una huelga inesperada en la planta del proveedor o en alguna de las compañías transportistas, un pedido extraviado o un embarque de material equivocado o defectuoso.

5. Sacar provecho del tamaño económico de la orden de compra: Colocar un pedido entraña costos; entre ellos, la mano de obra, las llamadas telefónicas, la mecanografía, el franqueo postal, etc. Por tanto, cuanto mayor sea cada pedido, tanto menor será la cantidad de pedidos que tendrán que ser tramitados. Asimismo, los costos de embarque favorecen los pedidos grandes; cuanto mayor sea el embarque, tanto más bajo será el costo por unidad.”<sup>39</sup>

### **3.5. Programación de tareas**

#### **3.5.1. SPT (Shortest processing time)**

Esta regla se basa en programar los pedidos que tienen el tiempo de procesamiento más corto en primer lugar y los que tengan el mayor tiempo de procesamiento en último lugar. Esta regla involucra únicamente los tiempos de procesamiento de cada pedido y tiene como objetivo minimizar el promedio de trabajos en espera de ser procesados (Michael Pinedo, “*planning and scheduling in manufacturing services*”).

#### **3.5.2. EDD (Earliest due date)**

Esta regla se basa en programar los pedidos que tengan la fecha de entrega más cercana en primer lugar y los pedidos que tengan la fecha de entrega más lejana en último lugar. Esta regla únicamente tiene en cuenta las fechas de entrega de los pedidos y tiene como objetivo minimizar la tardanza máxima entre todos los trabajos (Michael Pinedo, “*planning and scheduling in manufacturing services*”).

#### **3.5.3. Razón Crítica**

Es una integración entre el tiempo de procesamiento y las fechas de entrega de los pedidos y busca obtener el menor número de trabajos retrasados. Esta regla se puede definir mediante la siguiente fórmula:

---

<sup>39</sup> CHASE, Richard B., *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. Mc Graw Hill, México: Decima Edición, 2005. Pág. 607,608.

$$\text{Razón crítica} = \frac{\text{Fecha de entrega} - \text{Tiempo presente}}{\text{Tiempo de procesamiento}}$$

### 3.5.4. Heurístico de R & M

Este método está basado en minimizar la tardanza ponderada, lo cual es equivalente a minimizar el tiempo de terminación ponderado, en este método se usa la razón peso de tiempo de procesado (RPTP). Al elegir la RPTP más grande equivale a elegir el menor cociente del tiempo de procesado y se produce la secuencia TPPC (Tiempo de procesado ponderado más corto).

Se define la holgura de un trabajo  $i$  como:

$$S_i = d_i - p_i$$

$S_i$  es la fecha de entrega menos el tiempo de procesamiento. Los trabajos con  $S_i$  pequeño están cerca de la tardanza, y su prioridad debe ser cercana al valor completo de RPTP. Si  $S_i$  es muy grande, pasara mucho tiempo para que sea tardío, por lo que su RPTP no debe contar mucho. La función exponencial  $e^{-x}$  se comporta de esta manera si  $x$  es función de  $S_i$ .

El tiempo promedio de procesado de los trabajos se define como:

$$P_{\text{prom}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

La razón  $S_j / P_{\text{prom}}$  es el número promedio de las duraciones de los trabajos hasta que el trabajo  $j$  es tardío. Esta es una cantidad más significativa que la holgura. Dado que los multiplicadores pueden no decrecer lo suficientemente rápido. Rachamadugu & Morton sugieren multiplicar  $P_{\text{prom}}$  por una constante  $k$ .

De acuerdo a esto se define la prioridad de un trabajo  $i$  como<sup>40</sup>:

$$\gamma_i = \frac{w_i}{P_i} e^{-\left[\frac{S_i}{kP_{\text{prom}}}\right]}$$

### 3.5.5. Algoritmo heurístico CDS (Cambell, Dudek y Smith):

Un algoritmo heurístico CDS, es una extensión del algoritmo de Johnson, y se basa en reducir el problema de  $m$  máquinas a uno de máquinas.

<sup>40</sup> NAHMIAS, Steven, *Análisis de la producción y las operaciones*. Mc Graw Hill, México: Quinta Edición, 2007. Pág. 405.

Sean  $P'_{i1}$  y  $P'_{i2}$  los tiempos de procesado para el problema de dos maquinas. Entonces, para un problema de  $m$  maquinas, se tiene<sup>41</sup>:

$$P'_{i1} = \sum_{j=1}^k P_{ij} \quad y \quad P'_{i2} = \sum_{j=1}^m P_{ij}$$

Al igual que en la regla de Johnson, se priorizan los trabajos según el tiempo de procesado. Si el tiempo de procesado de la maquina 1 es el menor, este trabajo se programa de primero y se elimina, si el tiempo de procesado menor corresponde a la máquina 2, este trabajo se procesa de último y así se van programando todos los trabajos.

De esta forma se crean  $m-1$  programas posibles y entre estos se selecciona el mejor.

---

<sup>41</sup> SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert L. Jr. *Planeación y control de la producción*. México: McGraw-Hill, 2004, 657 Págs.

## 4. ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO ACTUAL

### 4.1. Análisis técnico de los recursos actuales

Antes de planear la producción y establecer un programa de producción es necesario conocer detalladamente con que recursos cuenta la empresa, para así saber que limitaciones existen, que fortalezas tienen y de qué forma se pueden aprovechar de la mejor manera.

Para esto se analizaron varios puntos que se describen a continuación:

#### 4.1.1. Instalaciones

Las instalaciones de la empresa se encuentran ubicadas en Bogotá en la Cll13 # 79 - 80. En este lugar se encuentra la única planta de producción de la Empresa en la cual se fabrican todos los productos.

La planta cuenta con tres pisos y un área total de 2524 mts<sup>2</sup>; en el primer piso (sótano con un área de 1434 mts<sup>2</sup>) se encuentran las operaciones de elaboración de panal, acolchado y corte de bandas, además de amplias zonas de almacenamiento de materias primas y productos en proceso; en el segundo piso (1090 mts<sup>2</sup>) se elabora todo lo concerniente a tapas, bandas y el ensamble de todas las partes del colchón, al igual que se almacenan los colchones terminados y en el tercer piso se fabrican los somieres, adicionalmente en los pisos más altos se encuentra el área administrativa.

A parte de este terreno, Colchones EIDorado cuenta con locales distribuidos en varias ciudades del país que sirven como puntos de ventas directos.

#### 4.1.2. Maquinaria y equipos

Las máquinas y equipos que tiene la empresa para la producción, se encuentran especificadas en el **ANEXO H**. Sin embargo, actualmente no todas las máquinas se utilizan debido a problemas con proveedores y a cambios en el proceso productivo que han hecho que se eliminen ciertos procesos y se modifique otros. En este punto es importante resaltar que los panales troquelados que antes se elaboraban completamente hoy en día se compran hechos, esto ha modificado el proceso productivo, eliminado las operación de armado manual de paneles y la

elaboración de fleje clip, y cambiando también los costos de estos productos y el uso de ciertas máquinas y recursos que se han destinado a otras actividades.

De acuerdo con esto, las máquinas que se utilizan en la actualidad se muestran en la **Tabla 0**, especificando las disponibilidades actuales en minutos al mes (para un turno de 8 horas y 22 días hábiles al mes), teniendo en cuenta las paradas por mantenimientos que se realizan mensualmente.

**Tabla 0.** Maquinaria y equipos

#	Operación	Máquina	Cantidad	Disponibilidad min/mes
1	Elaboración de resortes	Resortera RES-0,1	1	61500
2	Elaborar panel	Ensambladora EMSA-0,1	1	61920
		Ensambladora Manual EMSM-0,2	1	61920
3	Cortar alambre	Cortadora Varilla Cal 6 CVR 0,1	1	62280
6	Enmarcar	Máquina manual para enmarcado panel 0,1 GRAEN-0,1	1	62280
7	Cortar fieltro	Cortadora neumática de fieltro CNF-0,1	1	62280
8	Grapar fieltro	Máquina manual para tapado panel 0,2 (MMTP 0,3)	1	62280
9	Elaborar rollo de espuma	Máquina fileteadora de espuma	1	62280
10	Acolchar	Acolchadora MACOL-0,1	1	62220
		Acolchadora CNC Griebtz international CCQ 5000	1	62220
11	Cortar tapa	Cortadora electroneumática de tapas CTACOL-0,3	1	62280
12	Filetear tapa	Máquina fileteadora costura Porter Tapas MQF 0,6	1	62280
		Máquina fileteadora costura Porter P-504 Tapas MQF 0,4	1	62280
13	Filetear remates	Máquina plana codo grande remate MQP 0,7	1	62280
14	Coser etiquetas	Máquina colocar marquillas zigzag MQZ 0,1	1	62280
15	Cortar bandas	Cortadora neumática de bandas CBACOL-0,2	1	62280
16	Filetear bandas	Máquina fileteadora doble cabezote costura PORTER P-504 MQF 0,5	1	62280
17	Unir bandas	Máquina fileteadora Mauser special 516 MQF 0,2	1	62280
		Máquina fileteadora Mauser special 515 MQF 0,3	1	62280
18	Coser manijas	Máquina plana Punto GCG-28 MQP 0,3	1	62280
		Máquina plana Punto GCG-28 MQP 0,5	1	62280
		Máquina plana Punto GCG-28 MQP 0,6	1	62280
21	Tapizado	Máquina manual para tapado panel 0,2 (MMTP 0,3)	1	62280
		Máquina manual para tapado panel 0,2 (MMTP 0,2)	1	62280
22	Cerrar colchón	Cerradora de colchones MCC-0,1	1	62220
		Cerradora de colchones MCC-0,2	1	62220

**Fuente.** Información suministrada por el jefe de producción de Colchones EIDorado.

El mantenimiento de las máquinas en casos puntuales (ensambladora, acolchadora y resortera) es hecho por los operarios de las máquinas, para el resto de máquinas existe una persona encargada del mantenimiento que establece los tiempos destinados para estos.

#### 4.1.3. Recursos humanos

La planta de personal de producción de Colchones EIDorado cuenta con 28 personas divididas así:

**Tabla 1.** Número de operarios

PUESTO DE TRABAJO	# OPERARIOS
ACOLCHADORA	1
ARMADO MANUAL	1
ARMADO MANUAL/FILETEADO ESPUMA	1
CASSATA - POWER - TAPIZADO	1
CERRADO	2
COSTURA	7
EMPAQUE	1
ENMARCADO	1
ENSAMBLADORA	2
JEFE COMPRAS	1
JEFE MANTENIMIENTO	1
JEFE PROCESOS	2
MARCOS	1
RESORTERA	1
SERVICIO TECNICO	1
SOMMIERES	1
TAPADO	1
TAPIZADO	2

**Fuente.** Información recopilada durante el trabajo y validada con el jefe de producción de colchones EIDorado.

En la **Tabla 1** se consideran los jefes (compras, mantenimiento y procesos), al igual que la persona de servicios técnicos. Si quitamos estos puestos de trabajo y el operario de sommieres y cassata (ya que estos procesos no están incluidos

dentro del alcance del proyecto) tendríamos un total de 22 personas en el área de producción de colchones.

La mayoría de empleados cuentan con más de 7 años de experiencia en la Empresa y han rotado por los diferentes puestos de trabajo, por lo tanto conocen el proceso y poseen flexibilidad para cambiar de operación. Esto facilita la ubicación de los puestos de trabajo y la planeación de la producción, sin embargo afecta la calidad del producto final, ya que varían los procedimientos.

Según los picos de producción, la Empresa contrata más personal de ser necesario o trabaja horas extras con el fin de cumplir con todas las obligaciones y pedidos que tiene. Este punto es importante resaltarlo ya que este trabajo pretende de una forma lógica y coherente determinar cuando realmente se necesitan más recursos y como maximizar los recursos que se tienen actualmente.

Además de esto, en Colchones EIDorado tiene políticas de incentivos para los trabajadores del área de producción, esto lo hacen con el fin de aumentar la producción, premiar el esfuerzo de los trabajadores y compensar el trabajo que estos realizan y el aporte que dan a la Empresa. Según la experiencia, la productividad y la disposición a trabajar, los operarios tienen distintos rangos de compensación.

En condiciones normales se trabaja un solo turno distribuido así:

<b>Jornada</b>	<b>7:00am a 5:00pm</b>
<b>Descansos</b>	<b>9:30am a 9:45am y 3:30pm a 3:45pm</b>
<b>Almuerzo</b>	<b>12:00m a 1:00pm</b>

#### **4.1.3.1. Descripción de actividades en los puestos de trabajo**

**Acolchadora:** encargado de realizar el set up de máquina, que involucra el cambio de la figura y de las agujas, bajar y subir los rollos de algodón, guata, tela y espuma. Es responsable de monitorear el desarrollo de la operación con el fin de parar si detecta imperfectos y cambiar los hilos de las diferentes agujas. Tiene a su cargo la labor adicional del mantenimiento de la acolchadora.

**Armado manual:** tiene a su cargo la labor de ensamblado manual de panales de medidas especiales.

**Fileteado espuma:** encargado de coser las láminas de espuma para elaborar el rollo de espuma. Debe traer las láminas y montar y desmontar el rollo.

**Cerrado:** encargado de coser los bordes de la tapa con los bordes de la banda para cerrar el colchón. Tiene a su cargo la labor adicional del mantenimiento de la cerradora.

**Costura:** Desarrollan operaciones, de coser tapa, coser etiqueta, coser remates, prensar ventiladores de aire, coser manijas, elaborar manijas, coser fuelles, elaborar fuelles y coser bandas.

**Empaque:** encargado de medir, inspeccionar y empaclar los colchones terminados.

**Enmarcado:** encargado de asegurar los marcos y los resortes industriales al panal.

**Ensambladora:** encargado de ubicar manualmente los resortes y operar la máquina. Tiene a su cargo la labor adicional del mantenimiento de la ensambladora.

**Marcos:** Encargado de operar la cortadora de varilla, doblar varillas y soldar varillas para obtener los marcos.

**Resortera:** encargado de operar la resortera, inspeccionar los resortes y organizarlos en lote. Tiene a su cargo la labor adicional del mantenimiento de la resortera.

**Tapado:** encargado de grapar la lámina de fieltro al panal con marco.

**Tapizado:** encargado de grapar las dos tapas mediante el fuelle, ubicar las esquineras de espuma y ubicar la banda.

#### 4.1.4. Tipos de Colchones

Los colchones que produce la Empresa se pueden dividir en colchones resortados y cassatas, sin embargo el alcance de este trabajo no contempla las cassatas, por ser un producto que requiere un proceso diferente y que se compra listo para acolchar por lo tanto requiere un trabajo menor. Entre los colchones resortados están los espiralados y los troquelados. Como se comento anteriormente, los troquelados antes se hacían desde los panales pero en la actualidad por problemas con el proveedor de los insumos fue necesario recurrir a panales ya elaborados, por un precio más alto.

Para la toma de tiempos y los requerimientos de materiales se tuvo en cuenta la situación actual de la Empresa, es decir, que se compran hechos los panales de ciertas referencias y de determinadas medidas. Para esto se eliminaron las operaciones de fabricación de los panales troquelados.

Las referencias que se tomaron en cuenta para este trabajo son 15, donde las variaciones entre estas referencias son por ciertos materiales que se utilizan, sin embargo la gran mayoría tienen procesos productivos muy semejantes. En cada referencia se encuentran entre 5 y 7 medidas diferentes que también tiene variaciones en la cantidad de materiales que utilizan, pero conservan las mismas especificaciones. La **Tabla 2** se muestra las 15 referencias trabajadas con sus respectivas medidas que dan un total de 97 productos:

**Tabla 2.** Referencias trabajadas

Referencia	Medidas	Referencia	Medidas	Referencia	Medidas
Doraflex	90x190	Lyron	90x190	Super Dorado	90x190
	100x190		100x190		100x190
	120x190		120x190		120x190
	130x190		130x190		130x190
	140x190		140x190		140x190
Samadhi	90x190	Cleopatra	90x190	Faraón	90x190
	100x190		100x190		100x190
	120x190		120x190		120x190
	130x190		130x190		130x190
	140x190		140x190		140x190
	160x190		160x190		160x190
200x200	200x200	200x200			
Eclipse	90x190	Dueño Dorado	90x190	Sunshine	90x190
	100x190		100x190		100x190
	120x190		120x190		120x190
	130x190		130x190		130x190
	140x190		140x190		140x190
	160x190		160x190		160x190
200x200	200x200	200x200			
Continental	90x190	Dorado Suite	90x190	Golden	90x190
	100x190		100x190		100x190
	120x190		120x190		120x190
	130x190		130x190		130x190
	140x190		140x190		140x190
	160x190		160x190		160x190
200x200	200x200	200x200			
Inspiration	90x190	Kingdom Relax	90x190	Elegance	90x190
	100x190		100x190		100x190
	120x190		120x190		120x190
	130x190		140x190		140x190
	140x190		160x190		160x190
	160x190		200x200		200x200
200x200					

**Fuente.** Información recopilada durante el trabajo y validada con el jefe de producción de colchones EIDorado.

#### 4.1.5 Materias Primas

Para establecer las cantidades de materias primas utilizadas, primero se listaron todos los productos y posteriormente se estableció una unidad de medida estándar para cada materia prima. Usando como referencia las especificaciones de cada colchón y de cada medida, se pudieron establecer las cantidades requeridas por cada referencia y para cada medida de colchón. En el Capítulo **5.4.1.1 Costos de materiales**, se hace un resumen detallado del procedimiento para la obtención de las cifras de la cantidad de materias primas requeridas para fabricar cada referencia y medidas de colchón.

Además se establecieron los tiempos de entrega de pedidos de los proveedores, los lotes de pedidos y los costos de cada materia prima por unidad establecida.

### 4.2. Análisis de la capacidad

Para garantizar la confiabilidad del trabajo realizado es fundamental partir de bases confiables y reales. Por esto, fue necesario tomar los tiempos cronometro de cada una de las operaciones del proceso productivo de Colchones ElDorado, ya que estos tiempos se encontraban desactualizados.

#### 4.2.1. Estudio de tiempos cronometro

El estudio de tiempos cronometro se realizó para todas las operaciones del proceso productivo, teniendo en cuenta, los diferentes tipos de colchones, los operarios que realizan cada actividad y todos los elementos que participan de la operación. La **Tabla 3** resume las condiciones del estudio de tiempos.

**Tabla 3.** Condiciones del estudio de tiempos

Condiciones del Estudio de Tiempos	
Fecha de Inicio	Junio 10 de 2009
Fecha de terminación	Agosto 31 de 2009
Jornada:	De 7:00 a 17:00
Almuerzo:	De 12:00 a 13:00
Descansos:	De 9:30 a 9:45 De 15:30 a 15:45

Dadas las características del proceso de fabricación de colchones, se tomaron 25 muestras de la mayoría de las actividades de cada una de las operaciones. Algunas actividades como el set up de máquinas, acolchadora y cortadora de bandas implicaban tiempos de 1 hora y se realizaban únicamente máximo 4 veces al día, así que se tomaron 10 tiempos.

Como se expuso antes, los operarios implicados en el proceso de fabricación son personas que cuentan con un promedio de 7 años de experiencia y conocen a fondo las operaciones a su cargo, lo cual permitió obtener datos confiables sobre el tiempo de realización de una operación.

La toma de tiempos se realizó por medio de videograbación con cámara digital y computador personal, facilitando la calificación del desempeño y obteniendo tiempos confiables dadas las características del software de edición que permite observar una y otra vez el video, pausar, adelantar, atrasar y medir del tiempo hasta con una precisión de milisegundos.

#### **4.2.2. Rating Factor**

Con el fin de obtener los tiempos cronómetros adecuados se determinó el Rating Factor según los parámetros de medición que se muestran en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Rating factor

<b>80</b>	Muy Lento
<b>90</b>	Lento
<b>100</b>	Normal
<b>110</b>	Muy Rápido
<b>120</b>	Rápido

Fuente.<sup>42</sup>

Debido a que la planeación de la producción se hace de forma empírica, de acuerdo a la experiencia y criterio del jefe de producción, en algunos momentos de la toma de tiempos se observó rotación de recursos a otras operaciones y aumentos en el desempeño del operario por faltantes en otras operaciones. Todo esto fue calificado de acuerdo a la tabla para mantener un estándar y obtener datos confiables.

---

<sup>42</sup> Se elaboró la tabla de acuerdo al promedio entre los parámetros sugeridos por el jefe de producción y los sugeridos por los desarrolladores del presente trabajo.

### 4.2.3. Suplementos

Para determinar los tiempos estándares “justos” se tuvieron en cuenta los suplementos. Para determinar el porcentaje de suplementos se analizó cada operación y se determinó que tipo de suplementos presentaba. En general, los suplementos encontrados eran los suplementos constantes y en algunas operaciones también había suplementos por trabajo de pie y por el transporte de cargas. Las otras condiciones eran normales y no representaban esfuerzos extras de los trabajadores que afectarían la productividad.

### 4.2.4. Obtención del tiempo estándar por operación

Para la obtención del tiempo estándar de cada una de las operaciones se usó el formato mostrado en la **Figura 12**.

**FIGURA 12.** Formato para observación de estudio de tiempos

FORMATO PARA OBSERVACION DE ESTUDIO DE TIEMPOS													
Fecha:		16/06/2009			Operario:		Mauricio buitrago						
Operación:		Elaborar resortes			Observador:		Daniel Ippolito						
DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	Cicl	Poner rollo de alambre en máquina		Elaboración de resortes en máquina		Organización de resortes terminados		Empaque de resortes terminados					
		C	TO	TN	C	TO	TN	C	TO	TN			
Nota													
1	100	3,00	3,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
2	100	2,98	2,98	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
3	100	3,13	3,13	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
4	100	3,11	3,11	100	0,14	0,14	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
5	100	3,23	3,23	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
6	100	3,23	3,23	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
7	100	3,23	3,23	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
8	100	2,93	2,93	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
9	100	3,00	3,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
10	100	3,00	3,00	100	0,14	0,14	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
11	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
12	100		0,00	100	0,14	0,14	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
13	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
14	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
15	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
16	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
17	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
18	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
19	100		0,00	100	0,14	0,14	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
20	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,03	0,03	100	0,98	0,98	0
21	100		0,00	100	0,14	0,14	100	0,03	0,03	100	0,99	0,99	0
22	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
23	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
24	100		0,00	100	0,15	0,15	100	0,02	0,02	100	0,99	0,99	0
25	100		0,00	100	0,15	0,1	100	0,02	0,02	100	0,98	0,98	0
Resumen													
TO Total		30,8466		3,696166667		0,46658		24,61066667		0			
TN Promedio		3,08		0,15		0,02		0,99		0			
% Suplemento		13%		13%		13%		13%		13%			
# Ocurrencias		4500		10		1		720		1			
T. est. Elemen		0,00068548		0,014784667		0,0174815		0,001375326		0			
Tiempo Estándar Total											0,034328		
Verificación de tiempos		Resumen de Suplementos				Observaciones							
Hora terminación	17:00	Necesidades personales		5%		Tiempo estándar de producción de 1 resorte							
Hora inicio	9:00	Fatiga básica		4%									
		Fatiga variable		4%									
		Especial											
		% Suplementos total		13%									

Fuente. NIEBEL, Benjamin W. y FREIVALDS, Andris, *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11ª Edición, México: Alfaomega, 2004, Pág. 392.

A forma de ejemplo se muestra en la **Figura 12**, los componentes para la obtención del tiempo estándar. Dividido en cuatro actividades de las cuales se tomaron 25 observaciones excepto de la actividad poner rollo de alambre en máquina, ya que ocurre únicamente entre 3 y 4 veces al día.

Los suplementos fueron calculados de acuerdo a la tabla de suplementos revisados<sup>43</sup>, en los suplementos de fatiga variable se calificó con 4% porque es un trabajo de pie (2%) y trabajo fino de precisión, por la inspección (2%).

De la misma forma están registrados los tiempos y se obtuvo el tiempo total estándar de la operación para todas las operaciones. *Ver Anexo G.*

#### ***4.2.5. Consideraciones especiales para la obtención del tiempo total estándar de algunas operaciones:***

Es importante describir como se hizo la toma de tiempos, para que en caso de que se utilice la información posteriormente, se entienda las consideraciones que se hicieron y pueda hacer modificaciones fácilmente, en caso de que cambien las condiciones de las operaciones.

##### **Operación 1 – Elaboración de resortes**

Esta operación se realiza en la resortera, es una máquina industrial que convierte el alambre de calibre 12.5 en resortes de un peso aproximado de 43,5gr. La capacidad de abastecimiento de la resortera es un rollo de alambre de peso aproximado 200Kg, que permite producir de forma continua aproximadamente 4500 resortes quitando el 1,5% de desperdicio establecido para esta máquina. Esta operación cuenta con un único operario quien es el encargado de operar la máquina y organizar los paquetes de resortes.

La operación se dividió en 4 actividades:

- Poner rollo de alambre en máquina: se usó una frecuencia de 4500 ya que cada 4500 resortes en promedio se tienen que cambiar el rollo de alambre.
- Elaboración de resortes: se usó una frecuencia de 10 ya que el tiempo de elaboración cada resorte es muy pequeño.
- Organización de resortes terminados.

---

<sup>43</sup> NIEBEL, Benjamin W. y FREIVALDS, Andris, *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11ª Edición, México: Alfaomega, 2004, Pág. 453.

- Empaque de resortes terminados: se usó una frecuencia de 720 ya que un paquete pesa en promedio 31,4Kg por lo tanto contiene 720 resortes.

Se usaron las anteriores frecuencias para poder obtener el tiempo estándar total de la operación para elaborar un resorte y así estandarizar el tiempo para todos los colchones.

### **Operación 2 – Elaboración de panal**

Esta operación se realiza en la ensambladora, es una máquina industrial que permite unir los resortes, a través de un alambre en espiral, formando un panal. La capacidad de abastecimiento de esta máquina es un rollo de calibre 17 de un peso aproximado de 150Kg. En promedio un panal requiere 1,5Kg de alambre lo cual sugiere que el rollo se cambia cada 100 panales. La operación se dividió en dos actividades: Chequeo preliminar y ubicar de resortes, y unir resortes (Accionar máquina), para las cuales se tomo una frecuencia de 10 ya que el tiempo fue tomado para 10 resortes, Esta operación cuenta con un solo operario.

De esta forma obtuvimos el tiempo estándar total de la operación por resorte.

### **Operación 3 – Cortar alambre**

Esta operación se realiza con una máquina industrial que permite ser abastecida con un rollo de alambre calibre 7 de 242kg y corta las varillas según las medidas requeridas. La operación cuenta con un solo operario quien solo realiza el setup de la máquina según las medidas requeridas y acciona la máquina. La operación se dividió en dos actividades:

- Ubicar rollo de alambre: con una frecuencia de 942 ya que una varilla de un metro pesa 0,245 kg entonces el rollo lo cambian cada 942 metros.
- Cortar varilla: El número de ocurrencias se hizo igual al número de metros de varilla cortados en el tiempo tomado (5,6metros).

De esta forma se obtuvo el tiempo total estándar de la operación para cortar un metro de varilla.

### **Operación 4 – Doblar marco**

Esta operación se realiza con una máquina manual que permite ser modificada para obtener las medidas requeridas de los marcos. Esta operación cuenta con un operario. La operación se dividió en las siguientes actividades: Alistamiento de

máquina, Doblar varilla (para la que se uso una frecuencia de 10 ya que el operario dobla 10 marcos por pasada) y almacenar marco.

De acuerdo a esto se obtuvo el tiempo total estándar de la operación para doblar un marco de cualquier medida.

#### **Operación 8 – Grapar fieltro**

Esta operación se dividió en las siguientes actividades:

- 1 - Alistar panel
- 2 - Grapar lado 1
- 3 - Alistar lado 2
- 4 - Grapar lado 2
- 5 - Recargar grapadora

La frecuencia de las actividades 1,2,3 y 4 se estableció en 1,3 ya que en los días que se tomaron los tiempos de esta actividad únicamente pasaron por esta operación panales de 130x190. Para la última actividad se trabajo con una frecuencia de 2, ya que cada 2 panales se recarga la grapadora.

De acuerdo a esto se obtuvo el tiempo total estándar de la operación para un panel de 100x190 de cualquier referencia.

#### **Operación 9 – Elaborar rollo de espuma**

Esta operación se divide en las siguientes actividades:

- 1 - Unir espuma
- 2 - Acomodar espuma
- 3 - Traer espuma
- 4 - Poner hilo

Para las actividades 1y 2 se usó una frecuencia de 2 ya que el tiempo tomado fue para unir 2 metros de espuma. Para las actividades 3 y 4 se trabajó con una frecuencia de 50, debido a que el hilo y la espuma se cambian después de haber elaborado un rollo de 50 metros.

De acuerdo a estas consideraciones se obtuvo el tiempo total estándar de la operación para elaborar un metro de rollo de espuma.

#### **Operación 10 – Acolchar**

La operación de acolchado se dividió en las siguientes actividades:

- 1 - Acolchar

- 2 - Cambiar figura
- 3 - Poner rollo
- 4 - Cambiar hilo
- 5 - Bajar rollo acolchado

Para las actividades 2 y 3 se seleccionó una frecuencia de 300 ya que se realizan cada vez que se termina un rollo de 300 metros. La actividad 4 tiene una frecuencia de 50 ya que cada 50 metros se agotan el hilo. La actividad número 5 tiene una frecuencia de 120 ya que cada 120 metros en promedio se tiene que cambiar algún rollo, porque los rollos de guata, tela y espuma son de diferentes medidas.

### **Operación 15 – Cortar bandas**

Esta operación se divide en 3 actividades:

- 1 - Alistamiento de máquina
- 2 – Cortar banda
- 3 – Marcar y almacenar rollos

La actividad 1 y 3 tienen una frecuencia de 651 ya que se realizan cada vez que se termina o inicia un nuevo rollo y cada rollo tiene 93 metros del cual salen 7 rollos de banda. Es decir cada vez que se realiza esta operación salen 651 metros repartidos en 7 rollos de banda.

De acuerdo a estas consideraciones se obtiene el tiempo total estándar de la operación para cortar un metro de banda.

### **Operación 22 – Cerrar Colchón**

La primera consideración especial tiene que ver con el tiempo de cerrado de los colchones que tienen Confort top, los cuales llevan una colchoneta extra por encima y por ende su tiempo de cerrado es mayor. Se agruparon en colchones con tight top (sin colchoneta) y confort top de tal forma que se le pudiera sumar el tiempo extra a los que llevan confort top.

La segunda consideración especial para esta operación tiene que ver con el ajuste que se realizó para estandarizar los tiempos tomados de las diferentes referencias y obtener el tiempo total estándar para una medida de 100x190 así:

Medida	Tiempo cerrado
130x190	7.5 min
100x190	5.7 min

Ese mismo colchón para una medida de 100x190 se demora 5.7 min.

De esta forma se obtuvo el tiempo total estándar de la operación para el cerrado de un colchón de 100x190 de cualquier referencia.

#### 4.2.6. Estándar de tiempos para la fabricación de los componentes de un colchón.

**Tabla 5.** Estándar de tiempos por operación.

#	OPERACIÓN	Tiempo Estándar (Min)	Unidad de medida
1	Elaboración de resortes	0,034327565	Por resorte
2	Elaborar panel	0,042548508	Por resorte
3	Cortar alambre	0,085466484	Por varilla cortada
4	Doblar marco	1,12858	Por marco
5	Soldar marco	0,496748	Por marco
6	Enmarcar	4,339156667	Por panel enmarcado
7	Cortar fieltro	0,20126	Por tapa de fieltro (Cualquier medida)
8	Grapar fieltro	1,528918	Por panel de 100cmx190cm
9	Elaborar rollo de espuma	0,322425	Por metro
10	Acolchar	1,004426644	Por metro
11	Cortar tapa	0,466286793	Por tapa cortada (Cualquier medida)
12	Filetear tapa	1,118132	Por tapa fileteada (Cualquier medida)
13	Filetear remates	1,657028	Por tapa (Cualquier medida)
14	Coser etiquetas	2,191878	Por etiqueta
15	Cortar bandas	0,025861137	Por metro de banda
16	Filetear bandas	0,108516	Por metro de banda fileteada
17	Unir bandas	3,351691833	Por banda (Cualquier medida)
18	Coser manijas	2,794976	Por manija
19	Abrir huecos	0,353044	Por 4 huecos
20	Prensar ventiladores de aire	0,626528	Por 4 ventiladores
21	Tapizado	4,76305	Por medida de 100x190
22	Cerrar colchón	1,707701111	Por Colchón de 100x190 sin confort top
23	Empacar Colchón	3,366348	Por Colchón

Fuente. Recopilación de tiempos estándar de cada operación.

El tiempo extra de cerrado para un colchón que tenga Confort Top se estandarizó para un colchón de 100x190 y es de 2,0150 minutos.

De acuerdo a las necesidades de material de cada referencia y tamaño de colchón se obtiene el tiempo total de fabricación. Ver **ANEXO B1**.

#### **4.2.7. Control de inventario**

En la empresa existen políticas de inventario establecidas hace varios años y se ha venido trabajando desde entonces de esta forma. La política de inventarios para materias primas consiste en mantener como mínimo un inventario de materias primas que permita abastecer el proceso por 10 días (45% de la producción mensual) y en cuanto a producto terminado consiste en mantener un inventario mínimo para suplir la demanda de 5 días, esto en términos mensuales equivale a un 23%.

#### **4.2.8. Matriz de priorización de los problemas críticos del proceso productivo.**

La matriz de priorización de los problemas críticos del proceso productivo se estableció de acuerdo a los criterios de prioridad para la Empresa y viabilidad de tomar acciones al respecto. El objetivo principal de dicha matriz es identificar los problemas que se pueden atacar a través de herramientas de Ingeniería Industrial sin inversiones mayores a 1'000.000<sup>44</sup> y que no involucren temas sujetos a aprobación por parte de las directivas de Colchones EIDorado.

**Prioridad 1.** Es un problema crítico que afecta el proceso productivo y se tienen que tomar acciones preventivas y correctivas lo antes posible.

**Prioridad 2.** Es un problema que puede afectar al proceso productivo en un futuro o que impide que el proceso se desarrolle en condiciones óptimas.

**Viabilidad A.** Representa oportunidades de mejora que no involucran inversiones de dinero mayores a \$ 1'000.000 y no requieren la aprobación de las directivas de la empresa.

**Viabilidad B.** Representa oportunidades de mejora que están sujetas a la aprobación de las directivas de la empresa y/o involucran una inversión de dinero.

---

<sup>44</sup> Valor establecido de acuerdo al presupuesto con el que cuenta el jefe de producción para realizar cambios inmediatos.

**Tabla 6.** Matriz priorización problemas críticos.

Situación problema	Prioridad	Viabilidad
La maquinaria y equipos con los que se elaboraban los panales troquelados que se dejaron de fabricar, ocupan espacio y no desarrollan ninguna labor.	2	B
Hay máquinas de coser y fileteadoras que no se utilizan sino cuando una de estas operaciones se convierte en cuello de botella y hay que evacuar rápido el producto en proceso.	1	A
Hay constante rotación de operarios en los diferentes puestos de trabajo, esto sucede cuando alguna operación acumula mucho material (cuello de botella) en proceso y se tiene que agilizar la operación para evacuar este producto en proceso.	1	A
Durante el almuerzo y los descansos se para todo el proceso productivo.	1	A
El set up de la acolchadora es complejo y demorado (1 hora aprox.) todo esto debido a que existen diferentes figuras de acolchado, y no todos los colchones usan el mismo acolchado.	1	B
Los transportes del acolchado para bandas y tapas desde el primer piso al segundo son de 53,01 m y 65,29 m respectivamente, la operación siguiente está muy lejos.	1	B
La planeación de la producción semanal se hace de acuerdo a la experiencia del jefe de producción, quien de acuerdo a la demanda envía ordenes de producción y va a ajustando durante la semana.	1	A
Tienen políticas de inventario impuestas por el área administrativa desde hace varios años y se vienen trabajando así desde entonces.	1	B
El transporte de la estructura con fieltro al área de tapizado es de 41,64 m, las operaciones consecutivas están muy lejos.	1	B
No se conoce información acerca del % de utilización de los recursos disponibles en el proceso.	1	A
No se realiza un control periódico en las operaciones para determinar causas de demoras o problemas en la operación.	1	A
La operación inspección "Filetear remates" existe para corregir los errores cometidos en la operación de acolchado.	1	B
La operación de acolchado actualmente trabaja lotes de producción grandes de una sola referencia (300 metros – equivalente en # de colchones a 85) en comparación con las demás operaciones, que manejan lotes de una misma referencia máximo de 10 colchones. Esto aumenta el tiempo total de ciclo y produce acumulación de inventario de producto en proceso.	1	A

Fuente.<sup>45</sup>

<sup>45</sup> Tabla construida con base en los problemas identificados a través del diagrama de recorrido (anexo E), la gráfica de flujo (anexo D), diagrama de operaciones (Anexo C), la observación y el concepto del jefe de producción de Colchones ElDorado.

Según la **Tabla 6**, se tomaron como prioritarios los problemas calificados con 1 – A, ya que a través de herramientas de Ingeniería Industrial se pueden proponer soluciones y no requieren de la aprobación de las directivas ni una inversión de dinero mayor a \$1'000.000 que dilaten el proceso de mejoramiento.

## 5. ANALISIS DEL SISTEMA PRODUCTIVO PROPUESTO

### 5.1. Determinación de oportunidades de mejora y capacidad de producción

Una vez realizado el análisis de los recursos y capacidades actuales, por medio de herramientas de Ingeniería Industrial como ruta crítica, balanceo de línea, diagrama de operaciones, diagrama de recorrido, etc. Se destacaron oportunidades de mejora para los problemas calificados con 1 – B (Según la **Tabla 6**). Y los calificados con 1 – A (Según la **Tabla 6**) serán el objeto de mejora del presente proyecto.

#### 5.1.1. Ruta crítica

Para elaborar la ruta crítica se tomó el diagrama de operaciones y los tiempos de producción establecidos anteriormente.

Para poder unificar los tiempos en una sola ruta crítica que permitiera analizar de forma confiable la información se estableció un porcentaje de participación de cada medida de cada referencia en la producción de los colchones según datos históricos de ventas y con este porcentaje se elaboró un promedio ponderado de los tiempos de producción. Con esto se estableció la ruta crítica que se muestra en el **ANEXO D1**.

Con esta ruta crítica podemos establecer que la operación de coser manijas es la que más tiempo de fabricación requiere. Sin embargo, la ruta crítica no contiene esta operación; las operaciones de la ruta crítica son: (1) Elaborar Resortes y (2) Elaborar Panal, (6) Enmarcar, (8) Grapar Fieltro, (21) Tapizar, (22) Cerrar Colchón y (23) Tapizar. Por lo tanto, estas operaciones deben ser monitoreadas y buscar la reducción de los tiempos para reducir el tiempo total de producción, teniendo en cuenta las holguras y los cambios que una reducción produzca en la ruta crítica.

Además, es importante conocer el tiempo de holgura de las otras operaciones que no están dentro de la ruta crítica, porque la reducción de los tiempos de fabricación de estas no mejora el proceso. Por lo tanto, es importante revisar los tiempos y recursos que se utilizan en estas operaciones y buscar la forma de utilizarlas mejor.

Una consideración especial para el modelo propuesto tiene que ver con la reducción de los lotes de producción de la operación de acolchado, ya que actualmente se trabaja por rollos de 300 metros donde cada rollo corresponde a

una referencia que tiene una figura y tela diferente, lo que genera un tiempo de espera de aproximadamente 241 minutos para poder continuar con las operaciones posteriores.

Para la elaboración del modelo se estableció un tamaño de lote igual a la orden de pedido de cada referencia, esto con el fin de reducir el tiempo total de ciclo y los inventarios de producto en proceso. Esta consideración se hizo debido a que hace dos meses se adquirió una nueva acolchadora de control numérico, que permite trabajar el acolchado de forma unitaria.

Durante los descansos y almuerzo, se deben rotar las personas para que la planta no pare de producir en ningún momento. Si hay varios recursos en una operación se deben turnar para tomar los descansos y el almuerzo. En caso de ser un solo operario el encargado de la operación, únicamente para las operaciones críticas se debe dejar a alguna persona de otra operación no crítica reemplazando por el tiempo de los descansos y el almuerzo.

### **5.1.2. Balanceo de línea**

Al igual que con la ruta crítica, para el balanceo de línea se utilizaron los tiempos ponderados. Con estos tiempos se estableció el balanceo de línea actual y dos balanceos de línea propuestos (**ANEXO E1**).

En el balanceo de línea actual se puede ver que la utilización de los recursos es de un 39% de porcentaje de balanceo y donde la actividad crítica es (2) Elaborar Resortes.

El primer balanceo de línea propuesto tiene un porcentaje de balanceo de 50% donde la actividad crítica no varía ya que presenta una restricción de capacidad de la máquina, debido a que solo hay una máquina que no puede incrementar su rendimiento. Sin embargo se propone la unión del operario de las operaciones de (11) Cortar Tapa, (12) Filetear Tapa, (13) Filetear Remates en uno solo al igual que las operaciones de (16) Filetear Bandas, (17) Unir Bandas, (19) Abrir Huecos y (20) Prensar Ventiladores. De los 5 operarios que quedan libres se destina 1 a (18) Coser Manijas y sobrarían 4 operarios.

El segundo balanceo propuesto requiere un análisis más detallado, sin embargo, es una propuesta que la empresa puede estudiar y probar su viabilidad. Esta consiste en dejar un solo operario para las actividades de (3) Cortar Alambre, (4) Doblar Marco, (5) Soldar Marco, (17) Cortar Bandas y (18) Filetear Bandas, ya que son operaciones simples con tiempos inferiores al resto de actividades. Se eliminaría una persona de (10) Acolchar, una de (21) Tapizado y una de (22) Cerrar Colchón. Con esta segunda propuesta se obtendría un porcentaje de balanceo del 57% con 16 recursos.

Como se puede ver, el porcentaje de balanceo obtenido no es el ideal, aunque se mejora el porcentaje, en un 11% con la primera propuesta y en un 18% en la segunda, lo ideal es obtener un porcentaje de balanceo superior al 80%, pero en este caso no es posible lograr resultados superiores debido a la restricción que representa la operación (1) Elaboración de Resortes, que por la capacidad de la máquina no puede presentar una reducción de tiempos.

### **5.1.3. Diagrama de operaciones**

Con un ajuste de la acolchadora, lo cual implica una inversión en mantenimiento y calibración, se podría eliminar la operación inspección de Filetear remates porque el acolchado saldría sin hilos defectuosos. La operación filetear remates no se encuentra dentro de la ruta crítica sin embargo el recurso que se ahorra eliminando esta operación inspección puede ser reubicado en alguna de las operaciones críticas y así lograr una reducción en el tiempo total del proceso. En el Capítulo 7. Evaluación financiera, se encuentra en detalle la justificación en términos de costos de la eliminación de la operación inspección Filetear remates, ver Pág. 89.

### **5.1.4. Distribución de planta**

Con los diagramas de recorridos actuales se analizó la posibilidad de modificar la distribución de la planta, en particular, se buscó subir al primer piso las operaciones de acolchado, cortar y filetear bandas, con el fin de dejar toda la producción de acolchado de bandas y tapa en la parte de arriba y bajar las operaciones de cortar y grapar fieltro, para que las operaciones que tuvieran que ver con los panales quedaran en el sótano. Esto buscando reducir los transportes, mejorar la organización y limpieza, sin embargo las máquinas de acolchado son de grandes dimensiones y las columnas impiden su adecuada instalación.

Por lo tanto, no se modificó la distribución de la planta actual, pero se elaboró la gráfica de recorrido y la distribución de la planta, que posteriormente puede ser útil para la empresa para analizar futuras reestructuraciones y modificaciones.

### **5.1.5. Maquinaria y Equipo**

Con el análisis de tiempos se lograron establecer las capacidades de las máquinas de cada una de las operaciones del proceso productivo. Además, con la ruta crítica y el balanceo de línea se puede ver que la operación crítica es la de

Elaboración de resortes, que es la operación que requiere más tiempo teniendo en cuenta que solo existe una máquina que haga esta operación y un turno de trabajo.

En caso de aumentar la demanda y la producción, esta máquina representaría el cuello de botella y se tendría que buscar una opción para aumentar su producción. En primer lugar se debería revisar y analizar la operación, buscando optimizarla para reducir sus tiempos. También se puede analizar los desperdicios y productos no conformes que se producen en esta máquina para ver si con ajustes en la máquina, capacitación del operario, mantenimientos periódicos o cambios en las materias primas, se puede maximizar la producción.

En caso de no poderse reducir los tiempos de esta operación, entonces se deben estudiar cambios de horario, tales como trabajar en las horas de descanso, alternando a dos trabajadores, o trabajar horas extras.

En última instancia se puede evaluar la posibilidad de comprar una máquina más eficiente, bien sea para dejar 2 máquinas o para dejar solo la máquina nueva. Es importante que la empresa tenga presente los tiempos de operación y haga los cálculos correspondientes de capacidades y eficiencia de las máquinas para utilizar de forma los recursos tanto económicos como físicos.

En el caso del resto de máquinas, según los cambios en la demanda y en el proceso productivo se deben analizar de igual forma cada posibilidad.

#### **5.1.6. Control de Inventarios**

El alcance de este proyecto no involucra la determinación modelo complejo de control de inventarios, sin embargo el modelo de planeación de la producción elaborado y el proceso productivo analizado, le sirven a la empresa para determinar en el futuro con más exactitud las políticas de inventario adecuadas. Para la elaboración del modelo se hicieron reducciones en el inventario de producto en proceso, estableciendo un nivel de inventario del 10%, sin embargo, en el MRP establecido, se pueden hacer fácilmente las modificaciones pertinentes para que el modelo se adapte a las políticas establecidas.

## 6. DISEÑO DEL MODELO DE ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCION

### 6.1. Determinación de los Costos de Producción

El modelo de planeación de la producción debe tener un impacto financiero considerable para que realmente sea viable y significativo para la Empresa. Por esto antes de elaborar el modelo es importante tener en cuenta los costos de producción para de esta forma determinar cuáles costos son los que tienen mayor impacto y como se pueden modificar buscando optimizar el proceso.

#### 6.1.1. Costos de materiales

Los costos de las materias primas utilizadas en la fabricación de los colchones se establecieron con los requerimientos de materiales para cada referencia y medida. Para efectos de poder cuantificar estos requerimientos se estandarizaron las unidades de medida de cada materia prima.

Una vez estandarizadas las medidas se procedió a realizar los respectivos cálculos matemáticos para obtener el valor numérico requerido de cada materia prima para cada referencia y medida. A continuación se muestra el procedimiento para 3 materias primas de un colchón de Doraflex de 90x190:

#### **Cantidad de varilla 12 ½ (Resortes)**

- De acuerdo a las mediciones un resorte pesa aproximadamente 45,3gr.
- El panel se compone de 180 resortes.
- La resortera tiene un % de desperdicio del 1,8%.

Cantidad de varilla cal.12 ½ =  $(43,5 * 180) * 1,018 = 7.970\text{gr} = 7,97 \text{ Kg}$

La cantidad de varilla calibre 12 ½ necesaria para fabricar un panel de Doraflex de 90x190 es de 7,97Kg.

### **Tela Doraflex tapa**

- De acuerdo a las medidas se necesita  $0,9\text{m} + 0,1\text{m} = 1\text{m}$  y  $1,9\text{m} + 0,1\text{m} = 2\text{m}$ , se utiliza  $0,1\text{m}$  más de tela de la medida original para obtener la tapa de la medida exacta al final del proceso.

De esto se obtiene  $1\text{m} \times 2\text{m} = 2\text{ m}^2$  de tela, pero como son la tapa inferior y la tapa superior se convierte en  $4\text{ m}^2$  y sumando el 2% de desperdicio se obtiene  $4,08\text{m}^2$ , que es la tela necesaria para fabricar las tapas de una colchón Doraflex de  $90 \times 190$ .

### **Espuma D15 1cm Banda**

- largo de la banda =  $1\text{m} + 2\text{m} + 1\text{m} + 2\text{m} = 6\text{m}$ , teniendo en cuenta los  $0,1\text{m}$  extra para obtener la medida real después del proceso.

- La banda tiene  $0,2\text{m}$  de ancho +  $0,02\text{m}$  extra para obtener la medida real después del proceso =  $0,22\text{m}$ .

- Con esto se obtiene  $6\text{m} \times 0,22\text{m} = 1,32\text{ m}^2$  de espuma + 2% de desperdicio =  $1,35\text{ m}^2$ , que es la cantidad de espuma D15 de 1cm necesaria para hacer la banda de un colchón Doraflex de  $90 \times 190$ .

## **6.1.2. Consolidado costos de materiales**

En la **Tabla 7** se resumen los costos de materiales para un colchón Doraflex de  $90 \times 190$  y  $100 \times 190$  incluyendo todos los materiales involucrados en su construcción.

Hay que tener en cuenta que para las otras referencias se utilizan la mayoría de las materiales citados en la **Tabla 7**, pero algunos materiales varían entre referencias, es decir hay mas materiales involucrados en la construcción de todas las referencias de colchones.

**Tabla 7. Costos de materiales Doraflex.**

<b>DORAFLEX</b>			<b>90</b>		<b>100</b>	
			<b>CDR09</b>		<b>CDR10</b>	
<b>PANAL</b>	<b>V/R UNIT</b>	<b>UND MED</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>TOTAL</b>
Alambre C 12 ½	\$ 2.000	Kg	7,97	\$ 15.940	8,97	\$ 17.940
Alambre C 17 1070	\$ 3.240	Kg	0,92	\$ 2.986	1,38	\$ 4.485
Resorte Industrial	\$ 405	Kg	8	\$ 3.240	8	\$ 3.240
Alambre C 7	\$ 2.000	Kg	1,37	\$ 2.740	1,42	\$ 2.840
Fieltro fique 700 gr	\$ 2.785	m2	3,88	\$ 10.806	4,28	\$ 11.920
<b>SUBTOTAL PANAL</b>				<b>\$ 35.712</b>		<b>\$ 40.425</b>
<b>ACOLCHADO</b>						
Tela Doraflex Tapa	\$ 1.750	m2	4,08	\$ 7.142	4,54	\$ 7.944
Tela Doraflex Banda	\$ 1.750	m2	1,35	\$ 2.363	1,40	\$ 2.450
Espuma D15 1cm tapa	\$ 14.891	Kg	0,61	\$ 9.116	0,68	\$ 10.140
Espuma D15 1cm banda	\$ 2.593	m2	1,35	\$ 3.501	1,40	\$ 3.631
Guata 100 gr 2mt	\$ 1.450	m2	4,08	\$ 5.917	4,54	\$ 6.582
Politex 17 x 2.10 mt	\$ 292	m2	5,43	\$ 1.586	5,94	\$ 1.734
<b>SUBTOTAL ACOLCHADO</b>				<b>\$ 29.624</b>		<b>\$ 32.481</b>
<b>ACABADO Y EMPAQUE</b>						
Termodorado color 10 mm	\$ 3.875	m2	3,60	\$ 13.950	4,00	\$ 15.500
Tela refuerzo	\$ 1.735	m2	1,46	\$ 2.526	1,51	\$ 2.616
Cinta embono	\$ 115	m	12,32	\$ 1.417	12,76	\$ 1.467
Esquinera de espuma	\$ 2.400	Und.	1,00	\$ 2.400	1,00	\$ 2.400
Esquinera de cartón	\$ 410	Und.		\$ -		\$ -
Polietileno 100	\$ 7.700	kg	0,60	\$ 4.620	0,60	\$ 4.620
Polietileno banda	\$ 8.510	Kg	0,04	\$ 357	0,05	\$ 391
Sello Doraflex	\$ 1.435	Und.	1,00	\$ 1.435	1,00	\$ 1.435
<b>SUBTOTAL ACABADO Y EMPAQUE</b>				<b>\$ 26.705</b>		<b>\$ 28.430</b>
<b>SUBTOTAL MATERIAS PRIMAS</b>				<b>\$ 92.041</b>		<b>\$ 101.337</b>
<b>CARGA FABRIL</b>	<b>\$ 17.234</b>		<b>1,1</b>	<b>\$ 18.957</b>	<b>1,2</b>	<b>\$ 20.681</b>
<b>TOTAL COSTO DE MATERIALES</b>				<b>\$ 110.999</b>		<b>\$ 122.018</b>

**Nota:** No se publica la totalidad de la información ya que es considerada de carácter confidencial.

**Fuente:** Costos de materia prima suministrados por el jefe de producción de colchones EIDorado.

### 6.1.3. Costos de mano de obra directa

El costo de la mano de obra está determinado por operación con el fin de poder agregarle este valor a los costos operacionales. Para esto se tiene la información de los operarios de la planta y los salarios básicos. Con esta información se determinaron los salarios reales y con estos el costo por minuto de cada operación. Para los operarios que hacen varias operaciones, se determinó una ponderación del tiempo que se dedica a cada operación y así se estimaron los costos por operación.

Algunos operarios son bonificados por el mantenimiento mensual de la máquina que tienen a cargo, esto es un dinero que es entregado al jefe de producción y se reparte de acuerdo a la Tabla 8, esto es un dinero extra que se entrega por fuera de su básico y no es tenido en cuenta para las prestaciones legales.

Existen 2 cargos que representan labores administrativas y de supervisión para todas las operaciones que son el Jefe de procesos y el Jefe de compras. De acuerdo a su característica que involucra todas las operaciones se repartió el costo de estas dos operaciones proporcionalmente en las 23 operaciones.

Para los 2 cargos de mantenimiento se realizó la ponderación mostrada en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Ponderación mantenimiento por operación.

<b>Jefe de mantenimiento</b>	Acolchadora	25%
	Resortera	25%
	Ensambladora	25%
	Cerradora	15%
	Cortadora de varilla -fieltro - bandas	10%
<b>Servicio técnico</b>	Filetear tapa	20%
	Filetear remates	20%
	Coser etiqueta	20%
	Filetear bandas	20%
	Coser manijas	20%

**Fuente.** Porcentajes establecidos en reunión con el jefe de mantenimiento el 23 de septiembre de 2009.

Esta ponderación permite cargar los costos a las operaciones que realmente utilizan en mayor proporción los recursos y hacer más real el valor del costo por operación.

**Tabla 9.** Costo MOD de cada operación por minuto.

#	OPERACIÓN	Básico	Total prestaciones legales	Bonificación mantenimiento	COSTOS DE MOD POR OPERACIÓN	
					MES	MINUTO
1	Elaboración de resortes	\$ 922.500	\$ 198.540	\$ 100.000	\$ 1.221.040	\$ 124
2	Elaborar panel	\$ 1.612.500	\$ 347.042	\$ 120.000	\$ 2.079.542	\$ 205
3	Cortar alambre	\$ 59.500	\$ 12.806		\$ 72.306	\$ 15
4	Doblar marco	\$ 376.200	\$ 80.966		\$ 457.166	\$ 51
5	Soldar marco	\$ 165.300	\$ 35.576		\$ 200.876	\$ 27
6	Enmarcar	\$ 605.000	\$ 130.208		\$ 735.208	\$ 78
7	Cortar fieltro	\$ 103.600	\$ 22.297		\$ 125.897	\$ 20
8	Grapar fieltro	\$ 532.400	\$ 114.583		\$ 646.983	\$ 69
9	Elaborar rollo de espuma	\$ 570.000	\$ 122.675		\$ 692.675	\$ 74
10	Acolchar	\$ 1.612.500	\$ 347.042	\$ 60.000	\$ 2.019.542	\$ 199
11	Cortar tapa	\$ 550.000	\$ 118.371		\$ 668.371	\$ 71
12	Filetear tapa	\$ 671.000	\$ 144.413		\$ 815.413	\$ 85
13	Filetear remates	\$ 671.000	\$ 144.413		\$ 815.413	\$ 85
14	Coser etiquetas	\$ 671.000	\$ 144.413		\$ 815.413	\$ 85
15	Cortar bandas	\$ 356.000	\$ 76.618		\$ 432.618	\$ 49
16	Filetear bandas	\$ 446.000	\$ 95.988		\$ 541.988	\$ 59
17	Unir bandas	\$ 275.000	\$ 59.186		\$ 334.186	\$ 40
18	Coser manijas	\$ 396.000	\$ 85.227		\$ 481.227	\$ 54
19	Abrir huecos	\$ 275.000	\$ 59.186		\$ 334.186	\$ 40
20	Prensar ventiladores de aire	\$ 275.000	\$ 59.186		\$ 334.186	\$ 40
21	Tapizado	\$ 1.380.000	\$ 297.004		\$ 1.677.004	\$ 167
22	Cerrar colchón	\$ 1.519.500	\$ 327.027	\$ 60.000	\$ 1.906.527	\$ 189
23	Empacar Colchón	\$ 550.000	\$ 118.371		\$ 668.371	\$ 71

**Fuente.** Remuneraciones suministradas por el jefe de producción de colchones EIDorado.

Una vez determinados los costos por operación, se multiplicó este por los minutos que requería cada referencia de colchón para así sacar los costos de mano de obra por colchón. La **Tabla 10** muestra los valores para la referencia Doraflex de 90x190 y 100x190.

**Tabla 10. Costo MOD Total Doraflex.**

#	OPERACIÓN	MES	MINUTO	Cantidad de min. Req.		Total costo MOD	
				Doraflex 90x190	Doraflex 100x190	Doraflex 90x190	Doraflex 100x190
1	Elaboración de resortes	\$ 1.221.040	\$ 124	6,29	7,08	\$ 778	\$ 875
2	Elaborar panel	\$ 2.079.542	\$ 205	7,80	8,77	\$ 1.598	\$ 1.798
3	Cortar alambre	\$ 72.306	\$ 15	0,12	0,12	\$ 2	\$ 2
4	Doblar marco	\$ 457.166	\$ 51	1,13	1,13	\$ 58	\$ 58
5	Soldar marco	\$ 200.876	\$ 27	0,50	0,50	\$ 13	\$ 13
6	Enmarcar	\$ 735.208	\$ 78	4,34	4,34	\$ 337	\$ 337
7	Cortar fieltro	\$ 125.897	\$ 20	0,20	0,20	\$ 4	\$ 4
8	Grapar fieltro	\$ 646.983	\$ 69	1,38	1,53	\$ 95	\$ 106
9	Elaborar rollo de espuma	\$ 692.675	\$ 74	0,77	0,81	\$ 57	\$ 59
10	Acolchar	\$ 2.019.542	\$ 199	2,41	2,51	\$ 480	\$ 500
11	Cortar tapa	\$ 668.371	\$ 71	0,47	0,47	\$ 33	\$ 33
12	Filetear tapa	\$ 815.413	\$ 85	1,12	1,12	\$ 95	\$ 95
13	Filetear remates	\$ 815.413	\$ 85	1,66	1,66	\$ 141	\$ 141
14	Coser etiquetas	\$ 815.413	\$ 85	2,19	2,19	\$ 187	\$ 187
15	Cortar bandas	\$ 432.618	\$ 49	0,14	0,15	\$ 7	\$ 7
16	Filetear bandas	\$ 541.988	\$ 59	0,61	0,63	\$ 36	\$ 37
17	Unir bandas	\$ 334.186	\$ 40	3,35	3,35	\$ 133	\$ 133
18	Coser manijas	\$ 481.227	\$ 54	11,18	11,18	\$ 599	\$ 599
19	Abrir huecos	\$ 334.186	\$ 40	0,35	0,35	\$ 14	\$ 14
20	Prensar ventiladores de a	\$ 334.186	\$ 40	0,63	0,63	\$ 25	\$ 25
21	Tapizado	\$ 1.677.004	\$ 167	4,29	4,76	\$ 715	\$ 795
22	Cerrar colchón	\$ 1.906.527	\$ 189	3,59	3,76	\$ 676	\$ 709
23	Empacar Colchón	\$ 668.371	\$ 71	3,37	3,37	\$ 240	\$ 240
<b>TOTAL</b>				<b>57,87</b>	<b>60,60</b>	<b>\$ 6.323</b>	<b>\$ 6.767</b>

**Fuente.** Remuneraciones suministradas por el jefe de producción de colchones EIDorado. Tiempos recopilados durante el presente trabajo.

#### 6.1.4. Costos de subcontratación

La política de la empresa de horas extras y contratación de más personal en temporadas tiene un impacto importante en los costos de producción por esto es importante cuantificar este ítem.

- Los costos por horas extras se obtiene de acuerdo al artículo 24 de la Ley 50 de 1990, multiplicando el salario real por 1,25 diurno y 1,75 nocturno.

- Los costos por contratación incluyen la dotación que recibe el trabajador y la capacitación al momento de ingresar.

En el caso de la dotación, se le entrega un overol de la empresa y en caso de requerirlo tapa bocas, tapa oídos y guantes. Se realizó una ponderación del número de operaciones que utilizan estos elementos de protección obteniendo los siguientes datos:

- Guantes: 7 operaciones
- Tapa bocas: 10 operaciones
- Tapa oídos: 3 operaciones

De acuerdo a esta información se realizó un promedio ponderado para el valor promedio requerido en elementos de protección cuando se contrata un trabajador.

Costo promedio elementos protección =  $((\$4000*10) + (\$10000*7)+(\$25000*3))/23$   
= \$8043

Las capacitaciones que recibe el personal nuevo varían según el tipo de trabajo que vaya a realizar y la complejidad que este requiera. Para operaciones simples, el tiempo destinado es de 4 horas, mientras que para operaciones complejas el tiempo de capacitación es de 8 horas. Se realizó una ponderación de los requerimientos en horas para la capacitación de las 23 operaciones obteniendo los siguientes resultados:

- 4 horas de capacitación: 15 operaciones.
- 8 horas de capacitación: 8 operaciones.

De acuerdo a esta información se realizó un promedio ponderado para el número de horas requeridas de capacitación.

# Horas requeridas para capacitación =  $((4*15) + (8*8))/23 = 5,4$  horas

Para estimar los costos de capacitación se tomó el salario promedio de los operarios (ya que estos son los que realizan las capacitaciones) y se estimo el

costo de trabajo del tiempo de capacitación que equivale a 5,4 horas para cualquier operación para la cual se contrate.

La **Tabla 11** resume los costos totales de contratar un recurso para cualquier operación.

**Tabla 11.** Costos contratación.

<b>COSTOS DE CAPACITACIÓN</b>	
5,4 horas del turno – Capacitador	\$ 20.145
5,4 horas del turno – Capacitado	\$ 20.145
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40.290</b>
<b>COSTOS DOTACIÓN</b>	
Overol	\$ 30.000
Ponderación elementos protección	\$ 8.043
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 38.043</b>
<b>COSTO CONTRATACIÓN</b>	<b>\$ 78.333</b>

- Los costos de despidos según la ley para contratos a término fijo, corresponden a los días que falten para la terminación del contrato.

#### 6.1.5. Costos operacionales

Los costos de tener inventario se obtuvieron estableciendo una ponderación del costo de oportunidad de la inversión (que en este caso se tomó como costo por producto/precio de venta), mas el costo de almacenamiento (que se obtuvo con el costo actual de el metro cuadrado en el sector donde está ubicada la planta para edificaciones con más de 30 años de construcción, considerando que en un metro cuadrado se pueden almacenar 10 colchones), mas el costo de deterioros y roturas (se estableció con los datos de la Empresa). Con este porcentaje se multiplicó por el costo de la unidad para establecer el costo final de inventario. La **Tabla 12** muestra el resumen del costo por inventario:

**Tabla 12.** Costo Inventario

Promedio costos unitario colchón	\$ 306.687
Promedio precio de venta unitario de colchón	\$ 2034.000
Costo del capital	15%
Costo de almacenamiento	4%
Costo de roturas y deterioros	1,5%
Cargo total por inventario	20,2%
<b>COSTO INVENTARIO PRODUCTOS EN PROCESO</b>	<b>\$ 61.911</b>
<b>COSTO INVENTARIO PRODUCTOS TERMINADOS</b>	<b>\$ 410.610</b>

## 6.2. Programación de la Producción

Con los datos establecidos y los análisis previos se paso a la elaboración de la programación de la producción.

La programación de la producción propuesta se puede considerar como un proceso jerárquico que se explica a continuación:

Como primera medida a través de los pronósticos de la demanda en un horizonte de tiempo, se obtiene la entrada para el plan agregado de producción, cuyo objetivo es determinar las necesidades de Fuerza de trabajo de acuerdo a la capacidad del proceso. En este trabajo la determinación de los pronósticos de la demanda no se realizaron, ya que dentro del alcance del proyecto se estableció trabajar con los pronósticos que el Jefe de producción ha trabajado como anteproyecto de grado para optar al título de especialista en Gerencia de Producción Industrial.

Para realizar dichos pronósticos se tomaron las ventas reales mes a mes de los últimos 5 años para cada una de las referencias y con estos datos se procedió a realizar una proyección de ventas a 12 meses para cada referencia y un agregado total de todas las referencias.

Estas proyecciones se elaboraron utilizando el método ARIMA (autoregressive integrated moving average) que es un método estadístico que a través de regresiones y variaciones busca establecer patrones en los datos del pasado y hacer predicciones del futuro. Es un modelo en el que las proyecciones del futuro dependen únicamente de los datos del pasado y no de factores independientes.  
**Ver Anexo I1.**

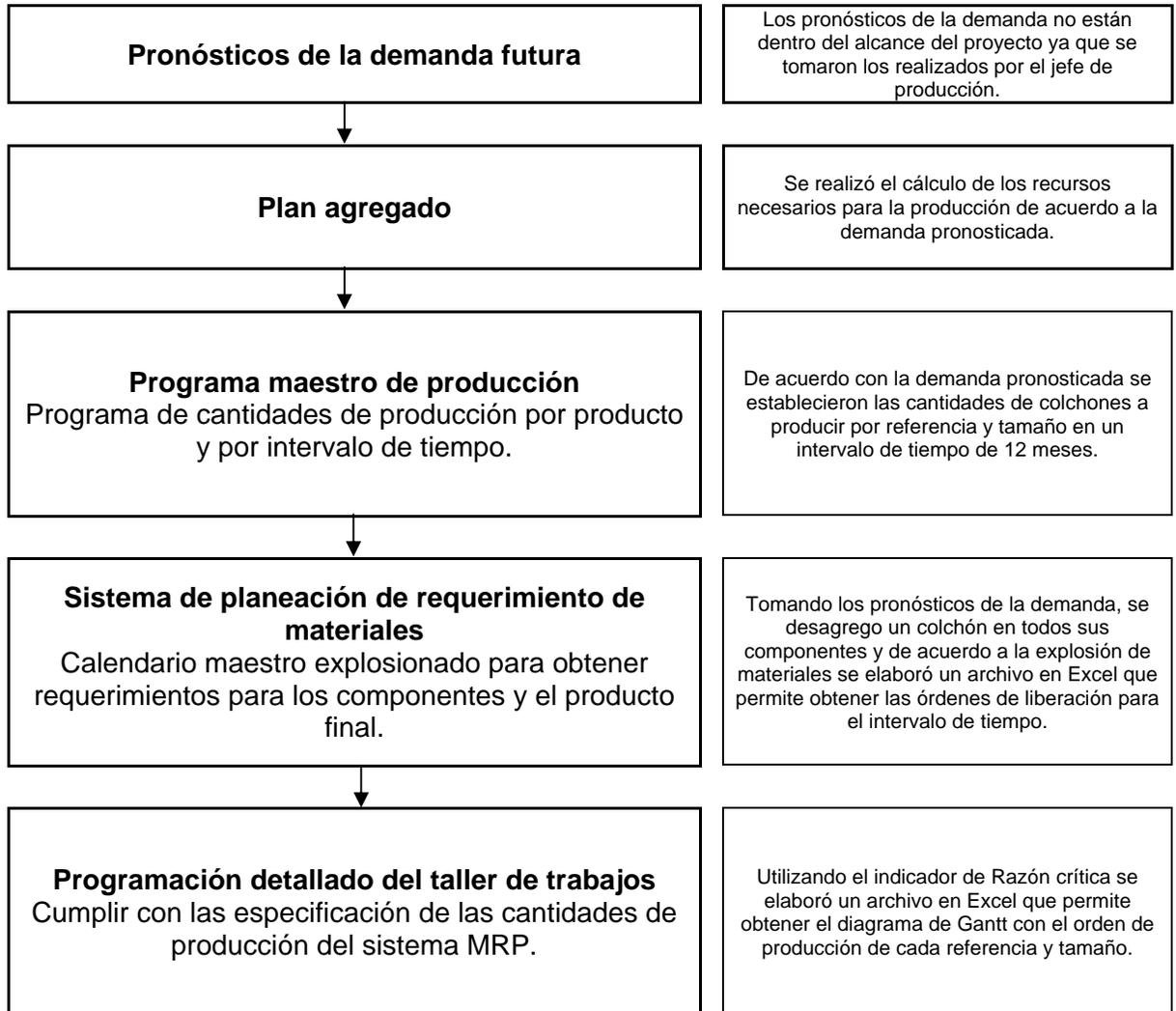
Una vez se tiene el plan de producción agregado se lleva al plan maestro de producción (MPS), con el cual definimos las metas de producción por producto y en una ventana de tiempo.

A continuación se desarrolla el plan de requerimiento de materiales (MRP) donde se desagrega por componentes y se obtienen las órdenes específicas de producto terminado y componentes en una ventana de tiempo.

De acuerdo a la información obtenida con el MRP se procede a desarrollar una programación de las actividades para lograr menores tiempos de entrega, mayor utilización de los recursos y reducir los costos.

La **Figura 13** resume los pasos para realizar la programación de la producción y el alcance del proyecto en cada uno de los pasos.

**Figura 13.** Jerarquización planeación de la producción.



Fuente. <sup>46</sup>

### 6.2.1. Sistema de planeación de la producción

El sistema de planeación de la producción está compuesto por las siguientes plantillas en Excel:

- **Resumen Tiempos**: la pestaña DEMANDA es una plantilla donde el usuario ingresa los datos de la demanda por semana de las diferentes referencias y tamaños de colchones como lo muestra la **Figura 14**. La pestaña TIEMPO

<sup>46</sup> NAHMIAS, Steven, *Análisis de la producción y las operaciones*. Mc Graw Hill, México: Quinta Edición, 2007. Pág. 405.

PRODUCCION automáticamente realiza los cálculos del tiempo requerido de cada operación para elaborar cada tamaño de cada referencia de colchón, así como el tiempo total requerido para elaborar el lote total de colchones, la pestaña TIEMPO DE PRODUCCIÓN esta enlazada con la pestaña RESUMEN TIEMPOS de tal forma que cualquier cambio que se realice en los tiempos totales estándar de alguna operación automáticamente se aplica a todos los cálculos de la pestaña TIEMPOS DE PRODUCCIÓN . La plantilla resumen tiempos fue diseñada para un horizonte de tiempo de un mes mostrando el detalle semana a semana, partiendo de los datos arrojados en el estudio de tiempos de las operaciones y calculando los tiempos de operación que requiere cada colchón según la cantidad materiales que requiera, las medidas y la referencia.

**Figura 14.** Platilla de ingreso de la demanda semanal

	Doraflex					Samadhi						
	90x190	100x190	120x190	130x190	140x190	90x190	100x190	120x190	130x190	140x190	160x200	200x200
<b>Demanda S1</b>	5	4	2	1	1	5	4	2	1	1	1	1
<b>% total S1</b>	2,29%	1,83%	0,92%	0,46%	0,46%	2,29%	1,83%	0,92%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%
<b>Demanda S2</b>	5	4	2	1	1	5	4	2	1	1	1	1
<b>% total S2</b>	2,30%	1,84%	0,92%	0,46%	0,46%	2,30%	1,84%	0,92%	0,46%	0,46%	0,46%	0,46%
<b>Demanda S3</b>	5	4	2	2	1	5	4	2	2	1	1	1
<b>% total S3</b>	2,16%	1,72%	0,86%	0,86%	0,43%	2,16%	1,72%	0,86%	0,86%	0,43%	0,43%	0,43%
<b>Demanda S4</b>	5	4	2	2	1	5	4	2	2	1	1	1
<b>% total S4</b>	2,16%	1,72%	0,86%	0,86%	0,43%	2,16%	1,72%	0,86%	0,86%	0,43%	0,43%	0,43%

Fuente. Anexo B1 – Pestaña DEMANDA

- **MP Colchones:** para construir esta plantilla se tomaron los requerimientos de materias primas de cada una de las referencias y tamaños de colchones y se enlazo con la plantilla resumen tiempos de tal forma que el usuario únicamente ingresa la demanda por semana en la pestaña DEMANDA de la plantilla resumen tiempos y este automáticamente transporta los datos a la plantilla MP Colchones y muestra la cantidad de materias primas que necesita de cada medida, cada referencia y el total de materiales necesarios para fabricar el número de colchones especificado en la demanda. La plantilla MP Colchones fue diseñada para un horizonte de tiempo de un mes y muestra el detalle semana a semana como lo muestra la **Figura 15.**

**Figura 15.** Requerimientos de materias primas

MATERIAL	UNIDADES	TOTAL S1	TOTAL S2	TOTAL S3	TOTAL S4	TOTAL
Alambre C 12 1/2	Kg	1999,45	1999,45	1999,45	1999,45	7997,79
Alambre C 13 1/2	Kg	136,16	136,16	136,16	136,16	544,63
Alambre C 17 1070	Kg	163,23	163,23	163,23	163,23	652,94
Alambre C 7	Kg	318,88	318,88	318,88	318,88	1275,51
Espuma d30 4 cm	Mts <sup>2</sup>	145,19	145,19	145,19	145,19	580,75
Filtro fique 1000 gr	Mts <sup>2</sup>	854,76	854,76	854,76	854,76	3419,04
Filtro fique 700 gr	Mts <sup>2</sup>	58,04	58,04	58,04	58,04	232,16
Fleje clip	Und	80,37	80,37	80,37	80,37	321,46
Malla (angeo)	Und	78,46	78,46	78,46	78,46	313,82
Panal 6 vueltas andina	Und	57,00	57,00	57,00	57,00	228,00
Resorte Industrial	Und	1994,00	1994,00	1994,00	1994,00	7976,00
Espuma D15 1cm Fuelle	Mts <sup>2</sup>	116,46	97,96	97,96	97,96	410,35
Espuma D15 1cm banda	Kg	223,91	242,41	242,41	242,41	951,16
Espuma D15 1cm tapa	Kg	210,75	201,50	201,50	201,50	815,24
Espuma D20 1cm tapa	Kg	51,74	61,00	61,00	61,00	234,73
Guata 100 gr 2mt	Mts <sup>2</sup>	767,62	705,93	705,93	705,93	2885,40
Guata 180 gr 2mt	Mts <sup>2</sup>	257,48	319,17	319,17	319,17	1215,00

Fuente. Anexo G1 – Pestaña MP

- **MPS:** es una plantilla cuyo objetivo es representar el total agregado de todas las referencias y tamaños de colchones a fabricar mes a mes. La plantilla MPS fue diseñada para un horizonte de tiempo de 6 meses y muestra el detalle semana a semana. Esta plantilla esta enlazada con resumen tiempos de tal forma que automáticamente muestra los resultados una vez ingresada la demanda en dicho archivo.

**Figura 16.** Plan maestro (MPS)

VARIABLES	MES 1					MES 2				
	1	2	3	4	Tot.	5	6	7	8	Tot.
F <sub>t</sub>	280	210	250	150	890	295	320	260	155	1.030
O <sub>t</sub>	280	210	250	150	890	295	320	260	155	1.030
I <sub>t</sub>	70	53	63	38	223	74	80	65	39	258
MPS	350	263	313	188	1.113	369	400	325	194	1.288
DPP	210	158	188	113	668	221	240	195	116	773

Fuente. Anexo K1

De acuerdo a la **Figura 16** el MPS involucra los siguientes campos:

- Ft: es el pronóstico de demanda en el mes t
- Ot: son las órdenes a entregar en el mes t

- It: es el inventario de producto terminado al final del mes t
- MPS: son las unidades a producir en el mes t
- DDP: son las unidades disponibles para promesa en el mes t

- **MRP:** Incluye una descripción de los lotes de pedido cada materia prima, el árbol de explosión de materiales para un colchón general y la planeación de requerimientos de materiales. Este archivo está enlazado con todos los anteriores y se obtienen la liberación de órdenes una vez actualizada la demanda en Resumen Tiempos. La plantilla MRP fue desarrollada para un horizonte de tiempo de 12 meses y muestra el detalle semana a semana.

La explosión de materiales se elaboró tomando como referencia la similitud de componentes que existe entre todas las referencias y tamaños de colchones. El **ANEXO F1 - Pestaña árbol** muestra el diagrama de estructura del producto (árbol) para un colchón general. La única variación entre referencias resultante de la agrupación fue el Confort Top que se redujo a que entrara como una colchoneta extra que viene desde el nivel 4 y en caso de no ser confort top llevaría 0 unidades de este componente. Por la variedad de productos y la simplicidad del modelo se elaboró un solo árbol. Sin embargo para los requerimientos de materiales se tuvo en cuenta cada referencia según los datos de materias primas establecidos previamente para cada semana. De esta forma se logró obtener el total de materias primas requeridas semanalmente para elaborar la cantidad de colchones requeridos de los diferentes tamaños y referencias, este archivo se puede ver con detalle en el **ANEXO G1**. Con esta información y estableciendo los tamaños de lote de pedido y el lead time de los productos en proceso y las materia primas se elaboró una plantilla en Excel que permite obtener la planeación de requerimientos de materiales por semana de todos los componentes para cumplir con la demanda del artículo final (MRP). Esta plantilla se encuentra detallada en el **ANEXO F1** que contiene:

- Tamaño del lote (de producción para productos en proceso o terminados o de pedido para materia primas)
- Lead Time: tiempo de entrega para materias primas, productos en proceso o productos terminados. En el caso de las materias primas se estableció 1 semana ya que los tiempos no exceden este periodo. En el caso de los productos en proceso y terminados se estableció el lote máximo que pueden producir en 1 semana.
- Inventario Disponible: es el inventario con el cual cuenta la empresa (materias primas, productos en proceso o producto terminado) al iniciar el periodo de planeación de la producción.

- Inventario de seguridad: es la política que tiene la compañía para el manejo de inventarios.
- Artículo: es el artículo (producto terminado, en proceso o materia prima del cual se están haciendo los requerimientos de materiales.
- Necesidades brutas: es el pronóstico de producción que se calcula para la semana.
- Recepciones programadas: son los pedidos extras o adicionales que se reciben.
- Disponible: es el inventario del artículo que queda al final del periodo.
- Necesidades netas: son las necesidades totales que requiere el proceso productivo descontando los artículos disponibles del periodo anterior, las recepciones programadas y teniendo en cuenta los faltantes de las semanas anteriores.
- Recepción de pedidos: es la cantidad de productos que llegan en una semana determinada del artículo.
- Lanzamiento de pedidos: indica el momento y la cantidad que se tiene que pedir del artículo.

**Figura 17. Ejemplo MRP**

Tamaño del lote	Lead Time (semanas)	Inventario Disponible	Inventario Seguridad	Artículo		MES 1			
						1	2	3	4
307									
Und.	1	1000	25%	COLCHONES	Necesidades Brutas				
					Recepciones Program.				
					Disponible				
					Necesidades Netas				
					Recepciones Pedidos				
					Lanzamiento Pedidos				

- **Programación de tareas:** El archivo de programación de tareas está enlazado con Resumen Tiempos, se alimenta del tiempo total por operación para cada una de las referencias y tamaños teniendo en cuenta la cantidad demandada que es actualizada por el usuario. De acuerdo con esta información se desarrolló una fórmula en Excel que permite obtener el diagrama de Gantt con una secuencia

lógica en que se deben realizar las operaciones para elaborar determinada referencia y tamaño de colchón.

Con el objetivo de realizar la comparación de los métodos de asignación de tareas se estableció un escenario propuesto donde se tomaron las órdenes de pedido reales de la primera semana del mes de diciembre de 2008, ya que es la semana de mayor producción para la Empresa. Las referencias tomadas (Doraflex, Lyron, Golden) corresponden a las de mayor venta histórica y del mes y permiten establecer un programa de producción para 14 productos. Estas órdenes de pedido permitirán evaluar los modelos y reglas ya que representa el pico de producción más alto de todo el año. La **Tabla 13** resume las órdenes de pedido para la primera semana de diciembre de 2008.

**Tabla 13.** Ordenes de pedido primera semana de diciembre de 2008

Referencia	Medida	Código	Cantidad	Fecha de entrega	Hora entrega	Fecha entrega en minutos
Doraflex	90x190	Do1	14	04/12/2008	5pm	1920
	100x190	Do2	50	03/12/2008	12m	1200
	120x190	Do3	35	01/12/2008	12m	240
	140x190	Do5	51	02/12/2008	12m	720
Lyron	90x190	L1	8	02/12/2008	5pm	960
	100x190	L2	23	01/12/2008	12m	240
	120x190	L3	8	01/12/2008	5pm	480
	140x190	L5	35	04/12/2008	5pm	1920
Golden	90x190	G1	11	04/12/2008	12m	1680
	100x190	G2	27	04/12/2008	12m	1680
	120x190	G3	25	02/12/2008	12m	720
	140x190	G5	72	02/12/2008	12m	720
	160x200	G6	12	03/12/2008	5pm	1440
	200x200	G7	6	01/12/2008	5pm	480

**Fuente.** Información suministrada por el jefe de producción.

Para establecer la regla de programación de tareas a utilizar, se realizó la comparación de 3 reglas de asignación determinísticas (SPT, EDD y Razón crítica) y 2 métodos heurísticos (Rachamadagu & Morton y CDS). Para comparar los métodos, se calcularon los tiempos de producción de cada pedido y posteriormente se procedió a programar la producción según los criterios de cada regla. Para comparar los métodos y poder determinar el más adecuado para la empresa se establecieron 4 indicadores: % de cumplimiento de pedidos, tardanza promedio, tiempo total de flujo y tiempo promedio de flujo.

Se agruparon los tiempos de las operaciones cortar alambre, doblar alambre y soldar marco como si fuera una sola operación, ya que se realizan por el mismo operario en el mismo puesto de trabajo y son operaciones que con el mismo producto en proceso se elabora una parte del colchón, esto con el fin de simplificar los cálculos. Esta agrupación se realizó para varias operaciones obteniendo el grupo de operaciones mostrado en la **Tabla 14**.

**Tabla 14.** Operaciones agrupadas

#	Operaciones
1	Elaboración de resortes
2	Elaborar panel
3,4,5	Cortar, Doblar y Sordar
6	Enmarcar
7	Cortar y Grapar fieltro
9	Elaborar rollo de espuma
10	Acolchar
11,12,13	Cortar, filietear, remates
14	Coser etiquetas
15,16	Cortar y filetear bandas
17,18,19,20	Unir bandas, abrir huecos, prensar Ventiladores, coser manijas
21	Tapizado
22	Cerrar colchón
23	Empacar Colchón

En el Anexo J se encuentra el procedimiento y los cálculos realizados que dan los siguientes resultados:

SPT (Shortest processing time):

La regla SPT programa primero los trabajos con el tiempo de procesamiento más corto y de últimos los que tienen los tiempos de procesamiento más largos obteniendo el siguiente orden de procesamiento:

L1, L3, G1, G6, D1, G5, L2, G2, G3, D3, L4, D2, D4, G4.

Con dicha programación de las tareas se obtienen los resultados resumidos en los indicadores de la **Tabla 15**:

**Tabla 15.** Indicadores Regla STP

% de cumplimiento	57,14%
Tardanza promedio (min)	472,04
Tiempo total de Flujo (min)	3649,99
Tiempo promedio de flujo (min)	260,71

Fuente.<sup>47</sup>

EDD (Earliest due date):

Para cada una de las referencias y sus respectivas medidas se estableció una fecha de entrega, esta fecha de entrega esta en minutos calculados entre el tiempo  $t = 0$  que en el escenario establecido es igual al 1° de diciembre, ya que es el momento en que se empieza a producir. El tiempo de entrega de los pedidos, para la Empresa puede ser a las 12m (mitad de la jornada) o a las 5pm (fin de la jornada) de los días de la semana del 1 al 5 de diciembre. Estas fechas de entrega se pueden apreciar en la **Tabla 13**.

A continuación se procedió a establecer el orden de procesamiento de cada una de las referencias y medidas, según la regla EDD que programa primero los trabajos con la fecha de entrega más cercana y de últimos los trabajos con la fecha de entrega más lejana obteniendo el siguiente orden de procesamiento:

L2, D3, L3, G6, G3, D4, G4, L1, D2, G5, G1, G2, D1, L4.

Con dicha programación de las tareas se obtienen los resultados resumidos en los indicadores de la **Tabla 16**:

**Tabla 16.** Indicadores Regla EDD

% de cumplimiento	21,43%
Tardanza promedio (min)	557,24
Tiempo total de Flujo (min)	3538,15
Tiempo promedio de flujo (min)	252,72

Fuente.<sup>48</sup>

<sup>47</sup> Resultados obtenidos de los cálculos realizados en el Anexo L1 (Medio magnético), donde se puede observar el diagrama de Gantt y la tabla de tiempos acumulados.

<sup>48</sup> Ibid.

Razón Crítica (RC):

Dado que la razón crítica integra tanto la fecha de entrega como el tiempo de procesamiento, se realizaron los siguientes cálculos para obtener la razón crítica:

$$\text{Razón crítica} = \frac{\text{Fecha de entrega} - \text{Tiempo presente}}{\text{Tiempo de procesamiento}}$$

Los valores negativos de RC indican que estos trabajos ya están retrasados, así que se les debe dar prioridad.

Ejemplo para el primer trabajo:

$$RC(Do1) = \frac{1920 - 0}{810,12} = 2,37$$

Se hace este mismo calculo para cada pedido y se elije la razón crítica más pequeña, le trabajo que tiene la razón crítica más pequeña se procesa primero, en este caso se procesa D3 en primer lugar.

A continuación se recalculan las razones críticas pero sin incluir a D3 y el tiempo presente se convierte en el tiempo de procesamiento de D3 = t = 2240,16.

$$RC(Do1) = \frac{1920 - 2240,16}{810,12} = -0,3952$$

Nuevamente se elije la razón crítica más pequeña entre los 13 trabajos restantes. El orden de programación de los 14 trabajos según los cálculos mostrados en el Anexo L1 (medio magnético) es:

D3, L2, G6, L3, G4, L1, G3, D4, G1, G5, D1, G2, D2, L4.

Con dicha programación de las tareas se obtienen los resultados resumidos en los indicadores de la **Tabla 17**:

**Tabla 17.** Indicadores Razón crítica

INDICADOR	VALOR
% de cumplimiento	21,43%
Tardanza promedio (min)	238,06
Tiempo total de Flujo (min)	3428,42
Tiempo promedio de flujo (min)	244,89

Fuente.<sup>49</sup>

<sup>49</sup> Resultados obtenidos de los cálculos realizados en el Anexo L1 (Medio magnético), donde se puede observar el diagrama de Gantt y la tabla de tiempos acumulados.

Heurístico de R&M:

Para la programación de las tareas con el método heurístico de R&M se utiliza la formula:

$$\gamma_i = \frac{W_i}{P_i} e^{-\left[\frac{S_i}{kP_{prom}}\right]}$$

$\gamma_i$  : Es la prioridad R&M del trabajo  $i$

$W_i$ : Es el peso asignado al trabajo  $i$

$P_i$ : Es el tiempo de procesamiento del trabajo  $i$

$S_i$ : Es la fecha de entrega menos el tiempo de procesamiento del trabajo  $i$

Con los datos consiguandos en el Anexo L1 se procedió a realizar los cálculos del  $\gamma_i$  para definir el orden de asignación de los 14 trabajos, para este caso se tomó  $w_i = 1$  ya que para ningún pedido existía prioridad relativa a un cliente especial o una orden especial que tuviera más importancia que las otras, sin embargo el modelo queda construido para que en un futuro si la empresa tiene un pedido con mayores pesos para alguno productos lo puedan modelar y evaluar si se obtiene el mejor resultado para programar los trabajos. Para la constante  $k$  se le asignó un valor de  $k = 100$ , ya que con esta se obtiene el menor número de trabajos retrasados. Para el primer trabajo:

$$\gamma_1 = \frac{1}{810,12} e^{-\left[\frac{377,46}{100 \times 260,71}\right]} = 0,09612$$

Se realiza el cálculo de la misma forma para los restantes 13 trabajos y una vez se obtiene el  $\gamma_i$  de los trabajos se procede a programar primero los trabajos con el  $\gamma_i$  más grande y de último el  $\gamma_i$  más pequeño, obteniendo la siguiente secuencia:

G3, L6, L2, L1, D3, G4, D2, G3, D4, G5, G2, G1, D1, L4.

Con dicha programación de las tareas se obtienen los resultados resumidos en los indicadores de la **Tabla 18**:

**Tabla 18.** Indicadores Heuristico R&M

INDICADOR	VALOR
% de cumplimiento	42,86%
Tardanza promedio (min)	830,50
Tiempo total de Flujo (min)	3617,96
Tiempo promedio de flujo (min)	258,43

Fuente.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Resultados obtenidos de los cálculos realizados en el Anexo L1 (Medio magnético), donde se puede observar el diagrama de Gantt y la tabla de tiempos acumulados.

Algoritmo heurístico CDS (Cambell, Dudek y Smith):

De acuerdo a la agrupación mostrada en la **Tabla 14**, se tendrían 14 máquinas. Por lo tanto, según el algoritmo CDS se obtendrían 13 iteraciones diferentes a evaluar. En la **Tabla 19** se muestran 2 iteraciones diferentes.

**Tabla 19.** Iteración 1 y 2 CDS

Referencia	Cant.	Tamaño	Tiempos por operación (Iteración 1)		Tiempos por operación (Iteración 2)	
			1 a 7	8 a 14	1 a 4	5 a 14
L1	8	90X190	152,39	176,66	114,30	214,75
L3	8	120X190	180,57	192,83	135,09	238,31
G1	11	90X190	222,64	249,05	170,26	301,43
G6	6	200x200	242,62	202,69	190,43	254,88
D1	14	90X190	312,62	316,35	245,95	383,02
G5	12	160x190	382,78	328,30	296,88	414,21
L2	23	100X190	477,86	523,38	361,77	639,47
G2	27	100X190	590,50	629,50	454,22	765,78
G3	25	120X190	629,92	616,57	487,80	758,69
D3	35	120X190	905,10	861,64	706,13	1060,61
L4	35	140x190	910,80	890,81	689,52	1112,09
D2	50	100X190	1203,05	1163,53	950,68	1415,89
D4	51	140x190	1494,40	1324,28	1171,96	1646,72
G4	72	140x190	2054,74	1872,77	1599,54	2327,98

Para la iteración 1, utilizando el método CDS se obtiene la siguiente secuencia de programación de trabajos:

L1, L3, G1, D1, L2, G2, G4, D4, D2, L2, D3, G3, G5, G6.

Con dicha programación de las tareas se obtienen los resultados resumidos en los indicadores de la **Tabla 20**:

**Tabla 20.** Indicadores CDS Iteración 1

INDICADOR	VALOR
% de cumplimiento	50,00%
Tardanza promedio (min)	492,10
Tiempo total de Flujo (min)	3649,99
Tiempo promedio de flujo (min)	260,71

Fuente.<sup>51</sup>

<sup>51</sup> Resultados obtenidos de los cálculos realizados en el Anexo L1 (Medio magnético), donde se puede observar el diagrama de Gantt y la tabla de tiempos acumulados.

Para la iteración 2 de la misma forma se obtiene la siguiente secuencia de programación de trabajos:

L1, L3, G1, G6, D1, G5, L2, G2, G3, L4, D3, D2, D4, G4

Con dicha programación de las tareas se obtienen los resultados resumidos en los indicadores de la **Tabla 21**:

**Tabla 21.** Indicadores CDS Iteración 2

INDICADOR	VALOR
% de cumplimiento	57,14%
Tardanza promedio (min)	495,16
Tiempo total de Flujo (min)	3649,99
Tiempo promedio de flujo (min)	260,71

Fuente.<sup>52</sup>

Este proceso se realizó para las 13 iteraciones posibles, y para 3 iteraciones más que se obtuvieron por tiempos de procesamiento iguales que permitían más de un orden diferente en la misma iteración. Los resultados y cálculos que se muestran en el Anexo L1 (medio magnético), obteniendo secuencias repetidas en 6 ocasiones lo cual nos deja 10 secuencias de programación de los trabajos para evaluar. Los resultados de las 10 secuencias también se muestran en el Anexo L1 (medio magnético).

Una vez realizados los cálculos de las diferentes reglas de programación de tareas se procedió a realizar la comparación de los resultados con el objetivo de seleccionar el método que más le conviene utilizar a la empresa para un pedido específico.

Para esto, basados en los 4 indicadores propuestos, se definieron ponderaciones para cada uno de los indicadores de acuerdo a la importancia que tienen estos para la empresa y se resumen en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.** Ponderación Indicadores

	Ponderación
% de cumplimiento	40%
Tardanza promedio	30%
Tiempo total de Flujo	30%

Fuente.<sup>53</sup>

<sup>52</sup> Ibid

Después de establecer las ponderaciones se le asignó un puntaje de evaluación a los resultados de cada método, que corresponden a los rangos mostrados en la Tabla 22.

**Tabla 23.** Ponderación Indicadores

% de Cumplimiento		Tiempo total de flujo		Tiempo promedio	
Puntaje	Rango	Puntaje	Rango	Puntaje	Rango
0	20% menos que MAX	0	100% menos que MIN	0	20% menos que MIN
1	15% - 20% menos que MAX	1	75% - 100% menos que MIN	1	15% - 20% menos que MIN
2	10% - 15% menos que MAX	2	50% - 75% menos que MIN	2	10% - 15% menos que MIN
3	5% -10% menos que MAX	3	25% -50% menos que MIN	3	5% -10% menos que MIN
4	0% - 5% menos que MAX	4	0% - 25% menos que MIN	4	0% - 5% menos que MIN
5	Max	5	Min	5	Min

Con los indicadores que se muestran en la **Tabla 24** y los puntajes y las ponderaciones establecidas en las **Tablas 22 y 23**, se determinó el mejor método para la empresa que se muestra en la **Tabla 24**.

**Tabla 24.** Ponderación Indicadores

	SPT	EDD	RC	R&M	CDS1	CDS2	CDS3	CDS4	CDS5	CDS6	CDS7	CDS8	CDS9	CDS10
% de cumplimiento	57,14%	21,43%	21,43%	42,86%	50,00%	57,14%	57,14%	57,14%	28,57%	28,57%	21,43%	21,43%	21,43%	21,43%
Tardanza promedio	472,04	557,24	238,06	830,50	492,10	495,16	495,16	506,50	775,34	799,66	788,14	808,76	804,91	807,94
Tiempo total de Flujo	3649,9	3538,1	3428,4	3617,9	3649,9	3649,9	3649,9	3649,9	3063,9	3063,9	3063,9	3063,9	3063,9	3063,9
Tiempo promedio de flujo	260,71	252,72	244,89	258,43	260,71	260,71	260,71	260,71	218,85	218,85	218,85	218,85	218,85	218,85

**Tabla 25.** Ponderación Indicadores

	SPT	EDD	RC	R&M	CDS1	CDS2	CDS3	CDS4	CDS5	CDS6	CDS7	CDS8	CDS9	CDS10
% de cumplimiento	2	0	0	0	0,8	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Tardanza promedio	0,3	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo total de Flujo	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>TOTAL</b>	<b>2,6</b>	0,3	2,1	0,3	1,1	2,3	2,3	2,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

<sup>53</sup> Ponderación asignada en reunión con el Gerente de operaciones el 01/12/2009, quien de acuerdo a su criterio estableció que el % cumplimiento estaba tiene un peso mayor que la tardanza promedio y el tiempo total de flujo y que con el tiempo promedio de flujo y el tiempo total de flujo se obtienen los mismos resultados, razón por la que se tuvo en cuenta únicamente el tiempo total de flujo.

Según esto, el método que mayores beneficios tiene para la empresa es SPT, con un puntaje total de 2,6, un porcentaje de cumplimiento de 57,14%, una tardanza promedio de 472,04 minutos y un tiempo total de de flujo de 3649,9 minutos para el pedido evaluado.

En el presente trabajo, se brindan las herramientas para evaluar las diferentes alternativas para un determinado pedido (Anexo L1 – medio magnético) y así poder determinar la programación que más le convenga a la empresa.

Una vez programadas las operaciones según el método seleccionado, el programa automáticamente, elabora el diagrama de Gantt de las operaciones, por intervalos de tiempo de tres minutos, para producir los colchones demandados en la semana. Hay una gráfica para cada día que es acumulada, es decir hacen parte de la misma secuencia pero se separaron en 5 pestañas para efectos de poder ver la programación de las operaciones por día y liberar carga en el documento.

Para la elaboración del programa se tuvo en cuenta algunas restricciones:

- Para practicidad del manejo de la información y facilidad de la lectura, se unieron en uno solo, los tiempos de las operaciones que realiza un mismo operario, ya que la secuencia de producción no varía.
- Se tuvo en cuenta los dos descansos diarios de 15 minutos.
- Se tuvo en cuenta las demoras de inicio de la operación por motivos de entregas de lotes de productos en procesos de las operaciones precedentes.
- El modelo se elaboró con los tiempos agregados de los lotes de producto en proceso que están establecidos para cada una de las operaciones.
- Una consideración especial en el modelo para el caso específico de la operación de acolchado es que se trabaja por lote de pedido de cada referencia. Actualmente se trabaja por lotes de 300 metros de acolchado.

Todos los archivos de las plantilla en Excel mencionadas en este capítulo (6.2.1) se encuentran en el **ANEXO H1**.

**Figura 18.** Programación de tareas

# OPERACIÓN	2 Hr												3 Hr																											
	63	64	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177	180
1 Elaboración de resortes	Da1	SR2	F1	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	De2	Ca3	Ca3	Ca3	Ca3	DS1																					
2 Elaborar panel	Da1	Da1	Da1	Da1	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	F1	F1	F1	De2	Ca3	Ca3																						
3 Cortar alambre	Da2	Ec1	Ec1	Ec1	Ca1	Ca1	Ca1	Ca4	L1	L1	L1	Ec2	Ec2	Ca2	Ca2	Ca5	K1	K1	K1	L2	L2	DS3	DS3	SR1																
6 Enmarcar	Da1	Da1	Da1	Da1	Da1	Da1	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	SR2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	De2																				
7 Cortar fieltro																																								
8 Grapar Fieltro				Da1	Da1																																			
9 Elaborar rollo de espuma	SR2	L1	L1	Ec2	Ca2	Ca5	O12	K1	L2	DS3	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	SR1	
10 Acolchar																																								
11 Cortar tapa																																								
12 Filetear tapa																																								
13 Filetear remates																																								
14 Coser etiquetas																																								
15 Cortar bandas																																								
17 Unir bandas																																								
21 Tapizado																																								
22 Cerrar colchón																																								
23 Empacar Colchón																																								

Fuente. AnexoH1 – programación de tareas

La **Figura 18** muestra el resultado que se obtiene para la programación de las tareas, los colores son la referencia y dentro de cada casilla esta el tamaño de dicha referencia. Por ejemplo el azul oscuro y que dentro de la casilla tenga F1 significa que se debe realizar el colchón Faraón de 90x190 si fuera F2 es del 100x190 y así sucesivamente para cada referencia de acuerdo a la tabla de clasificación del **ANEXO F1** (Pestaña nomenclatura).

El **ANEXO I** contiene un instructivo que guía al usuario a través de los diferentes archivos desarrollados en Excel para la planeación de la producción de colchones EIDorado, buscando lograr su uso eficiente convirtiéndolo en el manual del usuario para la empresa.

Como se explicó en el marco teórico, existen diferentes sistemas de producción que se pueden aplicar en una empresa. El propósito de este capítulo es mostrar las ventajas y desventajas que tiene cada sistema aplicados en la empresa para posteriormente, considerar estos en el modelo propuesto.

**6.2.2. Evaluación del sistema empujar a la empresa**

Ventajas de la aplicación de un sistema de empuje en la empresa son:

- Ayuda a la organización de la planta ya que permite mejorar el flujo de materiales y productos en proceso que se requieren: este sistema permite determinar cuándo producir y que cantidades producir de una forma práctica y simple. De esta forma la empresa optimiza sus recursos económicos, liberando dinero de inventarios para otros proyectos e inversiones más rentables.
- Permite consolidar los requerimientos de materias primas de varios productos en uno solo: teniendo en cuenta que la empresa maneja diferentes medidas de colchón y diferentes referencias, cada una con sus respectivas especificaciones, el sistema de planeación de la producción de empuje permite consolidar los requerimientos de materias primas y

optimizar los pedidos que se deban hacer, de la misma forma que con los productos en proceso permite decidir cuándo pedir y cuanto pedir.

- Muestra el tiempo de producción de los pedidos y permite determinar los límites si se puede cumplir con un pedido o no. Con este sistema la empresa puede cumplir con los pedidos con una probabilidad más alta.
- Naturaleza dinámica del sistema: si se requiere cambiar la demanda o las condiciones se puede realizar fácilmente. Para la empresa es importante este punto ya que constantemente están ingresando nuevos pedidos y nuevas órdenes de producción.
- Sirve como herramienta de simulación: se puede correr la herramienta para ver si un pedido determinado se puede cumplir, antes de comprometerse con el cliente. Esto permite tomar mejores decisiones y asegurar el cumplimiento de pedidos al cliente.
- Mejora la relación con los proveedores y clientes al asegurar con tiempo los tiempos de recepción y entrega de pedidos. En el caso de EIDorado, este punto es importante, ya que por su condición de empresa en ley 550, cumplir con los proveedores es fundamental para garantizar su funcionamiento, y cumplirle al cliente también beneficia la sostenibilidad y crecimiento de la empresa y sus ingresos.

Las desventajas de este sistema son:

- Parte de unos pronósticos de producción: para el caso de Colchones EIDorado, esto representa un obstáculo, ya que por las características del mercado es complicado establecer pronósticos anticipados. A pesar de conocer los meses de picos de producción, la demanda sigue siendo incierta, más aún en estas épocas de crisis donde no se puede establecer de una manera lógica el comportamiento de los clientes.
- No tiene en cuenta las capacidades de las máquinas y las restricciones de producción. Esto puede ocasionarle a la empresa problemas de satisfacción de los clientes y desorden en la planta ya que el sistema puede establecer que si se puede cumplir con un pedido cuando en realidad las restricciones hacen que no se pueda cumplir.
- Se debe tener información sobre el estado actual del proceso antes de comenzar a utilizar el sistema para así tener control sobre todas las variables que intervienen. En la Empresa no se conoce el inventario de productos en proceso ni de materias primas y esto puede provocar problemas en el sistema.

En resumen implementar este sistema de producción en la empresa tiene la ventaja de asegurar un mayor cumplimiento de pedidos a tiempo, sin embargo aumenta los inventarios de materias prima, producto en proceso y producto terminado.

### **6.2.3. Evaluación del sistema jalar a la empresa**

Este sistema tiene las siguientes ventajas para la empresa:

- Reducción de inventarios a cero: busca eliminar el costo de inventario y mantener el lugar de trabajo organizado y limpio. En la Empresa actualmente existe un inventario alto y desorganización que impiden un flujo continuo y además representan costos de fabricación elevados.
- Cero defectos: busca un control de calidad en cada puesto de trabajo y un adecuado mantenimiento preventivo de más máquinas y equipos. En la Empresa esto ayudaría a minimizar los productos no conformes aprovechando mejor los recursos y reduciendo costos.
- Flexibilidad: es sistema jalar se basa en la flexibilidad de el proceso productivo, permitiendo cambiar fácilmente de un producto a otro y reduciendo al máximos los lotes de productos. Esto es más difícil de adaptar para la empresa por la rigidez de algunos procesos como el acolchado que tiene lotes de producción grandes y tiempos de alistamiento de máquinas elevados.
- Con las tarjetas kaban, el sistema permite organizar y producir con exactitud las cantidades requeridas y facilita las labores administrativas. Esto beneficia la organización de la empresa y establece cuando los empleados deben producir.

Las desventajas del sistema son:

- Es más útil para demandas constantes, donde los lotes de producción son homogéneos y los tiempos de producción son similares. En Colchones EIDorado no aplica esto ya que existen gran variedad de productos y demandas intermitentes y fluctuantes.
- Se requiere una coordinación efectiva entre la empresa y los proveedores para asegurar el abastecimiento de las materias primas en los tiempos determinados y en las cantidades requeridas. Para la Empresa no es fácil exigir esta coordinación por las limitaciones económicas y tampoco es fácil encontrar proveedores de materias primas que faciliten este sistema.

En resumen este sistema disminuye la cantidad de inventario pero existe un riesgo de obtener un menor cumplimiento de los pedidos a tiempo.

### **6.2.4. Evaluación del sistema cuello de botella aplicado a la empresa**

Ventajas del sistema cuello de botella:

- Permite aprovechar y utilizar de forma eficiente los recursos: al basarse en la teoría de restricciones y los cuellos de botella, establece los límites de

producción y busca optimizarlos para maximizar la producción. Para la empresa es importante el óptimo aprovechamiento de los recursos, haciendo la máxima producción que se puede lograr con los mínimos costos.

- Disminuye los inventarios, estableciéndolos solo para las operaciones críticas, lo que permite tener un “amortiguador” del proceso pero a la vez reducir costos de inventarios. Tener un “amortiguador” es importante para la Empresa por su característica del proceso productivo y por las variaciones de la demanda, lo que permite cumplir con los requerimientos del cliente.
- Es un proceso de producción flexible, con lotes de producción diferentes que permiten reducir tiempos de fabricación y tiempos de espera. Esto es fundamental para la empresa por tratarse de un proceso que básicamente consiste en ensamblar distintas partes, por lo tanto retrasos en los procesos producen costos de inventarios y de demoras considerables.
- Se debe trabajar en la mejora continua ya que toca estar evaluando constantemente el comportamiento del cuello de botella y las restricciones para asegurar su buen funcionamiento. Esto puede ser una ventaja en la medida que la empresa lo haga y este constantemente monitoreando el proceso, de lo contrario puede ser perjudicial para la empresa.

Desventajas:

- No controla las incertidumbres del proceso: cambios repentinos o variaciones en el proceso son difíciles de controlar.

En resumen el TOC maneja un nivel de inventario y un cumplimiento de pedidos a tiempo intermedio entre los dos sistemas anteriores.

#### **6.2.5. Evaluación de un sistema adecuado para la Empresa**

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas, se buscó integrarla las ventajas y beneficios para la empresa en un solo modelo, estableciendo cuales ítems son aplicables en conjunto y favorecen la mejora del proceso de producción de la empresa.

Para esto se elaboró la matriz que se muestra en la **Tabla 26** donde se establecen los elementos principales que se deben tener en cuenta en el sistema de cada uno de los sistemas explicados anteriormente y la viabilidad que tiene en la empresa:

**Tabla 26.** Matriz de evaluación sistemas de producción

Sistema de planeación de la producción	Empujar	Jalar	TOC	Observaciones
Pedidos	X			El sistema más adecuado para este caso es empujar por las características de la demanda y de los proveedores
Reducción de Inventario de MP	X			Por la cantidad de materias primas y de productos el más conveniente es empujar.
Reducción de Inventario de PP	X	X	X	Los tres sistemas permiten la reducción de el inventario de PP y se pueden considerar los 3 en el modelo, por un lado con el MRP se pueden saber los requerimientos específicos de cada semana, con el sistema kaban del JIT se puede administrar mejor el flujo de PP y con el TOC se puede establecer el ritmo.
Reducción de tiempos de producción	x		x	Una integración de el sistema empujar y del TOC permite buenos resultados donde el TOC establece el ritmo de producción y el MRP los tamaños de lotes y los leads times de las operaciones.
Organización de la producción	X			A través de la programación de tareas del MRP se puede organizar la producción diaria de una forma lógica y coherente.
Restricciones y capacidades			X	El TOC se basa precisamente en analizar las restricciones y las capacidades de la planta para tenerlas en cuenta a la hora de hacerla programación.
Limpieza de la planta		X		Las tarjetas kaban eliminan los almacenamientos y los desperdicios de forma eficaz.
Cumplimiento con el cliente	X		X	Con estos dos sistemas se puede establecer mejor el tiempo de entrega y programar la producción anticipadamente

Como muestra la tabla, el sistema más conveniente para el caso de Colchones EIDorado es el sistema Empujar, sin embargo se pueden incorporar elementos de los otros dos sistemas para mejorar el modelo, sin modificar las características principales del MRP.

El impacto del sistema escogido se ve evidenciado en el capítulo 7. EVALUACIÓN FINANCIERA, donde se materializan los resultados del sistema de planeación de la producción en ahorros y aumento de la productividad, sin embargo un ahorro que es importante mostrar, es el ahorro en Inventario de Producto en Proceso que buscan los 3 métodos.

De hecho, este trabajo no incorpora un modelo de administración de inventarios, sin embargo con la programación de las tareas y el MRP, se considera que la empresa puede bajar sus niveles de productos en proceso, que actualmente son

del 25% a un 10%, ya que tiene unas bases solidas para establecer la producción mensual y una mejor organización, por lo tanto no necesita tener un “amortiguador” tan alto que le haga tener dinero en almacenamiento.

De esta forma el ahorro para la empresa por el manejo de inventario sería de:

	Costo almacenamiento de Producto en Proceso mensual	Productos en proceso almacenados en el mes	Costo total de almacenamiento
Actual	\$ 61.911	300	\$18.573.537
Propuesto	\$ 61.911	120	\$7.429.414
Diferencia			<b>\$11,144,142</b>

La diferencia de \$ 11.144.142 representa la inversión que se hace en inventario de materias primas y productos en proceso que podría ser flujo de caja de la Empresa, utilizado para proyectos de inversión alternativos que generen mejores rendimientos.

Entre menos inventario generar mayor flujo de efectivo tendría la Empresa disponible para mejores inversiones. Si se llegara a lograr un inventario de producto en proceso de cero, como busca la filosofía JIT, el flujo de efectivo adicional que se generaría sería de \$ 18.573.537.

## 7. EVALUACION FINANCIERA

El presente trabajo involucra una serie de propuestas de mejora para el proceso productivo de colchones EIDorado, que surgen de la aplicación e interpretación de diferentes herramientas de Ingeniería Industrial. Sin embargo de acuerdo a la situación económica de la empresa, la actualidad del sector, las políticas internas y otros factores que pueden afectar el desarrollo e implementación de nuevos proyectos, se realiza la presente evaluación financiera con el objetivo de mostrar el impacto de las mejoras en el proceso productivo materializadas en dinero, y así evaluar la rentabilidad del proyecto y determinar si se ajusta a las necesidades actuales de colchones EIDorado.

### 7.1. Evaluación de los costos del modelo de planeación de la producción

La implementación del sistema de planeación de la producción, involucra los costos mostrados en la **Tabla 27**.

**Tabla 27.** Costos implementación del proyecto

Costos de investigación y desarrollo	\$ 6.000.000
Costos de capacitación <sup>54</sup>	\$ 207.676
Costos prueba piloto <sup>55</sup>	\$ 206.132
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.413.808</b>

Con respecto a los costos de investigación y desarrollo, no se le cobraran honorarios a la empresa por el presente proyecto, este trabajo se enfocó como un gana - gana entre la empresa y los desarrolladores del proyecto, en donde se buscaba un proceso productivo para desarrollar el trabajo de grado y así ayudarle a una empresa que se encuentra en Ley 550. Sin embargo este trabajo involucró un levantamiento de información muy valioso (Tiempos, Costos, Diagramas, etc.) que a futuro le va a servir a la empresa para el desarrollo de nuevas estrategias de mejora, por esta razón se cuantifico el valor del trabajo de levantamiento de la información y el desarrollo de los aplicativos en \$ 6'000.000.

---

<sup>54</sup> Los costos de capacitación se establecieron de acuerdo al salario de una jornada de trabajo para el jefe de producción y el salario de una jornada de trabajo para los dos jefes de procesos.

<sup>55</sup> Los costos del piloto de prueba se cuantificaron de acuerdo al tiempo que el jefe de producción estimo para alinear las operaciones y empezar un lote nuevo como sugiere el aplicativo de programación de tareas. Es el costo de tener paradas las diferentes operaciones por 120 minutos.

La tasa de oportunidad que estimo el jefe de producción es del 10% mensual con una tasa de riesgo del 5% sobre la inversión, esto produce una TREMA (tasa de rentabilidad mínima atractiva del 15%).

## 7.2. Evaluación comparativa del modelo propuesto y la situación actual

El modelo propuesto que se plantea en el presente trabajo, involucra los siguientes aspectos:

- **Eliminación de operaciones:** Se propone eliminar la operación inspección de filetear remates, que surge de los imperfectos del acolchado, a través de una calibración y mantenimiento de la acolchadora.

Los costos que implican la calibración y mantenimiento de la acolchadora para evitar el 90% de los imperfectos versus los costos del operario que se utiliza para corregir los errores cometidos en el acolchado se muestran en la **Tabla 28**.

**Tabla 28.** Comparación costos filetear remates

PROPUESTO		ACTUAL	
CONCEPTO	COSTO	CONCEPTO	COSTO
Básico calibración y mantenimiento (mensual) <sup>56</sup>	\$ 200.000	Salario operario (mensual)	\$ 815.413
Paro de 4 horas al mes <sup>57</sup>	\$ 45.900		
<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>\$ 245.900</b>	<b>COSTO MENSUAL</b>	<b>\$ 815.413</b>
Reemplazo de agujas y otras piezas(trimestral) <sup>58</sup>	\$ 150.000	Salario por concepto de prima (Anual)	\$ 815.413
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$ 3.550.800</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$ 10.600.369</b>

El ahorro mensual si se elimina la operación filetear remates a través de una inversión en mantenimiento y calibración de la Acolchadora es de **\$ 587.464**.

El ahorro anual si se elimina la operación filetear remates a través de una inversión en mantenimiento y calibración de la Acolchadora es de **\$ 7'049.569**.

<sup>56</sup> Información proporcionada por el Jefe de producción, según la cotización hecha con el proveedor de servicios técnicos para las dos Acolchadoras.

<sup>57</sup> Cálculo realizado con base en el costo de mano de obra directa por hora de la operación acolchado que es de \$11.475 pesos, es decir por tener parados a los operarios durante la calibración.

<sup>58</sup> Esta estimación se realizó de acuerdo a la experiencia del operario y los registros históricos de cambios de piezas.

- **Aumento de la productividad:** con el sistema de planeación de la producción, se logra utilizar los recursos humanos y de maquinaria y equipo de forma óptima y lograr una sincronía entre las operaciones lo cual se ve reflejado en un aumento de la productividad.

De acuerdo a los tamaños de lote propuestos para trabajar en la operación de acolchado, se estableció el tiempo de espera aproximado para dicha operación al igual que para las operaciones de cortar bandas y filetear bandas, ya que estas operaciones permiten modificar los lotes de producción. La operación de acolchado está en la ruta crítica y de esta dependen los tiempos de todas las operaciones siguientes que involucran el acolchado, por ende al trabajar con un tamaño de lote adecuado se disminuyen los tiempos de espera como lo muestra la **Tabla 29**.

**Tabla 29.** Tiempos de espera

Operación	Actual		Propuesto		Variación espera
	Lote (colchones)	Espera <sup>59</sup> (minutos)	Lote (colchones)	Espera	
<b>Acolchar</b>	85	241	70	198	-43
<b>Cortar bandas</b>	547	89	350	57	-32
<b>Filetear bandas</b>	78	89	70	48	-41
			<b>Total</b>		<b>-116</b>

La disminución total entre las tres operaciones, trabajando con los lotes propuestos en **Tabla 29**, es de 129 minutos. De acuerdo a este ahorro de tiempo de espera y que de acuerdo al diagrama de precedencia (Anexo D1) un colchón sale cada 40 minutos en promedio, se tiene que el incremento de colchones que pueden salir por día es de  $116/40 = 2$  Colchones extra.

- El valor promedio de un colchón es de 1'500.000.
- La producción extra mensual sería de  $22 * 2 = 44$  colchones
- Para un ingreso total extra de  $1'500.000 * 44 = 66'000.000$

**-Reubicación de operarios:** Según el balanceo de línea, algunas operaciones tienen tiempos muy reducidos a comparación de las operaciones críticas, esto nos permite reubicar operarios una vez terminen la operación de tiempo reducido y pasar a una crítica o un mismo operario realizar diferentes operaciones de tiempo reducido.

De acuerdo al balanceo propuesto (50%), un solo operario realiza la operación de

<sup>59</sup> La espera se cálculo de acuerdo al tiempo total de producción para el tamaño de lote especificado.

(11) cortar tapa y (12) filetear tapa y otro operario las operaciones de (16) Filetear Bandas, (17) Unir Bandas, (19) Abrir Huecos y (20) Prensar Ventiladores, se reduce el personal de 21 operarios (teniendo en cuenta que eliminamos la persona de filetear remates) a 17 operarios, si reubicamos a uno de los operarios en la operación de coser manijas tenemos 3 operarios sobrantes (que en realidad son 2 operarios porque la operación abrir huecos y ubicar ventiladores de aire actualmente la hace un operario), lo cual representa una reducción de los costos de mano de obra directa por operación como lo muestra la **Tabla 30**.

**Tabla 30.** Comparación costos reubicación operarios

#	OPERACIÓN	ACTUAL		PROPUESTO		Variación
		COSTOS DE MOD POR OPERACIÓN		COSTOS DE MOD POR OPERACIÓN		
		MES	MINUTO	MES	MINUTO	
1	Elaboración de resortes	\$ 1.221.040	\$ 124	\$ 1.221.040	\$ 124	\$ 0
2	Elaborar panel	\$ 2.079.542	\$ 205	\$ 2.079.542	\$ 205	\$ 0
3	Cortar alambre	\$ 72.306	\$ 15	\$ 72.306	\$ 15	\$ 0
4	Doblar marco	\$ 457.166	\$ 51	\$ 457.166	\$ 51	\$ 0
5	Soldar marco	\$ 200.876	\$ 27	\$ 200.876	\$ 27	\$ 0
6	Enmarcar	\$ 735.208	\$ 78	\$ 735.208	\$ 78	\$ 0
7	Cortar fieltro	\$ 125.897	\$ 20	\$ 125.897	\$ 20	\$ 0
8	Grapar fieltro	\$ 646.983	\$ 69	\$ 646.983	\$ 69	\$ 0
9	Elaborar rollo de espuma	\$ 692.675	\$ 74	\$ 692.675	\$ 74	\$ 0
10	Acolchar	\$ 2.019.542	\$ 199	\$ 2.019.542	\$ 199	\$ 0
11	Cortar tapa	\$ 668.371	\$ 71	\$ 334.186 <sup>60</sup>	\$ 40	-\$ 31
12	Filetear tapa	\$ 815.413	\$ 85	\$ 334.186	\$ 40	-\$ 45
13	Filetear remates	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
14	Coser etiquetas	\$ 815.413	\$ 85	\$ 815.413	\$ 85	\$ 0
15	Cortar bandas	\$ 432.618	\$ 49	\$ 432.618	\$ 49	\$ 0
16	Filetear bandas	\$ 541.988	\$ 59	\$ 137.500 <sup>61</sup>	\$ 21	-\$ 38
17	Unir bandas	\$ 334.186	\$ 40	\$ 137.500	\$ 21	-\$ 19
18	Coser manijas	\$ 481.227	\$ 54	\$ 962.454	\$ 99	\$ 45
19	Abrir huecos	\$ 334.186	\$ 40	\$ 137.500	\$ 21	-\$ 19
20	Prensar ventiladores de aire	\$ 334.186	\$ 40	\$ 137.500	\$ 21	-\$ 19
21	Tapizado	\$ 1.677.004	\$ 167	\$ 1.677.004	\$ 167	\$ 0
22	Cerrar colchón	\$ 1.906.527	\$ 189	\$ 1.906.527	\$ 189	\$ 0
23	Empacar Colchón	\$ 668.371	\$ 71	\$ 668.371	\$ 71	\$ 0

<sup>60</sup> Este cálculo se realizó de acuerdo al salario de \$550.000 distribuido en las cuatro operaciones que va a realizar el operario.

<sup>61</sup> Este cálculo se realizó de acuerdo al salario de \$668.371 distribuido en las dos operaciones que va a realizar el operario.

El promedio de ahorro en costos de MOD por colchón es de \$ 125, el promedio de minutos necesarios de todas las operaciones para hacer un colchón es de 71min, y si en un mes en promedio, con el método actual, se producen 1.200 colchones, podemos establecer que el **ahorro anual por concepto de reubicación de operarios logrando un balanceo del (50%)\*** es el siguiente:

Producción anual =  $1.200 * 12 = 14.400$  Colchones  
Ahorro MOD anual =  $14.400 * 125 * 71 = \$ 12'780.000$

Producción mensual = 1.200 Colchones  
Ahorro MOD mensual =  $1.200 * 125 * 71 = \$ 1'065.000$

Producción extra = 44 Colchones  
Ahorro MOD extra mensual\* =  $44 * 125 * 71 = \$ 390.500$

### **7.3. Evaluación del modelo propuesto en los escenarios planteados**

Con el fin de evaluar el impacto de las mejoras para diferentes situaciones que pueda experimentar la empresa en un horizonte de tiempo de 5 años, se evaluaron los siguientes escenarios:

**Escenario 1:** este escenario representa el flujo de fondos del proyecto a 5 meses para la evaluación de su rentabilidad. El precio promedio de un colchón es de 1'500.000, según el incremento de productividad se producirán 44 colchones extra por mes para unas ventas de 66'000.000.

**Tabla 31.** Flujo de fondos del proyecto

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Ingresos operacionales		\$ 66.000.000	\$ 66.000.000	\$ 66.000.000	\$ 66.000.000	\$ 66.000.000
- Costos de ventas y prestación de servicios		\$ 31.659.207	\$ 31.659.207	\$ 31.659.207	\$ 31.659.207	\$ 31.659.207
+ Ahorro MOD		\$ 390.500	\$ 390.500	\$ 390.500	\$ 390.500	\$ 390.500
+ Ahorro Calibración acolchadora		\$ 587.464	\$ 587.464	\$ 587.464	\$ 587.464	\$ 587.464
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>\$ 35.318.757</b>				
- Gastos operacionales de administración		\$ 5.964.689	\$ 5.964.689	\$ 5.964.689	\$ 5.964.689	\$ 5.964.689
- Gastos operacionales de ventas		\$ 22.429.879	\$ 22.429.879	\$ 22.429.879	\$ 22.429.879	\$ 22.429.879
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>		<b>\$ 6.924.189</b>				
+ Ingresos no operacionales		\$ 2.203.676	\$ 2.203.676	\$ 2.203.676	\$ 2.203.676	\$ 2.203.676
- Gastos no operacionales		\$ 6.069.547	\$ 6.069.547	\$ 6.069.547	\$ 6.069.547	\$ 6.069.547
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>		<b>\$ 3.058.318</b>				
- Impuestos IVA 16%		\$ 489.331	\$ 489.331	\$ 489.331	\$ 489.331	\$ 489.331
- Costos de investigación y desarrollo	\$ 6.000.000					
- Inversión en prueba piloto	\$ 206.132	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
- Capital de trabajo	\$ 207.676	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>GANANCIAS Y PERDIDAS</b>	<b>-\$ 6.413.808</b>	<b>\$ 2.568.987</b>				
<b>VPN</b>	<b>\$ 2.197.835</b>					
<b>TIR</b>	<b>28,718%</b>					

Como el valor presente neto VPN es positivo a una TREMA del 15% el proyecto debe implantarse en la empresa, es un proyecto que está encaminado a reducción de costos y a utilización óptima de los recursos de la empresa.

**Escenario 2:** este es el escenario pesimista, donde la empresa adopta todas las propuestas sugeridas en el presente trabajo. Las ventas para el primer mes caen 10%, el segundo mes no crecen, y los tres meses posteriores caen en un 5% mes a mes. Se venden 44 colchones extra para un total de 1244, pero con un valor promedio de \$ 803.000 es decir de las referencias menos costosas.

Los gastos operacionales de administración, de ventas, los ingresos no operacionales y los gastos no operacionales, se calcularon de acuerdo al promedio mensual de acuerdo al nivel de ingresos operacionales utilizado para el estado de resultados de la **Tabla 32**.

**Tabla 32.** Estado de resultados - Escenario Pesimista

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Ingresos operacionales <sup>62</sup>	\$ 998.262.000	\$ 898.435.800	\$ 898.435.800	\$ 853.514.010	\$ 810.838.310
- Costos de ventas y prestación de servicios <sup>63</sup>	\$ 498.514.000	\$ 448.662.600	\$ 448.662.600	\$ 426.229.470	\$ 404.971.997
+ Ahorro MOD	\$ 1.065.000	\$ 1.065.000	\$ 1.065.000	\$ 1.065.000	\$ 1.065.000
+ Ahorro Calibración acolchadora	\$ 587.464	\$ 587.464	\$ 587.464	\$ 587.464	\$ 587.464
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>\$ 501.400.464</b>	<b>\$ 451.425.664</b>	<b>\$ 451.425.664</b>	<b>\$ 428.937.004</b>	<b>\$ 407.518.777</b>
- Gastos operacionales de administración	\$ 90.217.000	\$ 81.195.300	\$ 81.195.300	\$ 77.135.535	\$ 73.278.758
- Gastos operacionales de ventas	\$ 339.256.000	\$ 305.330.400	\$ 305.330.400	\$ 290.063.880	\$ 275.560.686
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>\$ 71.927.464</b>	<b>\$ 64.899.964</b>	<b>\$ 64.899.964</b>	<b>\$ 61.737.589</b>	<b>\$ 58.679.333</b>
+ Ingresos no operacionales	\$ 31.331.000	\$ 28.197.900	\$ 28.197.900	\$ 26.788.005	\$ 25.448.605
- Gastos no operacionales	\$ 91.803.000	\$ 82.622.700	\$ 82.622.700	\$ 78.491.565	\$ 74.566.987
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>\$ 11.455.464</b>	<b>\$ 10.475.164</b>	<b>\$ 10.475.164</b>	<b>\$ 10.034.029</b>	<b>\$ 9.560.951</b>
- Impuestos IVA 16%	\$ 1.832.874	\$ 1.676.026	\$ 1.676.026	\$ 1.605.445	\$ 1.529.752
<b>GANANCIAS Y PERDIDAS</b>	<b>\$ 9.622.590</b>	<b>\$ 8.799.138</b>	<b>\$ 8.799.138</b>	<b>\$ 8.428.584</b>	<b>\$ 8.031.198</b>

Incluso en este escenario pesimista se obtiene una ganancia promedio de \$9'465.000 al mes con la propuesta implantada.

**Escenario 3:** esta es el escenario pesimista (escenario 2) pero sin adoptar las propuestas sugeridas en el presente trabajo.

Los gastos operacionales de administración, de ventas, los ingresos no operacionales y los gastos no operacionales, se calcularon de acuerdo al promedio mensual de acuerdo al nivel de ingresos operacionales utilizado para el estado de resultados de la **Tabla 33**.

<sup>62</sup> Los ingresos operacionales se obtuvieron de acuerdo a las ventas mensuales promedio más los 44 colchones extra que se producen.

<sup>63</sup> Los costos de ventas y prestación de servicios se obtuvieron de acuerdo a los costos promedio del mes de acuerdo al nivel de ventas mensuales utilizado en los ingresos operacionales.

**Tabla 33. Estado de resultados - Escenario Pesimista  
Sin la propuesta implantada**

	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>
Ingresos operacionales	\$ 962.930.000	\$ 831.305.000	\$ 831.305.000	\$ 754.407.750	\$ 681.355.363
- Costos de ventas y prestación de servicios	\$ 480.869.838	\$ 415.138.692	\$ 415.138.692	\$ 376.767.595	\$ 340.256.553
+ Ahorro MOD	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
+ Ahorro Calibración acolchadora	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>\$ 482.060.162</b>	<b>\$ 416.166.308</b>	<b>\$ 416.166.308</b>	<b>\$ 377.640.155</b>	<b>\$ 341.098.810</b>
- Gastos operacionales de administracion	\$ 90.217.000	\$ 81.195.300	\$ 81.195.300	\$ 77.135.535	\$ 73.278.758
- Gastos operacionales de ventas	\$ 339.256.000	\$ 305.330.400	\$ 305.330.400	\$ 290.063.880	\$ 275.560.686
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>	<b>\$ 52.587.162</b>	<b>\$ 29.640.608</b>	<b>\$ 29.640.608</b>	<b>\$ 10.440.740</b>	<b>-\$ 7.740.635</b>
+ Ingresos no operacionales	\$ 31.331.000	\$ 28.197.900	\$ 28.197.900	\$ 26.788.005	\$ 25.448.605
- Gastos no operacionales	\$ 91.803.000	\$ 82.622.700	\$ 82.622.700	\$ 78.491.565	\$ 74.566.987
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>-\$ 7.884.838</b>	<b>-\$ 24.784.192</b>	<b>-\$ 24.784.192</b>	<b>-\$ 41.262.820</b>	<b>-\$ 56.859.017</b>
- Impuestos IVA 16%	\$ 1.261.574	\$ 3.965.471	\$ 3.965.471	\$ 6.602.051	\$ 9.097.443
<b>GANANCIAS Y PERDIDAS</b>	<b>-\$ 9.146.412</b>	<b>-\$ 28.749.663</b>	<b>-\$ 28.749.663</b>	<b>-\$ 47.864.871</b>	<b>-\$ 65.956.459</b>

Con el escenario pesimista y sin implantar la propuesta el modelo produce perdidas, ya que la producción cae en 44 colchones mensualmente y se pierden todos los ahorros. Por lo tanto la propuesta debe ser implantada.

## CONCLUSIONES

- Con este trabajo se logra un ahorro mensual de \$ 587.464 por concepto de la eliminación de la operación de filetear remates, que anualmente corresponde a \$ 7'049.569.
- Se logran reducciones de lote que se ven reflejados en disminución de tiempos de espera totales de 129 minutos. Lo que a su vez representa una producción diaria adicional de 2 colchones diarios y 44 colchones mensuales, lo que representaría ingresos mensuales adicionales por \$66'000.000 aproximadamente.
- Se aumenta el porcentaje de balanceo del 39% al 50% con una reducción de 2 operarios que la empresa puede utilizar en otras áreas de la empresa o puede tenerlos en cuenta para aumentar la producción mensual.
- Se estableció un modelo simple y con datos confiables para la planeación de la producción de Colchones ElDorado que sirve como referencia para la toma de decisiones de producción y logística.
- El modelo fue hecho en un programa de fácil manejo como lo es Excel, con toda la información a la vista para que pueda ser fácilmente entendible y manejada.
- Se buscó crear los archivos de forma clara y flexible con el fin de permitir cambios, actualizaciones y modificaciones en el modelo.
- Se documentaron todos los pasos realizados de manera detallada con el fin de facilitar el entendimiento del modelo y su utilización.
- Se levantó una cantidad de información considerable que le sirve a la empresa para otros proyectos y análisis.
- El modelo propuesto sirve como herramienta de simulación para determinar diferentes tipos de escenarios y diferentes condiciones de producción que ayudan para la toma acertada de decisiones.
- El uso del modelo y su aplicación pueden ser de gran ayuda para la empresa en la planeación de la producción, en la reducción de costos y en la relación con los clientes y proveedores.

## RECOMENDACIONES

Con este trabajo se hace un aporte significativo a la Empresa, ya que se presenta una herramienta sencilla y útil para la planeación de la producción. Sin embargo, a través de la observación realizada durante la elaboración del trabajo se encontraron oportunidades de mejora y observaciones que pueden ser futuras oportunidades de mejora para Colchones EIDorado.

- Mejorar la operación de acolchado: esta operación es una operación crítica dentro del proceso productivo ya que en esta se fabrican los bordes y tapas de todos los colchones. En esta operación los tiempos de preparación de la máquina son bastante grandes y además los productos defectuosos que presenta son altos. Optimizar esta operación ayudaría a reducir el tiempo total del proceso productivo y podría evitar inspecciones y reprocesos que actualmente aumentan los costos operacionales.
- Realizar un estudio de mercados para indagar si la figura que se cose en el acolchado es realmente importante para el cliente a la hora de comprar un colchón, porque dado que esta es una operación crítica y su largo tiempo de operación está ligado al cambio de las agujas (set up de máquina y demoras) que surge porque cada colchón tiene una figura diferente. Lo recomendable sería tener un acolchado estándar para todos los colchones sin que modifique la calidad del producto.
- De acuerdo a los límites de control establecidos en, la herramienta para llevar a cabo el monitoreo de las operaciones seleccionadas es el muestreo del trabajo. Se convierte en responsabilidad del jefe de producción utilizar la información suministrada en el AnexoC1 para realizar el monitoreo semanal de las operaciones y analizar la información, velando por tomar acciones preventivas y correctivas para que las operaciones críticas trabajen dentro de los límites de control.
- En las operaciones de tapizado, cerrado y empaçado, se recomienda que los operarios utilicen los carros con ruedas para transportar los colchones ya que hacen esfuerzos indebidos y adoptan malas posiciones, que pueden resultar en lesiones musculares y de la columna, durante el transporte de los colchones sobre la espalda a sus puestos de trabajo.
- Se recomienda instalar un ventilador que permita reducir la temperatura del área de la resortera ya que el operario está expuesto a temperaturas de 30°C durante toda la jornada de trabajo.

- Se recomienda adquirir mesas graduables para las operaciones de enmarcado y grapar fieltro, ya que deben quedar a la altura de la cintura para que el operario trabaje con la postura correcta.
- Para la operación de empaque, se recomienda que el rollo de plástico sea de 750m ya que actualmente el operario monta un rollo de 1500m y se hace muy pesado para desenrollar implicando grandes esfuerzos y dificultando la operación.
- Dado que no se tienen los recursos y resultaría muy costoso para la empresa realizar el seguimiento a todos los tiempos estándares establecidos, se sugiere se haga el monitoreo únicamente a las operaciones identificadas como críticas y/o que involucran máquinas de gran impacto en el proceso. En el capítulo 4.3 Análisis del proceso de producción se identificaron las operaciones críticas.
- En el análisis de la distribución de planta, aunque se concluye que no es necesario, se recomienda estudiar la posibilidad de subir al primer piso las operaciones de cortar filetear banda y acolchar, y bajar las de cortar fieltro y poner fieltro, de tal forma que en la parte de abajo se trabaje toda la estructura del panal y arriba toda la parte de acolchado, esto con el fin de hacer mas organizada la producción, reducir tiempos de transporte, ayudar a la limpieza de la producción y calidad de los productos.
- Dado que la empresa tiene una cultura de tarjetas de producción y el modelo propuesto busca mejorar la planeación, se recomienda reconsiderar las políticas de inventarios buscando optimizarlas y reduciendo el inventario de producto en proceso que resulta en gran parte innecesario.
- Aprovechar la información suministrada y el modelo propuesto para nuevos modelos, nuevos análisis y para mejorar el modelo propuesto.

## GLOSARIO

**Panal:** Estructura de acero, formada por resortes, dichos resortes están unidos por un alambre helicoidal.

**Estabilizadores laterales:** son resortes industriales que se ubican en la cabecera y laterales del colchón, cuyo objetivo es evitar la deformación del colchón.

**Fileteadora:** Máquina de coser para dar remate a los bordes ya que a la vez que cose corta para dejar la superficie uniforme.

**Embonadora:** máquina de coser especial para fabricar las manijas de los colchones, que permite acomodar la cinta de embono para que con dos costuras quede elaborada la manija.

**Fieltro:** Tela hecha de pelo conglomerado sin tramas, que se utiliza en la operación de tapado del colchón.

**Fuelle:** Tela adicional que va unida a la banda para efectos de facilitar el tapizado del colchón.

**Alambre helicoidal:** alambre dúctil, especial para doblarlo en forma de espiral.

**Estructura resortada:** es la estructura que sale después del ensamble, son los resortes unidos por el alambre helicoidal de calibre 14 en espirales de punta a punta.

**Marco:** varilla de acero calibre 7 ½ doblada y soldada que se convierte en el marco superior e inferior de la estructura resortada.

**Set up de máquina:** hace referencia al tiempo que se demora el alistamiento de la máquina para que pueda empezar a operar.

**Ruta crítica:** también llamado diagrama de precedencia, el cual permite establecer los tiempos de holgura de las operaciones, y determinar las operaciones críticas del proceso.

**Guata:** material de relleno elaborado con manta de algodón cardado, engomado por ambas caras con el fin de dar consistencia.

**Polietileno:** plástico usado para los ventiladores de aire que son prensados en las bandas del colchón.

**Acolchado:** unión de tela, guata, algodón y tela, donde las costuras llevan una figura determinada. El acolchado se convierte en las tapas y bandas de los colchones.

**Resortera:** máquina que convierte el alambre de acero calibre 12 ½ en resortes mediante un proceso de calentamiento del alambre y posterior doblado.

**Ensambladora:** máquina que permite unir los resortes pasando el alambre helicoidal calibre 14 en forma de espiral desde el primer resorte hasta el último resorte, fila por fila.

**Tapa:** es la superficie acolchada superior e inferior del colchón con la que va a tener contacto el usuario, suave con tela fina y costuras con figura.

**Banda:** es el borde exterior del colchón, acolchado y con costuras que forman figuras.

**Costos MOD:** todos los costos relacionados con la mano de obra directa.

**Empírico:** está basado en la experiencia y observación de los hechos.

**Confort top:** Colchoneta extra que lleva adherida en la superficie del colchón, brindando un mayor confort y suavidad

**Área de barrido:** es una zona específica de la ciudad, donde los camiones hacen sus entregas.

## BIBLIOGRAFÍA

- CHASE, Richard B. *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. Mc Graw Hill, México: Decima Edición, 2005.
- GOLDRATT, Eliyahu. *La Meta*, Ediciones Castillo, Mexico: 2ª Edición, 1996.
- GOLDRATT, Eliyahu. *La Carrera en busca de las ventajas competitivas: como ganar en el juego de la calidad y la producción*, Ediciones Castillo, Mexico, 2002, 184 Págs.
- NAHAMIAS, Steven. *Análisis de la producción y las operaciones*. Quinta Edición, México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2007, 785 Págs.
- NIEBEL, Benjamin W. y FREIVALDS, Andris, *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11ª Edición, México: Alfaomega, 2004, 745 Págs.
- SIPPER, Daniel y BULFIN, Robert L. Jr. *Planeación y control de la producción*. México: McGraw-Hill, 2004, 657 Págs.
- VOLLMANN, Thomas E. *Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros*. México: McGraw-Hill, 2005, 755 Págs.
- CUERVO, Joaquín y OSORIO, Jair A. *Costeo basado en actividades-ABC*. Bogotá: Ecoe ediciones, 2007, 260 Págs.
- WALLACE, Thomas F. y STAHL, Robert A. *Master scheduling in the 21st century*. Cincinnati: T.F. Wallace Company, 2003, 204 Págs.
- BACA, Guillermo, *Evaluación financiera de proyectos*. Bogotá: Fondo educativo panamericano, 2004, 291 Págs.
- HEIZER, Jay y RENDER, Barry *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson education, 2004, 638 Págs.
- BACA, Guillermo, *Evaluación de proyectos*. Mexico: McGraw-Hill, 2001, 383 Págs.
- PINEDO, Michael, *Planning and scheduling in manufacturing and services*. New York: Springer science+Business Media, 2005, 506 Págs.

- Revista Dinero:
  - Artículo, Despertaron los colchones. 2001. Link: [http://www.dinero.com/wf\\_ImprimirArticulo.aspx?IdRef=1627&IdTab=1](http://www.dinero.com/wf_ImprimirArticulo.aspx?IdRef=1627&IdTab=1)
  - Artículo, Colchones, a buen ritmo. Diciembre 10 de 2007. Link: [http://www.dinero.com/wf\\_InfoArticulo.aspx?IdArt=40190](http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=40190)
  
- Revista Cambio:
  - Artículo, Placer Nocturno. Marzo - Abril 2009
  
- Colchones EIDorado:
  - [www.colchonesEIDorado.com](http://www.colchonesEIDorado.com)
  
- Superintendencia de Sociedades:
  - <http://sirem.supersociedades.gov.co/SIREM/index.jsp>